RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Juan Sebastian Prado Conde
FACULTAD	**Facultad de Ingeniería**
PLAN DE ESTUDIOS	**Plan de Estudios de Ingeniería Civil**
DIRECTOR	MSc. Romel Jesús Gallardo Amaya
CO-DIRECTOR	María Angélica Álvarez Bayona
TÍTULO DE LA TESIS	Análisis Comparativo de Manuales de Especificaciones Técnicas para la Construcción de Pavimentos Flexibles y Rígidos en Diferentes Países
TITULO EN INGLES	Comparative Analysis of Manuals of Technical Specifications for the Construction of Flexible and Rigid Pavements in Different Countries.

RESUMEN

Se realiza un análisis comparativo de las especificaciones técnicas utilizadas en la construcción de pavimentos flexibles y rígidos de diferentes países, donde se explora y compara las especificaciones técnicas más relevantes que rigen la construcción de carreteras en estos países, examinando aspectos como materiales, métodos de construcción y técnicas de estabilización de capas granulares. Este análisis busca identificar similitudes, diferencias y mejores prácticas en la ingeniería vial a nivel global.

RESUMEN EN INGLES

A comparative analysis is conducted on the technical specifications used in the construction of flexible and rigid pavements from different countries. It explores and compares the most relevant technical specifications governing road construction in these countries, examining aspects such as materials, construction methods, and techniques for stabilizing granular layers. This analysis aims to identify similarities, differences, and best practices in global road engineering.

PALABRAS CLAVES	Estabilización de capas granulares – Subrasante – Mezcla en Frío – Mezcla en Caliente – Criterios de calidad – Proceso constructivo
PALABRAS CLAVES EN INGLES	Granular layer stabilization - Subgrade - Cold Mix - Hot Mix - Quality criteria - Construction process

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 356	PLANOS: 00	ILUSTRACIONES: 00	CD-ROM: 00

Análisis Comparativo de Manuales de Especificaciones Técnicas para la Construcción de Pavimentos Flexibles y Rígidos en Diferentes Países

Juan Sebastian Prado Conde

Facultad de Ingenierías, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña

Ingeniería Civil

Director: MSc. Romel Jesús Gallardo Amaya

Co-Director: María Angélica Álvarez Bayona

20 de Mayo del 2024

Tabla de Contenido

Introducción 11

1. Generalidades 12

1.1. Planteamiento del Problema 12

1.2. Justificación 13

1.3. Objetivos 14

1.3.1. Objetivo General 14

1.3.2. Objetivos Específicos 14

1.4. Metodología 15

1.4.1. Población 15

1.4.2. Tipo de Investigación 16

2. Análisis bibliométrico 17

2.1. Revisión de material bibliográfico 17

3. Especificaciones Técnicas para la Construcción de Pavimentos 28

3.1. Subbase 29

3.1.1. Subbase Granular 30

3.1.2. Subbase granular tratada con cemento (Estabilizada con cemento) 46

3.2. Base 62

3.2.1. Base Granular 62

3.2.2. Base tratada con cemento 79

3.2.3. Base tratada con emulsión asfáltica 95

3.3. Capa de rodadura 110

3.3.1. Mezcla asfáltica en frío 111

3.3.2. Mezcla asfáltica en caliente 125

3.3.3. Pavimento rígido 144

4. Especificaciones de Subrasante Estabilizada 167

4.1. Subrasante 167

4.2. Subrasante estabilizada por medios mecánicos 182

4.3. Subrasante estabilizada mediante reemplazo del material 182

4.4. Subrasante estabilizada con cemento 182

4.5. Subrasante estabilizada con Cal 187

4.6. Subrasante estabilizada con Geotextiles o Geomallas 190

4.7.Enfoques para estabilización de subrasante únicos de cada país 199

5. Conclusiones 201

6. Recomendaciones 204

Referencias 205

Apéndice 223

Lista de Figuras

Figura 1 *Crecimiento de la cantidad de artículos por año* 18

Figura 2 *Diagrama de Sankey de la evolución de las principales palabras clave durante los seis periodos de tiempo* 19

Figura 3 *Palabras más frecuentes* 20

Figura 4 *Frecuencia de las palabras clave (Worldcloud)* 21

Figura 5 *Iteración entre palabras claves* 22

Figura 6 *Publicaciones producidas por los diferentes países* 23

Figura 7 *Colaboraciones entre países* 24

Figura 8 *Citaciones más referenciadas* 27

Figura 9 *Especificaciones de materiales a usar (Subbase granular)* 33

Figura 10 *Ensayos preliminares y periódicos en la construcción de subbase (Subbase granular)* 41

Figura 11 *Especificaciones de materiales a usar (Subbase tratada con cemento)* 51

Figura 12 *Especificaciones de proceso constructivo (Subbase tratada con cemento)* 54

Figura 13 *Ensayos preliminares y periódicos en la construcción de subbase (Subbase tratada con cemento)* 57

Figura 14 *Criterios de calidad de la subbase terminada (Subbase tratada con cemento)* 60

Figura 15 *Especificaciones de materiales a usar (Base granular)* 66

Figura 16 *Ensayos preliminares y periódicos en la construcción de base (Base granular)* 73

Figura 17 *Especificaciones y requisitos antes de iniciar (Base tratada con cemento)* 80

Figura 18 *Especificaciones de materiales a usar (Base tratada con cemento)* 83

Figura 19 *Especificaciones de proceso constructivo (Base tratada con cemento)*..... 87

Figura 20 *Ensayos preliminares y periódicos en la construcción de base (Base tratada con cemento)* 91

Figura 21 *Criterios de calidad de la base terminada (Base tratada con cemento)*..... 93

Figura 22 *Especificaciones y requisitos antes de iniciar (Base tratada con emulsión)* ... 96

Figura 23 *Especificaciones de materiales a usar (Base tratada con emulsión)*..... 99

Figura 24 *Especificaciones de proceso constructivo (Base tratada con emulsión)*..... 102

Figura 25 *Ensayos preliminares y periódicos en la construcción de base (Base tratada con emulsión)* 106

Figura 26 *Criterios de calidad de la base estabilizada terminada (Base tratada con emulsión)*..... 108

Figura 27 *Especificaciones y requisitos antes de iniciar (Mezcla en frío)* 112

Figura 28 *Especificaciones de materiales a usar (Mezcla en frío)*..... 116

Figura 29 *Especificaciones de proceso constructivo (Mezcla en frío)* 119

Figura 30 *Ensayos preliminares y periódicos en la construcción de la mezcla asfáltica en frío*..... 122

Figura 31 *Criterios de calidad de la capa de rodadura terminada (Mezcla en frío)* 124

Figura 32 *Especificaciones y requisitos antes de iniciar (Mezcla en caliente)* 126

Figura 33 *Especificaciones de materiales a usar (Mezcla en caliente)*..... 131

Figura 34 *Especificaciones de proceso constructivo (Mezcla en caliente)* 135

Figura 35 *Ensayos preliminares y periódicos en la construcción de la mezcla asfáltica en caliente*..... 138

Figura 36 *Criterios de calidad de la capa de rodadura terminada (Mezcla en caliente)* 142

Figura 37 *Especificaciones y requisitos antes de iniciar (Pavimento Rígido)* 144

Figura 38 *Especificaciones de materiales a usar (Pavimento Rígido)* 150

Figura 39 *Especificaciones de proceso constructivo (Pavimento Rígido)*..... 157

Figura 40 *Ensayos preliminares y periódicos en la construcción del pavimento rígido.* 160

Figura 41 *Criterios de calidad de la capa de rodadura terminada (Pavimento Rígido)* 164

Figura 42 *Especificaciones para subrasantes estabilizadas con cemento*..... 183

Figura 43 *Especificaciones para subrasantes estabilizadas con cal* 187

Figura 44 *Especificaciones para geotextiles y geomallas de algunos países* 191

Figura 45 *Criterios de calidad para geotextiles y geomallas de algunos países*..... 194

Figura 46 *Curva granulométrica para subbase granular*..... 223

Figura 47 *Curva granulométrica para subbase tratada con cemento* 224

Figura 48 *Curva granulométrica para base granular* 225

Figura 49 *Curva granulométrica para base tratada con cemento* 226

Figura 50 *Curva granulométrica para base tratada con emulsión asfáltica*..... 227

Lista de Tablas

Tabla 1 *Publicaciones más citadas* 25

Tabla 2 *Especificaciones y requisitos antes de iniciar (Subbase granular)* 30

Tabla 3 *Especificaciones del clima (Subbase granular)* 32

Tabla 4 *Especificaciones de proceso constructivo (Subbase granular)* 37

Tabla 5 *Criterios de calidad de la subbase terminada (Subbase granular)* 43

Tabla 6 *Especificaciones y requisitos antes de iniciar (Subbase tratada con cemento)* .. 47

Tabla 7 *Especificaciones del clima (Subbase tratada con cemento)* 50

Tabla 8 *Especificaciones y requisitos antes de iniciar (Base granular)* 63

Tabla 9 *Especificaciones del clima (Base granular)* 65

Tabla 10 *Especificaciones de proceso constructivo (Base granular)* 70

Tabla 11 *Criterios de calidad de la base terminada (Base granular)* 76

Tabla 12 *Especificaciones del clima (Base tratada con cemento)* 82

Tabla 13 *Especificaciones del clima (Base tratada con emulsión)* 98

Tabla 14 *Especificaciones del clima (Mezcla en frío)* 114

Tabla 15 *Especificaciones del clima (Mezcla en caliente)* 129

Tabla 16 *Especificaciones del clima (Pavimento Rígido)* 148

Tabla 17 *Especificaciones para los procesos preliminares* 168

Tabla 18 *Especificaciones y requisitos antes de iniciar* 169

Tabla 19 *Especificaciones y requisitos climáticos* 170

Tabla 20 *Características que debe tener la subrasante* 172

Tabla 21 *Especificaciones técnicas para escarificación y compactación de subrasante* 175

Tabla 22 *Ensayos que se realizan a la subrasante antes y luego de construida* 176

Tabla 23 *Criterios de compactación* 179

Tabla 24 *Calidad de la subrasante terminada* 181

Tabla 25 *Especificaciones para espesores de algunos países* 195

Tabla 26 *Especificaciones para aspectos climáticos a tener en cuenta* 196

Tabla 27 *Tipos de estabilización únicos de los diferentes países.* 199

Tabla 28 *Especificaciones de materiales a usar (Subbase granular)* 228

Tabla 29 *Ensayos preliminares periódicos en la construcción de subbase (Subbase granular)* 232

Tabla 30 *Especificaciones de materiales a usar (Subbase tratada con cemento)* 233

Tabla 31 *Especificaciones de proceso constructivo (Subbase tratada con cemento)* 238

Tabla 32 *Ensayos preliminares y periódicos en la construcción de subbase (Subbase tratada con cemento)* 240

Tabla 33 *Criterios de calidad de la subbase terminada (Subbase tratada con cemento)* 242

Tabla 34 *Especificaciones de materiales a usar (Base granular)* 244

Tabla 35 *Ensayos preliminares y periódicos en la construcción de base (Base granular)* 248

Tabla 36 *Especificaciones y requisitos antes de iniciar (Base tratada con cemento)* 250

Tabla 37 *Especificaciones de materiales a usar (Base tratada con cemento)* 251

Tabla 38 *Especificaciones de proceso constructivo (Base tratada con cemento)* 257

Tabla 39 *Ensayos preliminares y periódicos en la construcción de base (Base tratada con cemento)* 260

Tabla 40 *Criterios de calidad de la base terminada (Base tratada con cemento)* 263

Tabla 41 *Especificaciones y requisitos antes de iniciar (Base tratada con emulsión)*... 265

Tabla 42 *Especificaciones de materiales a usar (Base tratada con emulsión)* 266

Tabla 43 *Especificaciones de proceso constructivo (Base tratada con emulsión)*..... 270

Tabla 44 *Ensayos preliminares y periódicos en la construcción de base (Base tratada con emulsión)*..... 272

Tabla 45 *Criterios de calidad de la base estabilizada terminada (Base tratada con emulsión)*..... 274

Tabla 46 *Especificaciones y requisitos antes de iniciar (Mezcla en frío)* 275

Tabla 47 *Especificaciones de materiales a usar (Mezcla en frío)*..... 277

Tabla 48 *Especificaciones de proceso constructivo (Mezcla en frío)*..... 281

Tabla 49 *Ensayos preliminares y periódicos en la construcción de la mezcla asfáltica en frío*..... 284

Tabla 50 *Criterios de calidad de la capa de rodadura terminada (Mezcla en frío)* 288

Tabla 51 *Especificaciones y requisitos antes de iniciar (Mezcla en caliente)* 290

Tabla 52 *Especificaciones de materiales a usar (Mezcla en caliente)* 294

Tabla 53 *Especificaciones de proceso constructivo (Mezcla en caliente)*..... 305

Tabla 54 *Ensayos preliminares y periódicos en la construcción de la mezcla asfáltica en caliente*..... 309

Tabla 55 *Criterios de calidad de la capa de rodadura terminada (Mezcla en caliente)* 314

Tabla 56 *Especificaciones y requisitos antes de iniciar (Pavimento rígido)*..... 316

Tabla 57 *Especificaciones de materiales a usar (Pavimento Rígido)* 319

Tabla 58 *Especificaciones de proceso constructivo (Pavimento Rígido)*..... 334

Tabla 59 *Ensayos preliminares y periódicos en la construcción del pavimento rígido* . 342

Tabla 60 *Criterios de calidad de la capa de rodadura terminada (Pavimento Rígido)*. 347

Tabla 61 *Especificaciones de subrasante estabilizada con cemento*..... 349

Tabla 62 *Especificaciones para subrasantes estabilizadas con cal* 351

Tabla 63 *Especificaciones para geotextiles y geomallas de algunos países* 353

Tabla 64 *Criterios de calidad para geotextiles y geomallas de algunos países*..... 355

Introducción

Lo que hace milenios solo eran caminos y que solo eran realizadas para transporte de materiales por medio de animales llego a su primer revolución con la aparición de la rueda y consiguió su mayor auge con la llegada del automóvil, lo cual condujo con el paso del tiempo a su transformación en lo que hoy conocemos como carreteras y con ello la llegada de personas especializadas en ese campo como lo son los ingenieros civiles (Coronado & Ruiz Fernandez, 2010) (Jacobson, 1940) (Lay, 1992), llevando todo esto a que las carreteras tengan una importancia crucial en el crecimiento y avance de las sociedades. (Escario, Escario, & Balaguer, 1967) (Rengifo, 2018). La construcción de carreteras depende en gran medida de las especificaciones técnicas que establecen los estándares para su ejecución. (Invias, 2022)

Este proyecto de monografía se enfoca en un análisis comparativo de los manuales de especificaciones técnicas utilizados en la construcción de pavimentos flexibles y rígidos en diferentes países. Se seleccionaron ocho naciones representativas de diversos continentes para llevar a cabo este análisis.

A lo largo de este trabajo, se explora y compara las especificaciones técnicas más relevantes que rigen la construcción de carreteras en estos países, examinando aspectos como materiales, métodos de construcción y técnicas de estabilización de capas granulares. Este análisis tiene como objetivo identificar similitudes, diferencias y mejores prácticas en la ingeniería vial a nivel global.

Al profundizar en el contenido de los manuales de construcción de carreteras de estos países, se busca contribuir al conocimiento en ingeniería civil y promover la colaboración global en la mejora de la infraestructura vial y llegar a la convergencia de estas especificaciones

1. Generalidades

1.1. Planteamiento del Problema

En el ámbito de la ingeniería civil y la construcción de infraestructura vial, no cabe ninguna duda de que las carreteras desempeñan un papel fundamental en el desarrollo y progreso de las naciones (Rengifo, 2018) (Tordesillas & Antín, 2010). La calidad y la durabilidad de estas carreteras dependen en gran medida de las especificaciones técnicas que rigen su diseño y construcción (Autroads, 2018). Sin embargo, la diversidad de enfoques utilizados por diferentes países en la elaboración de manuales de especificaciones técnicas para la construcción de pavimentos flexibles y rígidos plantea un desafío significativo, ya que los variados estándares y métodos de diseño pueden dar lugar a discrepancias en la calidad y durabilidad de los pavimentos construidos; y esto, a su vez dificulta la estandarización de prácticas eficaces.

El problema radica en la falta de una perspectiva global y la ausencia de un estándar unificado en la construcción de pavimentos, lo que dificulta la identificación de mejores prácticas y la colaboración internacional en este campo. Y aunque en la unión europea se realiza entre los países miembros una adopción generalizada de cómo hacer el diseño de la infraestructura, seguridad de los vehículos y comportamiento del conductor, compartiendo entre ellos todas las prácticas, habilidades y experiencias, contando así con un sistema más sólido; no es una práctica que se realice para todos los países, en especial los de américa latina. Además, no se tiene un análisis exhaustivo y comparativo de las especificaciones técnicas utilizadas en diferentes países a nivel global, esta carencia limita el poder contar con especificaciones más sólidas que incorporen experiencia de otros países que han avanzado más en este aspecto. (Mohn, 2019)

Esto no solo afecta la calidad y la durabilidad que podrían llegar a tener las carreteras, sino que también tiene implicaciones económicas y ambientales, ya que la elección de materiales y métodos de construcción puede influir sustancialmente en los costos y en el impacto ambiental de los proyectos viales. Por ello, si se tuvieran especificaciones técnicas de manera generalizada, los proyectos viales podrían realizarse a los más altos estándares y con las mejores prácticas disponibles.

1.2. Justificación

En el contexto de la construcción de carreteras, es crucial abordar las diferencias y similitudes presentes en las especificaciones técnicas utilizadas en diversos países. Por este motivo, se llevará a cabo un análisis comparativo de las especificaciones técnicas presentes en los documentos técnicos para la construcción de carreteras de diversas naciones. Los países seleccionados para este estudio cuentan con su propia normativa nacional debidamente implementada y representan una amplia gama de contextos y prácticas en la ingeniería vial, abarcando diferentes países de diferentes continentes como: Colombia, Chile, Perú, España, Estados Unidos, Australia, Nueva Zelanda, Tailandia y Sudáfrica.

Este análisis comparativo tiene múltiples beneficios, en primer lugar, enriquecerá el conocimiento de los profesionales y fomentará la discusión sobre las mejores prácticas, además, proporcionará a los profesionales y autoridades responsables de la construcción de carreteras la capacidad de utilizar esta comparativa como una valiosa herramienta para seleccionar las especificaciones técnicas más adecuadas para sus proyectos, asegurando la aplicación de enfoques apropiados y la consideración de diversas perspectivas.

Adicionalmente, esta comparativa de especificaciones técnicas servirá como punto de partida para futuros esfuerzos de estandarización; al comprender las diferencias y similitudes entre las normativas de construcción de carreteras en diferentes países, se sentarán las bases para trabajar hacia la convergencia de estas especificaciones. A largo plazo, esto podría conducir a la armonización de normativas a nivel internacional, lo que sería beneficioso para la industria de la construcción de carreteras y para el desarrollo y ejercicio de la ingeniería a nivel internacional.

En resumen, el análisis comparativo de especificaciones técnicas es esencial para abordar la falta de uniformidad en las normativas de construcción de carreteras a nivel global. Proporciona una base sólida para la toma de decisiones, promueve la adopción de mejores prácticas y sienta las bases para futuros esfuerzos de estandarización, lo que tiene un impacto positivo en la calidad, la eficiencia y la sostenibilidad de los proyectos viales a nivel mundial.

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Realizar un análisis comparativo de especificaciones técnicas para la construcción de pavimentos flexibles y rígidos en diferentes países, con el fin de identificar diferencias y similitudes en los enfoques utilizados en la construcción de carreteras a nivel internacional.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Explorar las tendencias actuales en la construcción de pavimentos rígidos y flexibles a través de un análisis bibliométrico para conocer los avances en el estado del arte.

- Investigar las especificaciones técnicas para la estabilización de subrasante utilizadas en la construcción de carreteras mediante la consulta de documentos técnicos de construcción de carreteras para establecer especificaciones de construcción utilizadas.
- Realizar un análisis comparativo de las especificaciones de construcción de carreteras aplicadas en diferentes países mediante la identificación de tendencias, diferencias y similitudes para establecer enfoques que se deberían estandarizar entre todos los países.

1.4. Metodología

Antes de cualquier proyecto o investigación es esencial contar con un método que permita descubrir, generar y validar el conocimiento necesario. Una adecuada metodología guiará de manera efectiva cada etapa del proceso de investigación. (Universidad de los Andes, 2023)

Con esta información y teniendo en cuenta que la metodología constituye el conjunto de procesos lógicos empleados para alcanzar los objetivos de una investigación (Mora, 2006); debemos saber que dependiendo lo que queramos realizar habrá diferentes tipos de metodología, la cual, estará ligada directamente con la forma en que se abordará el tema y la población en que se centrará.

1.4.1. Población

La población abordada en esta monografía comprende los documentos técnicos de ocho países, cuidadosamente elegidos, ya que son los más destacados y representativos de los 5 continentes, enfocándose en las especificaciones técnicas para la construcción de carreteras, más puntualmente pavimentos rígidos y flexibles.

1.4.2. Tipo de Investigación

La ejecución de esta monografía se realiza por el método comparativo, con el cual se examinan las diferencias y similitudes en las especificaciones técnicas usadas en diferentes países para la construcción de carreteras, más específicamente en pavimentos rígidos y flexibles, con la previa indagación y recopilación de todos los documentos técnicos necesarios y que aplican a cada uno de los países seleccionados.

Las fases para el desarrollo de esta monografía se realizarán de la siguiente manera:

- Recopilación de documentos técnicos de diferentes países sobre especificaciones técnicas para construcción de carreteras.
- Extracción y organización de datos más importantes.
- Análisis comparativo.
- Interpretación y reflexión.

El cuerpo del trabajo llevara los siguientes capítulos:

- Análisis Bibliométrico
- Especificaciones Técnicas para la Construcción de Pavimentos
- Especificaciones de Subrasante Estabilizada
- Conclusiones y Recomendaciones

2. Análisis bibliométrico

2.1. Revisión de material bibliográfico

Para esta investigación, se empleó la base de datos Scopus, la cual se encuentra accesible en la biblioteca de la UFPSO. Se ingresaron distintas ecuaciones de busqueda: “road construction specifications”, “road construction standards”, “flexible pavement”, “rigid pavement”, “granular layers of a pavement”, “pavement structure”, “pavement layers”, “base and subbase stabilization”, “base course in pavement”, “bitominous materials for road construction”, “green road construction”,“ new pavement”, “characteristics of pavement layers”, “pavement construction material”, “Road pavement subgrade”, “soil stabilization in road construction”, “subgrade pavement”, “subgrade stabilization road construction”, “sustainable pavement solution”. Como resultado, al ser tantos los resultados, se decidió filtrar estos mismos y se tomaron los artículos revisados, los cuales sirvieron para el análisis que se realizó.

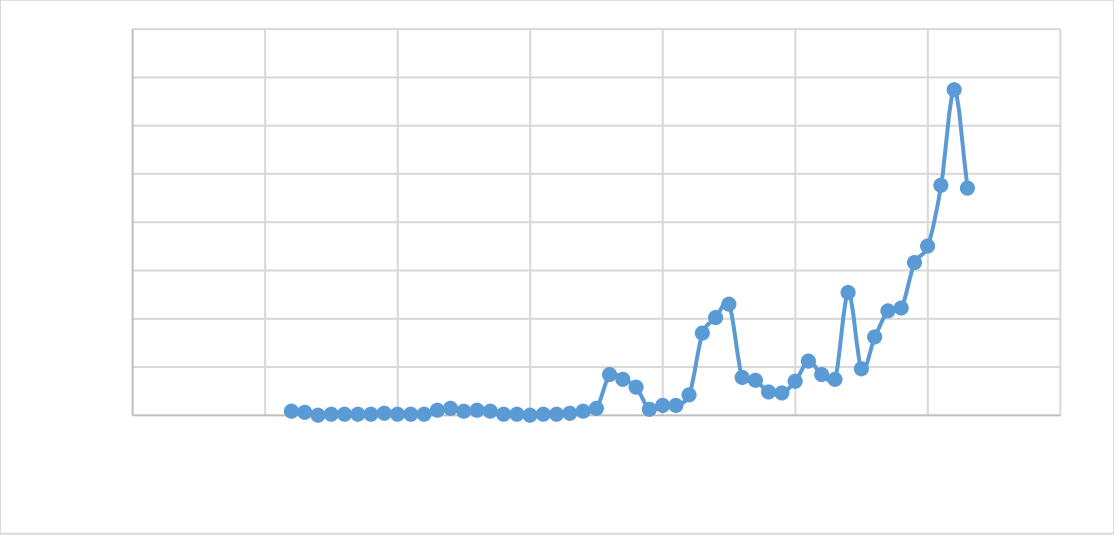
Luego de un análisis detallado de los artículos revisados, que comprenden el período desde 1972 hasta 2023, se revela un patrón de crecimiento a partir del 2015 hasta la fecha actual, ya que anterior a este se verá un patrón no uniforme. Esta tendencia se puede observar de manera gráfica en la Figura 1.

Para el 2022 se registraron los picos más notables en cuanto a publicaciones, con un total de 337 artículos relacionados con los distintos temas. Hasta la actual fecha del año 2023, se han registrado 235 publicaciones adicionales, lo cual indica que este flujo de publicaciones seguirá constante en este ámbito.

Este notorio incremento en la producción de publicaciones científicas relacionadas con la construcción de carreteras, y más específicamente en lo que concierne a especificaciones técnicas, refleja la creciente importancia de este tema en la comunidad científica, mostrando un amplio desarrollo en temas enfocados en la sostenibilidad, reciclaje, nuevas tecnologías, todo buscando ampliar más el conocimiento que actualmente se tiene en el tema.

Figura 1

Crecimiento de la cantidad de artículos por año



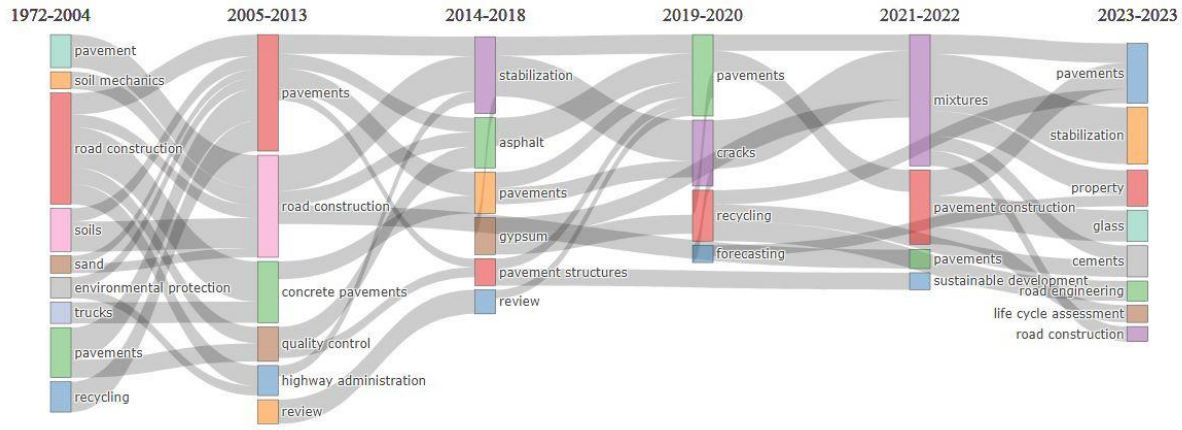
Nota. El grafico muestra el crecimiento anual basado en cantidad de artículos.

Utilizando la base de datos Scopus se obtuvieron las palabras clave utilizadas, analizando la frecuencia de aparición de cada una de ellas en los documentos. Estas palabras desempeñan el papel de indicadores que reflejan la frecuencia con la que son mencionadas en los artículos científicos.

Las palabras clave se examinaron a lo largo de 5 períodos de tiempo, como se muestra en la Figura 2. Observando que, en diferentes períodos, palabras como "pavimentos" se mantuvieron con el tiempo, en cambio otras fueron mezclándose, mutando o incluso generando nuevas palabras. Además, se consideró la palabra construcción de carreteras como una fuente de análisis relevante, ya que de ella se derivan nuevas palabras. Cabe resaltar que desde 2021 hasta 2023, se identificó una evolución en el enfoque que se daba al principio, teniendo ahora enfoques en áreas de desarrollo sostenible, reciclaje de pavimentos, evaluación del ciclo de vida, mezclas, estabilizaciones e ingeniería de carreteras.

Figura 2

Diagrama de Sankey de la evolución de las principales palabras clave durante los seis periodos de tiempo



Nota. El grafico muestra por medio del diagrama de Sankey como evolucionaron las palabras durante los años.

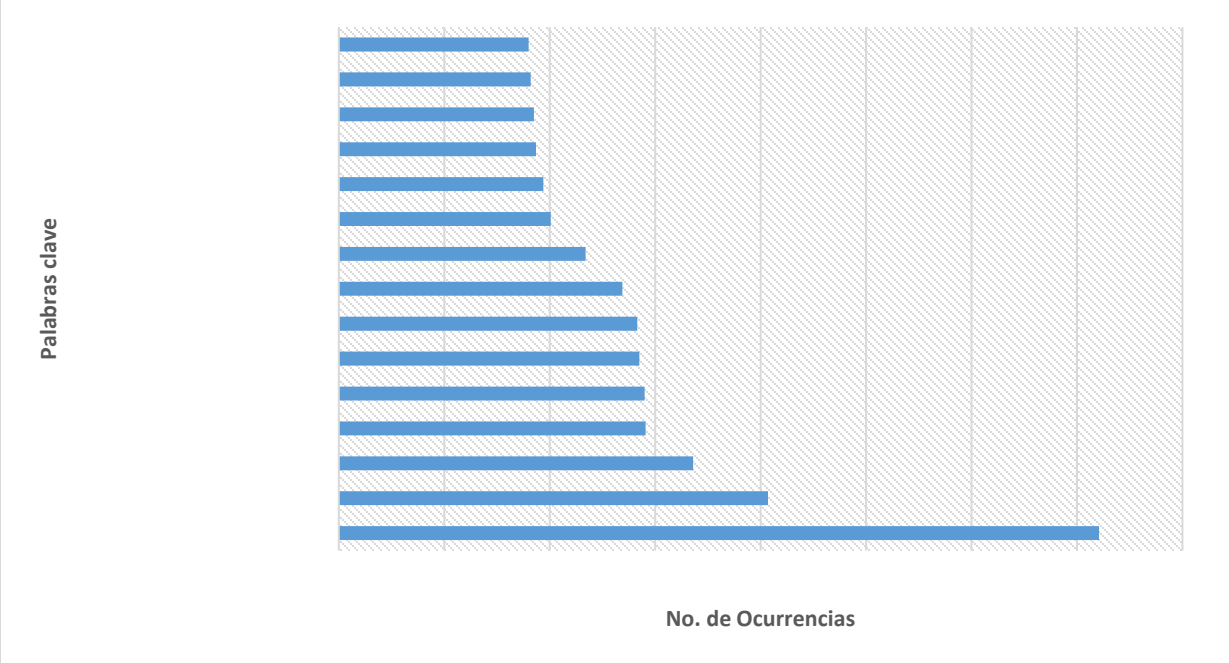
Otro punto importante es el ilustrado en la figura 3, donde se tienen las 15 palabras clave más frecuentes, esto según el análisis de los resultados extraídos de los documentos consultados. Las palabras clave: pavimentos, estabilización y asfalto; son las más destacadas en la literatura

científica debido a su relación directa con la construcción de carreteras. Palabras como reciclaje, cenizas volantes o también desarrollo sostenible muestran el principal interés de la comunidad científica en generar alternativas para la construcción de carreteras, no solo nueva sino amigable con el medio ambiente.

Siguiendo lo expuesto anteriormente, estas palabras clave denotan la importancia actual que se está dando por parte de la comunidad científica a la generación de alternativas a la construcción de pavimentos y en qué circunstancias usarlos, además de revisar cómo se comportan bajo diferentes condiciones, junto a que cumplan las normas internacionales. Estas investigaciones llevarán a proporcionar una base esencial para el desarrollo de políticas y prácticas que busquen dar nuevas formas de construir pavimentos.

Figura 3

Palabras más frecuentes



Nota. La grafica muestra las palabras claves y cuan ocurrentes son.

Con respecto a la frecuencia con que aparecen las palabras claves en la literatura científica, se puede ver representado en la Figura 4, donde se aprecia la frecuencia de las palabras en las publicaciones de una forma más estética, denotando que entre más centrales y grandes sean, más frecuentes son.

Se puede distinguir palabras pavimentos, estabilización, asfalto, construcción de carreteras y sobre todo destacando como palabras como reciclaje y sostenibilidad las cuales se hacen cada vez más frecuentes en la comunidad científica.

Figura 4

Frecuencia de las palabras clave (Worldcloud)



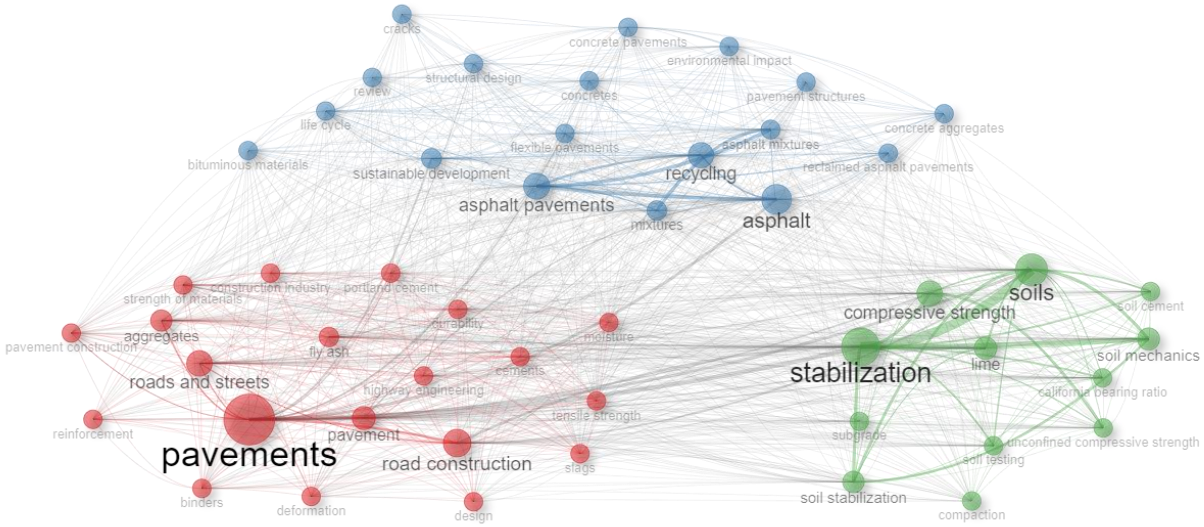
Nota. La grafica muestra las palabras clave y su frecuencia.

Estas palabras tienen cierta interacción según las áreas conformadas por el conjunto de palabras, en la Figura 5 se puede observar esta representación mediante círculos, teniendo en cuenta que el tamaño del círculo indica la frecuencia en que aparece en los documentos y su

conexión con otras palabras clave. Por ejemplo, se puede notar que la palabra "estabilización" está directamente relacionado con los suelos, pavimentos, suelo cemento, CBR. Además de estos, se pueden observar círculos azules mostrando relaciones entre el asfalto, reciclaje, desarrollo sostenible.

Figura 5

Iteración entre palabras claves



Nota. La grafica muestra las palabras clave y como interaccionan entre ellas según las publicaciones analizadas.

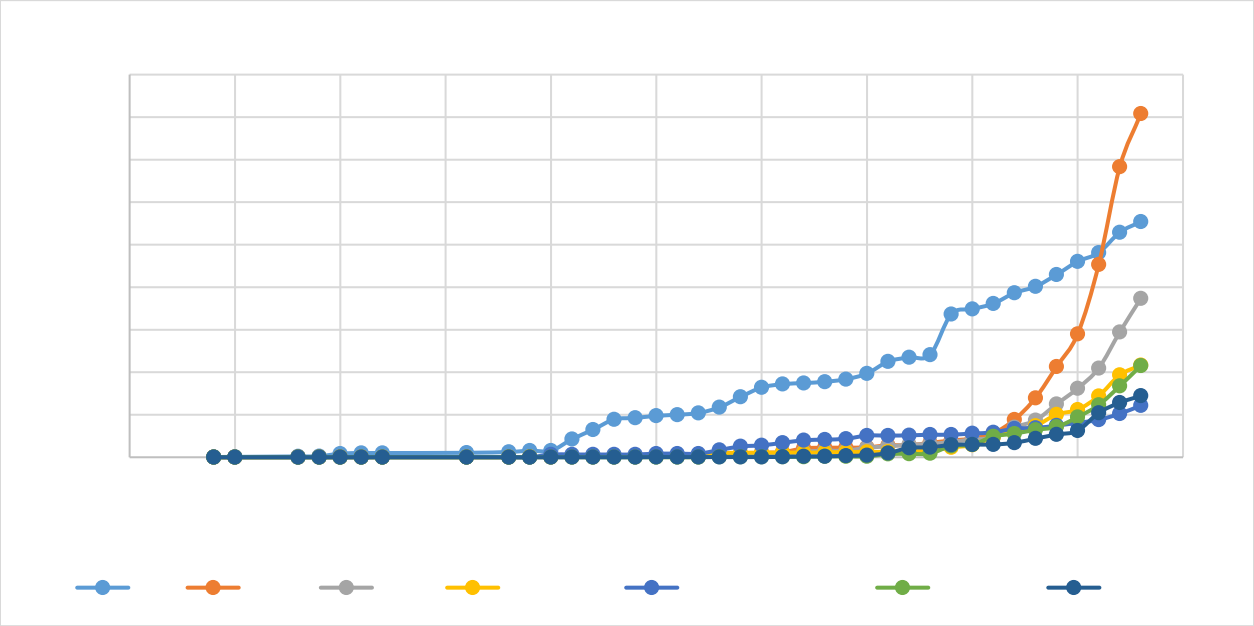
En la Figura 6 también se podrán ver los países con más publicaciones con respecto al tema, mostrando otra vez una predominante y notoria cantidad de publicaciones por parte de China, la cual en lo que va transcurrido 2023 lleva una cantidad de 1616 publicaciones, siguiendo con Estados Unidos con una cantidad de 1108 publicaciones este año; un país que resalta y muestra un gran avance en esta área es la India que ha venido en los últimos años

aportando más publicaciones, produciendo en lo que va del año 2023 un total de 747 publicaciones, al igual que Australia con una producción de 433 publicaciones en 2023.

Se puede notar en la gráfica la notable constancia y gran número de publicaciones de Estados unidos todos los años; y países como Australia que empiezan a notarse en los últimos años con sus aportes.

Figura 6

Publicaciones producidas por los diferentes países



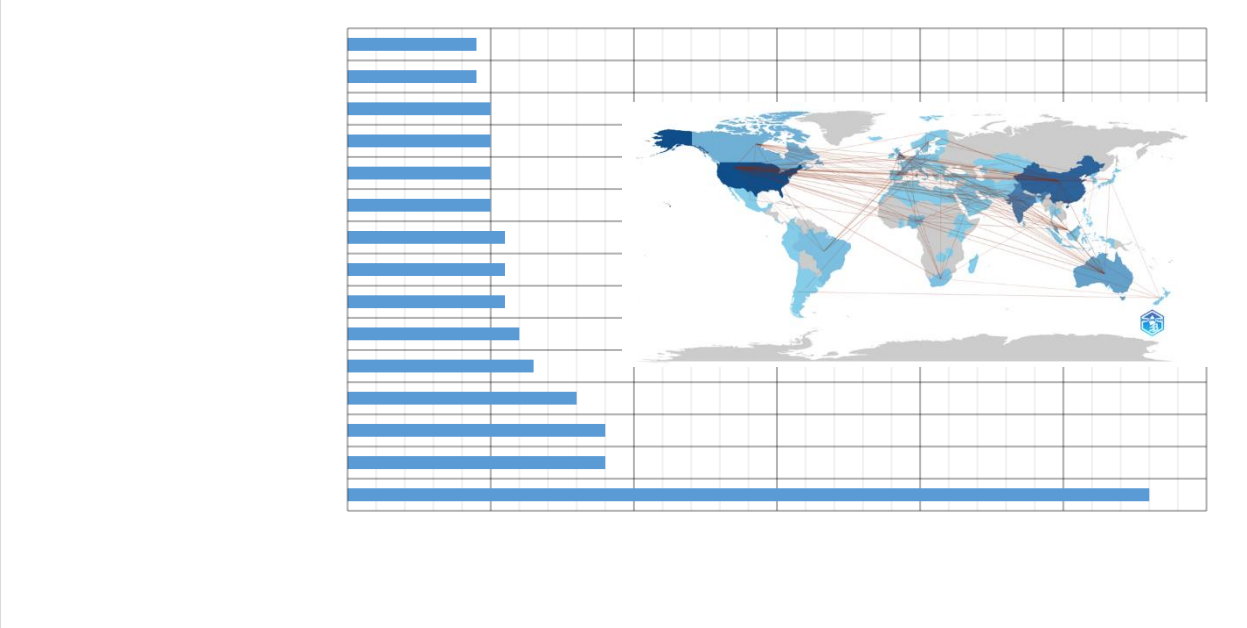
Nota. La grafica muestra la producción anual de los países con más relevancia.

La colaboración o cooperación entre los diferentes países llevan a que se puedan tener más conocimientos y además experiencias, un dato importante a resaltar es la poca o nula colaboración con países latinoamericanos; y aunque también se puede ver que en realidad existen pocas colaboraciones de manera general, si tenemos en cuenta la cantidad de documentos publicados de cada país, los más rezagados son los países de Latinoamérica, países africanos y

aunque extraño Rusia debe ser incluido en esta lista. Y este aspecto debería ser el más importante ya que por medio de estas colaboraciones o alianzas se pueden establecer normativas y regulaciones conjuntas que son fundamentales para el desarrollo.

Figura 7

Colaboraciones entre países



Nota. La grafica muestra las diferentes colaboraciones entre países.

En la Tabla 1 se puede apreciar los artículos que más se han citado, llevando a notar que los artículos más citados son aquellos en que se busca ha investigado una solución innovadora y amigable con el medio ambiente para la práctica de la construcción de carreteras, destacando articulos como Geopolymerisation: A review and prospects for the minerals industry con 704 citaciones, Recycled Tyre Rubber Modified Bitumens for road asphalt mixtures: A literature review el cual tiene 645 citaciones y Polymer modification of bitumen: Advances and

challenges con 600 citaciones. Esto nos demuestra el auge de las tecnologías innovadoras basadas en la sostenibilidad, buscando reutilizar materiales y reducir niveles de contaminación.

Tabla 1

Publicaciones más citadas

Autor	Año	Título del articulo	Revista	DOI	Citas
Kostas Komnitsas, Dimitra Zaharaki	2007	Geopolymerisation: A review and prospects for the minerals industry	Minerals Engineering	10.1016/j.mineng.2007.07.011	704
Davide Lo Presti	2013	Recycled Tyre Rubber Modified Bitumens for road asphalt mixtures: A literature review	Construction and Building Materials	10.1016/j.conbuildmat.2013.09.007	645
Jiqing Zhu, Björn Birgisson, Niki Kringos	2014	Polymer modification of bitumen: Advances and challenges	European Polymer Journal	10.1016/j.eurpolymj.2014.02.005	600
K.V. Abhijith, Prashant Kumar, John Gallagher, Aonghus McNabola, Richard Baldauf, Francesco Pilla, Brian Broderick, Silvana Di Sabatino, Beatrice Pulvirenti	2017	Air pollution abatement performances of green infrastructure in open road and built-up street canyon environments – A review	Atmospheric Environment	10.1016/j.atmosenv.2017.05.014	543
Sam A. Wallin, John L. Provis	2016	Magnesia-Based Cements: A Journey of 150 Years, and Cements for the Future?	Chemical reviews	10.1021/acs.chemrev.5b00463	508
Jianlong Guo, Yanping Bao, Min Wang	2018	Steel slag in China: Treatment, recycling, and management	Waste Management	10.1016/j.wasman.2018.04.045	447
Caijun Shi, Christian Meyer, Ali Behnood	2008	Utilization of copper slag in cement and concrete	Resources, Conservation and Recycling	10.1016/j.resconrec.2008.06.008	407

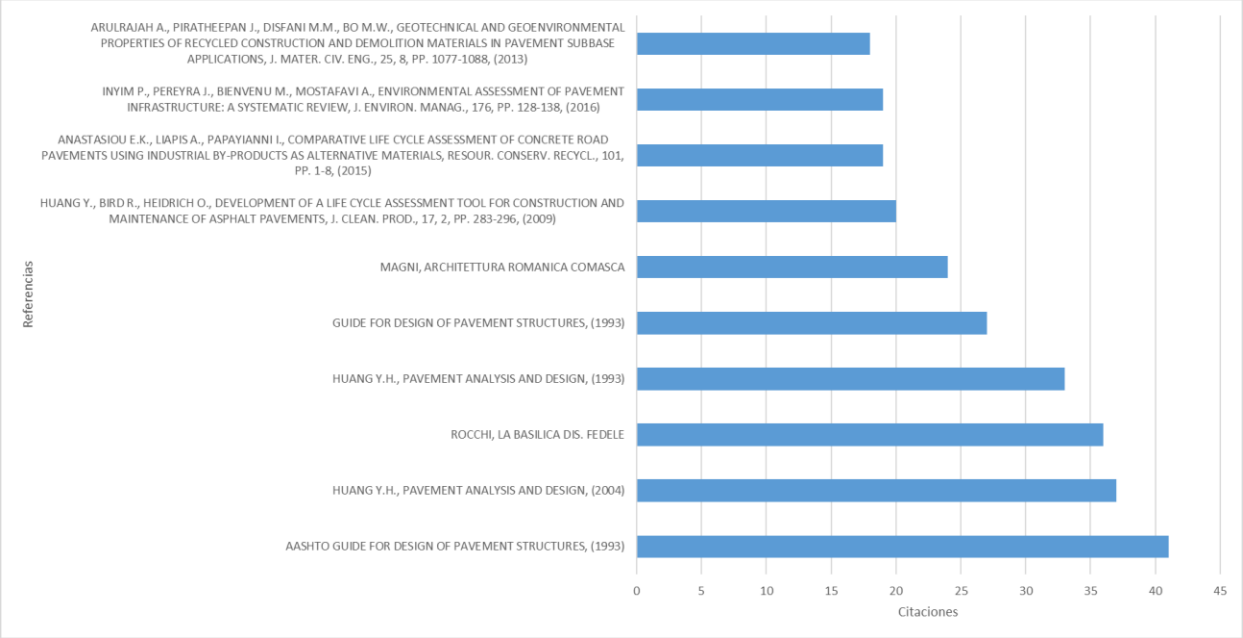
Yinghong Qin	2015	A review on the development of cool pavements to mitigate urban heat island effect	Renewable and Sustainable Energy Reviews	10.1016/j.rser.2015.07.177	399
Giovanni Polacco, Sara Filippi, Filippo Merusi, George Stastna	2015	A review of the fundamentals of polymer-modified asphalts: Asphalt/polymer interactions and principles of compatibility	Advances in Colloid and Interface Science	10.1016/j.cis.2015.07.010	394
Pier Luigi Luisi, Francesca Ferri, Pasquale Stano	2005	Approaches to semi-synthetic minimal cells: a review	Naturwissenschaften	10.1007/s00114-005-0056-z	352

Nota. Datos tomados del análisis bibliométrico

Las referencias más citadas en todos estos documentos y en las cuales se basaron para dar argumentos más sólidos se pueden ver en la Figura 8, donde se muestran las 10 referencias más citadas, en la cual podemos ver como destaca la AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES 1993 con 33 citaciones, siguiendo con HUANG Y.H., PAVEMENT ANALYSIS AND DESIGN (1993) y HUANG Y.H., PAVEMENT ANALYSIS AND DESIGN (2004) con 28 y 27 citaciones respectivamente. Lo que permite evidenciar que, aunque estas referencias son antiguas, son las que establecen los lineamientos base para las nuevas investigaciones.

Figura 8

Citaciones más referenciadas



Nota. La grafica muestra la producción anual de los diferentes autores.

3. Especificaciones Técnicas para la Construcción de Pavimentos

Para tener el conocimiento en construcción de carreteras que tenemos hoy en día, han sido años de aprendizaje continuo, con sus inicios datando en el año 3500 a.C cuando los mesopotámicos construyeron los primeros caminos (Tino Ramos, 2007); al igual que los egipcios en el años 2500 a.C en la construcción de la Pirámide de Keops (Sponholtz, 2018); así como los reyes hititas que construyeron las primeras carreteras y mantenerlos (Escario, Escario, & Balaguer, 1967). Todo este inicio hasta alrededor del año 1770 es cuando se da evolución en diseños, procesos constructivos y materiales, como puntos a destacar la construcción de caminos por parte del emperador Tupac en América y también la Cumberland Road en 1755 desarrollada en USA donde se empieza a realizar carreteras. (Bañoz Blazquez & Bevia Garcia, 2000); la segunda época importante es hasta el siglo XIX donde aparecen los ligantes y el hormigón, así como avances técnicos para ejecución de obras, destacando en USA la construcción de la primera autopista en 1907; la tercera época es hasta la actualidad donde se han acumulado todos los conocimientos y además donde están llegando innovadoras formas sostenibles de las mismas. (Garcia Saenz, 2022)

Gracias a esto hoy en día las carreteras se construyen en una estructura llamada pavimento, se puede definir pavimento como la estructura de varias capas que se construye sobre la capa sub rasante (Superficie) para resistir y distribuir los esfuerzos que originan los vehículos, lo que, a su vez, contribuye a mejorar las condiciones de seguridad y comodidad del tráfico. Normalmente, consta de varias capas, que incluyen la subbase, base y capa de rodadura. (Ministerio de Transporte y Comunicacion, 2014)

Los pavimentos se clasifican comúnmente en dos categorías principales: flexibles y rígidos (Autroads, 2018), exceptuando las especificaciones de Perú donde también se habla de pavimentos semirrígidos. En términos de uso, los pavimentos flexibles son los más predominantes, seguidos por los pavimentos rígidos, mientras que los pavimentos semirrígidos son menos comunes (Ministerio de Transporte y Comunicacion, 2014).

3.1.Subbase

La subbase juega un papel esencial en la estructura de los pavimentos, ya que cumple la función de vincular la subrasante con la capa base, ubicándose estratégicamente entre ambas. (Liu, Zhang, You, Luo, & Xu, 2022), esta se construye en una o más capas de material especificado a un grosor diseñado (aashto, 2020). Por lo general, consiste en una capa compactada de material granular también llamado no tratado, a su vez también podrá ser tratado con una mezcla adecuada (aashto, 1993).

La subbase tiene la función de proporcionar rigidez para distribución de cargas, también dependiendo de los requisitos sirve como drenante de la base y proteger la subrasante de infiltraciones.

Se encuentra que los tipos de subbase más comúnes son la subbase granular y la subbase tratada con cemento.

3.1.1. Subbase Granular

La subbase granular es un tipo de subbase que desempeña un papel esencial dentro de la composición de los pavimentos tanto rígidos como flexibles, este tipo de subbase es altamente resistente a la erosión y permite el libre drenaje con el fin de prevenir el bombeo, aunque esta menos expuesta a presiones que la base. (Federal Highway Administration, 2016)

Requisitos previos a la construcción

Previo al momento de la construcción de la subbase hay exigencias y parámetros respecto al equipo, maquinaria y demás; en la Tabla 2, están representados inicialmente lo que se tiene en común y en parámetros adicionales estarán los requisitos únicos de cada uno

Tabla 2

Especificaciones y requisitos antes de iniciar (Subbase granular)

País	Exigencias	Parámetros adicionales
Colombia	En el momento de la construcción de la subbase esta debe siempre seguir el procedimiento, usar la maquinaria y el equipo que se indicaron en el documento del proyecto que ya haya sido aprobado, además de inspeccionar que todos estos cumplan con sus respectivas	La extensión del material se recomienda utilizar extendedoras automotrices. (superficie >70000 m2)
Perú		-
Chile		-
España		-Si hay tráfico pesado de T00 (≥ 4000 vehículos por día) a T2 (200 ≤ T2 < 800) y área mayor a 70000 m2 usar extendedoras automotrices -Compactadores deben ser autopropulsados (si es compactador vibratorio tiene una carga estática de más de 300N/cm y alcanzar masa de 15t, si es compacta con compactadores de neumáticos deben tener masa de 28t y 4t de carga por rueda) - Además, se requiere tolvas con paredes resistentes y herméticas, así como bocas equipadas con rejillas; en caso de ausencia de tolvas, se deben

	certificaciones; otro aspecto es que el traslado de material debe ser en el equipo idóneo, cubierto de ser necesario.	emplear dispositivos de pretensión. Si se opta por centrales de fabricación ponderadas, estas deben tener una precisión de ± 2%, y el control del agua se efectúa mediante un caudalímetro con una precisión de ± 2%.
Estados Unidos		-
Sudáfrica		•Usar carro cisterna para aplicar agua en el proceso de esparcimiento y mezclado. •Uso de niveladora para el proceso de realización de la mezcla, previniendo segregación y mantener la calidad del material
Australia y Nueva Zelanda		•Para la compactación se pueden usar equipos de presión estática (Rodillos lisos con ruedas de acero), fuerza de impacto (Placas y rodillos compactadores, rodillos de impacto y rodillos de rejilla), vibración; o que combinen varios de los anteriores como: Rodillos neumáticos de múltiples ruedas, rodillos lisos oscilantes y vibratorios, rodillos de pie de cabra.
Tailandia		-

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Direccion de Vialidad, 2022); *(Ministerio de Fomento, 2019)*; (Federal Highway Administration, 2014); (aashto, 1993); *(Committee of Transport Officials, 2020)*; (Austroads, 2018); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019)

De la tabla anterior se pueden observar que todos tienen aspectos en común y es que se usara la maquinaria estipulada en el proyecto, pero cada uno presenta equipos los cuales llegan a ser únicos en algunos casos, especificaciones como las de Australia y Nueva Zelanda presentan una gran variedad de equipo que se podrá usar según lo establezcan los documentos del proyecto; otros como Colombia y España muestran el uso de esparcidores automotrices, aunque cada uno con sus parámetros para su uso, donde Colombia lo hace por la superficie y España por el tráfico; finalmente Sudáfrica, presentando el carro cisterna para aplicación de agua.

Además, existen consideraciones del clima, con los que se podrá o no realizar la construcción de la subbase, debido que estos pueden provocar un aumento en la humedad optima, lo cual conlleva a que los requisitos y propiedades de la subbase cambien, junto a problemas para realizar la compactación del mismo, así como una pérdida de material, la Tabla 3 muestra las especificaciones de los países respecto a los aspectos climáticos a considerar para la realización de la subbase granular, presentando los aspectos comúnes en medio y las diferencias en la última fila.

Tabla 3

Especificaciones del clima (Subbase granular)

<table>
<tr><th>País</th><th>Requisitos climáticos</th><th>Especificaciones adicionales</th></tr>
<tr><td>Colombia
España</td><td rowspan="4">No se pueden iniciar procesos para la construcción de la subbase si está lloviendo o si existe sospecha de que llueva. Se recomienda que se realicen las obras con luz solar</td><td>Las especificaciones de Colombia y España requieren que la temperatura no puede ser menor a 2°C</td></tr>
<tr><td>Perú</td><td>La temperatura ambiente no puede ser menor a 6°C</td></tr>
<tr><td>Estados Unidos</td><td>No se podrá realizar si también existe sospecha de que pueda caer nieve.</td></tr>
<tr><td>Australia y Nueva Zelanda</td><td>-</td></tr>
<tr><td>Tailandia</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>Sudáfrica
Chile</td><td colspan="2">No presentan requisitos para este ámbito</td></tr>
</table>

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Direccion de Vialidad, 2022); *(Ministerio de Fomento, 2019)*; (Federal Highway Administration, 2014); (aashto, 1993); *(Committee of Transport Officials, 2020)*; (Austroads, 2018); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019)

Especificaciones para la subbase granular

El material a usar para la subbase deberá cumplir unos requisitos, en la figura 9 o en la tabla 28 del apéndice, se presentan detalladamente las especificaciones técnicas que debe cumplir dicho material, abordando cada punto según los documentos técnicos correspondientes. Este proceso garantiza la idoneidad del material y su conformidad con los estándares establecidos.

Figura 9

Especificaciones de materiales a usar (Subbase granular)

País	Observaciones previas	Requisitos del material de subbase	Observaciones adicionales
Colombia	-Los agregados a usar pueden ser naturales o de trituración de rocas y gravas (sin materia orgánica o sustancia perjudicial, no puede ser material plano o alargado, ni blando o quebradizo) -Subbase granular se clasifica segùn el nivel de tránsito: Clase A (NT1: N80kN ≤ 0.5M) Clase B (NT2: 0.5 < N80kN ≤ 5M) Clase C (NT3: N80kN > 5M)	•Clase A: -Degradación por abrasión ≤ 30% -CBR (muestra de 4d de inmersión) ≥ 40% •Clase B: -Degradación por abrasión ≤ 35% •Clase B y C: -CBR ≥ 30% •Requisitos para cualquiera de las clases: -Desgaste ≤ 50% -Perdidas mediante prueba de sulfito de sodio ≤ 12% y Sulfato de magnesio ≤ 18% -LL ≤ 25%; IP ≤ 6%; Equivalente de arena ≥ 25%; Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables ≤ 2%	Relación entre el PP200 y PP40 no puede exceder 2/3 del espesor de capa compactada y tamaño nomina menor a 1/3 del mismo espesor.(Franja granulométrica para partículas de 50mm o de 38mm, que se selecciona en la etapa de diseño.) -SBG-50 un PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 70-95, PP (25 mm): 60-90, PP(12.5 mm): 45-75, PP (9.5 mm): 40-70, PP4: 25-55, PP10: 15-40, PP40: 6-25 y PP200: 2-15 -SBG-38 un PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 75-95, PP(12.5 mm): 45-85, PP (9.5 mm): 45-75, PP4: 30-60, PP10: 20-45, PP40: 8-30 y PP200: 2-15
Perú	-Los agregados a usar no pueden tener restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores del máximo especificado	Depende de la altitud: •Si < 3000 msnm - IP ≤ 6% y Equivalencia de arena ≥ 25% •Si ≥ 3000 msnm - IP ≤ 4% y Equivalencia de arena ≥ 35% •Requisitos para ambas: - CBR ≥ 40%; Abrasión los Ángeles ≥ 50%; LL ≤ 25%; SS ≤ 1%; Particulas chatas y alargadas ≤ 20%	El material debe estar adaptado uniformemente y paralelo a una de las 4 franjas granulométricas, la cual fue seleccionada en los documentos del proyecto. -Gradación A un PP (50 mm): 100, PP (9.5 mm): 30-65, PP4: 25-55, PP10: 15-40, PP40: 8-20 y PP200: 2-8 -Gradación B un PP (50 mm): 100, PP (25 mm): 75-95, PP (9.5 mm): 40-75, PP4: 30-60, PP10: 20-45, PP40: 15-30 y PP200: 5-15 -Gradación C un PP (25 mm): 100, PP (9.5 mm): 50-85, PP4: 35-65, PP10: 25-50, PP40: 15-30 y PP200: 5-15 -Gradación D un PP (25 mm): 100, PP (9.5 mm): 60-100, PP4: 50-85, PP10: 40-70, PP40: 25-45 y PP200: 8-15
Chile	Mezcla de arena-arcilla; grava o escoria, arenas o material triturado. -Los agregados gruesos retenidos en Tamiz N°4 deben ser resistentes, durables, constituidas por fragmentos de roca, grava o escoria. -Agregado fino que pasan por tamiz N°4 deben ser arenas naturales o trituradas y partículas minerales que pasan por el tamiz N°200	•Para Pavimento Flexible (Graduación abierta o cerrada) -CBR ≥ 40%; LL ≤ 35% e IP ≤ 8% -Resistencia al desgaste ≤ 40% -Equivalencia de arena ≥ 20% •Para Pavimento Rígido (Graduación abierta o cerrada) -CBR ≥ 50%; LL ≤ 25% e IP ≤ 6% -Desgaste los Ángeles ≤ 35% -Sales Solubles ≤ 4% •Para ambos tipos de pavimento -En sectores de hielo-deshielo o graduación abierta puede ocurrir que se limita el IP ≤ 4%; si esto pasa los valores se verán alterados.	-El material debe estar en una banda granulométrica especifica ya sea para pavimento flexible o pavimento rígido -TM-50a (P. Flexible) un PP (50 mm): 100, PP (25 mm): 55-100, PP(10 mm): 30-75, PP (5 mm): 20-65, PP (2 mm): 10-50, PP (0.5 mm): 5-30 y PP (0.08 mm): 0-20. -TM-50b (P. Rígido) un PP (50 mm): 100, PP (40 mm): 70-100, PP (25 mm): 55-85, PP (20 mm): 45-75, PP(10 mm): 35-65, PP (5 mm): 25-55, PP (2 mm): 15-45, PP (0.5 mm): 5-25 y PP (0.08 mm): 0-10. -TM-50c (P. Rígido) un PP (50 mm): 100, PP (25 mm): 70-100, PP (20 mm): 60-90, PP(10 mm): 40-75, PP (5 mm): 30-60, PP (2 mm): 15-45, PP (0.5 mm): 10-30 y PP (0.08 mm): 0-15. -TM-25 (P. Rígido) un PP (25 mm): 100, PP (20 mm): 70-100, PP(10 mm): 50-80, PP (5 mm): 35-65, PP (2 mm): 25-50, PP (0.5 mm): 10-30 y PP (0.08 mm): 0-15. -No se puede usar material con materia orgánica y terrones de arcilla -Materiales que se quiebran con ciclos alternados de Hielo-deshielo y humedad-sequedad no pueden usarse. -Las fracciones que pasan por Tamiz N°200 no deben ser mayores a 2/3 lo que pasa por el N°40 -En zonas de heladas se reconsideran los requisitos normales.
España	Dependerá del tipo de tráfico: •Se podrá usar material granular reciclado para tráfico pesado de T2 a T4: -200 ≤ T2 < 800 vehículos pesados por día -50 ≤ T3 < 200 -T4 < 50 •Todo material a usar no puede ser susceptible a meteorización o cambio físico-químico. •Materiales áridos, naturales, artificiales o procedentes del reciclado, deberán disponer del marcado CE •Si se usa material reciclado este debe ser sometido por medio de plantas móviles o fijas a un proceso de separación de componentes no deseados y materiales que puedan ser contaminantes; además, previa a la construcción el material se envejece con riego de agua por 3 meses.	•Árido Para material reciclado: -Cantidad de perdida ≤ 18% - El árido siderúrgico obtenido del alto horno no mostrará descomposición por presencia de silicato bicálcico o presencia de hierro. -El árido siderúrgico de acería debe tener: Expansividad < 5%; Índice Granulométrico de Envejecimiento < 1%; contenido de cal libre < 0,5% -Composición química: Contenido de azufre S < 0,5% si está en contacto con materiales tratados con cemento y S < 1% en el resto de casos; si es material reciclado de hormigón debe tener un Contenido de SS de SO3 < 0,7% •Árido grueso(Parte que para por tamiz de 4mm) -Proporción de partículas parcialmente triturada: T2 ≥ 70%, T3 y T4 ≥ 50%; proporción de partículas redondeadas ≤ 10%; Índice de lajas < 35; coeficiente de los ángeles para T2 ≤ 30 y T3-T4 ≤ 40; contenido de finos PP(0,063mm) < 1%. •Árido fino(cernido del tamiz de 4mm) -Equivalencia de arena: T2 > 35 y T3-T4 > 30 •Estos materiales deben ser materiales no plásticos.	•Se puede usar áridos reciclados de residuos de construcción y demolición deben estar acreditados. •También puede ser de trituración, total o parcial, de piedra de cantera o de grava natural. •El material debe estar en una banda granulométrica especifica, el cual depende del tamaño máximo nominal, que se define como la abertura del primer tamiz que retiene más del 10% en masa. -ZA 0/32 un PP (40 mm): 100, PP (32 mm): 88-100, PP (20 mm): 65-90, PP(12.5 mm): 52-76, PP (8 mm): 40-63, PP (4 mm): 26-45, PP (2 mm): 15-32, PP (0.5 mm): 7-21, PP (0.250 mm): 4-16 y PP (0.063 mm): 0-9. -ZA 0/20 un PP (32 mm): 100, PP (20 mm): 75-100, PP(12.5 mm): 60-86, PP (8 mm): 45-73, PP (4 mm): 31-54, PP (2 mm): 20-40, PP (0.5 mm): 9-24, PP (0.250 mm): 5-18 y PP (0.063 mm): 0-9. -ZAD 0/20 un PP (32 mm): 100, PP (20 mm): 65-100, PP(12.5 mm): 47-78, PP (8 mm): 30-58, PP (4 mm): 14-37, PP (2 mm): 0-15, PP (0.5 mm): 0-6, PP (0.250 mm): 0-4 y PP (0.063 mm): 0-2. •Para imprimación se usan tipo Emulsión C50BF4 IMP o C60BF4 IMP: -Índice de rotura de 110-195; contenido de ligante (por contenido de agua) de 58-62% para C50BF4 IMP y 48-52% para C50BF4 IMP; contenido de fluidificante ≤ 10% para C60BF4 IMP y 5-10% para C50BF4 IMP; tiempo de fluencia (2mm, 40°C) de 15-70%; residuo de tamizado ≤ 0.1% y tendencia a sedimentación a los 7d ≤ 10%; adhesividad ≥ 90%, en el residuo por evaporación una penetración a 25°C ≤ 330 (0.1 mm) y a 15°C > 300 (0.1 mm), punto de reblandamiento ≥ 35°C; y en residuo por evaporación y luego estabilización, una penetración ≤ 220 (0.1 mm) para C60BF4 IMP y ≤ 220 (0.1 mm) para C50BF4 IMP; punto de reblandamiento ≥ 35°C. •Además el árido de cobertura para curado deberá para por tamiz N°4 y menos de 15% que sean menores al tamiz 0.063 mm; además, no podrá ser material plástico y deberá tener una equivalencia de arena > 40%
Estados Unidos	Se usará partículas o fragmentos duros y duraderos de piedra triturada, escoria triturada o grava triturada. No podrá tener materia orgánica, ni grumos o bolas de arcilla.	El agregado deberá tener las siguientes propiedades: -Abrasión Los Ángeles ≤ 50%; Estabilidad del suelo con sulfato de sodio 12% perdidas máximo; Índice de durabilidad (para grueso y fino) ≥ 35%; caras fracturadas ≥ 50%; Limite liquido ≤ 25%. Según la AASHTO 93 se proporciona un valor CBR ≥ 50% para espesores de entre 20-50mm Según la ASTM D2940 de las partículas que se retienen en el Tamiz de 9,5mm al menos el 75% debe tener dos o más caras fracturadas; la fracción de agregado fino(mezcla final) que pasa por el Tamiz N°200 no deberá exceder el 60% de la fracción que pasa por el tamiz N°30; la fracción que pasa por el tamiz N°40 deberá tener un LL ≤ 25% e IP ≤ 4%, además el valor equivalente de arena en agregado debe ser ≥ 35%	El material debe estar en una de las 2 franjas granulométricas específicas que existen y que se selecciona en la etapa de diseño -Grado A un PP (63 mm): 100, PP (50 mm): 97-100, PP (25 mm): 65-79, PP (12.5 mm): 45-59, PP4: 28-42, PP40: 9-17 y PP200: 4-8 -Grado B un PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 97-100, PP4: 40-60 y PP200: 4-12
Sudáfrica	Se podrá usar grava, natural o modificada o procesada. -Las partículas tendrán entre 5mm y 24mm de diámetro. -En la parte occidental más seca de Sudáfrica, usar arena de color marrón amarillento a rojo, evitando la arena blanca o gris	**•Para tráfico de bajo volumen (arena natural sin tratar):** Trafico bajo es aquel con EE80kN ≤ 0.3M y Weinert N ≥ 10 (relación entre la lluvia, la evaporación y la presencia de agua en la superficie de un material -CBR ≥ 30%; PP(2mm): 95-100%; PP(0,75mm): 5-12%; Modulo granulométrico: 0,75-1.50; IP (en fracción de 0,075 mm): SP-25 (Porcentaje de finos menos 25); Hinchazón ≤ 0,1% **•Para Trafico normal:** Se podrá usar material granular incluso con la calidad para la capa base; depende del diseño: •Roca de alta calidad G1 (Trafico altos, tanto para E80 > 15 millones como E80 ≤ 15 millones): Porcentaje de finos ≤ 10% por masa; índice de descamación ≤ 35; todas las caras fracturadas; Para tráficos ≤ 15 millones se indica para PP0,425 un LL ≤ 25, IP ≤ 4 y LS ≤ 2% (perdida por lavado), no indicando valores concretos para > 15 millones; de manera general se debe tener un IP ≤ 8 (PP 0,075); tamaño máximo de partícula de 37.5mm. •Roca G2 igualmente de muy buena calidad: Porcentaje de finos ≤ 10% por masa; índice de descamación ≤ 35; 50% de caras fracturadas; Para material que Pasa tamiz de 0,425mm un LL ≤ 25, IP ≤ 6, LS ≤ 3% (perdida por lavado) e IP ≤ 12 (PP 0,075); tamaño máximo de partícula de 37.5mm. •Roca G3: Porcentaje de finos ≤ 15% por masa; índice de descamación ≤ 35; 50% de caras fracturadas; Para material que Pasa tamiz de 0,425mm un LL ≤ 25, IP ≤ 6, LS ≤ 3% (perdida por lavado) y si es calceta debe tener un LL ≤ 30, IP ≤ 8, LSM ≤ 170 (módulo de contracción lineal); IP ≤ 12 (PP 0,075); tamaño máximo de partícula de 37.5mm o podrá ser de 28 mm; hinchazón ≤ 0.2% y CBR ≥ 80% •Rocas G4 a G6 son de menor calidad y más comunes para la capa subbase: -Requisitos que deberá tener si se usa roca triturada o gravas con guijarros; requisitos para material PP(0,425 mm): Para cualquier material excepto calceta: LL ≤ 25; IP ≤ 6; LS ≤ 3% (Pendida por lavado) Si es calceta o caliza: LL ≤ 30; IP ≤ 8; LSM ≤ 170(perdida por lavado en fracción fina) Hinchazón ≤ 0.2% y CBR ≥ 80% -Requisitos que deberá tener si se usa roca media a dura que requiere trituración o gravas con guijarros PP(0,425 mm): Para cualquier material excepto calceta: LL ≤ 30; IP ≤ 10; LS ≤ 5% (Perdida por lavado) Si es calceta o caliza: LL ≤ 45; IP ≤ 15; LS ≤ 6%; LSM ≤ 320(perdida por lavado en fracción fina) Hinchazón ≤ 0.5% y CBR ≥ 45% (en partes secas y si tiene un E80 < 3 millones la subbase podrá tener CBR ≥ 25% y si la base es de espesor ≥ 150mm.) -Para grava con adoquines o materiales alternativos: Para cualquier material excepto calceta: LL ≤ 2GM +10; LS ≤ 7% (Perdida por lavado) Si es calceta o caliza: LL ≤ 45; IP ≤ 15; LS ≤ 6%; LSM ≤ 320(perdida por lavado en fracción fina) Hinchazón ≤ 0.5% y CBR ≥ 25% •La arena para zonas seca es conveniente que tenga al menos 0,3% Fe o 1,2% Fe2O3 •La grava deberá tener un contenido de SS ≤ 0,15 o 0,10 si hay drenaje deficiente; Ácidos con pH ≥ 6,0	-La granulometría será escogida en La etapa de diseño. -Para G1: PP (37.5 mm): 100, PP (26 mm): 86-90, PP (20 mm): 73-80, PP (14 mm): 61-71, PP (5 mm): 37-49, PP (2 mm): 23-36, PP (0.425 mm): 11-20 y PP (0.075 mm): 4-10 -Para G2 y G3 (37.5 mm): PP (37.5 mm): 100, PP (28 mm): 86-95, PP (20 mm): 73-86, PP (14 mm): 61-76, PP (5 mm): 37-54, PP (2 mm): 23-40, PP (0.425 mm): 11-24 y PP (0.075 mm): 4-12 -Para G3 (28 mm): PP (28 mm): 100, PP (20 mm): 87-96, PP (14 mm): 73-86, PP (5 mm): 43-61, PP (2 mm): 27-45, PP (0.425 mm): 13-27 y PP (0.075 mm): 5-12 -Para G4 y G5 (Roca media a dura) un PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 85-100, PP (20 mm): 61-91, PP (14 mm): 48-82, PP (5 mm): 31-66, PP (2 mm): 20-50, PP (0.425 mm): 10-30 y PP (0.075 mm): 5-15
Australia y Nueva Zelanda	Se usa Materiales granulares naturales (gravas naturales/arena-arcillosa/roca blanda y fisionable) o Roca triturada, que se produce mediante la trituración y cribado de roca madre dura (ígnea, roca metamórfica o sedimentaria) -El tamaño de las partículas deberán ser < 40mm -No se pueden usar rocas alargadas y delgadas. -No podrá tener materia orgánica, ni grumos o bolas de arcilla.	-Contenido de finos(PP0,075 mm) máximo: 6-12% -Angulosidad de 0 a 12 (0 será un 33% de angulosidad) -Valor de resistencia húmedo seco ≤ 45% -Abrasión Los ángeles para grano grueso ≤ 40% y grano fino ≤ 35% Un parámetro necesario es tener un % de piedras marginales e inestables en un conjunto de agregados ≤ 20%; y % de piedras inestables de 10% máx. -% de arenas ≤ 15% de la mezcla total; % particulas trituradas ≤ 50% -Contenido de humedad de los materiales ≤ 3,5% Los requisitos pueden cambiarse si se tienen pruebas de aceptación de otros parámetros. •Los siguientes dependerán de si será Clase 3 (subbase superior de pavimentos flexibles de servicio pesado que no están ligados) y clase 4 (subbase inferior o capa base para otro tipo de pavimento) -CBR (clase 3) ≥ 30% y CBR (clase 4) ≥ 15% -LL (clase3) ≤ 35% y LL (clase 4) ≤ 40% -IP (clase3) ≤ 12 y IP (clase 4) ≤ 20 •Otras especificaciones como las de Mainroads Western Australia presenta que la subbase compuesta por grava, si es zona árida y de bajo transito deberá tener un CBR ≥ 30% pero si es de alto tráfico deberá tener un CBR ≥ 60%; ahora, LL ≤ 30 %; IP ≤ 10%, contracción lineal ≤ 4%, Contenido de minerales secundarios en rocas ígneas básicas ≤ 25%; al sur oeste cambia a LL ≤ 25 %, IP ≤ 10% contracción lineal ≤ 3% e índice de solidez acelerado por reflujo ≥ 94%; existen especificaciones con ligeros cambios para cada región de la zona -Se presentan unos criterios para una capa de subbase-base combinadas cuando se usa roca triturada, CBR ≥ 70%, IP ≤ 5%, contracción lineal ≤ 2%, Contenido de minerales secundarios en rocas ígneas básicas ≤ 25%, índice de solidez acelerado por reflujo ≥ 94%	El material debe estar en una franja granulométrica especifica, para clase 3(20mm - 40mm) y clase 4 -Clase 3 (20 mm) un PP (26.5 mm): 100, PP (19 mm): 95-100, PP (13.2 mm): 75-95, PP (9.5 mm): 60-90, PP (4.75 mm): 42-76, PP (2.36 mm): 28-60, PP (0.425 mm): 14-28 y PP (0.075): 6-13 -Clase 3 (40 mm) un PP (53 mm): 100, PP (37.5 mm): 95-100, PP (26.5 mm): 75-95, PP (19 mm): 64-90, PP (9.5 mm): 42-78, PP (4.75 mm): 27-64, PP (2.36 mm): 20-50, PP (0.425 mm): 10-23 y PP (0.075): 6-12 -Clase 4 (50 mm) un PP (75 mm): 100, PP (19 mm): 54-75, PP (0.425 mm): 7-21 y PP (0.075): 2-10 -Clase 4 (40 mm) un PP (53 mm): 100, PP (19 mm): 64-90, PP (0.425 mm): 7-23 y PP (0.075): 2-12 -Clase 4 (30 mm) un PP (37.5 mm): 100, PP (9.5 mm): 48-70, PP (0.425 mm): 9-24 y PP (0.075): 2-12 -Clase 4 (25 mm) un PP (37.5 mm): 100, PP (9.5 mm): 54-75, PP (0.425 mm): 10-26 y PP (0.075): 2-13 -Clase 4 (20 mm) un PP (26.5 mm): 100, PP (4.75 mm): 42-76, PP (0.425 mm): 10-28 y PP (0.075): 2-14 -Clase 4 (14 mm) un PP (19 mm): 100, PP (4.75 mm): 54-75, PP (0.425 mm): 15-32 y PP (0.075): 6-17 -Clase 4 (10 mm) un PP (19 mm): 100, PP (4.75 mm): 64-84, PP (0.425 mm): 18-35 y PP (0.075): 7-18
Tailandia	-El material compuesto debe ser resistente, duradero y tener una mezcla de partículas gruesas y finas con propiedades de material compuesto de buena cohesión, sin terrones de arcilla y otras malezas provenientes de fuentes aprobadas por el ingeniero a cargo. -Material con más de 50mm de tamaño se elimina o tritura.	-CBR ≥ 25% -Desgaste Los Ángeles ≤ 60% -LL ≤ 35% -IP ≤ 11% Si se usa material tipo esquisto deberá tener un índice de durabilidad ≥ 35%	El material debe ajustarse a una de las 5 franjas granulométricas -Grado A un PP (50 mm): 100, PP (9.5 mm): 30-65, PP (2 mm): 15-40, PP (0.425 mm): 8-20 y PP (0.075): 2-8 -Grado B un PP (50 mm): 100, PP (9.5 mm): 40-75, PP (2 mm): 20-45, PP (0.425 mm): 15-30 y PP (0.075): 5-20 -Grado C un PP (25 mm): 100, PP (9.5 mm): 50-85, PP (2 mm): 25-50, PP (0.425 mm): 15-30 y PP (0.075): 5-15 -Grado D un PP (25 mm): 100, PP (9.5 mm): 60-100, PP (2 mm): 40-70, PP (0.425 mm): 25-45 y PP (0.075): 5-20 -Grado E un PP (25 mm): 100, PP (2 mm): 40-100, PP (0.425 mm): 20-50 y PP (0.075): 6-20

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Direccion de Vialidad, 2022); *(Ministerio de Fomento, 2019)*; (Federal Highway Administration, 2014); (aashto, 1993); *(Astm, 2015)*; *(Committee of Transport Officials, 2020)*; (Austroads, 2018); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019)

A partir de esto, observamos que las especificaciones varían en su enfoque: Colombia se centra en el tipo de tráfico, mientras que en Perú se considera la altitud; Chile, por su parte, toma en cuenta el tipo de pavimento para establecer los requisitos necesarios. En el caso de España al igual que Colombia se basa en el tránsito, aunque enfocándolo en vehículos por día, añadiendo requisitos respecto a materiales reciclados. En Estados Unidos, aunque las especificaciones son generales, es decir no cambian debido a algún aspecto, se enfrenta al desafío de la dispersión de la información, lo cual dificulta su recopilación. Sudáfrica basa sus especificaciones en el tipo de tráfico esperado, siendo el único en proporcionar el uso de arena como capa de subbase para tráficos livianos y quien presenta aparte una más amplia gama de especificaciones de material granular, con 6 tipos diferentes. Las especificaciones de Australia y Nueva Zelanda son exhaustivas, abordando cada aspecto y fundamentándose en el servicio que proporcionará la capa, siendo única presentando valores de angulosidad, contenido de humedad y llegando según qué criterio a CBR $\geq$ 70%. Finalmente, las especificaciones de Tailandia, al igual que las de Estados Unidos, son generales, siendo de las que menos parámetros presentan.

Con respecto a la curva granulométrica, destaca Australia y Nueva Zelanda quienes presentan 9 variantes que se podrán escoger, seguida por Sudáfrica con 6, Tailandia con 5 tipos, Chile y Perú con 4 tipos, España con 3, finalizando con Colombia y Estados Unidos quienes

presentan menos variedad con solo 2 tipos de curvas que se podrán tener en cuenta. En la figura 46 del apéndice, se presenta una gráfica con las diferentes curvas para cada país.

Es crucial destacar que todos los países establecen la necesidad de llevar a cabo una fase de experimentación con el fin de asegurar el cumplimiento de todos los requisitos para cada especificación. Mientras que Colombia y España requieren un tramo mínimo de 100 metros, las especificaciones de Tailandia consideran un rango de 200 a 500 metros. Por su parte, los demás documentos técnicos señalan que se realizará el tramo necesario para dicha verificación, mas no un dato especifico.

Después de evaluar la fase de experimentación y se cumplan los parámetros necesarios anteriormente mencionados, se inicia la fase de construcción de la subbase. Esta capa se colocará sobre la superficie de la subrasante, la cual, a su vez, debe cumplir con diversas especificaciones.

Requisitos para la construcción de la subbase

El proceso de construcción consiste en colocación del agregado que cumpla con todos los requisitos necesarios, humedecimiento, aireación (Solo si es necesaria) y extensión del agregado o material granular; una vez que el material de la subbase tenga la humedad apropiada, se conformará, compactará y dará el terminado con el equipo aprobado previamente; en la tabla 4 se muestra los diferentes requisitos en los procesos de construcción según cada país, junto con algunos requisitos especificaciones adicionales.

Tabla 4

Especificaciones de proceso constructivo (Subbase granular)

País	Construcción de la subbase	Especificaciones adicionales
Colombia	•La colocación, extensión, conformación y compactación se harán en longitudes ≤ 1500m. •El extendido debe hacerse sin segregaciones evidentes y de manera uniforme. •Si se requiere airear para obtener un contenido de agua optimo, emplear equipo aprobado. •Se compactará de manera longitudinal (bordes a centro) hasta obtener la densidad seca necesaria.	•Se hacen traslapos mayores a la mitad del ancho del rodillo compactador. •100 mm ≤ Espesor de capa compactada ≤ 200mm • Si la subbase granular se va a construir mediante la combinación de 2 o más materiales, su mezcla se puede realizar en planta o en un patio fuera de la vía, junto a una dosificación requerida de agua.
Perú		•Se distribuye el material en un carril permitiendo el tránsito por la otra •Evitar contaminar fuentes de agua, suelos y flora.
Chile	•La subbase se construye en capas de entre 0,12m a 0,30m •La compactación se debe realizar por medio de rodillos (rodillos lisos o neumáticos, en lugares inaccesibles pueden ser pisones)	•Para su construcción se debe colocar estacas máximo cada 20 m o 10m para peraltes.
España	•En la extensión se usa extendedores como equipo de extensión. •Para la compactación se usarán los compactadores autopropulsados, del borde al centro •Se ejecuta un riego de imprimación por medio de emulsión bituminosa y posterior aplicación de áridos si así se indica.	•Si se compacta por franjas de incluirá 15 cm de la anterior •Si los extendedores no tienen elementos de transferencia de carga, el camión solo puede tocar el vertido a través de los rodillos.

Estados Unidos	•La mezcla debe tener un contenido de humedad dentro del 2% del optimo. •Se extenderá la mezcla de manera uniforme. •Se compactará de bordes a centro paralelo a la línea central, si no se puede usar maquinaria se puede usar pisones. •Las capas compactadas deberán ser de máximo 150mm	•El contenido de humedad optimo se debe haber determinado con la AASHTO T180 método D
Australia y Nueva Zelanda	•Normalmente para colocar y esparcir con una niveladora (si son gravas naturales) •Para la compactación se realizan 2 o 3 pasadas •Las capas compactadas deberán ser de máximo 150mm •Cuando se realiza en varias capas la compactación para llegar al punto de espesor necesario, se escarifica o pule la capa anterior 25mm y así lograr una mejor unión.	•El esparcimiento se realiza a velocidades de 5km/h - 10km/h
Sudáfrica	•El proceso de esparcimiento y mezclado del material se añade agua según sea necesario. •La mezcla se realiza regando y cortando la piedra triturada de la superficie. •Conformada y compactada la capa se comprueba grosor, pendiente y niveles. •Las capas deberán ser de 150mm de espesor como máximo (si se requiere una capa más ancha se hace en varias capas)	•Si se requiere hacer correcciones en distancias menores a 20m se corrige con la niveladora mezclando más material; si es más de 20 m se debe remezclar todo de nuevo agregando más material en distancias de 100m

Tailandia	Se utilizaran materiales de calidad para luego extenderlo, recortando y triturando hasta conseguir la alineación, nivelación y forma de los planos. -Se construyen en capas de no más de 150mm después de compactación (podría ser mayor si se aprueba pero no más de 200mm) -Los materiales si son compuestos obtenidos de varias fuentes se apilan cada 500m, para luego usarse en la subbase. -El primer paso es rociar con agua la subrasante y quede uniformemente húmeda. -Posterior se esparce el material que se tenía en pilas, para después, compactar, mezclar con agua y ajustar la humedad optima más un 3% -Se finaliza apisonando la capa para lograr la alineación, nivelación, tamaño y forma.(se evita la presencia de hoyos o material suelto)	-

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Direccion de Vialidad, 2022); *(Ministerio de Fomento, 2019)*; (Federal Highway Administration, 2014); *(Committee of Transport Officials, 2020)*; (Austroads, 2019); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019)

Se encuentra que países como Colombia y Perú tienen aspectos en común en procesos constructivos como la colocación, extensión, conformación y compactación. Otros como Estados Unidos, Sudáfrica, Tailandia presentan el mismo parámetro de espesor máximo de 150 mm para la losa; países como Colombia y Chile son más específicos, ya que presentan un rango que deberá tener de espesor la losa; siendo Perú y España los únicos que no presentan este parámetro. Australia y Nueva Zelanda incluso incluyen requisitos de velocidad de circulación del equipo de esparcimiento, por último, destacar a Tailandia como quien describe de una forma muy

minuciosa la parte del proceso constructivo, incluyendo que el espesor de la capa podrá de ser como máximo de 200 mm solo aprobado.

Un aspecto clave para profundizar es el proceso de mezcla, según las especificaciones de Colombia, la subbase, creada mediante la combinación de dos o más materiales, se puede llevar a cabo ya sea en planta o en un patio fuera de la vía, junto con una dosificación específica de agua. En contraste, las especificaciones de España subrayan que la mezcla debe realizarse en lugares que faciliten su uniformidad en mezclado y humectación.

De manera similar, las especificaciones de Sudáfrica delinean el proceso tanto para la realización en obra como para la mezcla en planta y el uso de una unidad pavimentadora. El resto de las especificaciones también indican que este procedimiento debe llevarse a cabo de esta manera, aunque se presentan de manera más general.

Siguiendo con los aspectos que comparten todos los documentos técnicos, es esencial destacar que no se puede permitir el transito hasta que se haya completado la compactación. Esta regla es un acuerdo común en todas las especificaciones, resaltando la importancia de asegurar la solidez de la subbase antes de autorizar cualquier tipo de tráfico; además que, todas las especificaciones hablan de la realización de un debido control de tránsito, donde se incluyen desvíos, señalización y obras para manejo del tráfico.

Ensayos y controles de calidad

Luego, se realizan ensayos de verificación, a continuación, la figura 10 o en la tabla 29 del apéndice, muestra los ensayos que se realizan preliminarmente y periódicas en la construcción de subbase:

Figura 10

Ensayos preliminares y periódicos en la construcción de subbase (Subbase granular)

País	Ensayos preliminares	Ensayos para verificaciones periódicas	Observaciones adicionales
Colombia	Desgaste en la máquina de Los Ángeles (ASTM C 131-06); Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval (ASTM D 6928-10); Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos (ASTM C88-05); CBR (ASTM D 1883 – 07); Tamaño máximo agregado (ASTM D 422-63); Limite liquido e Índice de plasticidad (ASTM D 4318-10); Equivalencia de arena (ASTM D2419-09); Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables (ASTM C142)	-Se toman 4 muestras cada 2000m3 para comprobar que cumpla con todo lo requerido. -Se realizan 1 vez por jornada los ensayos de Granulometría, Límite líquido, índice de plasticidad. -1 vez por semana CBR de laboratorio, desgaste en máquina de Los Ángeles, equivalente de arena, ensayo modificado de compactación. -Del material colocado y compactado se realizan cada 200 m ensayos de Granulometría, límite líquido, índice de plasticidad, equivalencia de arena.	Los ensayos de revisión pueden reducirse a la mitad si se aprueba. En caso que en las verificaciones periódicas de material no se den resultados satisfactorios, se realizan 2 pruebas más, si no cumplen igual no se usa el material.
Perú	Abrasión de los Ángeles (ASTM C 131 o AASHTO T96); CBR (ASTM D-1883 o AASHTO T 193); Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM D-422); Límite Líquido y Límite Plástico (ASTM D-4318); Equivalencia de arena (ASTM D2419 o AASHTO T176); Contenido Sales Solubles Totales (MTC E 219); partículas chatas y alargadas (ASTM D 4791)	Se realizan ensayos para comprobar la calidad de los materiales (4 muestras), también en la capa terminada se realizan ensayos de compactación, ensayos de deflectometría (cada 25m en ambos carriles, mediante Viga Benkelman)	-
Chile	Ensayo CBR (ATSM D 1883-94, AASTO T 193-93); Límite Líquido y Límite Plástico (ASTM D423); Desgaste los ángeles (ASTM C 131-69); Contenido sales solubles (EN 1744-1:1998)	-Prueba de conformidad por medio de camiones con doble tándem trasero (Peso de 45ton) -Prueba para determinar la conformidad podrá ser con martillo Clegg, deflectómetros livianos, penetrómetros de cono dinámico y compactómetro. -Ensayo para determinar relación humedad-densidad de proctor modificado (ASTM D 1557-70 y AASHTO N° T 180) -Se realizan ensayos para comprobar que cumpla con todos los otros requisitos necesarios.	-
España	Ensayo de sulfato de magnesio de pérdidas de áridos reciclados (UNE EN 1367-2); ensayo de propiedades químicas de áridos (UNE-EN 1744-1); ensayo para grado de envejecimiento (NLT-361); ensayo para índice de lajas (UNE-EN 933-3); ensayo de los ángeles (UNE-EN 1097-2).	Ensayos a recepción 7 por cada lote de humedad natural (norma UNE 103300) y de densidad in situ (norma UNE 103503). Ensayos de densidad (UNE-EN 13286-2); ensayos de capacidad de soporte (UNE 103808); índices de regularidad (NTL-330) Se realizan ensayos para comprobar que se cumpla con lo requerido.	-
Estados Unidos	Ensayo de abrasión Los ángeles (AASHTO T96); ensayo de resistencia a los sulfatos (AASHTO T 104); ensayo de índice de durabilidad (AASHTO T 210); ensayo para porcentaje de partículas fracturadas en agregado grueso (ASTM D5821); límite líquido (AASHTO T89); ensayo granulométrico (AASHTO T27 y T11); CBR (AASHTO T193); Densidad (AASHTO T 310 o T 191), también determinar la densidad máxima (AASHTO T99- Método C); módulo de resiliencia (AASHTO T274)	-Se comprueba la densidad in situ y el contenido de humedad (AASHTO T 310); control de gradación y caras fracturadas (2 por día) -También ensayos de compactación (AASHTO T180 y T99) -Ensayo de Limite líquido, relación humedad-densidad, ensayos de contenido de humedad y ensayos de densidad (cada 1000 ton, por fuente de material o cada 500 ton) Todo junto a un control de tolerancia de la superficie	-
Sudáfrica	CBR (ASTM D4833 o SANS 3001-GR40); Análisis granulométrico (SANS 3001-AG1); Análisis del tamaño de partículas de material inferior a 2 mm y 0,075mm; Hinchamiento; ensayo de durabilidad en molino; ensayo para determinación de impacto en agregado (BS 812-112:1990); Determinación del límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad (SANS 3001).	Se realizan ensayos de manera aleatoria para comprobar que todos los parámetros cumplan con lo exigido. Uno de los ensayos más importantes es el de Densidad seca máxima (SANS 3001-GR30)	-
Australia y Nueva Zelanda	Distribución de tamaños de partículas (AS 1289.3.6.1); límite plástico (AS 1289.3.1 y NZ 4402.2.3:1986), límite líquido (AS 1289.3.2 y NZ 4402.2.2:1986), índice de plasticidad (AS 1289.3.3.3 y NZ 4402 2.4:1986); contracción lineal (AS 1289.3.4 y NZ 4402 2.6:1986), resistencia máxima a la compresión en seco (AS 1289.5), valor del molino de bolas (AS 1141.28); ensayos de corte triaxial estáticos (AS 1289.6.3.2); ensayo triaxial de carga repetida (NZTA T15: 2014); CBR (AS 1289.6.1.3 y NZ 4402 6.1.3: 1986); angulosidad (AS 1141.16); desgaste por Los Ángeles (AS 1141.23 y NZ 4407 3.12:1991); índice de descamación (AS 1141.15 y NZ 1141.15: 1999); Índice de solidez acelerado por reflujo (AS 1141.29); resistencia húmeda seca (AS 1141.22 y NZ 1141.22: 1996); contenido de minerales secundarios (AS 1141.26); equivalencia de arena (NZ 3.6:1991)	Se debe comprobar que cumplan todos los parámetros que se dieron en el diseño. Realizando ensayos de distribución de tamaños de partículas, límite plástico, límite líquido, índice de plasticidad; contracción lineal, resistencia máxima a la compresión en seco, valor del molino de bolas; ensayos de corte triaxial estáticos; ensayo triaxial de carga repetida; índice de Soporte California in situ (CBR); angulosidad; desgaste por Los Ángeles.	-
Tailandia	CBR (AASHTO T193); límite líquido (AASHTO T89); índice de plasticidad (AASHTO T90); índice de durabilidad (Calif. 229-C); ensayo de abrasión Los Ángeles (ASTM C 131 y C535)	Pruebas de densidad cada 100m o áreas de 500 m2(ASTM C 144) Se realizan ensayos de inspección luego de compactada y que cumpla con los requisitos necesarios, un ejemplo de ellos es el ensayo de compactación (AASHTO 99)	-

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Direccion de Vialidad, 2022); (Ministerio de Fomento, 2019); (Federal Highway Administration, 2014); (Committee of Transport Officials, 2020); (Austroads, 2018); (Mainroads, 2023); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (Instituto Nacional de Normalización, 1999); (Instituto Nacional de Normalización, 2010); (Instituto Nacional de Normalización, 1979); (Instituto Nacional de Normalización, 1981); (Department of highways, 1977); (Department of highways, 1974).

Se observa que, Colombia es el país con especificaciones respecto a controles de calidad realizados mediante ensayos más detallados, no solo presenta los ensayos preliminares, sino que en los ensayos periódicos cuenta incluso con la frecuencia en que se debe hacer.

Otro punto es que, aunque cada país tiene su normativa de ensayos, la mayoría de ellos se basan, traducen o son equivalentes a las normas ASTM y AASHTO, normas las cuales tienen una amplia gama de ensayos y, además, respaldados por investigación y experiencia en la industria. Existen excepciones, como lo es España, que sus ensayos son todos respecto a la UNE-EN (Normativa española equivalente a la europea); otra excepción son Australia y Nueva Zelanda, ya que estos tienen su propia normativa AS y NZS, las cuales son equivalentes ya que estos 2 países colaboran en la elaboración de normativas y especificaciones.

Requisitos de capa terminada

La subbase deberá cumplir unos requisitos luego de compactada, La tabla 5 muestra los estándares para los diferentes países que debe alcanzar la subbase cuando ya ha sido compactada.

Tabla 5

Criterios de calidad de la subbase terminada (Subbase granular)

País	Criterios de Calidad terminado	Mínimo de ensayos
Colombia	-La superficie debe presentar una superficie uniforme, sin agrietamientos, baches, laminaciones ni segregaciones; la matriz del agregado fino no se puede desplazar bajo barrido o transito normal. -Grado de compactación ≥ 98% -Espesor promedio ≥ Espesor de diseño -Planicidad con variación menor a 10mm -La rasante no debe superar ni quedar debajo de 15 mm de lo proyectado	Los sitios para verificación de compactación se realizan determinando la densidad seca de la capa, escogiendo un sitio al azar. Como mínimo 1 prueba por hectómetro y 5 ensayos por lote (lote el menor de 500m o 3500m2 de capa compactada, obra ejecutada por jornada, obra ejecutada con el mismo material)
Perú	-Se compactará hasta que se alcance el 100% de la densidad máxima. -La humedad no puede variar ± 1,5 % respecto al optimo -El espesor medio ≥ espesor de diseño -La uniformidad de la superficie en cualquier punto no podrá variar más de 10 mm	Los sitios para verificación se realizan al azar, con mínimo 6 determinaciones o ensayos, con una frecuencia de cada 250m2
Chile	-Si el CBR es ≥ 80% se debe compactar para que tenga como mínimo un 95% de Densidad Máxima Compactada Seca u 80% de la densidad relativa; así mismo una variación de cota no mayor a la proyectada y no quedar debajo de 10mm -Si el CBR es ≥ 100% o ≥ 120% se debe compactar para que tenga como mínimo un 98% de Densidad Máxima Compactada Seca u 85% de la densidad relativa; variación de cota de más o menos 10mm	Se ejecutan según lo establecido en los documentos del proyecto. Estos ensayos para determinar relación humedad-densidad (proctor modificado) y según el método de la Norma Nch 1534/II-79, a su vez basado en la ASTM D 1557-70 y AASHTO T 180

España	-Si hay tráfico T00 a T2 se debe alcanzar una densidad no inferior de 100% y tráficos de T2 a T4 del 98%. -la rasante no podrá superar a la teórica ni ser inferior a 15mm si es tráfico T00 a T2 y de 20mm para el resto. -Índice de regularidad que será en torno al espesor y porcentaje de hectómetros. Capacidad de soporte de entre 80 a 200 según el tráfico que soporte. -Espesor promedio ≥ Espesor de diseño.	Se toman 5 puntos al azar por lote (lote es la menor área de 500 m, 3500m2, lo construido en un día, lo construido con el mismo material)
Estados Unidos	-Se compactará hasta alcanzar el 95% de la densidad máxima. -Si se usaron estacas tendrá una toleración superficial de 10mm y si no usa estacas de 13mm	La densidad máxima se determina con la AASHTO T 180 (proctor modificado) o AASHTO T 99(proctor estándar)
Sudáfrica	-Se debe compactar hasta alcanzar entre un 97% a 100% de densidad máxima en la zona superior si es grava; si es roca triturada mínimo un 88% de densidad seca máxima. -Se tendrá una tolerancia de nivelación de 15mm -Desviación máxima de los bordes de 50mm -Regularidad superficial medido con regla de 3m debe ser máximo 10mm; si se usa regla rodante ser de 5mm cada 100m	Se controla el nivel de la capa cada 20m mínimo
Australia y Nueva Zelanda	-Se tiene una tolerancia superficial vertical de +/- 10mm -Toleración a lo ancho de 0-100mm -Tolerancia de espesor de +/- 10mm -Tolerancia de desviación superficial de 5mm de la proyectada. -Se debe compactar hasta alcanzar un 98% de densidad máxima (Según la Main Roads Western Australia será un 99%) -Si la superficie terminada tiene gravas o material fino se humedece y corta con la niveladora 10 a 15mm para eliminar materiales finos o costras, luego vuelve a compactarse. -Profundidad de textura longitudinal será de 0,40 mm o 0,55mm + 0,05 de tolerancia	-

Tailandia	-Se debe compactar hasta alcanzar una densidad seca de como mínimo un 95% de la densidad seca máxima. -Se permite una diferencia de nivelación de máximo 10mm -Diferencia de elevación no mayor a 10mm	-

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Direccion de Vialidad, 2022); *(Ministerio de Fomento, 2019)*; (Federal Highway Administration, 2014); *(Committee of Transport Officials, 2020)*; *(Austroads, 2018)*; *(Mainroads, 2023)*; (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019)

Se observa que Perú es quien presenta la tolerancia más estricta respecto a grado de compactación, con un valor del superior a 100%; seguida por España que será 100 o 98% dependiendo del tráfico; luego Colombia, Australia y Nueva Zelanda con el 98%; Sudáfrica un 97-100% y por últimos Tailandia, Estados Unidos y Chile con 95%, aunque Chile dependiendo la circunstancias será del 98%.

Respecto a número de tolerancias a tener en cuenta, Australia y Nueva Zelanda presentan una gran cantidad de requisitos a cumplir, otro país a destacar es Colombia con sus criterios de calidad.

Si en la superficie terminada no se cumplen los requisitos necesarios, entonces, esta deberá ser corregida, esto se realiza escarificando y compactando a una profundidad determinada.

3.1.2. Subbase granular tratada con cemento (Estabilizada con cemento)

La subbase granular tratada o estabilizada con cemento es un tipo de subbase que se crea mediante una mezcla cuidadosa de suelos nativos y/o agregados manufacturados, junto con cantidades precisas de cemento Portland o cemento mezclado y agua. Esta mezcla se endurece después de la compactación y el curado, formando una capa firme y duradera. (Portland Cement Association, 2022). Este tipo de capa se usa cuando los agregados no tienen las características suficientes o cuando se desea generar una capa de subbase con mejor desempeño que la granular.

Países como Perú y Chile no presentan especificaciones para este tipo de capas. España denomina el uso de suelo cemento y grava cemento, pero no indica cual mezcla se usa según que capa, aunque según algunos artículos, en España es común usar el suelo cemento en subbase y base.

Requisitos previos a la construcción

Previo al momento de la construcción de la subbase hay exigencias y parámetros respecto al equipo, maquinaria y demás; en la Tabla 6, están representados en la fila intermedia lo que se tiene en común y en la última fila estarán los requisitos únicos de cada uno

Tabla 6

Especificaciones y requisitos antes de iniciar (Subbase tratada con cemento)

País	Exigencias	Parámetros adicionales
Colombia	En el momento de la construcción de la subbase esta debe siempre seguir el procedimiento, usar la maquinaria y el equipo que se indicaron en el documento del proyecto que ya haya sido aprobado y probado en tramos de experimentación o prueba, además de inspeccionar que todos estos cumplan con sus respectivas certificaciones; otro aspecto es que el traslado de material debe ser en el equipo idóneo, cubierto de ser necesario.	•En la ejecución de los trabajos se debe usar equipos mecánicos (independientes o que realicen 2 o más operaciones) •La elaboración de la mezcla se realiza en planta de mezcla o máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio y motoniveladora. •Motoniveladora, compactadores metálicos vibratorios y neumáticos, carrotanques para aplicar el agua y material de curado de la capa compactada, equipos de formación de juntas si es requerido y equipos de transporte. •Elementos mecánicos de limpieza, carrotanques irrigadores de asfalto y, eventualmente, distribuidores mecánicos de agregados; para realizar el riego de curado
España		•La elaboración de la mezcla se podrá realizar en centrales de fabricación continua o discontinua; esta instalación debe permitir dosificar por separado material granular, cemento y agua. •Se debe usar extendedores automotrices con sistemas automáticos de nivelación si se tiene categoría de tráfico T00 a T2 o cuando la superficie a tratar sea superior a 70000 m2. •Los compactadores deben ser autopropulsados con inversores de sentido de la marcha de acción suave y dispositivos para mantenerlos húmedo si es necesario. Deberá estar compuesto con por lo mínimo 1 compactador vibratorio de rodillos metálicos (rodillo metálico con carga estática mayor a 50 kg/cm y alcanzar una masa de 15t) y 1 compactador de neumáticos (capaz de alcanzar una masa de 21t y carga por rueda de 3t) •Para el curado se usa equipo para aplicación de emulsión con dispositivo regador, rampa de riego sobre neumáticos, y deberá capaz de aplicar la dotación especificada a la temperatura prescrita. -Extendedores mecánicos incorporadas a un camión o autopropulsadas; para aplicar el árido sobre la emulsión.

Estados Unidos	•La elaboración de la mezcla se podrá realizar en plantas centrales de tipo discontinua o flujo continuo, capaz de realizar la mezcla estabilizada con contenidos de cemento y humedad requeridos •Planta móvil •Esparcidor mecánico •Equipos de pulverización y mezcla autopropulsados. •Apisonador o rodillo de rejilla o combinación de ambos, rodillo con ruedas de acero, rodillo vibratorio, rodillo de neumáticos y/o compactador de placa vibratoria •Barredoras o escobas eléctricas para limpiar la capa.
Sudáfrica	•Uso de maquina recicladora para la aplicación del cemento o uso de escobilla de goma. •Usar carro cisterna para aplicar agua en el proceso de esparcimiento y mezclado. •Uso combinado de niveladora, grada de discos y/o mezcladora rotativa o mediante el uso de una recicladora con sensores electrónicos para realizar el mezclado •Para aplicación de riego de imprimación se deberá tener un sistema de almacenaje de máximo 30°C y bombeo mínimo de 10°C. Además de camiones y equipos especiales para su transporte y esparcido.
Australia y Nueva Zelanda	•El esparcimiento se realiza con recicladora o escobilla si es in situ. •Para la mezcla se usa niveladora, grada de discos y/o mezcladora rotativa o mediante el uso de una recicladora con sensores electrónicos •Para la compactación se pueden usar equipos de presión estática (Rodillos lisos con ruedas de acero), fuerza de impacto (Placas y rodillos compactadores, rodillos de impacto y rodillos de rejilla), vibración o que combinen varios de los anteriores como: Rodillos neumáticos de múltiples ruedas, rodillos lisos oscilantes y vibratorios, rodillos de pie de cabra.
Tailandia	Si se necesita realizar el pesaje de materiales se debe hacer con una báscula con un error de máximo 0,5%

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Direccion de Vialidad, 2022); *(Ministerio de Fomento, 2019)*;

(Committee of Transport Officials, 2020); (Austroads, 2021); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (Portland Cement Association, 2006); (American Concrete Pavement Association, 2007); (South African National Standard, 2014); (Unified Facilities Guide Specifications, 2020); (Transport for NSW, 2020)

De la tabla anterior se pueden observar que todos tienen aspectos en común y es que se usara la maquinaria estipulada en el proyecto, aunque cada uno presenta equipos los cuales llegan a ser únicos en algunos casos, especificaciones como las de Australia y Nueva Zelanda presentan una gran variedad de equipo de compactación que se podrán usar; España muestra el equipos respecto al tráfico y también es el único en precisar cargas estáticas y masas de ciertos equipos; países como Colombia, Sudáfrica y España presentan el equipo para realizar el curado; por ultimo Tailandia es la única que no profundiza en el equipo a usar.

Las consideraciones del clima son un aspecto con los que se podrá o no realizar la construcción de la subbase tratada, ya que estos pueden provocar alteraciones en la capa a construir, junto a problemas para realizar la compactación del mismo y perdida del material por disgregación, lo cual lleve a un mal resultado de la misma, la Tabla 7 muestra las especificaciones de los países respecto a los aspectos climáticos a considerar para la realización de la subbase tratada.

Tabla 7

Especificaciones del clima (Subbase tratada con cemento)

País	Requisitos climáticos	Especificaciones adicionales
Colombia	No se pueden iniciar procesos para la construcción de la subbase si está lloviendo o si existe sospecha de que llueva. Además, se recomienda que se realicen las obras con luz solar	La temperatura no puede ser menor a 5°C a la sombra, también no se podrá si se sospechan temperaturas menores a 1,5°C
España		La temperatura no puede ser menor a 5°C a la sombra y exista previsión de heladas, tampoco se podrá si se tienen temperaturas mayores a 35°C a la sombra.
Estados Unidos		Según la Portland Cement Association, no se podrá realizar la mezcla si la temperatura es menor a 40°F o 4°C; No se podrá realizar si también existe sospecha de que pueda caer nieve.
Sudáfrica		No se podrá realizar la estabilización si existen vientos de más de 14km/h, tiempo húmedo o frio cuando la temperatura ambiente sea inferior a 3°C, o con temperaturas que estén descendiendo y se sitúe en 7°C; tampoco si se sospecha que la capa en los siguientes 3 días tendrá una temperatura inferior a 1°C
Australia y Nueva Zelanda		-
Tailandia		-

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Direccion de Vialidad, 2022); *(Ministerio de Fomento, 2019)*; *(Committee of Transport Officials, 2020)*; *(Austroads, 2021)*; (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (Portland Cement Association, 2006); (American Concrete Pavement Association, 2007); (South African National Standard, 2014); (Unified Facilities Guide Specifications, 2020); (Transport for NSW, 2020)

Se encuentra como Tailandia, Australia y Nueva Zelanda no presentan requisitos más específicos como es el caso del resto de países. Sudáfrica es quien presenta el requisito de temperatura más bajo; le sigue Estados Unidos, que además presenta requisito respecto a posible caída de nieve. Colombia y España tienen en común el mínimo de temperatura para realizar las obras, pero España añade una temperatura máxima.

Especificaciones para la subbase tratada o estabilizada con cemento

El material a usar para la subbase deberá cumplir unos requisitos, la figura 11 o en la tabla 30 del apéndice, presenta las especificaciones técnicas que debe cumplir dichos materiales, abordando cada punto según los documentos técnicos correspondientes. Este proceso garantizara que se logre hacer una mezcla homogénea y con las características idóneas.

Figura 11

Especificaciones de materiales a usar (Subbase tratada con cemento)

País	Observaciones previas	Requisitos del material de subbase	Observaciones adicionales
Colombia	•Existen 3 clases de materiales para estabilizar con cemento: Clase 2: Material fino o granular que no cumple una gradación específica y que va a ser utilizado como capa estructural, usado para NT1 y NT2 (NT1: N80&N ≤ 0.5M y NT2: 0.5 < N80&N ≤ 5M) Clase 3: Meezla uniforme de agregados pétreos que cumplen una gradación especificada, para un nivel de tránsito medio NT2, que va a ser utilizado como capa estructural. Clase 4: Mezcla uniforme de agregados pétreos que cumplen una gradación especificada, para un nivel de tránsito alto NT3, que va a ser utilizado como capa estructural. (NT3: N80&N > 5M) •El cemento si es hidráulico deberá ser de acuerdo con la conforme al diseño con pruebas de laboratorio y que sea fabricado según los requisitos dados por la NTC 121, ASTM C150 y ASTM C595; si es cemento de mortero NTC 4050; además de no ser almacenado más de 3 meses. Se podrá usar cemento MCH (Moderado Calor de Hidratación) o BCH (Bajo Calor de Hidratación), podrá ser cemento UG (Uso General) si se garantiza un calor de hidratación menor a 250kJ/kg (7d) •No es recomendable usar cementos con tiempos de fraguado menores a 1h o mayores a 10h; tampoco podrá usarse cemento con fraguado partial o producto endurecido. •Se usa aditivos retardadores de fraguado si la temperatura ambiente es mayor a 30°C, estos aditivos que se utilizan se hacen según el diseño que a su vez cumplirá lo establecido en la NTC 1299	•El material debe estar libre de sustancias que puedan perjudicar el fraguado del cemento •Clase 2: -LL ≤ 30%; IP ≤ 12%; MO ≤ 2%; CBR (material sin tratar, compactación del 95% a los 4d) ≥ 10% -Equivalencia de arena ≥ 15%, si es menor al 15% pero ≥ 10% debe tener un Valor de azul ≤ 20g/kg -Proporción de sulfatos SO4 ≤ 0,9% •Clase 3: -Desgaste Los Ángeles ≤ 40% (500 revoluciones) y ≤ 8% (100 revoluciones); Degradación por abrasión ≤ 30% -Resistencia mecánica: Valor en seco ≥ 70kN y relación húmedo/seco ≥ 75% -Caras fracturadas(una cara) ≥ 50% -CBR ≥ 60% •Clase 4: -Desgaste Los Ángeles ≤ 35% (500 revoluciones) y ≤ 7% (100 revoluciones); Degradación por abrasión ≤ 25% -Resistencia mecánica: Valor en seco ≥ 90kN y relación húmedo/seco ≥ 75% -Índices de alargamiento ≤ 35%; Caras fracturadas(una cara) ≥ 60% -CBR ≥ 80% •Clase 3 y 4: -Perdidas mediante prueba de sulfato de sodio ≤ 12% y Sulfato de magnesio ≤ 18% -LL ≤ 25%; IP ≤ 6%; MO ≤ 1%; Contenido de terrones de arcilla o particulas deleznables ≤ 2% -Equivalencia de arena ≥ 35%, si es menor al 35% pero ≥ 25% debe tener un Valor de azul ≤ 10g/kg -Proporción de sulfatos SO4 ≤ 0,5% •Opcional, si la MO no cumple, se podrá usar si tiene un aumento de fraguado ≤ 120 min (muestra de mortero) y reducción ≤ 20% (resistencia a compresión 28d curado) •El agua para realizar la mezcla debe ser agua potable, limpia y libre de agentes contaminantes; si no es potable debe tener un Ph ≥ 5,5 y un contenido de sulfatos ≤ 1,0 kg/m3	•La mezcla de agregados pétreos puede provenir de material seleccionado y/o tratado de una planta de producción o también provenir de material escarificado del sitio y tratado. •El material para clase 3 y 4 debe cumplir con una granulometría especifica (50mm, 38mm o 25mm) la cual debe haber sido escogida en el diseño. -MGTC-50 un PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 70-100, PP (25 mm): 60-100, PP (19 mm): 50-90, PP (9.5 mm): 40-80, PP4: 30-70, PP10: 20-55, PP40: 10-40 y PP200: 2-20 -MGTC-38 un PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 70-100, PP (19 mm): 60-90, PP (9.5 mm): 45-75, PP4: 30-60, PP10: 20-45, PP40: 10-30 y PP200: 2-15 -MGTC-25 un PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 70-100, PP (9.5 mm): 50-80, PP4: 35-65, PP10: 25-50, PP40: 15-30 y PP200: 2-15 •Para clase 2 el tamaño máximo de las particulas debe ser como máximo 1/3 del espesor a tener de capa. •Si los IP y LL son mayores a lo establecido o CBR menor, se puede hacer un tratamiento previo con cal y luego se hará con cemento, siempre que en fase de experimentación se compruebe un buen comportamiento. •Para el riego de curado el uso de emulsión tipo CRR-60, con las siguientes especificaciones: -Contenido de asfalto residual ≥ 60%; contenido de aceite ≤ 3%; Contenido de agua ≤ 40%; viscosidad a 25°C entre 20-100 s; estabilidad durante almacenamiento a 24 h ≤ 1% y a los 5 d ≤ 5%; porcentaje retenido en tamiz N°20 ≤ 0.1%; demulsibilidad ≥ 40%; carga de partícula positiva; pH ≤ 5 y reportar el índice de rotura; penetración para ARD de entre 60 - 100 (0,1mm) y para ARB de entre 100 - 250 (0.1mm); ductilidad ≥ 40cm; solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%
España	•El material granular a usar será suelo granular o material de origen natural, libre de materias extrañas que afecten la durabilidad de la capa. •Se podrá usar subproductos, residuos de construcción y demolición (Material inorgánico previamente usado en construcción o productos inertes de desecho), estos deben cumplir las prescripciones técnicas necesarias. •El material no será susceptible a ningún tipo de meteorización o alteración físico-química apreciable en las condiciones más desfavorables. •Se usara cemento con resistencia de 32,5N para cementos comunes y 22,5N o 32,5N para cementos especiales. En caso de estar en épocas frias se podrá autorizar el uso de cemento de clase resistente 42,5N. •Si el material granular a usar viene con un contenido de sulfatos solubles SO3 > 0,5% entonces se usará cemento resistente a los sulfatos (SR) y aislar adecuadamente la capa de obras de hormigón. •Se podrán usar aditivos si su comportamiento y efectos sobre la mezcla se garanticen por el fabricante y con previos ensayos de que cumplen su función y la dosificación sea la adecuada.	•Suelocemento (suelo granular o material de origen natural) -MO ≤ 1% -El material no debe presentar reactividad potencial con los álcalis del cemento. -LL < 30 e IP < 12 -El agua a usar deberá tener según la Instrucción de Hormigón Estructural un pH ≥ 5, Sustancia disueltas ≤ 15 gramos por litro, sulfatos SO4 ≤ 1 gramo por litro. -El contenido de cemento deberá ser ≥ 3% en masa.	•Se deberá tener un diseño para suelo cemento en una de las 2 franjas granulométricas, llamados SC40 y SC20 (SC20 solo para tráfico T3 y T4) -SC40 un PP (50 mm): 100, PP (40 mm): 80-100, PP (32 mm): 75-100, PP (20 mm): 62-100, PP(12.5 mm): 53-100, PP (8 mm): 45-89, PP (4 mm): 30-65, PP (2 mm): 20-52, PP (0.5 mm): 5-37 y PP (0.063 mm): 2-20. -SC20 un PP (32 mm): 100, PP (20 mm): 92-100, PP(12.5 mm): 76-100, PP (8 mm): 63-100, PP (4 mm): 48-100, PP (2 mm): 36-94, PP (0.5 mm): 18-65 y PP (0.063 mm): 2-35. •Para el curado con asfalto se usan tipo C60B3 CUR o C60B2 CUR (para tiempos frios), que deberán cumplir lo siguiente: -C60B3 CUR y C60B2 CUR: indice de rotura de 70-155 para C60B3 CUR y < 110 para C60B2 CUR; contenido de ligante (por contenido de agua) de 58-62%; contenido de fluidificante ≤ 2 %; tiempo de fluencia (2mm, 40°C) de 40-130%; residuo de tamizado ≤ 0.1% y tendencia a sedimentación a los 7d ≤ 10%; adhesividad ≥ 90%; en el residuo por evaporación una penetración a 25°C ≤ 330 (0.1 mm), punto de reblandamiento ≥ 35°C; y en residuo por evaporación y luego estabilización, una penetración ≤ 220 (0.1 mm) y punto de reblandamiento ≥ 35°C. •Además el árido de cobertura para curado deberá para por tamiz N°4 y menos de 15% que sean menores al tamiz 0.063 mm; además, no podrá ser material plástico y deberá tener una equivalencia de arena > 40%
Estados Unidos	-Según la FWHA entre el 80 y el 95% en peso de una mezcla de subbase estabilizada puede consistir en agregados, estos agregados incluyen fuentes de agregados convencionales, como piedra triturada o arena y grava, y otros materiales agregados, como escoria de alto homo, materiales de pavimentación reciclados y cenizas de fondo o escoria de caldera de centrales eléctricas alimentadas con carbón. -Según la Unified Facilities Guide Specifications el agregado granular será el clasificado según la ASTM D2487 como GW (Gravas limpias con menos de 5% finos, con coeficiente de uniformidad Cu ≥ 4.0 y coeficiente de curvatura 1 ≤ Cc ≤ 3.0), GP (Gravas limpias con menos de 5% finos, Cu < 4 y Cc < 1 o Cc > 3), GM (gravas con más de 12% en finos, finos clasificados como ML y MH), SW (Arena limpia con menos de 5% en finos, con Cu ≥ 6.0 y 1 ≤ Cc ≤ 3.0), SP (Arena limpia con 5% en finos, Cu < 6 y Cc < 1.0 o Cc > 3.0) o combinaciones de los mismos. El agua debe ser potable; en caso contrario según la ASTM C 1602 debe tener como máximo un total de solidos en masa de 50000 ppm, alcalinos como Na2O +0,658K2O de 600 ppm máximo. -El cemento a usar debe ser cemento portland y deberá tener un certificado de que cumpla con los requisitos de la AASHTO M85. Donde se incluyen los tipos I, IA, II, IIA, II(MH), II(MH)A, III, IIIA, IV y V. Tipo I para uso cuando no se requiere propiedades especiales, tipo IA para el mismo uso que el I cuando se desea incorporar de aire, tipo II para uso general deseando resistencia moderada a los sulfatos, tipo IIA con mismo uso que el II cuando se desea incorporar aire, tipo II (MH) para uso general y cuando se desea calor de hidratación moderado y resistencia moderada a los sulfatos, tipo II(MH)A con mismo usos que tipo II (MH) cuando se desea incorporar de aire, tipo III para alta resistencia inicial, tipo IIIA para el mismo uso que el tipo III cuando se desea incorporar de aire, tipo IV para cuando se desea bajo calor de hidratación, tipo V para alta resistencia a los sulfatos.	-Según la Unified Facilities Guide Specifications estos materiales deben tener un IP < 12 y LL < 25; además que las partículas no podrán ser mayores a 50mm -Otro apartado es el que involucra la FWHA que especifica un contenido de cemento de entre 5 a 10% de peso en la mezcla; pero si el agregado es de peso liviano se puede comprender hasta un 20%. Teniendo como cemento más común el cemento portland LL < 25 e IP < 4 (esencialmente no plástico); según la ASTM C131/AASHTO T96 debe tener un desgaste de los ángeles ≤ 40% (500 revoluciones) -Según la American Concrete Pavement Association, el material granular para subbase estabilizada será el clasificado como A-1, A-2-4, A-2-5 y A-3; con menos del 35% que pasa por tamiz 200, IP ≤ 10 y tamaño de partícula de máximo 25 mm, junto a un porcentaje de sulfatos ≤ 0,3%; este material granular podrá ser procesado o fabricado; también se podrá usar material reciclado. Agregando un porcentaje de cemento normal de entre 2 y 5%. -Además según la ASTM D2940 de las particulas que se retienen en el Tamiz de 9,5mm al menos el 75% debe tener dos o más caras fracturadas; la fracción de agregado fino(mezcla final) que pasa por el Tamiz N°200 no deberá exceder el 60% de la fracción que pasa por el tamiz N°30; la fracción que pasa por el tamiz N°40 deberá tener un LL ≤ 25% e IP ≤ 4%, además el valor equivalente de arena en agregado debe ser ≥ 35%	El material debe estar en una granulometría especifica que existe según la UFGS -PP4: 55-100, PP10: 36-60 y PP100: 3-20
Sudafrica	Se podrá usar grava, natural o modificada o procesada. -Las partículas tendrán máximo de 63 mm de diámetro. -En la parte occidental más seca de Sudáfrica, usar arena de color marrón amarillento a rojo, evitando la arena blanca o gris El cemento a usar será el indicado por el proyecto, que puede variar entre cemento de 32,5 y 52,5.	**La calidad del agregado será la misma que pasa una subbase normal:** •La grava deberá tener un contenido de Contenido de sulfato soluble en ácido ≤ 0,25% Contenido de sulfato soluble en ácido ≤ 0,25% (≤ 2,5 mg/L), caídos con Ph ≥ 6,0 •la roca triturada no podrá contener más del 2 % en masa de mica libre, especialmente moscovita, cuando se evalúe separando visualmente las partículas, o más del 4 % en volumen cuando se evalúe mediante portaobjetos microscópicos •Para G4 a G6 -Requisitos que deberá tener si se usa roca triturada o gravas con guijarros; requisitos para material PP(0,425 mm): Para cualquier material excepto calcreta: LL ≤ 25; IP ≤ 6; LS ≤ 3% (Perdida por lavado) Si es calcreta o caliza: LL ≤ 30; IP ≤ 8; LSM ≤ 170(perdida por lavado en fracción fina) Hinchazón ≤ 0.2% y CBR ≥ 80% -Requisitos que deberá tener si se usa roca media a dura que requiere trituración o gravas con guijarros PP(0,425 mm): Para cualquier material excepto calcreta: LL ≤ 30; IP ≤ 10; LS ≤ 5% (Perdida por lavado) Si es calcreta o caliza: LL ≤ 45; IP ≤ 15; LS ≤ 6%; LSM ≤ 320(perdida por lavado en fracción fina) Hinchazón ≤ 0.5% y CBR ≥ 45% -Para grava con adoquines o materiales alternativos: Para cualquier material excepto calcreta: LL ≤ 2GM +10; LS ≤ 7% (Perdida por lavado) Si es calcreta o caliza: LL ≤ 45; IP ≤ 15; LS ≤ 6%; LSM ≤ 320(perdida por lavado en fracción fina) Hinchazón ≤ 0.5% y CBR ≥ 25% •Se aplicara cemento en una cantidad de 5% por masa para una mezcla húmeda y de 3% para mezcla rígida. •Calidad del agua debe tener un pH entre 5,0 y 9,7, con una conductividad eléctrica máxima de 170 mS/m, sólidos totales disueltos máximos de 1200 mg/l y sulfato SO4 máximo de 450 mg/l. •La grava deberá tener un contenido de Contenido de sulfato soluble en ácido ≤ 0,25% Contenido de sulfato soluble en ácido ≤ 0,25% (≤ 2,5 mg/L), ácidos con Ph ≥ 6,0	•La franja granulométrica sea escogida en la etapa de diseño, se presentan algunas opciones: -Para G4 y G5 (Roca media a dura) un PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 85-100, PP (20 mm): 61-91, PP (14 mm): 48-82, PP (5 mm): 31-66, PP (2 mm): 20-50, PP (0.425 mm): 10-30 y PP (0.075 mm): 5-15 •Para el curado se podrá usar emulsión tipo MC-10 o MC-30 y deberá cumplir las siguientes especificaciones según la SANS 4001-BT2: -MC-10: viscosidad cinemática a 60°C de 10-20 cSt; viscosidad dinámica de 10-25 mPa.s; punto de inflamación ≥ 38°C; cantidad de agua ≤ 0.2%; destilado a 190°C de 0-20%; a 225°C 20-70%, a 260°C 60-90%, a 316°C ≥ 80-100% y a 360°C ≥ 40%; en residuos de destilación una viscosidad a 60°C ≥ 30 Pa.s. -MC-30: viscosidad cinemática a 60°C de 30-60 cSt; viscosidad dinámica de 30-70 mPa.s; punto de inflamación ≥ 38°C; cantidad de agua ≤ 0.2%; destilado a 190°C de 0-15%; a 225°C 15-60%, a 260°C 50-85%, a 316°C ≥ 80-100% y a 360°C ≥ 50%; en residuos de destilación una viscosidad a 60°C ≥ 30 Pa.s. -También se podrá usar los encontrados en la SANS 4001-BT3-2014 (RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1, SS-1h o QS-1H) o en la SANS 4001-BT4-2014 (CRS-1, CRS-2, CMS-2, CMS-2h, CSS-1, CSS-1h o CQS-1h) •Para el curado un agregado que es arena triturada o natural con 100% pasando por tamiz 7.1 mm y menos del 10% por el de 2mm.
Australia y Nueva Zelanda	•Se usa Materiales granulares, que se produce mediante la trituración y cribado de roca madre dura (ignea, roca metamórfica o sedimentaria) -Según la Transport for NSW el material granular podrá ser DGS20 (tamaño nominal de 20 mm) y DGS40 (tamaño nominal de 40 mm) •El cemento a usar será tipo GP o GB y deberá cumplir con la AS 3972-2010, NZS 3122:1995, junto a una certificación con todos los datos necesarios. •Según el tipo de tráfico serán las especificaciones para el material granular, se tienen 4 tipos de tráfico: -Categoría A: Diseño de tráfico N80 ≥ 10^{7} -Categoría B: Diseño de tráfico 10^{7} > N80 ≥ 4 x 10^{6} (periodo de 20 años) -Categoría C: Diseño de tráfico 4 x 10^{6} > N80 ≥ 10^{6} (periodo de 20 años) -Categoría D: Diseño de tráfico N80 < 10^{6} (periodo de 20 años)	•El material granular a usar deberá pasar por el tamiz de 75 µm menos de 25% y debe tener IP ≤ 10%. También podrá tener un contenido de materia orgánica ≤ 1% y sulfatos SO4 ≤ 1.9 g/L; podrá tener un contenido de óxido ferroso ≤ 2%, si es mayor a 2% pero menor al 10% se analiza que tanto daño podrá hacer. -Según la Transport for NSW deberán tener un IP ≤ 10%, LL ≤ 23% (si es material reciclado LL ≤ 27%), LP ≤ 20%, cantidad de partículas con dos o más caras fracturadas ≥ 75%, Máxima resistencia a la compresión en seco en la fracción que pasa por un tamiz de 19 mm ≥ 1 MPa si el IP < 2, Resistencia agregado en húmedo ≥ 70 kN, Variación de resistencia húmeda/seca ≤ 35% para DGS20 y ≤ 40% para DGS40, Contenido de sulfato soluble en ácido ≤ 0.3% •El agua a usar deber ser potable, el agua que tenga materia orgánica o concentración de sulfatos mayor al 0,05% no se podrá usar. •El cemento requerido será en un máximo de 12% de masa, podrá ser Cemento GP (Contiende entre 92,5 a 100% de cemento portland y se podrá agregar de 0 a 7,5% de cenizas volantes o piedra caliza, también podrá contener de 0 a 5% en aditivos minerales como cenizas volantes seleccionadas, escoria de hierro granulada molida, piedra caliza o combinación de ellas; deberá tener un tiempo de fraguado de entre 45 min a 6 h, estabilidad ≤ 5%, contenido de cloruro ≤ 0,10%, sales solubles SO3 ≤ 3,5%, además de resistencia a la compresión a los 7d de 20 MPa y de 35 MPa a los 28d) o cemento GB(Contiene menos de 92,5% de cemento portland y podrá contener entre 0 a 10% de silice amorfa y más de 7,5% en cenizas volantes o escoria; tiempo de fraguado de entre 45 min a 10 h, estabilidad ≤ 5%, contenido de cloruro ≤ 0,10%, sales solubles SO3 ≤ 3; además de resistencia a la compresión a los 7d de 20 MPa y de 35 MPa a los 28d)	Se escogerá la franja granulométrica a usar en la etapa de diseño: -DGS20 un PP (26.5 mm): 100, PP (19 mm): 95-100, PP (13.2 mm): 70-90, PP (9.5 mm): 58-80, PP (4.75 mm): 43-65, PP (2.36 mm): 30-55, PP (0.425 mm): 10-30, PP (0.075 mm): 4-17 y PP (0.0135 mm): 3-7 -DGS40 un PP (53 mm): 100, PP (37.5 mm): 95-100, PP (26.5 mm): 75-95, PP (19 mm): 64-90, PP (9.5 mm): 42-78, PP (4.75 mm): 27-64, PP (2.36 mm): 20-50, PP (0.425 mm): 10-23, PP (0.075 mm): 4-11 y PP (0.0135 mm): 2-7
Tailandia	-El suelo utilizado en la mezcla con el cemento debe ser un material libre de capas superficiales, vegetación u otras materias orgánicas, y no debe contener sustancias que puedan ser perjudiciales para la calidad del suelo cemento resultante. -El tamaño de las partículas no podrá ser mayor a 50mm y la porción que pasa por el tamiz de 0,075 mm no debe exceder el 40% -El cemento a usar podrá ser cemento portland o cemento mixto, estos deben tener un certificado de la TIS 15 para cemento portland y la TIS 80 para cemento mixto	•Especificaciones para el suelo: - Límite Líquido ≤ 20% - Índice de plasticidad ≤ 20% •La cantidad de agua y cemento será la que se determine mediante un diseño de mezclas, realizando los ensayos de Método para la determinación de la resistencia a la compresión no confinada de suelos y Método de prueba de compactación, Prueba Proctor Modificada; ya que la mezcla deberá después de 7 días de curado y 2 horas sumergida se tenga un valor de resistencia a compresión ≥ 690 kPa	-

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Direccion de Vialidad, 2022); *(Ministerio de Fomento, 2019)*; (Federal Highway Administration, 2014); (Committee of Transport Officials, 2020); *(Austroads, 2021)*; (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (Astm, 2006); (Astm, 2017); (Portland Cement Association, 2006); (American Concrete Pavement Association, 2007); (South African National Standard, 2014); (Unified Facilities Guide Specifications, 2020); (Transport for NSW, 2020)

A partir de esto, observamos que las especificaciones varían en su enfoque: Colombia se centra en el tipo de tráfico, además, presenta un tipo de cemento, pero a su vez alternativas al mismo; igualmente Australia y Nueva Zelanda basan sus especificaciones en el tipo de tráfico. España presenta requisitos más generales, excepto por los 3 tipos de cementos específicos a usar. Estados Unidos, presenta el inconveniente de presentar la información muy dispersa, lo cual genera inconvenientes a la hora de encontrar los diferentes requisitos, aunque resalta su gran variedad de tipos de cemento. Sudáfrica presenta solo 2 tipos de cementos según su resistencia, los cuales son los que se pueden usar. Australia y Nueva Zelanda al igual que Colombia basa sus especificaciones en el tipo de tráfico a tener, aunque estas presentan un número más limitado de tipos de cemento, junto a esto, presenta cierta información dispersa. Por último, las especificaciones de Tailandia, las cuales presentan una información muy general, puntualizando en muy pocos parámetros.

En cuanto a la curva granulométrica, ninguna tiene una mayor variedad que el resto; Colombia, Australia y Nueva Zelanda presentando 3 tipos de curvas, España presentando 2 tipos y por último Estados Unidos y Sudáfrica que presentan una sola curva, en el caso de Estados

Unidos menos detallada que el resto. En la figura 47 del apéndice, se presenta una gráfica con las diferentes curvas para cada país.

Es crucial destacar que todos los países establecen la necesidad de llevar a cabo una fase de experimentación con el fin de asegurar el cumplimiento de todos los requisitos para cada especificación. España presenta un tramo de prueba especifico de 100 m y Tailandia de 200-500m, el resto hablan de realizarlo, pero no presentan una longitud especifica.

Después de evaluar la fase de experimentación y se cumplan los parámetros mencionados anteriormente mencionados, se inicia la fase de construcción de la subbase tratada; la cual irá sobre la superficie de la subrasante, la que, a su vez, debe cumplir con sus respectivas especificaciones técnicas.

Requisitos para construcción de la subbase

El proceso de construcción se encontrará en la figura 12 o en la tabla 31 del apéndice, donde además muestra los diferentes requisitos en los procesos de construcción según cada país, junto con algunos requisitos especificaciones adicionales.

Figura 12

Especificaciones de proceso constructivo (Subbase tratada con cemento)

País	Construcción de la subbase	Especificaciones adicionales
Colombia	•La mezcla se puede hacer tanto en planta como en la vía, aunque será obligatorio en planta si se necesita mezcla varios materiales. •Si la mezcla se realiza en la vía, se aplica el material y si presenta grumos o aglomeración se realiza disgregación del material, esto hasta alcanzar que el material tenga la granulometría necesaria. La longitud disgregada no podrá ser mayor a la que se pueda tratar y compactar en 2 dias de trabajo. •Luego se conforma el material con motoniveladora. •Se aplica el cemento en bolsas o a granel, el contenido del agua del material no puede ser superior al definido •Se realiza la mezcla con el equipo autorizado, se mezcla hasta alcanzar homogeneidad. El contenido de agua de la mezcla debe ser ± 1 % respecto al de diseño. El tiempo de amasado de la mezcla debe ser mayor o igual a 30 segundos. •Se procede con la extensión, se hace a lo ancho de la vía o por franjas. Si la mezcla fue en planta y se indica se debe usar extendedora. •La compactación deben ser terminados en un lapso de 2h; si se realiza por franjas la extensión, se compacta incluyendo al menos 15cm de la franja anterior. •Los espesores de la capa compactada deben ser 150 mm ≤ Espesor de capa compactada ≤ 200mm •Luego de terminada se realiza el curado (máximo 5 h luego de terminada), por medio de aspersión de mínimo 7d, mediante el uso de emulsión de rotura rápida tipo CRR-60 (si se realizara la capa en varias capas no se aplicara la emulsión en cada capa, solo en la final). Aplicando 400 g/m2 del ligante y 13.6 kg/m2 de agregado de protección. (si no se aplicó el riego de curado en el tiempo establecido se deberá mantener el contenido de agua de la superficie mediante el riego con agua). •Se permitirá el transito luego de 7d de compactado y a 30 km/h máximo	•La construcción de esta capa se realiza con una fórmula de trabajo ya determinada y probada en fase de experimentación; el material elegido ajustado a una franja granulométrica necesaria, tipo y marca de cemento, aditivos a emplear, contenido óptimo de cemento, valor de perdidas por durabilidad, valor de resistencia a la compresión (7d), porcentajes óptimos de agua para mezcla y compactación. •Existe un proceso de prefisuración que no es necesario, en caso de realizarse, se realizan juntas en el material sin compactar (cada 3 o 4m), penetrando al menos 2/3 de la capa. Todo esto para comprobar las resistencias de la capa. •Si la capa terminada no cumple los índices IRI, se corrigen los defectos mediante fresado y volver a construir.
España	•Para la construcción se debe tener un principio de fraguado que no podrá ocurrir antes de 2h de mezclado con agua. (Tiempo de fraguado determinado siguiendo la UNE-EN 196-3); aunque si la temperatura ambiente es > 30°C el principio de fraguado no podrá ocurrir antes de 1h. •El periodo de trabajabilidad que es el tiempo en el cual la mezcla tiene las propiedades para ser trabajada y compactada, dependerá si se realiza en el ancho total de la carretera o por franjas; Para anchura completa será mínimo de 3 horas y por franjas será de 4 horas •La mezcla debe haber sido realizada en centrales de fabricación ponderales o volumétricos, controlando el agua con caudalímetro de precisión ±2%; en caso de ser ponderal una dosificación con precisión para material granular de ±2% y del cemento de ±1% •El espesor que obtendrá la mezcla luego de compactada deberá ser de mínimo 20 cm •En la construcción de la capa se tendrá una tolerancia respecto a lo establecido en el diseño para contenido de cemento de ±0,3%, humedad de compactación de -1,0 / +0,5 y no sobrepasar el uso granulométrico adoptado (Material > 4mm tolerancia de ±6% y menores a 4mm de ±3%) •El volumen de material puesto en obra dependerá del tráfico; si es T00 a T2 o superficie > 70000m2 el volumen deberá ser ≥ 30% del total necesario y si es T3 a T4 o superficie < 70000 m2 el volumen deberá ser ≥ 50% •Luego se procede con realización de la mezcla, con un tiempo de amasado > 30s •Se realiza el vertido y extensión previniendo la segregación de material y contaminaciones; la capa tendrá el espesor necesario para que al compactarla llegue al espesor de los planos. •Si la anchura de capa extendida es > 4m en tráfico T00 a T2 o superficie > 70000 m2, también si es >5m en el resto de caso; se realiza la prefisuración, penetrando cada 3 o 4m al menos 2/3 de la capa antes de compactar. •La compactación se realiza durante el periodo de trabajabilidad; si la extensión se realiza por franjas, la compactación se realiza incluyendo 15cm de la anterior; y se realizaran juntas si se interrumpe el trabajo durante más tiempo del periodo de trabajabilidad. •Se realiza el curado aplicando una emulsión asfáltica antes de 3h de terminada la capa y luego colocando agregado de cobertura sobre esta; la emulsión podrá ser C60B3 CUR (Catiónica con 60% de ligante nominal, betún asfaltico como ligante y con numero de rotura igual a 3) o C60B2 CUR (Igual al anterior exceptuando que su número de rotura es igual a 2) y se permite el transito luego de 3 días de realizado y 7d para tráfico pesado.	•Anterior a este proceso se realiza un tramo de prueba de más de 100m para comprobar todos los procesos y especificaciones que tendrá el material. •Si se compacta por franjas de incluirá 15cm de la anterior •Si los extendedores no tienen elementos de transferencia de carga, el camión solo puede tocar el vertido a través de los rodillos.
Estados Unidos	•Según la army force el espesor mínimo de la capa estabilizada será de 4" (100 mm) ni superar las 8" (200 mm) •Según la Unified Facilities Guide Specifications -Si la mezcla se hace en el sitio no se podrá aplicar el cemento si el contenido de humedad del suelo supera al optimo. -Cuando la subbase se construya en varias capas se limpia la construida previamente usando barredoras o escobas eléctricas. -En la construcción in situ se aplica el material granular en un espesor necesario para que al añadir el cemento, agua y compactarlo obtenga el espesor requerido. -Un proceso previo a añadir el cemento y agua es escarificar y pulverizar a la profundidad necesaria; la pulverización no podrá ser más profunda que la escarificación. Este proceso no se realizara en áreas más grandes que lo que se podría completar en 2 días de trabajo. Luego de esto se aplica el cemento de una forma que se pueda mezclar uniformemente y que la mezcla tenga el contenido de cemento especificado; se mezclara lo suficiente evitando la formación de bolas de cemento cuando se aplique el agua. Se aplicara agua con equipos de dispersión a presión que permita la aplicación de agua continua por 3h; Aplicada el agua se realiza el proceso de mezclado, áreas donde se haya aplicado el agua y no se inicie el mezclado luego de 30 minutos se retira todo el material ya que no se puede usar. Luego de mezclar con el agua (hasta que se distribuya correctamente). -Ahora, si la mezcla fue en planta central se lleva en camiones y se aplica sobre la capa de subrasante que debe haber sido humedecida anteriormente, se deposita el material, se prepara, esparce para que quede al espesor necesario; dentro de los 60 min posteriores se debe haber iniciado la compactación. -Si es con planta móvil, se mueve la planta a una velocidad uniforme para lograr una mezcla homogénea, aplicando agua y cemento desde camiones o contenedores; luego se aplica en hileras de tamaño suficiente para cubrir el ancho necesario para obtener una compactación adecuada con los espesores especificados. -La finalización de la capa es protegerla del secado durante 7d, proporcionando un curado ya sea usando Arpilleras (Tela gruesa de fibra natural), laminas impermeables, material bituminoso (contenido de asfalto residual de 0,7 a 1,4 L/m2), membrana líquida (aplicando 3,8 L por cada 9,3 m2) •La American Concrete Pavement Association presenta que el curado se podrá realizar con agua, aplicando entre 0,68 y 1,1 L/m2	•El contenido de humedad optimo se debe haber determinado con la AASHTO T180 método D
Australia y Nueva Zelanda	•La mezcla se podrá realizar en planta, más específicamente una mezcla estacionaria en pugmill, se lleva en camiones, luego se extiende, se compacta, se le da forma y se cura en preparación para la colocación de las capas superpuestas. •La mezcla también se podrá realizar in situ, aplicando el cemento y realizando la mezcla con una recicladora, al material estabilizado in situ se le da forma, luego se compacta y se cura antes de colocar las capas superpuestas. •Para la compactación se realizan 2 o 3 pasadas •Las capas compactadas deberán ser de máximo 150mm •Cuando se realiza en varias capas la compactación para llegar al punto de espesor necesario, se escarifica o pule la capa anterior 25mm y así lograr una mejor unión.	El esparcimiento se realiza a velocidades de 5km/h - 10km/h
Sudáfrica	•Si la mezcla se realiza en planta, desde colocada la mezcla se deberá iniciar la compactación como máximo luego de 1 hora y 4 horas para la compactación; es decir, 1 hora de preparativos y 4 de compactación •Si la mezcla se realiza en el sitio, el proceso de esparcimiento y mezclado del material se añade agua según sea necesario si se realiza en el sitio, el esparcimiento se podrá hacer con un reciclador con dispensador automático o a mano usando escobilla de goma solo si la velocidad del viento no sea mayor a 15 km/h, además que en el esparcimiento se comprueba que el espesor que se tiene es el indicado; y en el mezclado se hace el uso combinado de niveladora, grada de discos y/o mezcladora rotativa o mediante el uso de una recicladora con sensores electrónicos para que el la profundidad de mezclado sea la correcta. •Luego de esto se procede a la compactación, en donde desde que se termina la mezcla y se termina de compactar máximo deben pasar 6 horas; el contenido de humedad del material durante la compactación nunca excederá el 80 % del contenido de humedad de saturación del material natural •Conformada y compactada la capa se comprueba grosor, pendiente y niveles. •Las capas deberán ser de 150mm de espesor como máximo(si se requiere una capa más ancha se hace en varias capas) •Se realiza el curado con agua durante 7 dias (las primeras 48 h serán de manera más constante el regado)	•Si se requiere hacer correcciones en distancias menores a 20m se corrige con la niveladora mezclando más material; si es más de 20 m se debe remezclar todo de nuevo agregando más material en distancias de 100m •El curado también podrá realizarse de otras maneras, aunque solo si la capa está húmeda, mas no mojada: -Curado cubriendo la capa con una membrana que es una emulsión bituminosa en aerosol o bitumen, en la dosificación indicada en el diseño. Se escogerá entre emulsión aniónica (En la SANS 4001-BT3-2014 los RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1, SS-1h o QS-1H) o emulsión catiónica (en la SANS 4001-BT4-2014 los CRS-1, CRS-2, CMS-2, CMS-2h, CSS-1, CSS-1h o CQS-1h) -Riego de imprimación se aplica en la dosificación y materiales que indique el diseño. Normalmente los tipos MC-10 (temperatura de rociado de 10-30°C) o MC-30 (temperatura de rociado de 45-65°C) y aplicando 285 m^3/m^3 de arena sobre esta.
Tailandia	Mezclado -Se podrá usar una planta mezcladora estacionaria, que permita mezclar el suelo, cemento y agua; usando una mezcladora discontinua (Batch mixer) o continua (Continuos Mixer) -El proceso de mezclado si es en una planta deberá ser por un tiempo mayor a 30 segundos. -Otro método de realizar la mezcla es por medio de una planta móvil; aplicando agua por medio de aspersores y materiales como suelo y cemento por medio de dispensadores automáticos. La velocidad y tiempo de mezclado queda a criterio del supervisor. -Como ultima forma de mezclado esta la mezcla en el sitio; la maquinaria contara con cuchillas y tuberías de pulverización. Luego de aplicado el cemento, si la maquinaria es multirotor podrá realizar la mezcla en solo 1 o 2 pasadas; pero si es de un solo rotor este deberá pasarse varias veces. -El agua para la mezcla será +2% del contenido óptimo, para permitir la perdida de humedad durante la mezcla y antes de la compactación -Si se hace uso de una planta mezcladora estacionaria se deberá tener un tiempo transcurrido desde terminada la mezcla, depositarla y compactarla deberán pasar máximo 2 horas; si es una planta móvil, igualmente, luego de que la mezcla se haya combinado y liberado, extendido, nivelado y compactado, desde la liberación de la mezcla hasta compactación no podrá pasar más de 2h -La capa compactada deberá tener un máximo de 150 mm de espesor, se podrá construir una capa de mayor espesor, pero no podrá ser mayor a 200 mm -Luego de compactado se realiza una nivelación final, para luego rociar agua durante los primeros 3 días y dejar reposar durante mínimo 7 días para lograr una capa con las características necesarias.	Antes de iniciar la construcción se realiza un tramo de prueba de entre 200-500 m de largo

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Direccion de Vialidad, 2022); *(Ministerio de Fomento, 2019)*; (Committee of Transport Officials, 2020); *(Austroads, 2021)*; (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (Portland Cement Association, 2006); (American Concrete Pavement Association, 2007); (South African National Standard, 2014); (Unified Facilities Guide Specifications, 2020); (Transport for NSW, 2020)

Se encuentra que países como Colombia destacan, porque presenta la realización de la mezcla tanto en planta como en la vía, con requisito de amasado, compactación, espesor y curado en tiempos precisos, añade una dosificación para el curado. España incluye requisitos de fraguado, también presenta el tiempo para realizar la amasado y compactación, aunque más flexible que el de Colombia (4h respecto a 2h), presenta volumen que se debe colocar en obra dependiendo el tráfico y ancho de la capa, un curado en tiempos menores que el de Colombia, ya que España tiene de límite 3 horas y Colombia 5 horas. Estados Unidos presenta tiempos de iniciar mezclado y compactación, por último, Australia y Nueva Zelanda son los únicos en introducir la velocidad de esparcimiento y el número de pasadas en compactación.

Respecto al espesor, Colombia presenta un rango muy preciso de 150-200 mm, Estados Unidos de 100-200; a diferencia de España que presenta un espesor que podrá ser mayor a 200 mm, es decir, sin restricción. Sudáfrica, Australia y Nueva Zelanda tienen un espesor máximo de 150 mm; Tailandia presenta un límite de 150 mm, pero presentando un máximo de 200 mm en ciertos casos.

Colombia presenta un requisito de permitir el transito luego de 7 días y solo a velocidades de 30 km/h. España por otro lado lo permite a los 3 días y para vehículos pesados si serán 7 días.

Un punto en donde todos coinciden es, en el tiempo de curado de 7 días, Tailandia presenta 3 días con agua y luego si la emulsión de curado por los siguientes 4 días.

Ensayos y controles de calidad

Luego de realizarlo se realizan ensayos de verificación, con esto se realiza un respectivo control de calidad, con el cual se corroboran que se cumplan con todas las especificaciones presentadas en la etapa de diseño, a continuación, la figura 13 o en la tabla 32 del apéndice, muestra los ensayos que se realizan preliminarmente y periódicas en la construcción de subbase tratada o estabilizada:

Figura 13

Ensayos preliminares y periódicos en la construcción de subbase (Subbase tratada con cemento)

Pais	Ensayos preliminares	Ensayos para verificaciones periodicas	Observaciones adicionales
Colombia	Desgaste en la máquina de Los Ángeles (ASTM C 131-06); Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval(ASTM D 6928-10); Perdidas en ensayo de solides en sulfatos (ASTM C88-05); CBR(ASTM D 1883 – 07) ; Tamaño máximo agregado(ASTM D 422-63) ; Limite liquido e Índice de plasticidad(ASTM D 4318-10); Equivalencia de arena(ASTM D2419-09); Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables (ASTM C142); índices de alargamiento (BS 812-105.1:1989 y BS 812-105.1:1990); Caras fracturadas (ASTM D 5821-01); proporción de sulfatos del material combinado (UNE-EN 1097-8 julio 2000); Granulometría del material (ASTM D422-63) y Tamaño máximo (ASTM C136-06); Ph del agua (ASTM D1293); contenido de sulfatos en el agua (UNE 83956) -Para el asfalto de curado: Destilación para contenido de asfalto y aceite (ASTM D 6997-12); contenido de agua (ASTM D244-09); Viscosidad (ASTM D7496-11); sedimentación (ASTM D6930-10 y NTL-140/99); tamizado de emulsiones (ASTM D6933-08); rotura en ensayo de mezcla con cemento (ASTM D6935-11 y NTL 144/98); carga eléctrica para identificación de emulsiones asfálticas catiónicas (ASTM D7402-09 y NTL 194/99); pH de emulsión asfáltica (NTL 195/92); índice de rotura (UNE-EN 13075-1); penetración (ASTM D5-06); ductilidad (ASTM D113-07); solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042-09)	-Se toman 4 muestras cada 2000m3 de material por estabilizar para comprobar que cumpla con todo lo requerido. -Se realizan 1 vez por jornada los ensayos Limite líquido, Índice de plasticidad y caras fracturas; Se realiza también 1 vez por jornada o cada 3000 m2 de superficie compactada un ensayo de granulometría. -1 vez por semana Equivalencia de arena, Valor de azul de metileno (si aplica), contenido de materia orgánica, contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables., índices de alargamiento y aplanamiento. -1 vez por mes ensayos de CBR, desgaste en la máquina de Los Ángeles, degradación por abrasión en el equipo micro-deval. -También se verifica periódicamente la calidad del cemento, agua y aditivos si se usan; a su vez de la mezcla elaborada se toman 3 muestras por lote para determinar su contenido de cemento y 2 muestras cada lote para determinar la resistencia a compresión simple -Del material colocado y compactado se realizan cada lote ensayos de densidad seca para determinar compactación y determinación de rugosidad (ASTM E950) •Se realizan ensayos del agua si no es potable verificando su Ph y contenido de sulfatos	-Los ensayos de revisión pueden reducirse a la mitad si se aprueba. -En caso que en las verificaciones periódicas de material no se den resultados satisfactorios, se realizan 2 pruebas más, si no cumplen igual no se usa el material. -Lote se define como la menor área entre 500m de capa terminada, 3500 m2, obra ejecutada en una jornada de trabajo, obra ejecutada con el mismo material.
España	-Si se tiene un marcado CE se verifica que las propiedades que dice sean las correctas y las requeridas, aunque se podrán hacer los ensayos que considere oportunos. Al material granular se le realiza: Granulometría (UNE-EN 933-1); Límite líquido e Índice de plasticidad (UNE 103103 y UNE 103104); contenido de materia orgánica (UNE 103204); contenido de azufre total y sulfatos solubles en ácido (UNE-EN 1744-1); descripción petrográfica (UNE-EN 932-3) -El asfalto para el curado se le podrán realizar los siguientes ensayos: índice de rotura (UNE-EN 13075-1); contenido de ligante (UNE-EN 1428); contenido de fluidificante (UNE-EN 1431); tiempo de fluencia (UNE-EN 12846-1); residuo de tamizado (UNE-EN 1429); tendencia a sedimentación (UNE-EN 12847); adhesividad (UNE-EN 13614); en el residuo por evaporación (UNE-EN 13074-1), ensayos de penetración (UNE-EN 1426), punto de reblandamiento (UNE-EN 1427); y en residuo por evaporación (UNE-EN 13074-1) y luego estabilización (UNE-EN 13074-2), penetración (UNE-EN 1426) y punto de reblandamiento (UNE-EN 1427)	Si se tiene un marcado CE se verifica que las propiedades que dice sean las correctas y las requeridas, aunque se podrán hacer los ensayos que considere oportunos. -En la fabricación se realizan cada 1000 m3 o el de cada día si se realiza menos material: Humedad natural (UNE-EN 1097-5); límite líquido e índice de plasticidad -Suelo cemento: Por cada 5000 m3 o 1 vez a la semana si se emplea menos material: Contenido de materia orgánica (UNE 103204) -Al menos una vez al mes para ambos sc y gc: Presencia de sustancias orgánicas (UNE-EN 1744-1); contenido de azufre total y sulfatos solubles en ácido; índice de lajas del árido grueso (UNE-EN 933-5) y coeficiente Los Ángeles. -Junto a ello se tomas 2 veces al día una muestra representativa seca para determinar la granulometría. -De la mezcla se determinara una vez por lote la humedad del material tratado (UNE 103300) y en todo caso 2 veces al día. -Se realizan ensayos de densidad (UNE 103900) y de humedad de manera aleatoria y mínimo 7 medidas por lote. -Para el curado: Se toman 2 muestras por procedencia y cualquier volumen para ensayar granulometría (UNE-EN 933-2), el equivalente de arena (SE4) (UNE-EN 933-8 anexo A), y la plasticidad (UNE 103103 y UNE 103104). Y la emulsión será ensayada para comprobar todas las especificaciones que deberá tener. -Además para el curado se tomaran mínimo 3 puntos por lote para comprobar la dotación.	Lote se define como la menor entre 500m de calzada, 3500 m2 y la fracción construida en un día.
Estados Unidos	Ensayo de abrasión Los ángeles (AASHTO T96 y ASTM C535); ensayo de resistencia a los sulfatos (AASHTO T 104); ensayo para porcentaje de partículas fracturadas en agregado grueso (ASTM D5821); partículas planas y alargadas en agregado grueso (ASTM D4791); limite liquido e índice de plasticidad (AASHTO T89 o ASTM D4318); ensayo granulométrico (ASTM C136/AASHTO T27 y AASHTO T11); Densidad (AASHTO T 310 o T 191), equivalencia de arena (ASTM D2419); Modulo de resiliencia (AASHTO T274)	Se compruebaun que todas las especificaciones cumplan con lo requerido mediante distintos ensayos. - Se comprueba la densidad in situ y el contenido de humedad (AASHTO T 310); control de gradación y caras fracturadas - Ensayo de Limite liquido e índice de plasticidad, ensayos de contenido de humedad y ensayos de densidad. (AASHTO T180 y T99) Todo junto a un control de superficie.	-
Sudafrica	-Para el agregado: CBR (ASTM D4833 o SANS 3001-GR40); Análisis granulométrico(SANS 3001-AG1); Análisis del tamaño de partículas de material inferior a 2 mm y 0,075mm; Hinchamiento; ensayo de durabilidad en molino; ensayo para determinación de impacto en agregado (BS 812-112:1990); Determinación del límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad(SANS 3001); el índice de plasticidad. -Para la emulsión usada en riego de imprimación: viscosidad cinemática (ASTM D2170); viscosidad dinámica (ASTM D4402); punto de inflamación (ASTM D93); cantidad de agua (ASTM D95); destilado a 360°C (ASTM D402); en residuos de destilación, ensayos de viscosidad (ASTM D4402). -Si se usa los tipos de la SANS 4001-BT3 o BT4: Viscosidad Saybolt Furol (ASTM D7496); estabilidad de almacenamiento a 24h (ASTM D6930); demulsibilidad (ASTM D6936); prueba de carga de la partícula (ASTM D7402); capacidad de cubrimiento y resistencia del agua (ASTM D6930); prueba en mezcla con cemento (ASTM D6935); ensayo tamizado (ASTM D6933); residuo por destilación (ASTM D6997); aceite destilado por volumen de emulsión (ASTM D6997); en residuo de destilación ensayos de penetración (ASTM D5), ductibilidad (ASTM D113), solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042) y prueba de flotación.	Se realizan ensayos de manera aleatoria para comprobar que todos los parámetros cumplan con lo exigido. Uno de los ensayos más importantes es el de Densidad seca Máxima (SANS 3001-GR30)	-
Australia y Nueva Zelanda	Distribución de tamaños de partículas (AS 1289.3.6.1); límite plástico (AS 1289.3.1 y NZ 4402.2.3:1986), límite líquido (AS 1289.3.2 y NZ 4402.2.2:1986), índice de plasticidad (AS 1289.3.3.3 y NZ 4402 2.4:1986); resistencia máxima a la compresión en seco (AS 1289.5); desgaste por Los Ángeles (AS 1141.23 y NZ 4407 3.12:1991); índice de descamación (AS 1141.15 y NZ 1141.15: 1999); resistencia húmeda seca (AS 1141.22 y NZ 1141.22: 1996); equivalencia de arena (NZ 3.6:1991); forma de la partícula (AS 1141.14-2007, .15-1999, .16-2007, .18-1996); sulfatos (AS 1289.4.2.1-1997); contenido de sulfatos solubles en ácido (AS 1141.36); caras fracturadas (AS 1141.18 – 1996); contenido de MO (NZS 4402 3.1.1:1986)	Se debe comprobar que cumplan todos los parámetros que se dieron en el diseño. Realizando ensayos de distribución de tamaños de partículas, límite plástico, límite líquido, índice de plasticidad, resistencia máxima a la compresión en seco, desgaste por Los Ángeles, resistencia húmeda seca. Se realizan ensayos de contenido de cemento (AS 1289.5.10.1:2018); compactación y densidad (AS 1289.5.3.1:2009).	-
Tailandia	Límite líquido (AASHTO T89); índice de plasticidad (AASHTO T90); ensayos para determinar la existencia a la compresión (AASHTO T 208)	Pruebas de densidad cada 100m o áreas de 500 m2(AASTHO T191) Se realizan ensayos de inspección luego de compactada y que cumpla con los requisitos necesarios, un ejemplo de ellos es el ensayo de compactación (AASHTO T180) Ensayos cada período de construcción tomando 3 muestras para saber la resistencia a compresión (AASHTO T 208)	-

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Dirección de Vialidad, 2022); (Invias, 2022); *(Ministerio de Fomento, 2019)*; (Committee of Transport Officials, 2020); *(Austroads, 2021)*; (Mainroads, 2023); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (Portland Cement Association, 2006); (American Concrete Pavement Association, 2007); (South African National Standard, 2014); (Unified Facilities Guide Specifications, 2020); (Transport for NSW, 2020)

Nuevamente Colombia es aquel que comparado con el resto presenta de forma más detallada los ensayos realizados periódicamente para control de calidad; y aunque España en realidad llega a tenerlos de forma incluso más detallada, sus controles de calidad no son obligatorios al tener un marcado CE y solo se harán cuando no tienen este etiquetado o cuando el supervisor lo indique.

Igualmente, la mayoría de países basan sus ensayos en las normas ASTM o AASHTO, claramente abran algunas excepciones, como es el caso de España con la normativa europea y el caso de Australia y Nueva Zelanda con su propia normativa.

Requisitos de capa terminada

La subbase tratada o estabilizada con cemento, deberá cumplir unos requisitos o criterios de calidad final luego de terminada, La figura 14 o en la tabla 33 del apéndice, muestra los estándares para los diferentes países que debe alcanzar la subbase cuando ya ha sido compactada.

Figura 14

Criterios de calidad de la subbase terminada (Subbase tratada con cemento)

Pais	Criterios de Calidad terminado	Minimo de ensayos
Colombia	-Grado de compactación ≥ 95% -Espesor promedio ≥ Espesor de diseño y ≥ 90% para muestras individuales. -La cota en cualquier punto no podrá variar más de 10mm de la proyectada. -Planicidad con variación menor a 15mm -Regularidad superficial con una rugosidad que dependerá de la clase de material y espesor total, se expresa en Índice de rugosidad internacional con la ASTM E1926 y ASTM E950 : Para % de hectómetros de 50% si e ≥ 20 cm (< 3,0), 10 cm < e < 20 cm o e ≤ 10 cm (< 2,5); Para 80% si e ≥ 20 cm (< 4,0), 10 cm < e < 20 cm o e ≤ 10 cm (< 3,5); Para 100% si e ≥ 20 cm (< 5,0), 10 cm < e < 20 cm (< 4,5) y e ≤ 10 cm (< 4,0). Esta se medirá con mira y nivel y se determinara el IRI (NTL 330-98), si es con perfilómetro pivotante de alta precisión (NTL 331-98) y equipo de referencia inercial validado previamente con 1 de precisión en tramo de 200 m (ASTM E950) -La rasante no debe superar ni quedar debajo de 15 mm de lo proyectado -La resistencia final deberá ser ≥ 92% de la resistencia del diseño y ≥ 90% para muestras individuales -El porcentaje de cemento final deberá variar máximo ± 0,3% de la diseñada.	Los sitios para verificación de compactación se realizan determinando la densidad seca de la capa, escogiendo un sitio al azar. Como mínimo 1 prueba por hectómetro y 5 ensayos por lote (lote el menor de 500m o 3500m2 de capa compactada, obra ejecutada por jornada, obra ejecutada con el mismo material)
España	-Deberá tener una densidad luego de compactada ≥ 98% de la densidad máxima. -La rasante deberá tener una textura uniforme, sin segregaciones u ondulaciones y con las pendientes adecuadas; no deberá superar en ningún punto a la teórica ni quedar por debajo de 15mm -Cada 20 metros se verifica que la anchura no podrá ser superior a la teórica ni quedar por debajo más de 100mm. -Regularidad superficial con una rugosidad se expresa en Índice de rugosidad internacional IRI con la NTL-330: Para % de hectómetros de 50% con tráfico T00 a T4 (< 3,0), para 80% y tráfico de T00 a T4 (< 3,5), para 100% (< 4,0); estos podrán cambiar en 0,5 si se realizó la prefisuración -Su espesor no podrá ser inferior al mínimo que se exige; aunque se aceptara si este es ≥ 90% del requerido, solo si se compensa esta diferencia añadiendo ese espesor faltante en la otra capa.	El IRI se comprobará cada 1000 metros; junto a ello se comprobará el espesor y densidad con mínimo 6 muestras por lote. La rasante se comprueba cada 20 metros
Estados Unidos	-Debe tener la capa final una resistencia a la compresión de 250 psi para pavimentos flexibles y 200 para pavimentos rígidos; aunque la American Concrete Pavement Association indica una resistencia a la compresión a los 7d de entre 200 y 800 psi. -Se deberá compactar hasta obtener una densidad ≥ 95% de la máxima, aunque la Unified Facilities Guide Specifications deberá ser ≥ 98% de la densidad máxima -La American Concrete Pavement Association indica una tolerancia de nivelación de ±12 mm -El espesor de la capa compactada deberá ser mayor o igual a la de diseño	La densidad máxima se determina con la AASHTO T 180 (proctor modificado) o AASHTO T 99(proctor estándar)
Sudafrica	-Se debe compactar hasta alcanzar entre un 95% a 97% de densidad máxima. -Se tendrá una tolerancia de nivelación de 20mm -Desviación máxima de los bordes de 75mm -La capa no puede variar en su espesor más de 20 mm. -La rasante no debe superar ni quedar debajo de 10 mm de lo proyectado	Se controla el nivel de la capa cada 20m mínimo
Australia y Nueva Zelanda	-Se deberá tener una resistencia a la compresión a los 28 días de entre 0,7 a 1,5 MPa -Planicidad con tolerancia máximo de 10 mm y si está bajo un pavimento flexible será máximo 15 mm -Según la Main roads Western Australia se tiene una tolerancia de nivelación de entre -25 mm y 5mm -Se tiene una toleración superficial vertical de +/- 15mm -Tolerancia a lo ancho de 0-100mm -Tolerancia de espesor de +/- 15mm -Se debe compactar hasta alcanzar entre un 94% a 96% de densidad máxima según la Main roads Western Australia	-
Tailandia	-Se debe compactar hasta alcanzar una densidad seca de como mínimo un 95% de la densidad seca maxima. -Se permite una diferencia de planeidad de máximo 10mm -Diferencia de nivel no mayor a 15mm.	La inspección de planeidad y nivel cada 25m. Si la resistencia a la compresión final no es la diseñada, se realizan nuevos ensayos y estos deberán tener que, la resistencia a la compresión deba ser mayor o igual al 85% de la diseñada.

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Direccion de Vialidad, 2022); *(Ministerio de Fomento, 2019)*; *(Committee of Transport Officials, 2020)*; *(Austroads, 2021)*; (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (Portland Cement Association, 2006); (American Concrete Pavement Association, 2007); (South African National Standard, 2014); (Unified Facilities Guide Specifications, 2020); (Transport for NSW, 2020)

Se observa que Estados Unidos junto a España son quienes presentan la tolerancia más estricta respecto a grado de compactación, con un valor superior o igual a 98%; seguida por Colombia y Tailandia con un 95%; y países como Sudáfrica presentan un rango de 95-97% lo cual es algo inusual, igualmente Australia y Nueva Zelanda siendo de 94-96%

En cuanto a las tolerancias, es notable que Colombia sea el único país que especifica con tanto detalle los requisitos de regularidad superficial, estableciendo parámetros precisos en relación con el porcentaje de hectómetros y el espesor de la capa en cada caso; siendo España otro de los países que lo involucra, pero mucho menos detallado. Australia y Nueva Zelanda presentan una gran cantidad de requisitos a cumplir, incluyendo hasta tolerancias del ancho de capa, pero criterios como el espesor son de los menos exigentes respecto a países como Estados Unidos y Colombia.

Si en la superficie terminada no se cumplen los requisitos necesarios, entonces, esta deberá ser corregida de la manera más adecuada posible.

3.2. Base

La capa base es la sección de la estructura del pavimento que está ubicada inmediatamente debajo de la capa de rodadura, normalmente se construye sobre la capa subbase o, en caso que no haya capa de subbase, se realiza directamente sobre la subrasante (aashto, 1993). Su función principal en el pavimento es soportar las cargas del tráfico desde la capa superficial y disipar y transferir dichas cargas a la capa de subbase o subrasante. (Titi, Dakwar, Sooman, & Tabatabai, 2018)

La base, es una capa que suele ser implementada comúnmente como una capa granular. Sin embargo, también es frecuente encontrar variantes tratadas con cemento o estabilizadas con emulsión bituminosa. Esta variedad de opciones permite adaptarse a diversas condiciones de terreno y requerimientos específicos del proyecto, otorgando nuevas características a la capa base.

3.2.1. Base Granular

La base granular es un tipo de base que desempeña un papel esencial dentro de la composición de los pavimentos tanto rígidos como flexibles, situada justo debajo de la capa de rodadura, este tipo de base posee alta resistencia a la deformación lo que hace que soporte presiones altas, reducción del estrés aplicado a la capa de subrasante y el suministro de drenaje para la estructura del pavimento. (Federal Highway Administration, 2016)

Requisitos previos para la realización de la Base Granular

Previo al momento de la construcción de la base hay exigencias y parámetros respecto al equipo, maquinaria y demás; la Tabla 8, esta lo que siempre se debe seguir según los distintos países.

Tabla 8

Especificaciones y requisitos antes de iniciar (Base granular)

País	Exigencias	Parámetros adicionales
Colombia	En el momento de la construcción de la base se debe seguir el procedimiento, usar la maquinaria y el equipo que se indicaron en los documentos del proyecto que ya hayan sido aprobados, además de inspeccionar que todos estos cumplan con sus respectivas certificaciones; otro aspecto es que el traslado de material	La extensión del material se recomienda utilizar extendedoras automáticas.(superficie >70000 m2) •Los compactadores deben ser autopropulsados y tener inversores de sentido de la marcha de acción suave -Al menos uno de ellos sea un compactador vibratorio de rodillos metálicos(Carga Estática ≥ 30kN/m y alcance una masa ≥ 15000 Kg) -Si se usan compactadores neumáticos debe alcanzar una masa ≥ 28000 Kg y carga por rueda ≥ 39,2kN; presión de inflado de 0,8 MPa -Se pueden usar otro equipo de compactación en casos donde no se pueda usar el requerido •Usar caudalímetro para el control de agua añadida
Perú		-
Chile		-Se distribuirá el material por medio de equipos distribuidores autopropulsados -La compactación se debe realizar por medio de rodillos (rodillos lisos o neumáticos, en lugares inaccesibles pueden ser pisones)
España		-Si hay tráfico pesado de T00(≥ 4000 vehículos por día) a T2 (200 ≤ T2 < 800) y área mayor a 70000 m2 usar extendedores automatrices -Podrá usarse un compactador vibratorio con una carga estática de más de 300N/cm y alcanzar masa de 15t, si es compacta con compactadores de neumáticos deben tener masa de 28t y 4t de carga por rueda)

Estados Unidos	debe ser en el equipo idóneo, cubierto de ser necesario.	-
Sudáfrica		•Usar carro cisterna para aplicar agua en el proceso de esparcimiento y mezclado. •Uso de niveladora para el proceso de realización de la mezcla, previniendo segregación y mantener la calidad del material •Para la compactación usar rodillo de tambor liso vibratorio o una combinación de rodillos de tambor liso y neumáticos. •Para compactación con lodo se usa rodillos con ruedas de acero o una combinación de rodillos con ruedas de acero y rodillos con ruedas neumáticas
Australia y Nueva Zelanda		•Para la compactación se pueden usar equipos de presión estática (Rodillos lisos con ruedas de acero), fuerza de impacto (Placas y rodillos compactadores, rodillos de impacto y rodillos de rejilla), vibración; o que combinen varios de los anteriores como: Rodillos neumáticos de múltiples ruedas, rodillos lisos oscilantes y vibratorios, rodillos de pie de cabra.
Tailandia		La compactación se realiza con rodillo neumático u otra herramienta que compacte de manera adecuada

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Direccion de Vialidad, 2022); *(Ministerio de Fomento, 2019)*; (Federal Highway Administration, 2014); *(Committee of Transport Officials, 2020)*; *(Austroads, 2018)*; (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019)

Donde se encuentra que, Colombia y España son quienes presentan de forma más minuciosa los equipos a usar, destacando el equipo compactador, donde presentan incluso su carga estática y alcance de masa. Siguiendo con Sudáfrica con un numero aceptable de requisitos

a cumplir, también destaca Australia y Nueva Zelanda nuevamente por su gran variedad de posibles equipos de compactación. Tailandia y Chile presentan muy pocos requisitos comparados con el resto; Estados Unidos y Perú no presentan equipo especifico, donde solo se usará el equipo indicado.

Junto a esto, existen consideraciones del clima, con los que se podrá o no realizar la construcción de la base granular, estos aspectos pueden provocar problemas a la hora de construir la capa y modificar las características que tenía previamente el material, la Tabla 9 muestra las especificaciones de los países respecto a los aspectos climáticos a considerar

Tabla 9

Especificaciones del clima (Base granular)

País	Requisitos climáticos	Especificaciones adicionales
Colombia España	No se pueden iniciar procesos para la construcción de la subbase si está lloviendo o si existe sospecha de que llueva Y se recomienda realizar las obras cuando haya luz solar.	Las especificaciones de Colombia y España requieren que la temperatura no puede ser menor a 2°C
Perú		La temperatura ambiente no puede ser menor a 6°C
Estados Unidos		No se podrá realizar si también existe sospecha de que pueda caer nieve.
Australia y Nueva Zelanda		-
Tailandia		-
Sudáfrica Chile	No presentan requisitos para este ámbito	

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Direccion de Vialidad, 2022); *(Ministerio de Fomento, 2019)*; (Federal

Highway Administration, 2014); *(Committee of Transport Officials, 2020)*; *(Austroads, 2018)*; (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019)

Especificaciones para el material de Base granular

Se colocará el material para su posterior construcción, solo cuando la superficie donde se construirá, es decir, la capa subbase tenga las especificaciones técnicas requeridas para este mismo; además, el material a usar para la capa base deberá cumplir unos requisitos específicos, la figura 15 o en la tabla 34 del apéndice, expone los requisitos que deba tener el material de base granular a usar, requisitos que servirán para garantizar que el material de la capa base cumpla con estándares rigurosos, y que tenga una durabilidad y la resistencia esperada.

Figura 15

Especificaciones de materiales a usar (Base granular)

País	Observaciones previas	Requisitos del material para cama base	Observaciones adicionales
Colombia	-La Base granular se clasifica según el nivel de tránsito: Clase A(NT1: NtRkN > 5M) Clase B(NT2: 0.5 < NtRkN < 5M) Clase C(NT1: NtRkN ≤ 0.5M) - El diseño debe haber sido ubicando a una de las 2 franjas granulométricas para gradación grueza o las 2 para gradación fina; teniendo que los agregados gruesos que quedan en el tamiz N°4 deben ser constituidos por fragmento de roca o grava, resistentes y durables; y los agregados finos deben ser arenas naturales o trituradas; además partículas minerales que pasan por el tamiz N°200	•Clase A: -CBR(4d de inmersión) ≥ 95% -Desgaste Los Ángeles ≤ 35% (500 revoluciones) y ≤ 7%(100 revoluciones) -Degradación por abrasión ≤ 25% •Resistencia mecánica: Valor en seco ≥ 96kN y relación húmedo/seco ≥ 75% -Caras fracturadas: Una cara ≥ 90% y dos caras ≥ 85% •Clase B: -Degradación por abrasión ≤ 30% •Resistencia mecánica: Valor en seco ≥ 76kN y relación húmedo/seco ≥ 75% -Caras fracturadas: Una cara ≥ 70% y dos caras ≥ 50% •Clase C: -L.L ≤ 25%; IP ≤ 3% -Caras fracturadas: Una cara ≥ 50% •Clase A y B: -IP debe ser 0(Cero) -Angularidad de la fracción fina ≥ 35% •Clase B y C: -CBR ≥ 80% -Desgaste Los Ángeles ≤ 40% (500 revoluciones) y ≤ 8%(100 revoluciones) •Requisitos para cualquiera de las clases: -Pordidas mediante prueba de sulfato de sodio ≤ 12% y Sulfato de magnesio ≤ 18% -Equivalencia de arena ≥ 30%, si es menor a este peso ≥ 25% deberá tener un valor de azul de metileno ≤ 10. -Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables ≤ 2% -Índices de alargamiento y aplanamiento ≤ 35%	-Para Bases granulares de niveles de tránsito NT3(clase A) se debe usar una gradación gruesa -Deberá cumplir con la granulometría de una de las 2 presentadas, esta es escogida en el diseño: •BG-40 un PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 75-100, PP (19 mm): 65-90, PP (9.5 mm): 45-68, PP4: 30-50, PP10: 15-32, PP40: 7-20 y PP200: 0-9 •BG-27 un PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 75-100, PP (9.5 mm): 52-78, PP4: 35-58, PP10: 20-40, PP40: 8-22 y PP200: 0-9 -El porcentaje de partículas fracturadas se puede reducir a lo mind ntempo que se demuestre mediante tramos de prueba que no afecta la resistencia. •Relación entre el PP200 y PP40 no puede exceder 2/3 del espesor de capa compactada y tamaño nominalmenor a 1/3 del mismo espesor.
Perú	-Los agregados a usar no pueden tener restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores del máximo especificado	•Carreteras de Segunda clase, tercera clase, bajo volumen de tránsito(Ejes Equivalentes ≤ 109600.000) un CBR ≥ 80% Carreteras de Primera clase, carreteras duales o multicarril o autopistas (Ejes Equivalentes ≥ 109600.000) un CBR ≥ 100% •Para agregado grueso (retenido en Tamiz N°4) -Para altitud ≤ 3000 msnm: Particulas con 2 caras fracturadas ≥ 40% -Para altitud ≥ 3000 msnm: Particulas con 2 caras fracturadas ≥ 50% y Durabilidad al sulfato de magnesio ≤ 18% Para cualquier altitud: Particulas con una cara fracturada ≥ 90%; Absorción Los Ángeles ≤ 40%; Particulas chatas y alargadas ≤ 15%; Sales solubles totales ≤ 0.5% •Para agregado fino (Pasan por Tamiz N°4) -Para altitud ≤ 3000 msnm: IP ≤ 4%; Equivalencia de arena ≥ 35% -Para altitud ≥ 3000 msnm: IP ≤ 2%; Equivalencia de arena ≥ 45%; Durabilidad al sulfato de magnesio ≤ 15% Para cualquier altitud: Sales solubles ≤ 0.5%	El material debe estar adaptado uniformemente y paralelo a una de las 4 franjas granulométricas (una de ellas especifica para 3000 msnm que será Gradación A); este ya ha sido escogido en la etapa de diseño. •Gradación A un PP (50 mm): 100, PP (6.5 mm): 30-65, PP4: 25-55, PP10: 15-40, PP40: 8-20 y PP200: 2-8 •Gradación B un PP (50 mm): 100, PP (25 mm): 75-95, PP (6.5 mm): 40-75, PP4: 30-60, PP10: 20-45, PP40: 15-30 y PP200: 5-15 •Gradación C un PP (25 mm): 100, PP (9.5 mm): 50-85, PP4: 35-65, PP10: 25-50, PP40: 15-30 y PP200: 5-15 •Gradación D un PP (25 mm): 100, PP (9.5 mm): 60-100, PP4: 50-85, PP10: 40-70, PP40: 25-45 y PP200: 8-15
Chile	Mezcla de arena-arcilla; grava o escoria, arenas o material triturado. -Los agregados gruesos retenidos en Tamiz N°4 deben ser resistentes, durables, constituidos por fragmentos de roca, grava o escoria. -Agregado fino que pasan por tamiz N°4 deben ser arenas naturales o trituradas y partículas minerales que pasan por el tamiz N°200	-LL ≤ 35%; IP ≤ 8%; porcentaje de chancado o triturado ≤ 50% •CBR ≥ 80% y resistencia al desgaste Los Angeles ≤ 35% -Equivalencia de arena ≥ 25%; Sales solubles ≤ 4% •Requisitos según: Bases granulares según la capa de rodadura (Gradación cerrada) -Concreto Asfáltico: CBR ≥ 80% y Material Chancado ≥ 50% -Tratamiento superficial: CBR ≥ 100% y Material Chancado ≥ 70% -Tratamiento superficial alto transito: CBR ≥ 120% y Material Chancado ≥ 90% Gradación Abierta Bases granulares Gradación abierta bajo la capa de rodadura (también zonas que sufren ciclos de hielo-deshielo) -IP ≤ 4% y Límite líquido de PP4 entre 0% y PP200 como 0 y 5% •Para hormas se tiene que si revestirán con asfalto la base debe tener un CBR ≥ 80%; si es horma revestida con hormigón se utiliza es una subbase granular do CBR ≥ 50%	-El material debe estar en una de las 3 banda granulométrica específicas escogidas preliminarmente en la etapa de diseño -TM-50h un PP (50 mm): 100, PP (38 mm): 70-100, PP (25 mm): 55-85, PP (20 mm): 45-75, PP4 (9 mm): 25-65, PP (5 mm): 25-55, PP (2 mm): 15-45, PP (0.5 mm): 5-25 y PP (0.08 mm): 0-10. -TM-50c un PP (50 mm): 100, PP (25 mm): 70-100, PP (20 mm): 60-90, PP(10 mm): 40-75, PP (5 mm): 30-60, PP (2 mm): 15-45, PP (0.5 mm): 10-30 y PP (0.08 mm): 0-15. -TM-25 un PP (25 mm): 100, PP (20 mm): 70-100, PP(10 mm): 50-80, PP (5 mm): 35-65, PP (2 mm): 25-50, PP (0.5 mm): 10-30 y PP (0.08 mm): 0-15. -No se puede usar material con material orgánico y terrones de arcilla -Materiales que se quieran con ciclos alternados de Hielo-deshielo y humedad-sequedad no pueden usarse. -Las fracciones que pasan por Tamiz N°200 no deben ser mayores a 2/3 lo que pasa por el N°40 -En zonas de heladas se reconsideran los requisitos normales.
España	Dependera del tipo de trafico: •No podra usar material granular reciclado para trafico pesado de T2 a T4: -200 < T2 < 800 vehiculos pesados por dia -50 ≤ T3 < 200 -T4 < 50 •Todo material a usar no puede ser susceptible a meteorizacion o cambio fisico-quimico. •Materiales áridos, naturales, artificiales o procedentes del reciclado, deberán disponer del marcado CE	•Árido Para material reciclado: -Cantidad de partículas ≥ 18% - El árido sidetúrgico obtenido del alto horno no mostrará descomposición por presencia de silicato bicálcico o presencia de hierro. -El árido sidetúrgico de acería debe tener: Expansividad < 5%; Índice Granulométrico de Ensoyeciemiento < 1%; contenido de cal libre < 0,5% -Composición química: Contenido de azufre S < 0,25 % está en contacto con materiales tratados con cemento y S < 1% en el resto de casos; si es material reciclado de hormigón debe tener un Contenido de SS de SO3 < 0,7% •Árido grueso(Parte que pasa por tamiz de 4mm) -Proporción de partículas parcialmente triturada: T2 ≥ 70%, T3 y T4 ≥ 50%; proporción de particulas redondeadas ≤ 10%; Índice de lajas < 35; coeficiente de los ángeles para T2 ≤ 30 y T3-T4 ≤ 40; contenido de finos PP(0,063mm) < 1%. •Árido fino(contido del tamiz de 4mm) -Equivalencia de arena: T2 > 55 y T3-T4 > 30 •Estos materiales deben ser materiales no plásticos.	-Se puede usar áridos reciclados de residuos de construcción y demolición deben estar acreditados. -También puede ser de trituración, total o parcial, de piedra de cantera o de grava natural. -El material debe estar en una banda granulométrica específica, el cual depende del tamaño máximo nominal, que se define como la abertura del primer tamiz que retiene más del 10% en masa (seleccionado en etapa de diseño), misma granulometría que para subbase granular -ZA 0/32 un PP (40 mm): 100, PP (32 mm): 88-100, PP (20 mm): 65-90, PP(12.5 mm): 52-78, PP (8 mm): 40-63, PP (4 mm): 26-45, PP (2 mm): 15-32, PP (0.5 mm): 7-21, PP (0.250 mm): 4-16 y PP (0.063 mm): 0-9. -ZA 0/20 un PP (32 mm): 100, PP (20 mm): 75-100, PP(12.5 mm): 60-86, PP (8 mm): 45-73, PP (4 mm): 31-54, PP (2 mm): 20-40, PP (0.5 mm): 9-24, PP (0.250 mm): 5-18 y PP (0.063 mm): 0-9. -ZAD 0/20 un PP (32 mm): 100, PP (20 mm): 65-100, PP(12.5 mm): 47-78, PP (8 mm): 30-58, PP (4 mm): 14-37, PP (2 mm): 0-15, PP (0.5 mm): 0-6, PP (0.250 mm): 0-4 y PP (0.063 mm): 0-2. •Para impermeación se usan tipo Emulsión C50BF4 IMP o C60BF4 IMP: -Índice de rotura de 110-195; contenido de ligante (por contenido de agua) de 50-62% para C50BF4 IMP y 48-52% para C50BF4 IMP; contenido de fluidificante ≤ 10% para C60BF4 IMP y 5-10% para C50BF4 IMP; tiempo de fluencia (3mm, 40°C) ≥ 15-70%; residuo de tamizado ≤ 0.1% y tendencia a sedimentación a los 7d ≤ 10%; adhesividad ≥ 90%; en el residuo por evaporación una penetración a 25°C ≤ 330 (0.1 mm) y a 15°C > 300 (0.1 mm), punto de reblandecimiento ≥ 35°C; y un residuo por evaporación y luego estabilización, una penetración ≤ 220 (0.1 mm) para C60BF4 IMP y ≤ 220 (0.1 mm) para C50BF4 IMP, punto de reblandecimiento ≥ 35°C •Además el árido de cobertura para curado debera para por tamiz N°4 y menos de 15% que sean menores al tamiz 0.063 mm; además, no podrá ser material plastico y deberá tener una equivalencia de arena > 40%
Estados Unidos	Se usará particulas o fragmentos duros y duraderos de piedra triturada, escoria triturada o grava triturada. No podrá tener materia orgánica, ni grumos o bolas de arcilla.	El agregado deberá tener los siguientes propiedades: -Abrasión Los Angeles ≤ 50%; Estabilidad del suelo con sulfato de sodio 12% pordidas máximo: Índice de durabilidad(pass grueso y fino) ≥ 35%; caras fracturadas ≥ 50%; Límite líquido ≤ 25%. Según la ASTM D2940 de las partículas que se retienen en el Tamiz de 0,5mm al menos el 75% debe tener dos o más caras fracturadas; la fracción de agregado fino(trecha final) que pasa por el Tamiz N°200 no deberá exceder el 60% de la fracción que pasa por el tamiz N°40; debera tener un LL ≤ 25% o IP ≤ 4%, además el valor equivalente de arena en agregado debe ser ≥ 35% U.S. Department of Transportation presenta que para pavimentos rígidos la base debe tener: Desgaste Los Angeles ≤ 50% luego de 500 revoluciones, agregados con tamaño máximo de 50mm y mínimo 70% pasando por el tamiz de 37.5mm; A su vez para pavimentos flexibles presenta tener un CBR ≥ 80% -Según la AASHTO 93 se propociona un valor CBR ≥ 100%	El material debe estar en una de las 3 franjas granulométricas específicas para ellas. -Gradación C un PP (50 mm): 100, PP (25 mm): 80-100, PP (19 mm): 64-94, PP (9.5 mm): 40-60, PP4: 31-54 y PP200: 4-7. -Gradación D un PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 86-100, PP (9.5 mm): 51-82, PP4: 36-64, PP40: 12-26 y PP200: 4-7. -Gradación E un PP (19 mm): 100, PP (9.5 mm): 62-90, PP4: 36-74, PP40: 12-26 y PP200: 4-7 Según la FHWA, si se tiene un pavimento rígido con un nivel de tráfico NtRkN < 1M se podrá omitir la base y la subbase.
Sudáfrica	Si se usa roca triturada debe ser con un tamaño máximo de 37.5mm, con alta durabilidad, baja permeabilidad y baja sensibilidad a la humedad, ya que no es cohesivo. Si es grava podrá tener un tamaño máximo de 50mm Materiales deben tener poco contenido de sulfuro, sales solubles y mica.	•Para tráfico de bajo volumen(arena natural sin tratar): Solo para bases con EESWN ≤ 0.3M y Weinert N ≥ 10 (relación entre la lluvia, la evaporación y la presencia de agua en la superficie de un material) •CBR ≥ 50% luego y CBR ≥ 60% sexa PP(2mm): 95-100%, PP(0.75mm): 5-12%; Módulo granulométrico: 0.75-1.50, IP (un fracción de 0.075 mm): SP-25 (Porcentaje de finos menos 25); Hinchazón ≤ 0,1% •La arena para zonas seca es conveniente que tenga al menos 0,3% Fe o 1,2% Fe2O3 •Para Trafico normal: Podrán usarse material tipo G1 a G6, donde es más normal usar los tipos G1 a G4 •Roca de alta calidad G1 (Trafico alto, tanto para E80 > 15 millones como E80 ≤ 15 millones): Porcentaje de finos ≤ 10% por mass; Indice de docamentación ≤ 35; todas las caras fracturadas; Para tráficos ≤ 15 millones se indica para PP0,425 un LL ≤ 25, IP ≤ 4 y LS ≤ 2% (perdida por lavado), no indicando valores concretos para > 15 millones; de manera general se debe tener un IP ≤ 6 (PP 0,075); tamaño máximo de partícula de 37.5mm. •Roca G2 (gnaiborete de muy buena calidad: Porcentaje de finos ≤ 10% por mass; indice de docamentación ≤ 35; 50% de caras fracturadas; Para material que Pasa tamiz de 0,425mm un LL ≤ 25, IP ≤ 6, LS ≤ 3% (perdida por lavado) o IP ≤ 12 (PP 0,075); tamaño máximo de partícula de 37.5mm. •Roca G3: Porcentaje de finos ≤ 15% por mass; indice de docamentación ≤ 35; 50% de caras fracturadas; Para material que Pasa tamiz de 0,425mm un LL ≤ 25, IP ≤ 6, LS ≤ 3% (perdida por lavado) y si es calcreta debe tener un LL ≤ 30, IP ≤ 9, LSM ≤ 170 (tamaño de contracción lineal); IP ≤ 12 (PP 0,075); tamaño máximo de partícula de 37.5mm o podrá ser de 28 mm; hinchazón ≤ 0,2% y CBR ≥ 80% •Roca G4 con de menor calidad: Roca triturada o gravas con guijarros; requisitos para material PP(0,425 mm): Para cualquier material excepto calcreta: LL ≤ 25; IP ≤ 6; LS ≤ 3% (Perdida por lavado) Si es calcreta o calizo: LL ≤ 30; IP ≤ 9; LSM ≤ 170 (perdida por lavado un fracción fina) Hinchazón ≤ 0,2% y CBR ≥ 80% •La roca triturada deberá tener un contenido de SS < 0,15 e 0,10 si hay drenaje deficiente; Ácidos con pH ≥ 6,0 y sulfatos ≤ 0,05 %; también un % de mica ≤ 2% de la masa. •El agua a usar debe tener un Ph a 25°C de 5,0 - 9,5; Conductividad eléctrica ≤ 170mS/m y Sólidos disueltos totales ≤ 1200mg/l	Los agregados deberán estar adaptados a una de las franja granulométrica, el cual fue escogido en la etapa de diseño: -Para G1 PP (37.5 mm): 100, PP (28 mm): 86-98, PP (20 mm): 73-88, PP (14 mm): 61-75, PP (5 mm): 37-49, PP (2 mm): 23-36, PP (0.425 mm): 11-20 y PP (0.075 mm): 4-10 -Para G2 y G3 (37.5 mm): PP (37.5 mm): 100, PP (28 mm): 86-95, PP (20 mm): 73-86, PP (14 mm): 61-76, PP (5 mm): 37-54, PP (2 mm): 23-40, PP (0.425 mm): 11-24 y PP (0.075 mm): 4-12 -Para G4 (28 mm): PP (28 mm): 100, PP (20 mm): 87-96, PP (14 mm): 73-86, PP (5 mm): 43-61, PP (2 mm): 27-45, PP (0.425 mm): 13-27 y PP (0.075 mm): 5-12 -Para G4 (Roca media a dura) un PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 85-100, PP (20 mm): 61-91, PP (14 mm): 48-82, PP (5 mm): 31-64, PP (2 mm): 20-50, PP (0.425 mm): 10-30 y PP (0.075 mm): 5-15
Australia y Nueva Zelanda	El material granular puede estar compuesto por roca fina triturada, grava natural, piedra partida. -El tamaño de las particulas deberán ser < 20mm; aunque para la parte inferior de la base podría ser < 40mm -No se pueden usar rocas alargadas y delgadas. -No podrá tener materia orgánica, ni grumos o bolas de arcilla.	-Contenido de finos(PP0,075 mm) máximo: 6-12% -Angularidad de 0 a 12 (0 será un 33% de angularidad) •Para base con roca triturada -Valor de resistencia húmedo seco ≤ 35%; resistencia húmeda ≥ 100%(clase 1) y ≥ 80%(clase 2) -Abrasión Los ángeles para grano grueso < 35% y grano fino < 50% Un parámetro necesario es tener un % de piedras marginales e inestables en un conjunto de agregados ≤ 10% y % de piedras inestables de 5% máx. -% pordida por sanidad del sulfato de sodio(solidez del agregado) ≤ 6%(clase1) y ≤ 9%(clase2) -El agregado fino debe tener un factor de degradación ≥ 60 -% de arenas ≤ 15% de la muestra total; % particulas trituradas ≤ 50% -Contenido de humedad de los materiales ≤ 3,3% Los requisitos pueden cambiarse si se tienen pruebas de aceptación de otros parámetros. •Los siguientes dependerán de si será Clase 1(materiales para base de pavimento cohesivo de primera calidad para pavimentos no ligados, superficie asfáltica delgada o sellada por aspersión) y clase 2(material base de pavimento de alta calidad para pavimentos flexibles no ligados) -LL (clase 1 y clase 2) ≤ 30% -IP (clase 1) será de 2-6 y IP(clase 2) entre 0-6 -Índice de docamentación(clase 1 y 2) ≤ 35% -% particulas trituradas ≥ 60% •Para gravas naturales(grava y roca blanda): •CBR ≥ 60% si no se sella, si se sella será ≥ 80% -LP ≥ 20% y LL ≤ 35%. -El IP será dependiendo de la lluvia anual, si es < 400 mm el IP debe ser entre 4 - 55% y si es > 400 mm será entre 4 - 9% -Máxima resistencia a la compresión en seco ≥ 2,8MPa; si la lluvia anual es < 400 mm, la contracción lineal deberá ser ≤ 4% y si es > 400mm deberá ser ≤ 3% •Para roca triturada esta podrá tener entre 5 a 10% de mass en arena plástica dieo o incluso si llega ser recocerán un 30% de masa en fino triturado •Si la base está bajo un sello de superficie o capa delgada de asfalto considerar que el IP no podrá ser menor a 2 •Otras especificaciones como las de Mainroads Western Australia presenta que si es a partir de roca triturada deberá tener un CBR ≥ 100%, LL ≤ 25 %, Contracción lineal de 0.4 - 2%, Índice de descamación ≤ 30 %, abrasión Los Ángeles ≤ 35 %, Variación de resistencia húmeda/seca ≤ 35 %; Contenido de minerales secundarios en exces ígneas básicas ≤ 25%, Indice de solidez acelerado por reflujo ≤ 94% -Para si es grava deberá tener un CBR ≥ 80%, LL ≤ 25 %, Contracción lineal ≤ 2%, Máxima resistencia a la compresión en seco ≥ 2,1MPa, Contenido de minerales secundarios en exces ígneas básicas ≤ 25%, Indice de solidez acelerado por reflujo ≥ 94%	El material debe estar en una franja granulométrica específica, para clase 1 y 2 (20mm) -Clase 1 y 2 (20mm) un PP (26.5 mm): 100, PP (19 mm): 56-100, PP (13.2 mm): 70-92, PP (9.5 mm): 63-83, PP (4.75 mm): 44-64, PP (2.36 mm): 30-48, PP (0.425 mm): 14-22 y PP (0.075): 7-11
Tailandia	Se presentan 2 tipos de bases granulares, una con piedra triturada y la otra con grava triturada. -El material debe ser duro, sesar, limpio, no descomparto y libre de otros materiales.	•Agregado de suelo de roca triturada tipo Base: -Desgaste los Ángeles ≤ 40% -Pordida de durabilidad mediante sulfato de sodio ≤ 9% -Las propiedades del agregado fino deberán ser las mismas que del agregado grueso. -LL ≤ 25% -IP ≤ 6% •CBR ≥ 80% para pavimentos de concreto asfáltico y CBR ≥ 90% para pavimentos de tratamiento superficial. •Agregado de suelo de grava triturada El material antes de triturado debe tener un PP(25mm) ≥ 50%; además, ya triturado una fracción en el tamiz de 4.75mm de al menos 75% de masa -Desgaste los Ángeles ≤ 40% -Las propiedades del agregado fino deberán ser las mismas que del agregado grueso. -LL ≤ 25% -IP ≤ 6% •CBR ≥ 80% para pavimentos de concreto asfáltico y CBR ≥ 90% para pavimentos de tratamiento superficial.	-La porción fina que pasa por el tamiz de 0.075mm no deberá ser más de 2/3 de la porción fina que pasa por el tamiz de 0,425mm -No usar materiales de requisito o ajuares (Shale) El material debe ajustarse a una de las 3 franjas granulométricas para roca triturada y 4 para grava triturada. La cual, es escogida en la etapa de diseño. -Grado A (Roca triturada) un PP (50 mm): 100, PP (9.5 mm): 30-65, PP4: 25-55, PP10: 15-40, PP40: 8-20 y PP200: 2-8 -Grado B (Roca triturada) un PP (50 mm): 100, PP (25 mm): 75-95, PP (9.5 mm): 40-75, PP4: 30-60, PP10: 20-45, PP40: 15-30 y PP200: 5-20 -Grado C (Roca triturada) un PP (25 mm): 100, PP (9.5 mm): 50-85, PP 2 mm): 25-50, PP 0.425 mm): 15-30 y PP (0.075): 5-15 -Grado A (Grava triturada) un PP (50 mm): 100, PP (9.5 mm): 30-65, PP4: 25-55, PP10: 15-40, PP40: 8-20 y PP200: 2-8 -Grado B (Grava triturada) un PP (50 mm): 100, PP (25 mm): 75-95, PP (9.5 mm): 40-75, PP4: 30-60, PP10: 20-45, PP40: 15-30 y PP200: 5-20 -Grado C (Grava triturada) un PP (25 mm): 100, PP (9.5 mm): 50-85, PP4: 35-65, PP10: 25-50, PP40: 15-30 y PP200: 5-15 -Grado D (Grava triturada) un PP (25 mm): 100, PP (9.5 mm): 60-100, PP4: 50-85, PP10: 40-70, PP40: 25-45 y PP200: 5-20

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Direccion de Vialidad, 2022); *(Ministerio de Fomento, 2019)*; (Federal Highway Administration, 2014); *(aashto, 1993)*; *(Astm, 2015)*; *(Deparment of Defense, 2022)*; *(Department of defense, 2022)*; *(Committee of Transport Officials, 2020)*; *(Austroads, 2018)*; *(Mainroads, 2023)*; (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019)

Con este análisis, se observa la diferencia de enfoques de cada país, Colombia basa sus especificaciones respecto al tráfico que se tendrá, Perú también basa sus estándares según el tipo de tráfico, solo que entrelaza estos con la altura sobre el nivel del mar a la que estará la capa; España tambien se basa según el tráfico, pero medidos en vehículos por día. Chile por otro lado se enfoca en la capa de rodadura que ira sobre la capa base y a partir de allí presenta las especificaciones pertinentes para cada uno. Australia y Nueva Zelanda basan sus especificaciones en el tipo de tráfico. España presenta requisitos más generales, excepto por los 3 tipos de cementos específicos a usar. Sudáfrica es el único que incluye arena como capa, aunque con previas revisiones y autorizaciones, ya que es solo para bajo volumen de tráfico; también indica sus propios tipos de agregado. Australia y Nueva Zelanda presentan requisitos generales que luego se vuelven puntuales

Junto a lo anterior, Estados Unidos es el único que habla de la no construcción de la capa subbase y base si se tiene un pavimento rígido con un nivel de tráfico N80kN < 1M (1 millón de ejes equivalentes)

En cuanto a la curva granulométrica, Tailandia es quien presenta una mayor cantidad de tipos de material, con un total de 5, aunque 3 de ellos se repite; le sigue Perú con 4; luego,

Estados Unidos, Colombia, Chile y España tienen 3 tipos de curvas, y finalmente Australia y Nueva Zelanda que solo presentan 2 tipos. En la figura 48 del apéndice, se presenta una gráfica con las diferentes curvas para cada país.

Al igual que en subbase granular se resalta que todos los países indican que se debe realizar siempre una fase de experimentación para verificar que se vayan a cumplir todos los requisitos para cada especificación. Colombia y España dan un tramo de mínimo 100 m; especificaciones de Tailandia toman un tramo de 200 - 500m.

Después de evaluar la fase de experimentación y se cumplan los parámetros mencionados anteriormente mencionados, se inicia la fase de construcción de la base. Esta capa se colocará sobre la superficie de la subbase, la cual, a su vez, debe cumplir con diversas especificaciones.

Requisitos para construcción de la base

El proceso de construcción consiste en colocación del agregado, humedecimiento, aireación (si es necesaria) y extensión; una vez que el material para la capa base tenga la humedad necesaria, se conforma, compacta y se realiza el terminado con el equipo aprobado; la tabla 10 muestra los diferentes requisitos en los procesos de construcción de la base granular según cada país, mostrando similitudes entre algunos y a su vez presentando en la última fila las especificaciones particulares de cada país.

Tabla 10

Especificaciones de proceso constructivo (Base granular)

País	Construcción de la capa base	Especificaciones adicionales
Colombia	•La colocación, extensión, conformación y compactación se harán en longitudes ≤ 1500m. •El extendido debe hacerse sin segregaciones evidentes y de manera uniforme. •Si se requiere airear para obtener un contenido de agua optimo, emplear equipo aprobado. •Luego de que tenga el contenido de agua requerido, se compactara de manera longitudinal (bordes a centro) hasta obtener la densidad seca necesaria.	•Se hacen traslapos mayores a la mitad del ancho del rodillo compactador. •100 mm ≤ Espesor de capa compactada ≤ 200mm
Perú		•Se distribuye el material en un carril permitiendo el tránsito por la otra •Evitar contaminar fuentes de agua, suelos y flora.
Chile	La base se construye en capas de entre 0,12m a 0,30m	Para su construcción se debe colocar estacas máximo cada 20 m o 10m para peraltes.
España	•En la extensión se usa extendedores como equipo de extensión. •Para la compactación los compactadores deben ser autopropulsados •Se ejecuta un riego de imprimación por medio de emulsión bituminosa (Emulsión C50BF4 IMP o C60BF4 IMP) y posterior aplicación de áridos si así se indica. Debiendo quedar como mínimo 500 g/m2 de ligante residual y entre 4-6 L/m2 de árido de cobertura.	•Si se compacta por franjas se incluirá 15cm de la anterior •Si los extendedores no tienen elementos de transferencia de carga, el camión solo puede tocar el vertido a través de los rodillos.
Estados Unidos	•La mezcla debe tener un contenido de humedad dentro del 2% del optimo. •Se extenderá la mezcla de manera uniforme. •Se compactará de bordes a centro paralelo a la línea central, si no se puede usar maquinaria se puede usar pizones. •Las capas compactadas deberán ser de máximo 150mm	•Suministrar agua libre de sustancias perjudiciales para el trabajo. •El contenido de humedad optimo se debe haber determinado con la AASHTO T180 método D

Australia y Nueva Zelanda	•Normalmente para colocar y esparcir con una niveladora (si son gravas naturales) •Para la compactación se realizan 2 o 3 pasadas •Las capas compactadas deberán ser de máximo 150mm •Cuando se realiza en varias capas la compactación para llegar al punto de espesor necesario, se escarifica o pule la capa anterior 25mm y así lograr una mejor unión.	El esparcimiento se realiza a velocidades de 5km/h - 10km/h
Sudáfrica	•El proceso de esparcimiento y mezclado del material se añade agua según sea necesario. •La mezcla se realiza regando y cortando la piedra triturada de la superficie. •La compactación se inicia inmediatamente se termine la mezcla y conformación de la capa (compactando de bordes al centro) •Luego de esta compactación se hace la compactación con lodo, tomando tramos de 40 a 60m, se riega a fondo la capa para luego someterla a compactación con lodo, se realiza hasta que las partículas finas de 0,075 mm a 5 mm salen a la superficie; y se considera que el proceso termina hasta que el agua se vuelva limpia; se realiza barrido del lodo para corregir deficiencias y se retira el material fino sobrante. •Conformada y compactada la capa se comprueba grosor, pendiente y niveles. •Las capas deberán ser de 150mm de espesor como máximo (si se requiere una capa más ancha se hace en varias capas)	Si se requiere hacer correcciones en distancias menores a 20m se corrige con la niveladora mezclando más material; si es más de 20 m se debe remezclar todo de nuevo agregando más material en distancias de 100m

Tailandia	Se utilizaran materiales de calidad para luego extenderlo, recortando y triturando hasta conseguir la alineación, nivelación y forma de los planos. -Se construyen en capas de no más de 150mm después de compactación (podría ser mayor si se aprueba pero no más de 200mm) -Los materiales si son compuestos obtenidos de varias fuentes se apilan cada 500m, para luego usarse en la subbase. -El primer paso es rociar con agua la subbase y quede uniformemente húmeda. -Posterior se esparce el material que se tenía en pilas, para después, mezclar con agua, nivelarlo hasta alcanzar una humedad optima más un 2%, luego se compacta. -Se finaliza nivelando y ajustando la alineación, nivelación, pendiente, tamaño y forma indicados en los planos.	La superficie no puede tener hoyos ni materiales sueltos

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Direccion de Vialidad, 2022); *(Ministerio de Fomento, 2019)*; (Federal Highway Administration, 2014); (Committee of Transport Officials, 2020); (Austroads, 2019); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019)

Se encuentra que países como Colombia y Perú tienen aspectos en común en procesos constructivos como la colocación, extensión, conformación y compactación. Otros como Estados Unidos, Sudáfrica, Tailandia, Australia y Nueva Zelanda presentan el mismo parámetro de espesor máximo para la losa; mientras países como Colombia y Chile son más específicos, ya que presentan un rango que deberá tener de espesor la losa; siendo Perú y España los únicos que no presentan este parámetro. Australia y Nueva Zelanda vuelven a incluir requisitos de velocidad de circulación del equipo de esparcimiento, por último, destacar a España que incluso agrega un tipo de riego de imprimación por emulsión bituminosa junto a su dosificación, por último,

Tailandia que presenta varios parámetros y procesos constructivos muy completo, detallando incluso el apilado del material.

Enfatizar que aspectos como realización de la mezcla, control de niveles y control de tránsito tienen las mismas pautas establecidas tanto para subbase granular como base granular.

Ensayos y controles de calidad

Luego de realizar la construcción de la capa, se realizan ensayos de verificación, a continuación, la figura 16 o en la tabla 35 del apéndice, muestra los ensayos que se realizan tanto preliminarmente, que son previos a la obra, como los ensayos periódicos, que ayudan a comprobar a medida que transcurre la obra que todo cumpla lo previamente determinado:

Figura 16

Ensayos preliminares y periódicos en la construcción de base (Base granular)

País	Ensayos preliminares	Ensayos para verificaciones periodicas	Observaciones adicionales
Colombia	Desgaste en la máquina de Los Ángeles (ASTM C 131-06); Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval(ASTM D 6928-10); Evaluación de la resistencia mecánica-método de 10% finos (BS 812 Part 110-1990 o SABS Method 842); Perdidas en ensayo de solides en sulfatos (ASTM C88-05); CBR(ASTM D 1883 – 07) ; Limite liquido e Índice de plasticidad(ASTM D 4318-10); Equivalencia de arena(ASTM D2419-09); Valor de azul de metileno (EN 933-9); Contenido de materia orgánica (AASHTO T 267-86, podrá ser la UNE-103204 si la otra prueba no es aplicable); Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables (ASTM C142) ; índice de alargamiento y aplanamiento (BS 812-105.1: 1989 y BS 812-105.2: 1990); porcentaje de partículas fracturadas (ASTM D 5821-01); angularidad de la fracción fina (ASTM C 1252-06)	-Se toman 4 muestras cada 2000m3 de material para comprobar que cumpla con todo lo requerido. -Se realizan 1 vez por jornada verificaciones de Granulometría, Limite líquido, Índice de plasticidad. 1 vez por semana CBR de laboratorio, valor de azul de metileno (si aplica), Equivalente de arena, Ensayo modificado de compactación. -Del material colocado y compactado se realizan cada 200m ensayos de Granulometría, Limite líquido, índice de plasticidad, equivalencia de arenas.	Los ensayos de revisión pueden reducirse a la mitad si se aprueba o si el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado 10 lotes consecutivos.
Perú	Abrasión de los Ángeles (ASTM C 131 o AASHTO T96); CBR (ASTM D-1883 o AASHTO T 193); Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422; Índice plástico (ASTM D 4318 y AASHTO T 90); Equivalencia de arena (ASTM D2419 o AASHTO T176); Contenido Sales Solubles Totales (MTC E 219); Partículas chatas y alargadas (ASTM D 4791); partículas con una cara o dos caras fracturadas (ASTM D5821); Durabilidad al sulfato de magnesio (ASTM C88)	-Se realizan ensayos para comprobar la calidad de los materiales (4 muestras): Granulometría, LL e IP, abrasión los ángeles, equivalencia de arena, Sales solubles, CBR, partículas fracturadas, partículas chatas y alargadas, durabilidad al sulfato de magnesio, Densidad y Humedad (ASTM D1557 y AASHTO T180). -También en la capa terminada se realizan ensayos de compactación (ASTM D4718 y D2922, AASHTO T191 y T238); ensayos de deflectometría (cada 25m en ambos carriles, mediante Viga Benkelman)	-
Chile	Ensayo CBR (ATSM D 1883-94, AASTO T 193-93); Limite líquido y limite plástico (ASTM D423); Desgaste los ángeles (ASTM C 131-69); Contenido sales solubles (EN 1744-1:1998)	-Prueba de conformidad por medio de camiones con doble tándem trasero (Peso de 45ton a 5km/h) -Prueba para determinar la conformidad podrá ser con martillo Clegg, deflectometros livianos, penetrómetros de cono dinámico y compactómetro. -Ensayo para determinar relación humedad-densidad (proctor modificado) según el método de la ASTM D 1557-70 y AASHTO N° T 180. -Se realizan ensayos para comprobar que cumpla con todos los otros requisitos necesarios.	En zonas de precipitaciones inferiores de 50mm la capacidad de soporte se realiza sin inmersión
España	-Si se tiene un marcado CE según el Anejo ZA de la norma UNE-EN 13242, con un sistema de evaluación de la conformidad 2+ se verifica que las propiedades que dice sean las correctas y las requeridas, aunque se podrán hacer los ensayos que considere oportunos. Para los áridos: Ensayo de sulfato de magnesio de pérdidas de áridos reciclados(UNE EN 1367-2); ensayo de propiedades química de áridos (UNE-EN 1744-1); ensayo para grado de envejecimiento(NLT-361); ensayo para índice de lajas (UNE-EN 933-3); ensayo de los ángeles (UNE-EN 1097-2). Al asfalto para la imprimación se le podrán realizar los siguientes ensayos: índice de rotura (UNE-EN 13075-1); contenido de ligante (UNE-EN 1428); contenido de fluidificante (UNE-EN 1431); tiempo de fluencia (UNE-EN 12846-1); residuo de tamizado (UNE-EN 1429); tendencia a sedimentación (UNE-EN 12847); adhesividad (UNE-EN 13614); en el residuo por evaporación (UNE-EN 13074-1), ensayos de penetración (UNE-EN 1426), punto de reblandamiento (UNE-EN 1427); y en residuo por evaporación (UNE-EN 13074-1) y luego estabilización (UNE-EN 13074-2), penetración (UNE-EN 1426) y punto de reblandamiento (UNE-EN 1427)	Si se tiene un marcado CE se verifica que las propiedades que dice sean las correctas y las requeridas, aunque se podrán hacer los ensayos que considere oportunos. -Ensayos a recepción 7 por cada lote de humedad natural (norma UNE 103300) y de densidad in situ (norma UNE 103503). -1 ensayo por lote de carga con placa de 300 mm (UNE 103808) y humedad natural (UNE 103300) -Se realizan ensayos para comprobar que se cumpla con lo requerido. Ensayos para el riego de imprimación: -En caso de no estar marcado se toman 2 muestras por procedencia y cualquier volumen para ensayar granulometría (UNE-EN 933-2), el equivalente de arena (SE4) (UNE-EN 933-8 anexo A), y la plasticidad (UNE 103103 y UNE 103104). -En caso de no estar marcado la emulsión será ensayada para comprobar todas las especificaciones que deberá tener. -Además para el curado se tomaran mínimo 3 puntos por lote para comprobar la dotación.	Lote se define como la menor entre 500m de calzada, 3500 m2 y la fracción construida en un día.
Estados Unidos	Ensayo de abrasión Los ángeles (AASHTO T96); ensayo de resistencia a los sulfatos (AASHTO T 104); ensayo de índice de durabilidad (AASHTO T 210); ensayo para porcentaje de partículas fracturadas en agregado grueso (ASTM D5821); limite líquido (AASHTO T89); ensayo granulométrico (AASHTO T27 y T11); CBR; Densidad (AASHTO T 310 o T 191), también determinar la densidad máxima (AASHTO T99-Método C) -Referencia AASHTO 2020; Modulo de resiliencia (AASHTO T274)	-Se comprueba la densidad in situ y el contenido de humedad (AASHTO T 310); control de gradación y caras fracturadas (2 por día) -También ensayos de compactación (AASHTO T180 y T99) - Ensayo de Limite líquido, relación humedad-densidad, ensayos de contenido de humedad y ensayos de densidad (cada 1000 ton, por fuente de material o cada 500 ton) Todo junto a un control de tolerancia de la superficie	-
Sudáfrica	CBR (ASTM D4833 o SANS 3001-GR40); Análisis granulométrico (SANS 3001-AG1); Análisis del tamaño de partículas de material inferior a 2 mm y 0,075mm; Hinchamiento; ensayo de durabilidad en molino; ensayo para determinación de impacto en agregado (BS 812-112:1990); Determinación del límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad (SANS 3001); el índice de plasticidad.	Se realizan ensayos de manera aleatoria para comprobar que todos los parámetros cumplan con lo exigido. Uno de los ensayos más importantes es el de Densidad seca Máxima (SANS 3001-GR30)	-
Australia y Nueva Zelanda	Distribución de tamaños de partículas (AS 1289.3.6.1); límite plástico (AS 1289.3.1 y NZ 4402.2.3:1986), límite líquido (AS 1289.3.2 y NZ 4402.2.2:1986), índice de plasticidad (AS 1289.3.3.3 y NZ 4402 2.4:1986); contracción lineal (AS 1289.3.4 y NZ 4402 2.6:1986), resistencia máxima a la compresión en seco (AS 1289.5), valor del molino de bolas (AS 1141.28); ensayos de corte triaxial estáticos (AS 1289.6.3.2); ensayo triaxial de carga repetida (NZTA T15: 2014); Índice de Soporte Californiano (CBR)(AS 1289.6.1.3 y NZ 4402 6.1.3: 1986); angulosidad(AS 1141.16); desgaste por Los Ángeles (AS 1141.23 y NZ 4407 3.12:1991); índice de descamación (AS 1141.15 y NZ 1141.15: 1999); Índice de solidez acelerado por reflujo (AS 1141.29); resistencia húmeda seca (AS 1141.22 y NZ 1141.22: 1996); ; contenido de minerales secundarios (AS 1141.26); equivalencia de arena (NZ 3.6:1991)	Se debe comprobar que cumplan todos los parámetros que se dieron en el diseño. Realizando ensayos de distribución de tamaños de partículas, límite plástico, límite líquido, índice de plasticidad; contracción lineal, resistencia máxima a la compresión en seco, valor del molino de bolas; ensayos de corte triaxial estáticos; ensayo triaxial de carga repetida; Índice de Soporte California in situ (CBR); angulosidad; desgaste por Los Ángeles.	-
Tailandia	CBR (AASHTO T193); límite líquido (AASHTO T89); índice de plasticidad (AASHTO T90); índice de durabilidad (Calif. 229-C); ensayo de abrasión Los Ángeles (ASTM C 131 y C535)	Pruebas de densidad cada 100m o áreas de 500 m2(ASTM C 144) Se realizan ensayos de inspección luego de compactada y que cumpla con los requisitos necesarios, ejemplo de ellos es el ensayo de compactación (AASHTO 99); ensayo resistencia a la compresión cada 1500m2 (AASHTO T208)	-

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Dirección de Vialidad, 2022); *(Ministerio de Fomento, 2019)*; (Federal Highway Administration, 2014); (Committee of Transport Officials, 2020); (Austroads, 2018); (Mainroads, 2023); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019)

Se puede notar que, España y Colombia siguen siendo respecto a ensayos periódicos para comprobar la calidad de los materiales, son los más específicos, aunque para España será cuando no estos ensayos se realizan cuando no tiene certificado o cuando así lo indique el supervisor. Los siguen Estados Unidos y Tailandia que presentan menos criterios que los anteriores. El resto de países solo indican la realización de ensayos, algunos dicen cuales ensayos hacer, pero no presentan su periodicidad, es decir, exponen solo requisitos generales.

También, que casi todos siguen tomando la normativa ASTM y AASHTO como principales documentos de referencia, exceptuando a países como España, así como Australia y Nueva Zelanda; ya que estos presentan sus propias especificaciones, las de España siendo equivalentes a las Normativas Europeas (EN) y las de Australia o Nueva Zelanda aplicaran las normativas AS, fruto de colaboración de ambos países.

Requisitos de capa terminada

La base deberá cumplir unos requisitos luego de compactada, La tabla 11 muestra los estándares para los diferentes países que debe alcanzar la subrasante cuando ya ha sido compactada.

Tabla 11

Criterios de calidad de la base terminada (Base granular)

País	Criterios de Calidad terminado	Mínimo de ensayos
Colombia	-La superficie debe presentar una superficie uniforme, sin agrietamientos, baches, laminaciones ni segregaciones; la matriz del agregado fino no se puede desplazar bajo barrido o transito normal. -Grado de compactación ≥ 98% -Espesor promedio ≥ Espesor de diseño y ≥ 90% a la de diseño para muestras individuales -Planicidad con variación menor a 10mm -La rasante no debe superar ni quedar debajo de 15 mm de lo proyectado	Los sitios para verificación de compactación se realizan determinando la densidad seca de la capa, escogiendo un sitio al azar. Como mínimo 1 prueba por hectómetro y 5 ensayos por lote (lote el menor de 500m o 3500m2 de capa compactada, obra ejecutada por jornada, obra ejecutada con el mismo material)
Perú	-Se compactará hasta que se alcance el 100% de la densidad máxima. -La humedad no puede variar ± 1,5 % respecto al optimo -El espesor medio ≥ espesor de diseño y ≥ 95% a la de diseño para muestras individuales -La uniformidad de la superficie en cualquier punto no podrá variar más de 10 mm	Los sitios para verificación se realizan al azar, con mínimo 6 determinaciones o ensayos, con una frecuencia de cada 250m2
Chile	-Si el CBR es ≥ 80% se debe compactar para que tenga como mínimo un 95% de Densidad Máxima Compactada Seca u 80% de la densidad relativa; así mismo una variación de cota no mayor a la proyectada y no quedar debajo de 10mm -Si el CBR es ≥ 100% o ≥ 120% se debe compactar para que tenga como mínimo un 98% de Densidad Máxima Compactada Seca u 85% de la densidad relativa; variación de cota de más o menos 10mm	Se ejecutan según lo establecido en los documentos del proyecto. Estos ensayos para determinar relación humedad-densidad (proctor modificado) y según el método de la Norma Nch 1534/II-79, a su vez basado en la ASTM D 1557-70 y AASHTO N° T 180

España	-Si hay tráfico T00 a T2 se debe alcanzar una densidad no inferior de 100% y tráficos de T2 a T4 del 98%. -la rasante no podrá superar a la teórica ni ser inferior a 15mm si es tráfico T00 a T2 y de 20mm para el resto. -Índice de regularidad que será en torno al espesor y porcentaje de hectómetros. Capacidad de soporte de entre 80 a 200 según el tráfico que soporte. -Espesor promedio ≥ Espesor de diseño.	Se toman 5 puntos al azar por lote (lote es la menor área de 500 m, 3500m2, lo construido en un día, lo construido con el mismo material)
Estados Unidos	-Se compactará hasta alcanzar el 95% de la densidad máxima. -Si se usaron estacas tendrá una toleración superficial de 10mm y si no usa estacas de 13mm	La densidad máxima se determina con la AASHTO T 180 (proctor modificado) o AASHTO T 99(proctor estándar)
Sudáfrica	-Se debe compactar hasta alcanzar entre un 97% a 100% de densidad máxima en la zona superior si es grava; si es roca triturada mínimo un 88% de densidad seca máxima. -Se tendrá una tolerancia de nivelación de 15mm -Desviación máxima de los bordes de 50mm -Regularidad superficial medido con regla de 3m debe ser máximo 10mm; si se usa regla rodante ser de 5mm cada 100m	Se controla el nivel de la capa cada 20m mínimo
Australia y Nueva Zelanda	-Se tiene una toleración superficial vertical de +/- 10mm -Toleración a lo ancho de 0-100mm -Tolerancia de espesor de +/- 10mm -Tolerancia de desviación superficial de 5mm de la proyectada. -Se debe compactar hasta alcanzar un 98% de densidad máxima (según la Main Roads Western Australia será un 99%) -Si la superficie terminada tiene gravas o material fino se humedece y corta con la niveladora 10 a 15mm para eliminar materiales finos o costras, luego vuelve a compactarse. -Profundidad de textura longitudinal será de 0,40 mm o 0,55mm + 0,05 de tolerancia	-

Tailandia	-Se debe compactar hasta alcanzar una densidad seca de como mínimo un 95% de la densidad seca máxima. -Se permite una diferencia de nivelación de máximo 10mm -Diferencia de elevacion no mayor a 10mm	-

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Direccion de Vialidad, 2022); *(Ministerio de Fomento, 2019)*; (Federal Highway Administration, 2014); *(Committee of Transport Officials, 2020)*; *(Austroads, 2018)*; *(Mainroads, 2023)*; (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019)

Se observa que Perú es quien presenta la tolerancia más estricta respecto a grado de compactación, con un valor del superior a 100%; seguida por España que será 100 o 98% dependiendo del tráfico; luego Colombia, Australia y Nueva Zelanda con el 98%; Sudáfrica un 97-100% y por últimos Tailandia, Estados Unidos y Chile con 95%, aunque Chile dependiendo la circunstancias será del 98%.

Respecto a número de tolerancias a tener en cuenta, Australia y Nueva Zelanda presentan una gran cantidad de requisitos a cumplir; a diferencia de Estados Unidos que presenta muy pocos requisitos puntuales, postulando se cumpla lo que se diseñó.

Si en la superficie terminada no se cumplen los requisitos necesarios, entonces, esta deberá ser corregida, esto se realiza escarificando y compactando a una profundidad determinada.

3.2.2. Base tratada con cemento

La base granular tratada o estabilizada con cemento es una combinación de agregados pétreos, cemento hidráulico y agua, que, después de compactarse y curarse, se endurece para constituir un material de pavimento resistente. Las características estructurales de las bases granulares tratadas con cemento están influenciadas por los agregados utilizados, la proporción de cemento, el proceso de compactación y curado, así como por el tiempo de fraguado.(Portland Cement Association, 2022).

Este tipo de capa se usa cuando los agregados no tienen las características suficientes o cuando se desea generar una capa de con mejor desempeño que la granular, ya que consiste en modificar las características de ese material granular e incorporar propiedades nuevas.

Aunque Perú no presenta especificaciones para este tipo de capas, otros países si presentan especificaciones respecto a esta alternativa de capa base.

España denomina estos materiales como suelo cemento y grava cemento, pero no indica cual mezcla se usa según que capa, aunque según algunos artículos, en España es común usar la Gravacemento para capas base.

Requisitos previos a la construcción

Previo al momento de la construcción de la base hay exigencias y parámetros respecto al equipo, maquinaria y demás; en la Figura 17 o en la tabla 36 del apéndice, están representados en la fila intermedia lo que se tiene en común y en la última fila estarán los requisitos únicos de cada uno

Figura 17

Especificaciones y requisitos antes de iniciar (Base tratada con cemento)

País	Exigencias	Parámetros adicionales
Colombia	En el momento de la construcción de la base esta debe siempre seguir el procedimiento, usar la maquinaria y el equipo que se indicaron en el documento del proyecto que ya haya sido aprobado y probado en tramos de experimentación o prueba, además de inspeccionar que todos estos cumplan con sus respectivas certificaciones; otro aspecto es que el traslado de material debe ser en el equipo idóneo, cubierto de ser necesario.	•En la ejecución de los trabajos se debe usar equipos mecánicos (independientes o que realicen 2 o más operaciones) •La elaboración de la mezcla se realiza en planta de mezcla o máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio y motoniveladora. •Motoniveladora, compactadores metálicos vibratorios y neumáticos, carrotanques para aplicar el agua y material de curado de la capa compactada, equipos de formación de juntas si es requerido y equipos de transporte. •Elementos mecánicos de limpieza, carrotanques irrigadores de asfalto y, eventualmente, distribuidores mecánicos de agregados; para realizar el riego de curado
Chile		•Para la elaboración de la mezcla se debe hacer en plantas mezcladoras fijas o móviles. •Motoniveladora acondicionada para esparcir el material (con sistema de control automático) •Para la compactación preferible usar rodillos lisos metálicos
España		•La elaboración de la mezcla se podrá realizar en centrales de fabricación continua o discontinua; esta instalación debe permitir dosificar por separado material granular, cemento y agua. •Se debe usar extendedores automotrices con sistemas automáticos de nivelación si se tiene categoría de tráfico T00 a T2 o cuando la superficie a tratar sea superior a 70000 m2. •Los compactadores deben ser autopropulsados con inversores de sentido de la marcha de acción suave y dispositivos para mantenerlos húmedo si es necesario. Deberá estar compuesto con por lo mínimo 1 compactador vibratorio de rodillos metálicos (rodillo metálico con carga estática mayor a 50 kg/cm y alcanzar una masa de 15t) y 1 compactador de neumáticos (capaz de alcanzar una masa de 21t y carga por rueda de 3t) •Para el curado se usa equipo para aplicación de emulsión con dispositivo regador, rampa de riego sobre neumáticos, y deberá capaz de aplicar la dotación especificada a la temperatura prescrita. -Extendedores mecánicos incorporadas a un camión o autopropulsadas; para aplicar el árido sobre la emulsión.
Estados Unidos		•La elaboración de la mezcla se podrá realizar en plantas centrales de tipo discontinua o flujo continuo, capaz de realizar la mezcla estabilizada con contenidos de cemento y humedad requeridos •Esparcidor mecánico •Equipos de pulverización y mezcla autopropulsados. •Planta móvil •Apisonador o rodillo de rejilla o combinación de ambos, rodillo con ruedas de acero, rodillo vibratorio, rodillo de neumáticos y/o compactador de placa vibratoria •Barredoras o escobas eléctricas para limpiar la capa. •Usar distribuidores para aplicar el curado (deberán tener tacómetro, manómetros dispositivos de medición de volumen, unidad de potencia para bomba y barras de rociado)
Sudáfrica		•Uso de maquina recicladora para la aplicación del cemento o uso de escobilla de goma. •Usar carro cisterna para aplicar agua en el proceso de esparcimiento y mezclado. •Uso combinado de niveladora, grada de discos y/o mezcladora rotativa o mediante el uso de una recicladora con sensores electrónicos para realizar el mezclado •Camiones de un solo eje con carga máxima de 6 ton para aplicar el curado. •Para aplicación de riego de imprimación se deberá tener un sistema de almacenaje de máximo 30°C y bombeo mínimo de 10°C. Además de camiones y equipos especiales para su transporte y esparcido.
Australia y Nueva Zelanda		•El esparcimiento se realiza con recicladora o escobilla si es in situ. •Para la mezcla se usa niveladora, grada de discos y/o mezcladora rotativa o mediante el uso de una recicladora con sensores electrónicos •Para la compactación se pueden usar equipos de presión estática (Rodillos lisos con ruedas de acero), fuerza de impacto (Placas y rodillos compactadores, rodillos de impacto y rodillos de rejilla), vibración o que combinen varios de los anteriores como: Rodillos neumáticos de múltiples ruedas, rodillos lisos oscilantes y vibratorios, rodillos de pie de cabra.
Tailandia		•La mezcla se realiza con mezcladora ya por lote, también llamada discontinua o usar mezcladora continua; La discontinua debe contar con una pala para mezclar, temporizador con precisión de 2 segundos, un contador en la tolva; La continua debe contar con dispositivos de alimentación directos y con un sistema de control automático, el sistema de alimentación de piedra puede ser mecánico o eléctrico. Si se necesita realizar el pesaje de materiales se debe hacer con una báscula con un error de máximo 0,5% •Camión cisterna de agua, escoba rotativa y soplador de aire, para limpiar la superficie donde se extenderá la capa. •Distribuidor de asfalto para aplicar curado a capas terminadas con medidor de cantidades, quemador, termómetro, bomba de asfalto, tubo de aspersión y tanque.

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Direccion de Vialidad, 2022); *(Ministerio de Fomento, 2019)*; (Committee of Transport Officials, 2020); (Austroads, 2021); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (Portland Cement Association, 2006); (South African National Standard, 2014); (Unified Facilities Guide Specifications, 2020); (Transport for NSW, 2020)

De la tabla anterior se pueden observar que todos tienen aspectos en común y es que se usara la maquinaria estipulada en el proyecto. Países como Colombia, Chile, Sudáfrica, Australia y Nueva Zelanda presentan como requisito para mezcla en el sitio el uso de la motoniveladora o niveladora.

Colombia indica la realización de mezcla en planta o en el sitio con máquina estabilizadora. Especificaciones como las de Australia y Nueva Zelanda presentan una gran variedad de equipo de compactación que se podrán usar; España indica realizar la mezcla solo en planas continuas o discontinuas, además de presentar equipos respecto al tráfico y también es el único en precisar cargas estáticas y masas de ciertos equipos.

Países como Colombia, España, Estados Unidos, Sudáfrica y Tailandia indican el uso de equipo de irrigación para aplicar el curado, aunque España, Estados Unidos y Tailandia son más específicos incluso en los componentes que deberá llevar.

Con respecto al equipo de compactación, cada país presenta equipos con características distintas. En algunas ocasiones, estos equipos son similares, pero con componentes diferentes al otro.

Las consideraciones del clima se encontrarán en la Tabla 12, donde muestra las especificaciones de los países respecto a los aspectos climáticos a considerar para la realización de la base tratada.

Tabla 12

Especificaciones del clima (Base tratada con cemento)

País	Requisitos climáticos	Especificaciones adicionales
Colombia	No se pueden iniciar procesos para la construcción de la subbase si está lloviendo o si existe sospecha de que llueva Se recomienda siempre realizar las obras cuando se tenga luz solar	La temperatura no puede ser menor a 5°C a la sombra, también no se podrá si se sospechan temperaturas menores a 1,5°C
España		La temperatura no puede ser menor a 5°C a la sombra y exista previsión de heladas, tampoco se podrá si se tienen temperaturas mayores a 35°C a la sombra.
Chile		La temperatura ambiente no puede ser menor a 2°C o si se sospecha que en las próximas 24h la temperatura bajara más de 2°C
Estados Unidos		Según la Portland Cement Association, no se podrá realizar la mezcla si la temperatura es menor a 40°F o 5°C; o sospecha de que caerá más de 2°C en las próximas 24h. No se podrá realizar si también existe sospecha de que pueda caer nieve.
Sudáfrica		No se podrá realizar la estabilización si existen vientos de más de 14km/h, tiempo húmedo o frio cuando la temperatura ambiente sea inferior a 3°C, o con temperaturas que estén descendiendo y se sitúe en 7°C; tampoco si se sospecha que la capa en los siguientes 3 días tendrá una temperatura inferior a 1°C
Australia y Nueva Zelanda		-
Tailandia		-

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Direccion de Vialidad, 2022); *(Ministerio de Fomento, 2019)*; *(Committee of Transport Officials, 2020)*; *(Austroads, 2021)*; (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (Portland Cement Association, 2006); (American Concrete Pavement Association, 2007); (South African National Standard, 2014); (Unified Facilities Guide Specifications, 2020); (Transport for NSW, 2020)

Se encuentra como Tailandia, Australia y Nueva Zelanda no presentan requisitos más específicos como es el caso del resto de países. Sudáfrica es quien presenta el requisito de temperatura más bajo; le sigue Estados Unidos, que además presenta requisito respecto a posible caída de nieve. Colombia y España tienen en común el mínimo de temperatura para realizar las obras, pero España añade una temperatura máxima.

Especificaciones para la base tratada o estabilizada con cemento

El material a usar para la base deberá cumplir unos requisitos, la figura 18 o en la tabla 37 del apéndice, presenta las especificaciones técnicas que debe cumplir dichos materiales, abordando cada punto según los documentos técnicos correspondientes.

Figura 18

Especificaciones de materiales a usar (Base tratada con cemento)

País	Observaciones previas	Requisitos del material para base estabilizada o tratada	Observaciones adicionales
Colombia	•Existen 3 clases de materiales para estabilizar con cemento: Clase 2: Material fino o granular que no cumple una graduación específica y que va a ser utilizado como capa estructural, usado para NT1 y NT2 (NT1: NtMkN ≤ 0,5M y NT2: 0,5 < NtMkN ≤ 5M) Clase 3: Mezcla uniforme de agregados pétreos que cumplen una graduación especificada, para un nivel de tránsito medio NT2, que va a ser utilizado como capa estructural. Clase 4: Mezcla uniforme de agregados pétreos que cumplen una graduación especificada, para un nivel de tránsito alto NT3, que va a ser utilizado como capa estructural. (NT3: NtMkN > 5M) •El cemento si es hidráulico deberá ser de acuerdo con la conforme al diseño con pruebas de laboratorio y que sea fabricado según los requisitos dados por la NTC 121, ASTM C150 y ASTM C595; si es cemento de mortero NTC 4050; además de no ser almacenado más de 3 meses. Se podrá usar cemento MCH (Moderado Calor de Hidratación) o HCH (Bajo Calor de Hidratación), podrá ser cemento UG (Uso General) si se garantiza un calor de hidratación menor a 250kJ/kg (7d) •No es recomendable usar cementos con tiempos de fraguado menores a 1h o mayores a 10h; tampoco podrá usarse cemento con fraguado parcial o producto endurecido. •Se usa aditivos retardadores de fraguado si la temperatura ambiente es mayor a 30°C, estos aditivos que se utilizan se hacen según el diseño que a su vez cumplirá lo establecido en la NTC 1299 (ASTM C494/494-05a) •Para el riego de curado el uso de emulsión tipo CRR-60	•El material debe estar libre de sustancias que puedan perjudicar el fraguado del cemento •Clase 2: -LL ≤ 30%; IP ≤ 12%; MO ≤ 2%; CBR (material sin tratar, compactación del 95% a los 4d) ≥ 10% -Equivalencia de arena ≥ 35%, si es menor al 35% pero ≥ 10% debe tener un Valor de azul ≤ 20g/kg -Proporción de sulfatos SO4 ≤ 0,9% •Clase 3: -Desgaste Los Ángeles ≤ 40% (500 revoluciones) y ≤ 8% (100 revoluciones); Degradación por abrasión ≤ 30% -Resistencia mecánica: Valor en seco ≥ 70kN y relación húmedo/seco ≥ 75% -Caras fracturadas(una cara) ≥ 50% -CBR ≥ 60% •Clase 4: -Desgaste Los Ángeles ≤ 35% (500 revoluciones) y ≤ 7% (100 revoluciones); Degradación por abrasión ≤ 25% -Resistencia mecánica: Valor en seco ≥ 90kN y relación húmedo/seco ≥ 75% -Índices de alargamiento ≤ 35%; Caras fracturadas(una cara) ≥ 60% -CBR ≥ 80% •Clase 3 y 4: -Pérdidas mediante prueba de sulfato de sodio ≤ 12% y Sulfato de magnesio ≤ 18% -LL ≥ 25%; IP ≤ 6%; MO ≥ 1% (Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables ≤ 2% -Equivalencia de arena ≥ 35%, si es menor al 35% pero ≥ 25% debe tener un Valor de azul ≤ 10g/kg -Proporción de sulfatos SO4 ≤ 0,3% •Opcional, si la MO no cumple, se podrá usar si tiene un aumento de fraguado ≤ 120 min (muestra de mortero) y reducción ≤ 20% (resistencia a compresión 28d curado) •El agua para realizar la mezcla debe ser agua potable, limpia y libre de aguntes contaminantes; si no es potable debe tener un Ph ≥ 5,5 y un contenido de sulfatos ≤ 1,0 kg/m3	•La mezcla de agregados pétreos puede provenir de material seleccionado y/o tratado de una planta de producción o también provenir de material escarificado del sitio y tratado. •El material para clase 3 y 4 debe cumplir con una granulometría específica, ya sea MGTC-50, MGTC-38 o MGTC-25 (50mm, 38mm o 25mm) la cual debe haber sido escogida en el diseño. -MGTC-50 un PF (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 70-100, PP (25 mm): 60-100, PP (19 mm): 50-90, PP (5.5 mm): 40-80, PP4: 30-70, PP10: 20-55, PP40: 10-40 y PP200: 2-20 -MGTC-38 un PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 70-100, PP (19 mm): 60-90, PP (5.5 mm): 45-75, PP4: 30-60, PP10: 20-45, PP40: 10-30 y PP200: 2-15 -MGTC-25 un PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 70-100, PP (5.5 mm): 50-80, PP4: 35-65, PP10: 25-50, PP40: 15-30 y PP200: 2-15 •Para clase 2 el tamaño máximo de las partículas debe ser como máximo 1/3 del espesor a tener de capa. •Si los IP y LL son mayores a lo establecido o CBR menor, se puede hacer un tratamiento previo con cal y luego se hará con cemento, siempre que en fase de experimentación se compruebe un buen comportamiento. •Para el riego de curado el uso de emulsión tipo CRR-60, con las siguientes especificaciones: -Contenido de asfalto residual ≥ 60%; contenido de aceite ≤ 3%; Contenido de agua ≤ 40%; viscosidad a 25°C entre 20-100 s; estabilidad durante almacenamiento a 24 h ≤ 1% y a los 5 d ≤ 5%; porcentaje retenido en tamiz N°20 ≤ 0.1%; durnabilidad (-40%; carga de partícula positiva: pH ≤ 5 y reportar el índice de rotura; penetración para ARD de entre 60 - 100 (0,1mm) y para ARB de entre 100 - 250 (0.1mm); ductilidad ≥ 40cm; solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%
Chile	•El agregado es un material árido que es una mezcla de arena-arcilla; grava o escoria, arenas o material triturado. -Los agregados gruesos retenidos en Tamiz N°4 deben ser resistentes, durables, constituidas por fragmentos de roca, grava o escoria. -Agregado fino que pasan por tamiz N°4 deben ser arenas naturales o trituradas y partículas minerales que pasan por el tamiz N°200 •El cemento a usar deberá ser cemento hidráulico certificado que cumpla la NCh 148 (basado en la ASTM C 205-64, ASTM C 340-66 y ASTM C 358-66, entre otros) •Para el curado se usara emulsión tipo RC-250	•Material árido -El material árido para base tratada con cemento (BTC) deberá tener un LL ≤ 25 e IP ≤ 6, material chancado ≥ 50%, desgaste de los ángeles ≤ 35%. -El material árido para base granular tratada con cemento (GTC) cumplirá con los mismos requisitos que la BTC, añadiendo que sus partículas deberán tener un tamaño máximo de 40mm y los materiales pedrán ser solo seleccionados. -Si en una base tratada con cemento se disuelca con un porcentaje de cemento ≥ 5% en peso, si es base granular tratada con cemento tendrá un porcentaje de cemento ≤ 5% en peso. -El equivalente de arena (BTC y GTC) deberá ser ≥ 15% y contenido de sales ≤ 4% •El agua a usar deberá ser potable y que no haya sido contaminada antes de su uso; si el agua es recuperada de procesos de la industria del hormigón, agua combinada u otras aguas deberán, estar libres de aceites, grasa y espuma, también tener un pH ≥ 5, sólidos en suspensión ≤ 2000 mg/L, sólidos disueltos ≤ 15000 mg/L, MO ≤ 5 mg/L, contenido de sulfatos SO4 ≤ 2000 mg/L, contenido de álcalis ≤ 1500 mg/L; si el agua es recuperada de procesos de la industria del hormigón contiene partículas muy finas generalmente menores a 0,25mm, si se usa este tipo de agua los sólidos que agregara esta deberán ser menores al 1% del peso total, junto a esto tendrá una densidad menor a 1,01 kg/L sino se debe asegurar que se distribuya correctamente.	•Se deberá ajustar a una de las 2 bandas granulométricas, ya sea TM-50c de tamaño máximo 40 mm o TM-25. -TM-50c un PP (50 mm): 100, PP (25 mm): 70-100, PP (20 mm): 60-90, PP(10 mm): 40-75, PP (5 mm): 30-60, PP (2 mm): 15-45, PP (0.5 mm): 10-30 y PP (0.08 mm): 0-15. -TM-25 un PP (25 mm): 100, PP (20 mm): 70-100, PP(10 mm): 50-80, PP (5 mm): 35-65, PP (2 mm): 25-50, PP (0.5 mm): 10-30 y PP (0.08 mm):0-15. •Para el curado se usa un asfalto tipo RC-250, con las siguientes especificaciones: -RC-250: viscosidad cinemática a 60°C de 250-500 mm2/s; punto de inflamación ≥ 27°C; destilado a 225°C ≥ 35%, a 260°C ≥ 60%, a 316°C ≥ 80% y a 360°C ≥ 65%; en residuos de destilación una viscosidad a 60°C de entre 60-240 Pa.s (podrá cambiarse por una penetración a 25°C de 80-120 dmm), ductilidad a 25°C ≥ 100 cm, solubilidad a 25°C ≥ 99%; cantidad de agua ≤ 0.2% y en ensayo Heptano/xileno ≤ 30% Xileo.
España	•El material granular a usar será árido natural procedente de trituración de piedra de cantera o de gravera; este árido será suministrado en al menos 2 fracciones granulométricas diferenciadas. •Se podrá usar subproductos, residuos de construcción y demolición (Material inorgánico previamente usado en construcción o productos inertes de desecho), estos deben cumplir las prescripciones técnicas necesarias. •Los áridos a usar si son reciclados de residuos de construcción y demolición deben haber sido sometidos a procesos de separación de componentes no deseados, de cribado y contaminantes; esto se realiza en centrales fijas o móviles. •El material no será susceptible a ningún tipo de meteorización o alteración físico-química apreciable en las condiciones más desfavorables. •Se suara cemento con resistencia de 32,5N para camentos comunes y 22,5N o 32,5N para camentos especiales. En caso de estar en épocas frías se podrá autorizar el uso de cemento de clase resistente 42,5N. •Si el material granular a usar viene con un contenido de sulfatos SO3 > 0,4% entonces se suara cemento resistente a los sulfatos (SR) y aislar adecuadamente la capa de obras de hormigón. •Se deben usar retardadores de fraguado si la temperatura es > 30°C •Se podrán usar aditivos si su comportamiento y efectos sobre la mezcla se garanticen por el fabricante y con previos ensayos de que cumplen su función y la dosificación sea la adecuada. •Para el curado se usa emulsión asfáltica C60B3 CUR o C60B2 CUR (para tiempos fríos)	•Gravacemento (Material Granular, árido) -Contenido de azufre total S ≤ 2% (si en la descripción petrográfica realizado en el ensayo UNE-EN 932-3 se aprecia presencia de pirrotina se limitara a S ≤ 0,4%) y contenido de sulfatos solubles SO3 ≤ 0,8%; MO ≤ 1% -Si se tienen sustancias orgánicas se podrá usar si el efecto sobre el tiempo de fraguado aumente menos de 120 min y si la resistencia a la compresión sea inferior a 20% -El material no debe presentar excesividad poreocial con los álcalis del cemento. -LL < 25 e IP < 6 -Se podrá exigir que para tráficos T00 a T2 (T00: IMDp ≥ 4 000 Vehículos pasados/día y T2: 800 > IMDp ≥ 200 Vehículos pasados/día), no ser material plástico. -Árido grueso (Retenido en el tamiz 4mm): Proporción de partículas total y parcialmente trituradas dependerá del tráfico: Para T00 o T1 ≥ 70 % en masa, para T2 ≥ 50 % y para T3 y T4 ≥ 30%. (T1: 2000 > IMDp ≥ 800; T3: 200 > IMDp ≥ 50 y T4: IMDp > 50) Proporción de partículas totalmente redondeadas será para T00 a T2 ≤ 10 % en masa y para T3 y T4 ≤ 30% Índice de lajas FI para T00 a T2 ≤ 30 y para T3 y T4 ≤ 35 Valor coeficiente de los ángeles para T00 a T2 ≤ 30 % en masa y para T3 y T4 ≤ 35%; para T1 y T2 si el material es reciclado debe ser ≤ 35 % -Árido fino (Pasa por el tamiz 4mm) La equivalencia de arena dependerá de la granulometría, para GC20 > 40% y para GC32 > 35% (GC32 es solo para tráfico T3 a T4); otra alternativa en caso de no cumplir esto valores es que el Valor azul de metileno MBF < 10 g/kg y la equivalencia de arena SE4 > 30 -El agua a usar deberá tener según la Instrucción de Hormigón Estructural un pH ≥ 5, Sustancia disueltas ≤ 15 gramos por litro, sulfatos SO4 ≤ 1 gramo por litro. -El contenido de cemento deberá ser ≥ 3,5% en masa.	•Indice de lajas es para determinar si las particulas de un árido deben clasificarse como lajas, es decir, si su grosor es inferior a 0,6 veces su tamaño nominal. •Se deberá tener un diseño para Gravacemento en una de las 2 franjas granulométricas, llamadas GC32 y GC20 (GC20 solo para tráfico T3 y T4) -GC32 un PP (40 mm): 100, PP (32 mm): 80-100, PP (20 mm): 67-91, PP(12.5 mm): 52-77, PP (8 mm): 38-63, PP (4 mm): 25-48, PP (2 mm): 16-37, PP (0.5 mm): 6-21 y PP (0.063 mm): 1-7. -GC20 un PP (32 mm): 100, PP (20 mm): 80-100, PP(12.5 mm): 62-84, PP (8 mm): 44-68, PP (4 mm): 28-51, PP (2 mm): 19-39, PP (0.5 mm): 7-22 y PP (0.063 mm): 1-7. •Para el curado con asfalto se suan tipo C60B3 CUR o C60B2 CUR (para tiempos fríos), que deberán cumplir lo siguiente: -C60B3 CUR y C60B2 CUR: índice de rotura de 70-155 para C60B3 CUR y < 110 para C60B2 CUR; contenido de ligante (por contenido de agua) de 58-62%; contenido de fluidificante ≤ 7 %; tiempo de fluencia (2mm, 40°C) de 40-130%; residuo de tamizado ≤ 0.1% y tendencia a sedimentación a las 7 d ≤ 10%; adhesividad ≥ 90% en el residuo por evaporación una penetración a 25°C ≥ 330 (0.1 mm), punto de reblandecimiento ≥ 35°C y en residuo por evaporación y luego estabilización, una penetración ≤ 220 (0.1 mm) y punto de reblandamiento ≥ 35°C. •Además el árido de cobertura para curado deberá para por tamiz N°4 y menos de 1% que sean menores al tamiz 0.063 mm; además, no podrá ser material plástico y deberá tener una equivalencia de arena > 40%
Estados Unidos	-Según la FWHA entre el 80 y el 95% en peso de una mezcla de base estabilizada puede consistir en agregados, estos agregados incluyen fuentes de agregados convencionales, como piedra triturada o arena y grava, y otros materiales agregados, como escoria de alto horno, materiales de pavimentación reciclados y cenizas de fondo o escoria de calderas de centrales eléctricas alimentadas con carbón. -El agua debe ser potable; en caso contrario según la ASTM C 1602 debe tener como máximo un total de sólidos en masa de 50000 ppm, alcalinos como Na2O +0.658K2O de 600 ppm máximo. -El cemento a usar debe ser cemento portland tipo I, IA, II o IIA y deberá tener un certificado de que cumpla con los requisitos de la ASTM C150 -Según la AASHTO en el curado se podrá usar asfalto diluido que debe cumplir con la AASHTO M81 y M82; o asfalto emulsionado que cumpliré con la AASHTO M140 y M208. -Asfalto diluido podrán ser curado rápido (RC) y de curado medio (MC) y estos son los tipos: RC 70, RC 250, RC 800, RC 3000, MC 30, MC 70, MC 250, MC 800 y MC 3000. -Asfalto emulsionado serán los siguientes tipos: En la AASHTO M140 para emulsiones asfálticas serán los RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1, SS-1h o QS-1H; en la AASHTO M208 para emulsiones catiónicas serán los CRS-1, CRS-2, CMS-2, CMS-2h, CSS-1, CSS-1h o CQS-1h.	•El material podrá deberá ser aquel que el 80% pasa por el tamiz N°4 y haber eliminado todo el material retenido en el tamiz de 75mm, además de retirado el suelo inestratificatorio y materia orgánica; junto a esto la National academy especifica que este material a usar no podrá pasar más de 25% por el tamiz N°200 y deberán tener un IP ≤ 12 y LL ≤ 40%, material fino ≤ 10%, MO ≤ 1% y contenido de sulfatos ≤ 0.3% Además, la FWHA y la U.S Army agrupa que el material granular a usar para la mezcla podrá ser el clasificado como A-2 y A-3, aunque también podrá ser de A-4 a A-7. -La ASTM D2940 de las particulas que se retienen en el Tamiz de 9,5mm al menos el 75% debe tener dos o más caras fracturadas; la fracción de agregado fino(mezcla final) que pasa por el Tamiz N°200 no deberá exceder el 60% de la fracción que pasa por el tamiz N°40 deberá tener un LL ≤ 25% e IP ≤ 4%, además el valor equivalente de arena en agregado debe ser ≥ 35% y según la ASTM C131/AASHTO T96 debe tener un desgaste de los ángeles ≤ 40% (500 revoluciones) -Según la Unified Facilities Guide Specifications el material deberá tener un IP ≤ 6 y LL ≤ 25, desgaste Los Ángeles ≤ 40%, perdida de solidez de ≤ 10% usando sulfato de sodio y ≤ 15% usando sulfato de magnesio, Partículas planas ≤ 10% del retenido en el tamiz de 12.5mm y ≤ 20% para el que pasa por el tamiz de 12.5mm, particulas de arcilla ≤ 3%, se incluye material con expansión mayor a 0,10%. •El cemento a usar será cemento portland y se aplicara en una cantidad de entre 7-13% en masa; aunque la Portland Cement Association añade que si el contenido es mayor a 8% se deberá tener mucho cuidado, ya que a mayor contracción puede resultar en grietas por reflexión •El agua a usar deber ser potable, el agua que tenga materia orgánica o concentración de sulfitos mayor al 0,05% no se podrá usar.	El material debe estar en la franja granulométricas específicas que existe: PP (50 mm): 100, PP (25 mm): 90-100, PP4: 45-95, PP10: 37-80, PP40: 15-50 y PP200: 0-15 -Se podrá solicitar para aprobación el usar en la mezcla entre un 35 a 50% de cenizas volantes o escoria granulada de alto horno para sustituir el cemento. •Para el curado se podrá hacer uso de asfalto diluido (cualquier tipo de la AASHTO M81 y M82) y asfalto emulsionado (cualquier tipo de la AASHTO M140 y M208). -Asfalto diluido podrán ser curado rápido (RC) y de curado medio (MC) y estos son los tipos: RC 70, RC 250, RC 800, RC 3000, MC 30, MC 70, MC 250, MC 800 y MC 3000. -Asfalto emulsionado serán los siguientes tipos: En la AASHTO M140 para emulsiones asfálticas serán los RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1, SS-1h o QS-1H; en la AASHTO M208 para emulsiones catiónicas serán los CRS-1, CRS-2, CMS-2, CMS-2h, CSS-1, CSS-1h o CQS-1h. •Estos tipos de asfalto de la AASHTO M140 y M208 se encuentran con especificaciones más detalladas en mezclas asfálticas en frío y en caliente •Para los asfaltos encontrados en la AASHTO M81 y M82: -RC: 70: viscosidad cinemática a 60°C de 70-140 mm2/s; destilado a 190°C ≥ 10%, a 225°C ≥ 50%, a 260°C ≥ 70%, a 316°C ≥ 85% y a 360°C ≥ 95%. -RC 250: viscosidad cinemática a 60°C de 250-500 mm2/s; punto de inflamación ≥ 27°C,destilado a 225°C ≥ 35%, a 260°C ≥ 60%, a 316°C ≥ 80% y a 360°C ≥ 65%. -RC 800: viscosidad cinemática a 60°C de 800-1600 mm2/s; punto de inflamación ≥ 27°C; destilado a 225°C ≥ 15%, a 260°C ≥ 45%, a 316°C ≥ 75% y a 360°C ≥ 75%. -RC 3000: viscosidad cinemática a 60°C de 3000-6000 mm2/s; punto de inflamación ≥ 27°C; destilado a 260°C ≥ 25%, a 316°C ≥ 70% y a 360°C ≥ 80%. -Todas tienen en común: un residuo restante de destilación una viscosidad a 60°C de 60-240 Pa.s (podrá cambiarse por una penetración a 25°C de 80-120 dmm), ductilidad a 25°C ≥ 100 cm, solubilidad a 25°C ≥ 99%; porcentaje de agua ≤ 0.2% (excepto RC 70 ya que no presenta); negativo en contenido de nafta estándar, nafta-xileno o heltano-xileno -MC 30: viscosidad cinemática a 60°C de 30-60 mm2/s (una alternativa es la viscosidad a 25°C de 70-150s); punto de inflamación ≥ 38°C; porcentaje de agua ≤ 0.2%; destilado a 225°C ≥ 25%, a 260°C 40-70%, a 316°C de 75-93% y a 360°C ≥ 90%. -MC 70: viscosidad cinemática a 60°C de 70-140 mm2/s (una alternativa es la viscosidad a 25°C de 60-120s); punto de inflamación ≥ 38°C; porcentaje de agua ≤ 0.2%; destilado a 225°C de 0-20%, a 260°C 20-60%, a 316°C de 65-90% y a 360°C ≥ 55%. -MC 250: viscosidad cinemática a 60°C de 250-500 mm2/s (una alternativa es la viscosidad a 25°C de 125-250s); punto de inflamación ≥ 66°C; porcentaje de agua ≤ 0.2%; destilado a 225°C de 0-10%, a 260°C 15-55%, a 316°C de 60-87% y a 360°C ≥ 67%. -MC 800: viscosidad cinemática a 60°C de 800-1600 mm2/s (una alternativa es la viscosidad a 25°C de 300-200s); punto de inflamación ≥ 66°C; porcentaje de agua ≤ 0.2%; destilado a 260°C 0-35%, a 316°C de 45-80% y a 360°C ≥ 75%. -MC 3000: viscosidad cinemática a 60°C de 3000-6000 mm2/s (una alternativa es la viscosidad a 25°C de 300-600s); punto de inflamación ≥ 66°C; porcentaje de agua ≤ 0.2%; destilado a 260°C 0-15%, a 316°C de 15-75% y a 360°C ≥ 80%. -Todas tienen en común en residuos de destilación una viscosidad a 60°C de entre 30-120 Pa.s (podrá cambiarse por una penetración a 25°C de 120-150 dmm), ductilidad a 25°C ≥ 100 cm, solubilidad a 25°C ≥ 99%; negativo en contenido de nafta estándar, nafta-xileno o heltano-xileno
Sudáfrica	Se podrá usar grava, natural o modificada o procesada. -Las partículas tendrán máximo de 50 mm de diámetro. -En la parte occidental más seca de Sudáfrica, usar arena de color marrón amarillento a rojo, evitando la arena blanca o gris El cemento a usar será el indicado por el proyecto, que puede variar entre cemento de 32,5 y 52,5. -Emulsión tipo MC-10 o MC-30 para el curado y hajo la SANS 4001-BT2	•La calidad del agregado será la misma que pasa una subbase normal, usando roca triturada: Tamaño de partículas ≤ 37,5mm •La grava deberá tener un contenido de Contenido de sulfatos soluble en ácido ≤ 0,25% Contenido de sulfito soluble en ácido ≤ 0,25% (≤ 2,5 mg/L), ácidos con Ph ≥ 6,0 •la roca triturada no podrá contener más del 2 % en masa de mica libre, especialmente moscovita, cuando se evalúe separando visualmente las partículas, o más del 4 % en volumen cuando se evalúe mediante portaobjetos microscópicos •Requisitos que deberá tener si se usa roca triturada o granos con guijarros; requisitos para material PP(0,425 mm): -Para cualquier material excepto caliente: LL ≤ 25; IP ≤ 6; LS ≤ 3% (Pordida por lavado) -Si es caliente o caliza: LL ≤ 30; IP ≤ 8; LSM ≤ 170(perdida por lavado en fracción fina) -Hinchazón ≤ 0,2% y CBR ≥ 80% •Requisitos que deberá tener si se usa roca media a dura que requiere trituración o granos con guijarros PP(0,425 mm): -Para cualquier material excepto caliente: LL ≤ 30; IP ≤ 10; LS ≤ 5% (Pordida por lavado) -Si es caliente o caliza: LL ≤ 45; IP ≤ 15; LS ≤ 6%; LSM ≤ 320(perdida por lavado en fracción fina) -Hinchazón ≤ 0,5% y CBR ≥ 25% •Se aplicara cemento en una cantidad de 5% por masa para una mezcla húmeda y de 3% para mezcla rígida. •Calidad del agua debe tener un pH entre 5,0 y 9,7, con una conductividad eléctrica máxima de 170 mS/m, sólidos totales disueltos máximos de 1200 mg/l y sulfato SO4 máximo de 450 mg/l.	•La franja granulométrica sea escogida en la etapa de diseño, se presentan algunas opciones: -Para G4 y G5 (Roca media a dura) un PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 85-100, PP (20 mm): 61-91, PP (14 mm): 48-82, PP (5 mm): 31-66, PP (2 mm): 20-50, PP (0.425 mm): 10-30 y PP (0.075 mm): 5-15. •Para el curado se podrá usar emulsión tipo MC-10 o MC-30 y deberá cumplir las siguientes especificaciones según la SANS 4001-BT2: -MC-10: viscosidad cinemática a 60°C de 10-20 cSt; viscosidad dinámica de 10-25 mPa.s; punto de inflamación ≥ 38°C; cantidad de agua ≤ 0.2%; destilado a 190°C de 0-20%, a 225°C 20-70%, a 260°C 60-90%, a 316°C ≥ 80-100% y a 360°C ≥ 40%; en residuos de destilación una viscosidad a 60°C ≥ 30 Pa.s. -MC-30: viscosidad cinemática a 60°C de 30-60 cSt; viscosidad dinámica de 30-70 mPa.s; punto de inflamación ≥ 38°C; cantidad de agua ≤ 0.2%; destilado a 190°C de 0-15%, a 225°C 15-60%, a 260°C 50-85%, a 316°C ≥ 80-100% y a 360°C ≥ 50%; en residuos de destilación una viscosidad a 60°C ≥ 30 Pa.s. -También se podrá usar los encontrados en la SANS 4001-BT3-2014 (RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2s, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1, SS-1h o QS-1H) en la SANS 4001-BT4-2014 (CRS-1, CRS-2, CMS-2, CMS-2h, CSS-1, CSS-1h o CQS-1H). Estas a su vez se basan en la AASHTO M104 y AASHTO M208. •Para el curado un agregado que es arena triturada o natural con 100% pasando por tamiz 7.1 mm y menos del 10% por el de 2mm.
Australia y Nueva Zelanda	•Se usa Materiales granulares, que se produce mediante la trituración y cribado de roca madre dura (ígnea, roca metamórfica o sedimentaria) -Según la Transport for NSW el material granular podrá ser Clase 1 DGB (tamaño nominal de 20 mm para categoría de tráfico A y B) y Clase 2 DGB (tamaño nominal de 20 mm para categoría de tráfico C y D) •El cemento a usar será tipo GP o GB y deberá cumplir con la AS 3972-2010, NZS 3122:1995, junto a una certificación con todos los datos necesarios. •Según el tipo de tráfico serán las especificaciones para el material granular, se tienen 4 tipos de tráfico: -Categoría A: Diseño de tráfico N80 ≥ 10^7 (periodo de 20 años) -Categoría B: Diseño de tráfico 10^7 > N80 ≥ 4 x 10^6 (periodo de 20 años) -Categoría C: Diseño de tráfico 4 x 10^6 > N80 ≥ 10^6 (periodo de 20 años) -Categoría D: Diseño de tráfico N80 < 10^6 (periodo de 20 años)	•El material granular a usar deberá pasar por el tamiz de 75 µm menos de 25% y debe tener IP ≤ 10%. También podrá tener un contenido de materia orgánica ≤ 1% y sulfatos SO4 ≤ 1.9 g/L; podrá tener un contenido de óxido ferroso ≤ 2%, si es mayor a 2% pero menor al 10% se analiza que tanto daño podrá hacer. -Según la Transport for NSW deberán tener un 2 ≤ IP ≤ 6%, LL ≤ 28% para Clase 1 DGB y LL ≤ 23% (si es material reciclado LL ≤ 27%), LP ≤ 28%, permeabilidad ≤ 5 x 10^-8, cantidad de particulas con dos o más caras fracturadas ≥ 85% para Clase 1 DGB y ≥ 75% para Clase 2 DGB, Máxima resistencia a la compresión en seco en la fracción que pasa por un tamiz de 19 mm ≥ 1.7 MPa o el IP < 2, Resistencia a la compresión no confinada ≤ 1MPa, Resistencia agregado en húmedo ≥ 100 kN para Clase 1 DGB y ≥ 70 kN, Variación de resistencia húmeda/seca ≥ 35%, Contenido de sulfato soluble en ácido ≤ 0.3% •El agua a usar deber ser potable, el agua que tenga materia orgánica o concentración de sulfitos mayor al 0,05% no se podrá usar. •El cemento requerido será en un mínimo de 12% de masa, podrá ser Cemento GP (Contiendo entre 92,5 a 100% de cemento portland y se podrá agregar de 0 a 7,5% de cenizas volantes o piedra caliza, también podrá contener de 0 a 5% en aditivos minerales como cenizas volantes seleccionadas, escoria de hierro granulada molida, piedra caliza o combinación de ellas; deberá tener un tiempo de fraguado de entre 45 min a 6 h, estabilidad ≤ 5%, contenido de cloruro ≤ 0,10%, sales solubles SO3 ≤ 3,5%, además de resistencia a la compresión a los 7d de 20 MPa y de 35 MPa a los 28d) o cemento GB(Contiene menos de 92,5% de cemento portland y podrá contener entre 0 a 10% de sílice amorfa y más de 7,5% en cenizas volantes o escoria; tiempo de fraguado de entre 45 min a 10 h, estabilidad ≤ 5%, contenido de cloruro ≤ 0,10%, sales solubles SO3 ≤ 3; además de resistencia a la compresión a los 7d de 20 MPa y de 35 MPa a los 28d)	El material deberá adaptarse a la franja granulométrica elegida en la etapa de diseño, estas podrán ser 2 clases: -Class 1 DGB y Class 2 DGB, ambos con un PP (26.5 mm): 100, PP (19 mm): 95-100, PP (13.2 mm): 78-92, PP (9.5 mm): 63-83, PP (4.75 mm): 44-64, PP (2.36 mm): 33-49, PP (0.425 mm): 14-23, PP (0.075 mm): 7-14 y PP (0.031.25 mm): 3-7
Tailandia	-El suelo utilizado en la mezcla con el cemento debe ser libre de capas superficiales, vegetación u otras materias orgánicas, y no debe contener sustancias que puedan ser perjudiciales para la calidad del suelo cemento resultante. -El tamaño de las partículas no podrá ser mayor a 50mm y la porción que pasa por el tamiz de 0.075 mm no debe exceder el 40%. -El cemento a usar podrá ser cemento portland y de certificado que cumpla con la ASTM. 15 (ASTM C150); cemento que podrá venir en silos o en bolsas (si es en bolsa se almacena para evitar grumos). El cemento a usar no podrá tener aglomeraciones.	•La roca triturada deberá ser un agregado grueso con textura dura, cohesiva, limpia, sin fragmentos y libre de materiales no deseados; este roca triturada no podrá ser tipo Shale (pizarra) •Especificaciones para el roca triturada: -Resistencia al desgaste Los Ángeles ≤ 40% -Perdida por desgaste del agregado grueso ≤ 9% (Utilizando sulfato de sodio) -El agregado fino deberá tener las mismas propiedades que el agregado grueso. - Límite líquido ≤ 25% - Índice de plasticidad ≤ 6% -CBR ≥ 80% •Especificaciones si se usar suelo: -Resistencia al desgaste Los Ángeles ≤ 60% -Tamaño de partículas máximo será de 50mm, pasa a través de tamiz de 2mm de máximo 70% y que pasa por 0.075 mm no superior al 25%. -El agregado fino deberá tener las mismas propiedades que el agregado grueso. - Límite líquido ≤ 40% - Índice de plasticidad ≤ 15% Si no los cumple se aplicara cal en un porcentaje no mayor a 2% •El cemento se deberá aplicar entre un 1 a 2% •El agua a usar deberá ser limpia, libre de sustancias como sal, aceite, ácidos, álcalis y materiales orgánicos u otras sustancia que puedan ser perjudiciales para la mezcla. No se podrá usar agua de mar ni para la mezcla ni para el curado. •La cantidad de agua y cemento será la que se determine mediante un diseño de mezclas, realizando los ensayos de Método para la determinación de la resistencia a la compresión no confinada de suelos y Método de prueba de compactación, Prueba Proctor Modificada; ya que la mezcla deberá después de 7 días de curado y 2 horas sumergida se tenga un valor de resistencia a compresión ≥ 690 kPa	•El material debe ajustarse a una de las 3 franjas granulométricas para roca triturada, esta será elegida en la etapa de diseño: -Grado B un PP (50 mm): 100, PP (25 mm): 75-95, PP (0.5 mm): 40-75, PP4: 30-60, PP10: 20-45, PP40: 15-30 y PP200: 5-20 -Grado C un PP (25 mm): 100, PP (5.5 mm): 50-85, PP4: 35-65, PP10: 25-50, PP40: 15-30 y PP200: 5-15 -Grado D un PP (25 mm): 100, PP (5.5 mm): 60-100, PP4: 50-85, PP10: 40-70, PP40: 25-45 y PP200: 5-20 -La cantidad de particulas que pasan por el tamiz de 0.075 mm debe ser más del 66.67% de las que pasan por el tamiz de 0.425 •Para el curado se podrán usar asfaltos tipo MC-30, MC-70, CSS-1 o CSS-1h. Sus especificaciones se encuentran en observaciones adicionales de mezclas asfálticas en caliente. -MC-30: viscosidad cinemática a 60°C de 30-60 mm2/s; punto de inflamación ≥ 38°C; destilado a 225°C ≥ 35%, a 260°C 30-75%, a 316°C ≥ 75-95% y a 360°C ≥ 90%; en residuos de destilación una viscosidad a 60°C de entre 30-120 Pa.s (podrá cambiarse por una penetración a 25°C de 80-120 dmm), ductilidad a 25°C ≥ 100 cm, solubilidad a 25°C ≥ 99% y cantidad de agua ≤ 0.2%. -MC-70: viscosidad cinemática a 60°C de 70-140 mm2/s; punto de inflamación ≥ 38°C; destilado a 225°C ≥ 25%, a 260°C 10-70%, a 316°C ≥ 65-93% y a 360°C ≥ 55%; en residuos de destilación una viscosidad a 60°C de entre 30-120 Pa.s (podrá cambiarse por una penetración a 25°C de 80-120 dmm), ductilidad a 25°C ≥ 100 cm, solubilidad a 25°C ≥ 99% y cantidad de agua ≤ 0.2%. -CSS-1 y CSS-1h: viscosidad a 25°C de 20-100 s; separación de capas a 5 d ≤ 5% en peso; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; cantidad restante en malla 20 ≤ 0.10% en peso; cantidad de cemento ≤ 2%; carga de la partícula positiva; cantidad de residuo ≥ 57%, en residuo de destilación una penetración de 100-250 para CSS-1 y 40-90 dmm para CSS-1h, ductilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. •Para el curado un agregado que es arena triturada o natural con 100% pasando por tamiz 7.1 mm y menos del 10% por el de 2mm.

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Direccion de Vialidad, 2022); (Ministerio de Fomento, 2019); (Federal Highway Administration, 2014); (Committee of Transport Officials, 2020); (Austroads, 2021); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (Astm, 2006); (Astm, 2017); (Portland Cement Association, 2006); (American Concrete Pavement Association, 2007); (South African National Standard, 2014); (Unified Facilities Guide Specifications, 2020); (Transport for NSW, 2020); (Epps, Dunlap, Gallaway, & US Department of air Force, 1971); (Texas transportation institute, 2009)

Se encuentra que, Colombia se centra en 3 tipos de materiales a estabilizar según el tipo de tránsito y según estos varían sus especificaciones, siendo esta la única en presentar cementos hidráulico tipo portland y mortero, así mismo tiempos de fraguado de 1-10 h, además de la más completa de todas, incluyendo todo tipo de parámetros a seguir, por ejemplo, el CBR, siendo junto a Sudáfrica y Tailandia las únicas en proporcionarlo, desgaste Los Ángeles siendo el único en presentar según el número de revoluciones; Estados Unidos tampoco tiene el valor de CBR pero si presenta material a usar según su clasificación AASHTO, además de más valores específicos, solo teniendo el mismo problema de dispersión de información. España también presenta valores para la Gravacemento los cuales se basan según el tipo de tráfico, a diferencia de Colombia este presenta el tráfico en vehículos por día, también, tiene ciertas equivalencias con Colombia y Estados Unidos, por ejemplo, en la equivalencia de arena tiene ciertas coincidencias el tipo GC32 con la presentada por Estados Unidos y con los tipos 3 y 4 de Colombia. Tailandia también tiene un gran número de parámetros, dividiéndolos entre material

de roca triturada o usando suelo; y por último Chile, quien presenta pocos valores a tener en cuenta.

En cuanto al uso del cemento, cada país tiene su propia normativa, la cual, en su mayoría, se basa en normativas ASTM. Por ejemplo, Estados Unidos se basa en la ASTM C150, al igual que Tailandia y Colombia. Sin embargo, en el caso de Colombia, esta normativa es una alternativa a su norma principal, la cual, aunque también está basada en la ASTM C150, difiere en muchos parámetros. Los documentos de Chile son respecto a otras ASTM; existen excepciones como lo son España y Sudáfrica quien solo presenta la resistencia a tener, así como Australia y Nueva Zelanda que tienen su propia normativa única.

Las emulsiones o asfalto para el curado son otro caso parecido al cemento. Estados Unidos es quien presenta más tipos, con un total de 29 tipos, seguido por Sudáfrica con 22 de los cuales 20 coinciden con los de Estados Unidos, Tailandia con 4 de los cuales todos coincides con la de Estados Unidos. Luego están España con 2 tipos, Chile y Colombia con 1 solo tipo, y por último Australia y Nueva Zelanda que no presentan un requisito específico para este apartado.

En cuanto a la curva granulométrica; Colombia y Tailandia son quienes más tipos de curvas presentan, con un total de 3; seguidas por Chile, España, Sudáfrica, Australia y Nueva Zelanda con 2 tipos; y por último Estados Unidos que presenta una curva más general y no tan especifica.

Todas estas curvas difieren unas de las otras, en la figura 49 del apéndice, se podrá encontrar una gráfica con las diferentes curvas.

Es crucial destacar que todos los países establecen la necesidad de llevar a cabo una fase de experimentación con el fin de asegurar el cumplimiento de todos los requisitos para cada especificación. Después de evaluar la fase de experimentación y se cumplan los parámetros mencionados anteriormente mencionados, se inicia la fase de construcción de la base tratada; la cual irá sobre la superficie de la subbase, la que, a su vez, debe cumplir con sus respectivas especificaciones técnicas.

Requisitos para construcción de la base

El proceso de construcción se encontrará en la figura 19 o en la tabla 38 del apéndice, donde además muestra los diferentes requisitos en los procesos de construcción según cada país, junto con algunos requisitos especificaciones adicionales.

Figura 19

Especificaciones de proceso constructivo (Base tratada con cemento)

País	Construcción de la base	Especificaciones adicionales
Colombia	•La mezcla se puede hacer tanto en planta como en la vía, aunque será obligatorio en planta si se necesita mezcla varios materiales. •Si la mezcla se realiza en la vía, se aplica el material y si presenta grumos o aglomeración se realiza disgregación del material, esto hasta alcanzar que el material tenga la granulometría necesaria. La longitud disgregada no podrá ser mayor a la que se pueda tratar y compactar en 2 días de trabajo. •Luego se conforma el material con motoniveladora. •Luego se aplica el cemento en bolsas o a granel, el contenido del agua del material no puede ser superior al definido •Luego de esto se realiza la mezcla con el equipo autorizado, se mezcla hasta alcanzar homogeneidad. El contenido de agua de la mezcla debe ser ± 1 % respecto al de diseño. El tiempo de amasado de la mezcla debe ser mayor o igual a 30 segundos. •Se procede con la extensión, se hace a lo ancho de la vía o por franjas. Si la mezcla fue en planta y se indica se debe usar extendedora. •La compactación deben ser terminados en un lapso de 2h; si se realiza por franjas la extensión, se compacta incluyendo al menos 15cm de la franja anterior. •Los espesores de la capa compactada deben ser 150 mm ≤ Espesor de capa compactada ≤ 200mm •Luego de terminada se realiza el curado (máximo 5 h luego de terminada), por medio de aspersión de mínimo 7d, mediante el uso de emulsión de rotura rápida tipo CRR-60 (si se realizara la base en varias capas no se aplicara la emulsión en cada capa, solo en la final). Aplicando 400 g/m2 del ligante y 13.6 kg/m2 de agregado de protección. •Se permitirá el transito luego de 7d de compactado y a 30km/h máximo	•La construcción de esta capa se realiza con una fórmula de trabajo ya determinada y probada en fase de experimentación; el material elegido ajustado a una franja granulométrica necesaria, tipo y marca de cemento, aditivos a emplear, contenido óptimo de cemento, valor de perdidas por durabilidad, valor de resistencia a la compresión (7d), porcentajes óptimos de agua para mezcla y compactación. •Existe un proceso de prefisuracion que no es necesario, en caso de realizarse, se realizan juntas en el material sin compactar (cada 3 o 4m), penetrando al menos 2/3 de la capa. Todo esto para comprobar las resistencias de la capa. •Si la capa terminada no cumple los indices IRI, se corrigen los defectos mediante fresado y volver a construir.
Chile	•La mezcla se debe preparar en plantas fijas o móviles (solo se hará en el sitio si se autoriza por el inspector), teniendo que el material que entra a la planta no deberá ser mayor a un 60% de la óptima, teniendo un tiempo de revoltura de 90s por carga. •En caso de hacerse la mezcla en sitio se debe contar con un 30% de la producción total de áridos pétreos ya en el sitio, la humedad del material antes de agregar el cemento de máximo 60% de la óptima. Además se deberá luego de agregar el cemento terminar la homogeneización total en máximo 2h, igual tiempo desde que se agrega el agua y se empieza a compactar y máximo 3 h desde que se agrega el agua hasta que se termina la compactación. •Luego de que la mezcla sale de la planta, se coloca en la vía (capa que debe haber sido humedecida) y se esparce, el tiempo máximo que podrá pasar desde que se agrega el agua y se empieza a compactar será de 2h; y el tiempo desde agregar agua a la mezcla y se termina de compactar será de 3h máximo. •La compactación deberá iniciar tan presto se termine el esparcido del material y se realiza de los bordes al centro. •En la construcción de la capa se usan puntos de referencia altimétrica cada 20m. •Terminada la compactación se realiza la perfiladura de la capa con el uso de una motoniveladora, así esta tenga los espesores correctos. •Las capas luego de compactado deberán tener un espesor entre 12 y 24cm •Las juntas se realizaran al finalizar el día de trabajo o si se paralizan las operaciones de colocación más de 2h •El curado se realiza con emulsión diluida 1/1 a razón de 1.25 kg/m2 y RC-250 a razón de 1 kg/m2 o polietileno; no se permite el transito hasta por lo menos haber pasado 72h de curado.	-
España	•Para la construcción se debe tener un principio de fraguado que no podrá ocurrir antes de 2h de mezclado con agua. (Tiempo de fraguado determinado siguiendo la UNE-EN 196-3); aunque si la temperatura ambiente es > 30°C el principio de fraguado no podrá ocurrir antes de 1h. •El periodo de trabajabilidad que es el tiempo en el cual la mezcla tiene las propiedades para ser trabajada y compactada, dependerá si se realiza en el ancho total de la carretera o por franjas; Para anchura completa será mínimo de 3 horas y por franjas será de 4 horas •La mezcla debe haber sido realizada en centrales de fabricación ponderales o volumétricos, controlando el agua con caudalímetro de precisión ±2%; en caso de ser ponderal una dosificación con precisión para material granular de ±2% y del cemento de ±1% •El espesor que obtendrá la mezcla luego de compactada deberá ser de mínimo 20 cm •En la construcción de la capa se tendrá una tolerancia respecto a lo establecido en el diseño para contenido de cemento de ±0,3%, humedad de compactación de -1,0 / +0,5 y no sobrepasar el uso granulométrico adoptado (Material > 4mm tolerancia de ±6% y menores a 4mm de ±3%) •El volumen de material puesto en obra dependerá del tráfico; si es T00 a T2 o superficie > 70000m2 el volumen deberá ser ≥ 30% del total necesario y si es T3 a T4 o superficie < 70000 m2 el volumen deberá ser ≥ 50% •Luego se procede con realización de la mezcla, con un tiempo de amasado > 30s •Se realiza el vertido y extensión previniendo la segregación de material y contaminaciones; la capa tendrá el espesor necesario para que al compactarla llegue al espesor de los planos. •Si la anchura de capa extendida es > 4m en tráfico T00 a T2 o superficie > 70000 m2, también si es >5m en el resto de caso; se realiza la prefisuración, penetrando cada 3 o 4m al menos 2/3 de la capa antes de compactar. •La compactación se realiza durante el periodo de trabajabilidad; si la extensión se realiza por franjas, la compactación se realiza incluyendo 15cm de la anterior; y se realizaran juntas si se interrumpe el trabajo durante más tiempo del periodo de trabajabilidad. •Se realiza el curado aplicando una emulsión asfáltica antes de 3h de terminada la capa y luego colocando agregado de cobertura sobre esta; la emulsión podrá ser C60B3 CUR (Catiónica con 60% de ligante nominal, betún asfaltico como ligante y con numero de rotura igual a 3) o C60B2 CUR (Igual al anterior exceptuando que su número de rotura es igual a 2) y se permite el transito luego de 3 días de realizado y 7d para tráfico pesado.	•Anterior a este proceso se realiza un tramo de prueba de más de 100m para comprobar todos los procesos y especificaciones que tendrá el material. •Si se compacta por franjas de incluirá 15cm de la anterior •Si los extendedores no tienen elementos de transferencia de carga, el camión solo puede tocar el vertido a través de los rodillos.
Estados Unidos	•Según la Unified Facilities Guide Specifications -Si la mezcla se hace en el sitio no se podrá aplicar el cemento si el contenido de humedad del suelo supera al optimo. -Cuando la subbase se construya en varias capas se limpia la construida previamente usando barredoras o escobas eléctricas. -En la construcción in situ se aplica el material granular en un espesor necesario para que al añadir el cemento, agua y compactarlo obtenga el espesor requerido. -Un proceso previo a añadir el cemento y agua es escarificar y pulverizar a la profundidad necesaria; la pulverización no podrá ser más profunda que la escarificación. Este proceso no se realizara en áreas más grandes que lo que se podría completar en 2 días de trabajo. Luego de esto se aplica el cemento de una forma que se pueda mezclar uniformemente y que la mezcla tenga el contenido de cemento especificado; se mezclara lo suficiente evitando la formación de bolas de cemento cuando se aplique el agua. Se aplicara agua con equipos de dispersión a presión que permita la aplicación de agua continua por 3h; Aplicada el agua se realiza el proceso de mezclado, áreas donde se haya aplicado el agua y no se inicie el mezclado luego de 30 minutos se retira todo el material ya que no se puede usar. Luego de mezclar con el agua (hasta que se distribuya correctamente). -Ahora, si la mezcla fue en planta central se lleva en camiones y se aplica sobre la capa de subrasante que debe haber sido humedecida anteriormente, se deposita el material, se prepara, esparce para que quede al espesor necesario; dentro de los 60 min posteriores se debe haber iniciado la compactación. -Si es con planta móvil, se mueve la planta a una velocidad uniforme para lograr una mezcla homogénea, aplicando agua y cemento desde camiones o contenedores; luego se aplica en hileras de tamaño suficiente para cubrir el ancho necesario para obtener una compactación adecuada con los espesores especificados. -Según la army force y la Unified Facilities Guide Specifications el espesor mínimo de la capa estabilizada será de 4" (100 mm) ni superar las 8" (200 mm). -El acabado final se dará dentro de las 2 primeras horas luego de compactar. -La finalización de la capa es protegerla del secado durante 7d, proporcionando un curado ya sea usando Arpilleras (Tela gruesa de fibra natural), laminas impermeables, material bituminoso (contenido de asfalto residual de 0,7 a 1,4 L/m2), membrana líquida (aplicando 3,8 L por cada 9,3 m2) •La Portland cement Association presenta que capas de entre 100-125mm es para tráfico liviano, 175-200mm para tráfico pesado y de 150-300mm para interestatales, teniendo la más común la de 150 mm y las de 300mm las menos común, ya que se usan en puestas de aeropuertos. •Según la AASHTO para la mezcla la cantidad del cemento aplicado deberá estar entre ±5% del requerido y la humedad de la mezcla deberá estar ±2% del requerido. -Si es realizada con planta móvil se debe completar las operaciones de mezcla húmeda, colocación y acabado dentro de las 2 horas de aplicado el cemento y 2 horas más para completar la compactación; si la mezcla se realizó en una central se deberá empezar a compactar dentro de los 60 minutos posteriores a la introducción del agua a la mezcla; La FWHA especifica que el tiempo para colocar, compactar y recortar la base se limitara a 4h. -Terminada la capa se realiza el curado aplicando un sellador de asfalto diluido o emulsionado, manteniendo la superficie húmeda hasta aplicarlo, se aplica entre 0,45 a 2,25 L/m2 y aplicando arena si se requiere abrir el tráfico antes de su total curado; La FHWA agrega que también se podrá hacer con agua, dosificando entre 0.68 a 1.13 L/m2. Luego de curado se protegerá por 5 días la capa, el curado no se podrá hacer si la temperatura se la superficie es menor a 10°C.	•El contenido de humedad optimo se debe haber determinado con la AASHTO T180 método D •Según la AASHTO en el curado se podrá usar asfalto diluido que debe cumplir con la AASHTO M81 y M82; o asfalto emulsionado que cumplirá con la AASHTO M140 y M208. -Asfalto diluido podrán ser curado rápido (RC) y de curado medio (MC) y estos son los tipos: RC 70, RC 250, RC 800, RC 3000, MC 30, MC 70, MC 250, MC 800 y MC 3000. -Asfalto emulsionado serán los siguientes tipos: En la AASHTO M140 para emulsiones aniónicas serán los RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1, SS-1h o QS-1H; en la AASHTO M208 para emulsiones catiónicas serán los CRS-1, CRS-2, CMS-2, CMS-2h, CSS-1, CSS-1h o CQS-1h.
Sudáfrica	•Si la mezcla se realiza en planta, desde colocada la mezcla se deberá iniciar la compactación como máximo luego de 1 hora y 4 horas para la compactación; es decir, 1 hora de preparativos y 4 de compactación •Si la mezcla se realiza en el sitio, el proceso de esparcimiento y mezclado del material se añade agua según sea necesario si se realiza en el sitio, el esparcimiento se podrá hacer con un reciclador con dispensador automático o a mano usando escobilla de goma solo si la velocidad del viento no sea mayor a 15 km/h, además que en el esparcimiento se comprueba que el espesor que se tiene es el indicado; y en el mezclado se hace el uso combinado de niveladora, grada de discos y/o mezcladora rotativa o mediante el uso de una recicladora con sensores electrónicos para que el la profundidad de mezclado sea la correcta. •Luego de esto se procede a la compactación, en donde desde que se termina la mezcla y se termina de compactar máximo deben pasar 6 horas; el contenido de humedad del material durante la compactación nunca excederá el 80 % del contenido de humedad de saturación del material natural •Conformada y compactada la capa se comprueba grosor, pendiente y niveles. •La humedad de compactación no podrá variar más de 5% de la especificada. •Las capas deberán ser de 150mm de espesor como máxima(si se requiere una capa más ancha se hace en varias capas) •Se realiza el curado con agua durante 7 días (las primeras 48 h serán de manera más constante el regado)	•El curado también podrá realizarse de otras maneras, aunque solo si la capa esta húmeda, mas no mojada: -Curado cubriendo la capa con una membrana que es una emulsión bituminosa en aerosol o bitumen, en la dosificación indicada en el diseño. Se escogerá entre emulsión aniónica (En la SANS 4001-BT3-2014 los RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1, SS-1h o QS-1H) o emulsión catiónica (en la SANS 4001-BT4-2014 los CRS-1, CRS-2, CMS-2, CMS-2h, CSS-1, CSS-1h o CQS-1h) -Riego de imprimación se aplica en la dosificación y materiales que indique el diseño. Normalmente los tipos MC-10 (temperatura de rociado de 10-30°C) o MC-30 (temperatura de rociado de 45-65°C)
Australia y Nueva Zelanda	•La mezcla se podrá realizar en planta, más específicamente una mezcla estacionaria en pugmill, se lleva en camiones, luego se extiende, se compacta, se le da forma y se cura en preparación para la colocación de las capas superpuestas. •La mezcla también se podrá realizar in situ, aplicando el cemento y realizando la mezcla con una recicladora, al material estabilizado in situ se le da forma, luego se compacta y se cura antes de colocar las capas superpuestas. •Para la compactación se realizan 2 o 3 pasadas •Las capas compactadas deberán ser de máximo 150mm •Cuando se realiza en varias capas la compactación para llegar al punto de espesor necesario, se escarifica o pule la capa anterior 25mm y así lograr una mejor unión.	•El esparcimiento se realiza a velocidades de 5km/h - 10km/h
Tailandia	-Se podrá usar una planta mezcladora estacionaria, que permita mezclar el suelo o roca triturada, cemento y agua; usando una mezcladora discontinua (Batch mixer) o continua (Continuos Mixer) -El proceso de mezclado si es una planta deberá ser por un tiempo mayor a 30 segundos. -Se aplicara la mezcla usando maquinaria que y el equipo deben ser suficientes para garantizar una construcción continua y eficiente de la base de piedra triturada mezclada con cemento; luego de aplicado se realiza el perfilado y la compactación. -Deberá realizarse el proceso de compactación en máximo 2h. -Luego de compactado se realiza una nivelación final, para luego rociar agua durante los primeros 3 días y dejar reposar durante mínimo 7 días para lograr una capa con las características necesarias. -La capa compactada deberá tener un máximo de 150 mm de espesor, se podrá construir una capa de mayor espesor, pero no podrá ser mayor a 200 mm -Terminado el curado se aplica una capa de asfalto asfáltico de ser necesario (asfaltos tipo MC-30, MC-70, CSS-1 o CSS-1h) o se podrá construir la siguiente capa.	-Antes de iniciar la construcción se realiza un tramo de prueba de entre 200-500 m de largo -Si la piedra proviene de distintas fuentes se deberá realizar pruebas de control de calidad y revisar que sea la requerida. -Si la mezcla será con suelo-cemento y el material de suelo supera los valores de IP y LL se aplicara cal antes de la mezcla.

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Direccion de Vialidad, 2022); *(Dirección de Vialidad, 2022)*; *(Ministerio de Fomento, 2019)*; (Committee of Transport Officials, 2020); *(Austroads, 2021)*; (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (Portland Cement Association, 2006); (American Concrete Pavement Association, 2007); (South African National Standard, 2014); (Unified Facilities Guide Specifications, 2020); (Transport for NSW, 2020)

Se encuentra que países como Colombia destacan, porque presenta la realización de la mezcla tanto en planta como en la vía, con requisito de amasado, compactación, espesor y curado en tiempos precisos, añadiendo una dosificación para el curado. Chile al igual que Colombia presenta la mezcla en el sitio como una alternativa, solo que esta presenta algunos parámetros más. España no presenta el mezclado en el sitio como una alternativa, pero si incluye requisitos de fraguado, también presenta el tiempo para realizar la amasado y compactación, aunque más flexible que el de Colombia (4h respecto a 2h), presenta volumen que se debe colocar en obra dependiendo el tráfico y ancho de la capa, un curado en tiempos menores que el de Colombia, ya que España tiene de límite 3 horas y Colombia 5 horas. Estados Unidos presenta tiempos que varían según como se realizó la mezcla, si se realiza en el sitio coincide con Colombia y si es en planta coincide con España, además, añade una dosificación de curado; Tailandia tiene un tiempo de curado y tiempo de compactación que coinciden con España; Sudáfrica tiene tiempos de compactación los cuales son más permisivos que el resto, con 5 horas luego de colocada y 6h luego de mezclada, por último, Australia y Nueva Zelanda, que son los únicos en introducir la velocidad de esparcimiento y el número de pasadas en compactación.

Respecto al espesor, Colombia presenta un rango muy preciso de 150-200 mm, Chile de 120-240 mm, Estados Unidos de 100-200 mm, aunque presenta rangos por el tipo de tráfico que soportará, llegando hasta 300 mm; a diferencia de España que presenta un espesor que podrá ser mayor a 200 mm, es decir, sin restricción. Sudáfrica, Australia y Nueva Zelanda tienen un espesor máximo de 150 mm; Tailandia presenta un límite de 150 mm, pero presentando un máximo de 200 mm en ciertos casos.

Colombia presenta un requisito de permitir el transito luego de 7 días y solo a velocidades de 30 km/h. España por otro lado lo permite a los 3 días y para vehículos pesados si serán 7 días.

Un punto en donde casi todos coinciden es, en el tiempo de curado de 7 días. Tailandia es una de las excepciones, indica que 3 días son con agua y luego dejarla reposar por los siguientes 7 días, no es necesario asfalto para el curado si se construye la siguiente capa justo después; luego esta Australia y Nueva Zelanda que no presentan este parámetro especifico; por último, Chile que permite el transito luego de 72 horas.

Ensayos y controles de calidad

Luego de realizarlo se realizan ensayos de verificación, con esto se realiza un respectivo control de calidad, con el cual se corroboran que se cumplan con todas las especificaciones presentadas en la etapa de diseño, a continuación, la figura 20 o en la tabla 39 del apéndice, muestra los ensayos que se realizan preliminarmente y periódicas en la construcción de base tratada o estabilizada:

Figura 20

Ensayos preliminares y periódicos en la construcción de base (Base tratada con cemento)

País	Ensayos preliminares	Ensayos para verificaciones periódicas	Observaciones adicionales
Colombia	-Para el agregado: Desgaste en la máquina de Los Ángeles (ASTM C 131-06); Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval(ASTM D 6928-10); Perdidas en ensayo de solides en sulfatos (ASTM C88-05); CBR(ASTM D 1883 – 07) ; Tamaño máximo agregado(ASTM D 422-63) ; Limite liquido e Índice de plasticidad(ASTM D 4318-10); Equivalencia de arena(ASTM D2419-09); Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables (ASTM C142); indices de alargamiento (BS 812-105.1:1989 y BS 812-105.1:1990); Caras fracturadas (ASTM D 5821-01); proporción de sulfatos del material combinado (UNE-EN 1097-8 julio 2000); Granulometría del material (ASTM D422-63) y Tamaño máximo (ASTM C136-06); Ph del agua (ASTM D1293); contenido de sulfatos en el agua (UNE 83956) -Para el asfalto de curado: Destilación para contenido de asfalto y aceite (ASTM D 6997-12); contenido de agua (ASTM D244-09); Viscosidad (ASTM D7496-11); sedimentación (ASTM D6930-10 y NTL-140/99); tamizado de emulsiones (ASTM D6933-08); rotura en ensayo de mezcla con cemento (ASTM D6935-11 y NTL 144/98); carga eléctrica para identificación de emulsiones asfálticas catiónicas (ASTM D7402-09 y NTL 194/99); pH de emulsión asfáltica (NTL 195/92); índice de rotura (UNE-EN 13075-1); penetración (ASTM D5-06); ductilidad (ASTM D113-07); solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042-09)	-Se toman 4 muestras cada 2000m3 de material por estabilizar para comprobar que cumpla con todo lo requerido. -Se realizan 1 vez por jornada los ensayos Límite líquido, Índice de plasticidad y caras fracturas; Se realiza también 1 vez por jornada o cada 3000 m2 de superficie compactada un ensayo de granulometría. -1 vez por semana Equivalencia de arena, Valor de azul de metileno (si aplica), contenido de materia orgánica, contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables., índices de alargamiento y aplanamiento. -1 vez por mes ensayos de CBR, desgaste en la máquina de Los Ángeles, degradación por abrasión en el equipo micro-deval. -También se verifica periódicamente la calidad del cemento, agua y aditivos si se usan; a su vez de la mezcla elaborada se toman 3 muestras por lote para determinar su contenido de cemento y 2 muestras cada lote para determinar la resistencia a compresión simple -Del material colocado y compactado se realizan cada lote ensayos de densidad seca para determinar compactación y determinación de rugosidad (ASTM E950) •Se realizan ensayos del agua si no es potable verificando su Ph y contenido de sulfatos; así como ensayos a la emulsión para el curado incluso si esta certificado (2 muestras de 2kg por cada carrotanque y 2 muestras si se almaceno más de 15 días)	-Los ensayos de revisión pueden reducirse a la mitad si se aprueba. -En caso que en las verificaciones periódicas de material no se den resultados satisfactorios, se realizan 2 pruebas más, si no cumplen igual no se usa el material. -Lote se define como la menor área entre 500m de capa terminada, 3500 m2, obra ejecutada en una jornada de trabajo, obra ejecutada con el mismo material.
Chile	-Para el agregado: Limite líquido y limite plástico(ASTM D423); Desgaste los ángeles(ASTM C 131-69); Contenido sales solubles(EN 1744-1:1998); equivalencia de arena (ASTM D 2419-74 y AASHTO T 176-70); Granulometría (MC V8-8.101.1.B); Cemento hidráulico (ASTM C 205-64 T, ASTM C 340-66 T, ASTM C 358-66 T); Agua (ISO 12439:2010,AASHTO M 148) -El asfalto para el curado se le podrán realizar los siguientes ensayos: viscosidad cinemática (ASTM D2170); punto de inflamación (ASTM D3143); ensayo de destilación (ASTM D402); en residuos de destilación, ensayos de viscosidad (ASTM D2170), ductilidad (ASTM D113), solubilidad (ASTM D2042); ensayo para determinación del agua (ASTM D95) y ensayo Heptano/xilol (AASHTO T102-82)	-Control de compactación, humedad y de espesor (ASTM D 1556); también ensayos para verificar la resistencia a compresión -Se realizan ensayos para comprobar que cumpla con todos los otros requisitos necesarios; igualmente para asfaltos usados para el curado.	-
España	-Si se tiene un marcado CE según el Anejo ZA de la norma UNE-EN 13242, con un sistema de evaluación de la conformidad 2+ se verifica que las propiedades que dice sean las correctas y las requeridas, aunque se podrán hacer los ensayos que considere oportunos. Caso contrario al material se ensaya lo siguiente: Granulometría (UNE-EN 933-1); coeficiente los Ángeles (UNE-EN 1097-2); índice de lajas (UNE-EN 933-3); Proporción de caras de fractura (UNE-EN 933-5); contenido de azufre total y sulfatos solubles en ácido (UNE-EN 1744-1); determinación de compuestos orgánicos que afectan al fraguado y endurecimiento del cemento (UNE-EN 1744-1); descripción petrográfica (UNE-EN 932-3); Límite líquido e indice de plasticidad (UNE 103103 y UNE 103104); equivalencia de arena del árido fino (Anexo A UNE-EN 933-8) y azul de metileno (Anexo A UNE-EN 933-9). -El asfalto para el curado se le podrán realizar los siguientes ensayos: índice de rotura (UNE-EN 13075-1); contenido de ligante (UNE-EN 1428); contenido de fluidificante (UNE-EN 1431); tiempo de fluencia (UNE-EN 12846-1); residuo de tamizado (UNE-EN 1429); tendencia a sedimentación (UNE-EN 12847); adhesividad (UNE-EN 13614); en el residuo por evaporación (UNE-EN 13074-1), ensayos de penetración (UNE-EN 1426), punto de reblandamiento (UNE-EN 1427); y en residuo por evaporación (UNE-EN 13074-1) y luego estabilización (UNE-EN 13074-2), penetración (UNE-EN 1426) y punto de reblandamiento (UNE-EN 1427)	Si se tiene un marcado CE se verifica que las propiedades que dice sean las correctas y las requeridas, aunque se podrán hacer los ensayos que considere oportunos. -En la fabricación se realizan cada 1000 m3 o el de cada día si se realiza menos material: Humedad natural (UNE-EN 1097-5); límite líquido e indice de plasticidad -Equivalencia de arena y azul de metileno; granulometría por tamizado (UNE-EN 933-1) -Por cada 5000 m3 o 1 vez a la semana si se emplea menos material: Límite líquido e índice de plasticidad (UNE 103103 y UNE 103104) -Al menos una vez al mes para ambos sc y gc: Presencia de sustancias orgánicas (UNE-EN 1744-1); contenido de azufre total y sulfatos solubles en ácido; índice de lajas del árido grueso (UNE-EN 933-5) y coeficiente Los Ángeles. -Junto a ello se tomas 2 veces al día una muestra representativa seca para determinar la granulometría. -De la mezcla se determinara una vez por lote la humedad del material tratado (UNE 103300) y en todo caso 2 veces al día. -Se realizan ensayos de densidad (UNE 103900) y de humedad de manera aleatoria y mínimo 7 medidas por lote. -Para el curado: Se toman 2 muestras por procedencia y cualquier volumen para ensayar granulometría (UNE-EN 933-2), el equivalente de arena (SE4) (UNE-EN 933-8 anexo A), y la plasticidad (UNE 103103 y UNE 103104). Y la emulsión será ensayada para comprobar todas las especificaciones que deberá tener. -Además para el curado se tomaran mínimo 3 puntos por lote para comprobar la dotación.	Lote se define como la menor entre 500m de calzada, 3500 m2 y la fracción construida en un día.
Estados Unidos	-Para el agregado: Ensayo de abrasión Los ángeles (AASHTO T96 y ASTM C535); ensayo de resistencia a los sulfatos (AASHTO T 104); partículas planas y alargadas en agregado grueso (ASTM D4791); limite líquido e índice de plasticidad(AASHTO T89 o ASTM D4318); ensayo granulométrico(ASTM C136/AASHTO T27 y AASHTO T11); equivalencia de arena (ASTM D2419); materia orgánica (ASTM D 2974); contenido de sulfatos (AASHTO T 290); solidez del material (ASTM C88); terrones de arcilla (ASTM C142/C142M); expansividad potencial reactiva de agregados finos (ASTM C1260) -Para el asfalto de curado RC 70, RC 250, RC 800 o RC 3000: viscosidad cinemática (ASTM D2170 o AASHTO T201); punto de inflamación (ASTM D3141 o AASHTO T79); destilado a 360°C (ASTM D402 o AASHTO T78); en residuo restante de destilación, ensayos de viscosidad (ASTM D2171 o AASHTO T202), ductilidad (ASTM D113 o AASHTO T51) y solubilidad (ASTM D2042 o AASHTO T44); porcentaje de agua (ASTM D95 o AASHTO T55); contenido de nafta estándar, nafta-xileno o heftano-xileno (AASHTO T102) -Para el asfalto de curado MC 30, MC 70, MC 250, MC 800 o RC 3000: viscosidad cinemática (AASHTO T201) o viscosidad (AASHTO T202); punto de inflamación (AASHTO T79); porcentaje de agua (AASHTO T55); destilado a 360°C (AASHTO T78); en residuos de destilación, ensayos de viscosidad (AASHTO T202) o penetración (AASHTO T49), ductilidad (AASHTO T51), solubilidad (AASHTO T44); contenido de nafta estándar, nafta-xileno o heftano-xileno (AASHTO T102) -Para asfalto de la AASHTO M140 o M208: Viscosidad Saybolt Furol (ASTM D7496); estabilidad de almacenamiento a 24h (ASTM D6930); demulsibilidad (ASTM D6936); prueba de carga de la partícula (ASTM D7402); capacidad de cubrimiento y resistencia del agua (ASTM D6930); prueba en mezcla con cemento (ASTM D6935); ensayo tamizado (ASTM D6933); residuo por destilación (ASTM D6997); aceite destilado por volumen de emulsión (ASTM D6997); en residuo de destilación ensayos de penetración (ASTM D5), ductibilidad (ASTM D113), solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042) y prueba de flotación.	Se comprueban que todas las especificaciones cumplan con lo requerido mediante distintos ensayos. - Se comprueba la densidad in situ (AASHTO T 310 o T 191) y el contenido de humedad (AASHTO T 310), junto a control de gradación y resistencia a la compresión (ASTM C39/C39M) - Ensayo de Limite líquido e índice de plasticidad, ensayos de contenido de humedad y ensayos de densidad. (AASHTO T180 y T99) Todo junto a un control de superficie junto a su curado.	-
Sudáfrica	-Para el agregado: CBR(ASTM D4833 o SANS 3001-GR40); Análisis granulométrico(SANS 3001-AG1); Análisis del tamaño de partículas de material inferior a 2 mm y 0,075mm; Hinchamiento; ensayo de durabilidad en molino; ensayo para determinación de impacto en agregado (BS 812-112:1990); Determinación del límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad(SANS 3001); el índice de plasticidad. -Para la emulsión usada en riego de imprimación: viscosidad cinemática (ASTM D2170); viscosidad dinámica (ASTM D4402); punto de inflamación (ASTM D93); cantidad de agua (ASTM D95); destilado a 360°C (ASTM D402); en residuos de destilación, ensayos de viscosidad (ASTM D4402). -Si se usa los tipos de la SANS 4001-BT3 o BT4: Viscosidad Saybolt Furol (ASTM D7496); estabilidad de almacenamiento a 24h (ASTM D6930); demulsibilidad (ASTM D6936); prueba de carga de la partícula (ASTM D7402); capacidad de cubrimiento y resistencia del agua (ASTM D6930); prueba en mezcla con cemento (ASTM D6935); ensayo tamizado (ASTM D6933); residuo por destilación (ASTM D6997); aceite destilado por volumen de emulsión (ASTM D6997); en residuo de destilación ensayos de penetración (ASTM D5), ductibilidad (ASTM D113), solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042) y prueba de flotación.	Se realizan ensayos de manera aleatoria para comprobar que todos los parámetros cumplan con lo exigido. Uno de los ensayos más importantes es el de Densidad seca Máxima (SANS 3001-GR30)	-
Australia y Nueva Zelanda	Distribución de tamaños de partículas (AS 1289.3.6.1); límite plástico (AS 1289.3.1 y NZ 4402.2.3:1986), límite líquido (AS 1289.3.2 y NZ 4402.2.2:1986), índice de plasticidad (AS 1289.3.3 y NZ 4402 2.4:1986); resistencia máxima a la compresión en seco (AS 1289.5); desgaste por Los Ángeles (AS 1141.23 y NZ 4407 3.12:1991); índice de descamación (AS 1141.15 y NZ 1141.15: 1999); resistencia húmeda seca (AS 1141.22 y NZ 1141.22: 1996); equivalencia de arena (NZ 3.6:1991); forma de la partícula (AS 1141.14-2007, .15-1999, .16-2007, .18-1996); sulfatos (AS 1289.4.2.1: 1997); contenido de sulfatos solubles en ácido (AS 1141.36); caras fracturadas (AS 1141.18 – 1996); contenido de MO (NZS 4402 3.1.1:1986)	Se debe comprobar que cumplan todos los parámetros que se dieron en el diseño. Realizando ensayos de distribución de tamaños de partículas, límite plástico, límite líquido, índice de plasticidad, resistencia máxima a la compresión en seco, desgaste por Los Ángeles, resistencia húmeda seca. Se realizan ensayos de contenido de cemento (AS 1289.5.10.1:2018); compactación y densidad (AS 1289.5.3.1:2009).	-
Tailandia	-Para el agregado: CBR(AASHTO T193); Límite líquido(AASHTO T89); índice de plasticidad(AASHTO T90); ensayos para determinar la existencia a la compresión (AASHTO T 208); ensayo de abrasión Los Ángeles (ASTM C 131 y C535); ensayo de resistencia a los sulfatos (AASHTO T 104 y ASTM C 88) -Para curado los asfaltos tipo RC-70 o RC-250: viscosidad cinemática (ASTM D2170); cantidad de agua (ASTM D95); contenido de nafta estándar, nafta-xileno o heftanoxsileno (AASHTO T102); en residuo restante de destilación, ensayos de viscosidad (ASTM D2171) o penetración (ASTM D5), ductilidad (ASTM D113), solubilidad (ASTM D2042). -CSS-1 y CSS-1h según la ASTM D244 y lo indicado en la los siguientes es: Viscosidad Saybolt Furol (ASTM D7496); separación de capas por asentamiento (ASTM D6930); estabilidad de almacenamiento a 24h (ASTM D6930); demulsibilidad (ASTM D6936); prueba de tamizado (ASTM D6933); ensayo para cantidad de cemento (ASTM D6935); carga de la partícula (ASTM D7402); residuo (ASTM D6997); penetración (ASTM D5); ductibilidad (ASTM D113) y solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042).	Pruebas de densidad cada 100m o áreas de 500 m2 (AASTHO T191) Se realizan ensayos de inspección luego de compactada y que cumpla con los requisitos necesarios, un ejemplo de ellos es el ensayo de compactación (AASHTO T180) Ensayos cada período de construcción tomando 3 muestras para saber la resistencia a compresión, se hará en espesores no mayores a 150mm y área no mayor a 1500 m2 (AASHTO T 208)	

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Dirección de Vialidad, 2022); (Invias, 2022); *(Ministerio de Fomento, 2019)*; (Committee of Transport Officials, 2020); *(Austroads, 2021)*; (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (Portland Cement Association, 2006);

(American Concrete Pavement Association, 2007); (South African National Standard, 2014); *(Department of Highways, 1974)*; *(Department of Highways, 1974)*; *(Department of Highways, 1974)*; *(Department of Highways, 1974)*; *(Department of Highways, 1988)*; *(Department of Highways, 1974)*; *(Department of Highways, 1974)*; *(Department of Highways, 1974)*; (Unified Facilities Guide Specifications, 2020); (Transport for NSW, 2020); *(Instituto Nacional de Normalización, 1968)*; *(Instituto Nacional de Normalización, 2012)*.

Nuevamente Colombia y España son aquellos que comparado con el resto presentan de forma más detallada los ensayos realizados periódicamente para control de calidad; aunque España en realidad llega a tenerlos de manera no obligatoria al tener un marcado CE y solo se harán cuando no tienen este etiquetado o cuando el supervisor lo indique. Igualmente, la mayoría de países basan sus ensayos en las normas ASTM o AASHTO, claramente abran algunas excepciones entre ellos, como es el caso de España con la normativa europea y el caso de Australia y Nueva Zelanda con su propia normativa.

Requisitos de capa terminada

La subbase tratada o estabilizada con cemento, deberá cumplir unos requisitos o criterios de calidad final luego de terminada, La figura 21 o en la tabla 40 del apéndice, muestra los estándares para los diferentes países que debe alcanzar la subbase cuando ya ha sido compactada.

Figura 21

Criterios de calidad de la base terminada (Base tratada con cemento)

País	Criterios de Calidad terminado	Requisitos adicionales
Colombia	-Grado de compactación ≥ 98% -Espesor promedio ≥ Espesor de diseño y ≥ 90% en muestras individuales. -La cota en cualquier punto no podrá variar más de 10mm de la proyectada. -Planicidad con variación menor a 15mm -Regularidad superficial con una rugosidad que dependerá de la clase de material y espesor total, se expresa en Índice de rugosidad internacional con la ASTM E1926 y ASTM E950 : Para % de hectómetros de 50% si e ≥ 20 cm (< 3,0), 10 cm < e < 20 cm o e ≤ 10 cm (< 2,5); Para 80% si e ≥ 20 cm (< 4,0), 10 cm < e < 20 cm o e ≤ 10 cm (< 3,5); Para 100% si e ≥ 20 cm (< 5,0), 10 cm < e < 20 cm (< 4,5) y e ≤ 10 cm (< 4,0). Esta se medirá con mira y nivel y se determinara el IRI (NTL 330-98), si es con perfilómetro pivotante de alta precisión (NTL 331-98) y equipo de referencia inercial validado previamente con 1 de precisión en tramo de 200m(ASTM E950) -La rasante no debe superar ni quedar debajo de 15 mm de lo proyectado -La resistencia final deberá ser ≥ 92% de la resistencia del diseño y ≥ 90% en muestras individuales -El porcentaje de cemento final deberá variar máximo ± 0,3% de la diseñada y ± 0,5% en muestras individuales	Los sitios para verificación de compactación se realizan determinando la densidad seca de la capa, escogiendo un sitio al azar. Como mínimo 1 prueba por hectómetro y 5 ensayos por lote (lote el menor de 500m o 3500m2 de capa compactada, obra ejecutada por jornada, obra ejecutada con el mismo material)
Chile	-Si la base es tratada con cemento deberá luego de 7d tener una resistencia a la compresión ≥ 4,5MPa, en cambio sí es una base granular tratada con cemento deberá tener una resistencia entre 2,5 a 4,5MPa -Grado de compactación ≥ 98% -Tolerancia de espesor de ± 0.5 m. -Tolerancia de nivel ± 0.10 m -Las cotas en cualquier punto no podrán variar más de 15 mm	-Las áreas que no cumplen con las cotas se reemplazaran con una nueva, aunque también si la capa de rodadura es una mezcla asfáltica se podrá usar esta misma mezcla para compensar las depresiones, esto se realiza previo a la capa de rodadura; y si es una base granular tratada con cemento bajo una capa de rodadura de hormigón se podrá también rellenar estos espacios con la mezcla. -Si no se cumple con la resistencia se impondrán multas dependiendo de la diferencia que esta tenga con la que se necesitaba.
España	-Deberá tener una densidad luego de compactada ≥ 98% de la densidad máxima. -La rasante deberá tener una textura uniforme, sin segregaciones u ondulaciones y con las pendientes adecuadas; no deberá superar en ningún punto a la teórica ni quedar por debajo de 15mm -Cada 20 metros se verifica que la anchura no podrá ser superior a la teórica ni quedar por debajo más de 100mm. -Regularidad superficial con una rugosidad se expresa en Índice de rugosidad internacional IRI con la NTL-330: Para % de hectómetros de 50% con tráfico T00 a T4 (< 3,0), para 80% y tráfico de T00 a T4 (< 3,5), para 100% (< 4,0); estos podrán cambiar en 0,5 si se realizó la prefisuración -Su espesor no podrá ser inferior al mínimo que se exige; aunque se aceptara si este es ≥ 90% del requerido, solo si se compensa esta diferencia añadiendo ese espesor faltante en la otra capa.	El IRI se comprobará cada 1000 metros; junto a ello se comprobará el espesor y densidad con mínimo 6 muestras por lote. La rasante se comprueba cada 20 metros
Estados Unidos	-Debe tener la capa final una resistencia a la compresión de 750 psi para pavimentos flexibles y 500 para pavimentos rígidos. -Según la AASHTO se deberá compactar hasta obtener una densidad ≥ 95% de la máxima, aunque la Unified Facilities Guide Specifications deberá ser ≥ 98% de la densidad máxima -Tolerancia de superficie de máximo 15mm de diferencia (planicidad) -El espesor de la capa compactada deberá ser mayor o igual a la de diseño. Se tolerará máximo 6mm como máximo.	La densidad máxima se determina con la AASHTO T 180 (proctor modificado) o AASHTO T 99(proctor estándar)
Sudáfrica	-Se debe compactar hasta alcanzar entre un 100% de densidad máxima. -Se tendrá una tolerancia de nivelación de 20mm -Desviación máxima de los bordes de 75mm -La capa no puede variar en su espesor más de 20 mm. -La rasante no debe superar ni quedar debajo de 10 mm de lo proyectado -IP material estabilizado máximo 6 -Resistencia a la compresión con un mínimo 0,75 a 5MPa -Resistencia a la tracción de máximo 350KPa	Se controla el nivel de la capa cada 20m mínimo
Australia y Nueva Zelanda	-Se deberá tener una resistencia a la compresión a los 28 días de entre 0,7 a 1,5 MPa -Planicidad con tolerancia máximo de 10 mm y si está bajo un pavimento flexible será máximo 15 mm -Según la Main roads Western Australia se tiene una tolerancia de nivelación de entre -25 mm y 5mm -Se tiene una toleración superficial vertical de +/- 15mm -Toleración de a lo ancho de 0-100mm -Tolerancia de espesor de +/- 15mm -Se debe compactar hasta alcanzar entre un 94% a 96% de densidad máxima según la Main roads Western Australia	-
Tailandia	-Se debe compactar hasta alcanzar una densidad seca de como mínimo un 95% de la densidad seca máxima. -Si es una mezcla con piedra triturada deberá obtener una resistencia a la compresión mayor a 2.4 MPa; si es suelo-cemento deberá obtener una resistencia a la compresión mayor a 1.7 MPa -Se permite una diferencia de planeidad de máximo 10mm -Diferencia de nivel no mayor a 10mm.	La inspección de planeidad y nivel cada 25m. Si la resistencia a la compresión final no es la diseñada, se realizan nuevos ensayos y estos deberán tener que, la resistencia a la compresión deba ser mayor o igual al 85% de la diseñada.

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Direccion de Vialidad, 2022); *(Ministerio de Fomento, 2019)*;

(Committee of Transport Officials, 2020); *(Austroads, 2021)*; (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (Portland Cement Association, 2006); (South African National Standard, 2014); (Unified Facilities Guide Specifications, 2020); (Transport for NSW, 2020)

Se observa que Sudáfrica es quien presenta la tolerancia más estricta respecto a grado de compactación, con un valor superior o igual al 100%; seguida por Colombia, Chile y España con un 98%; Estados Unidos con un 95%, aunque dependiendo el documento será 98%; Australia y Nueva Zelanda siendo de 94-96%; igualmente Tailandia con un 95%.

En cuanto a las tolerancias, Colombia y España son los únicos que las presentan, pero Colombia especifica con más detalle los requisitos de regularidad superficial, estableciendo parámetros precisos en relación con el porcentaje de hectómetros y el espesor de la capa en cada caso; siendo España otro de los países que lo involucra, pero mucho menos detallado.

El requisito de resistencia a compresión varía según el país, Colombia presenta un porcentaje de tolerancia; en cambio países como Chile, Estados Unidos, Sudáfrica, Tailandia, Australia y Nueva Zelanda presentan un valor de resistencia el cual se debe superar, donde estos 2 últimos son quienes presentan el requisito menos exigente, diferente a Estados Unidos que no solo tiene los valores más exigentes, sino que los divide según el pavimento que ira sobre él.

Si en la superficie terminada no se cumplen los requisitos necesarios, entonces, esta deberá ser corregida de la manera más adecuada posible.

3.2.3. Base tratada con emulsión asfáltica

La Base Tratada con Emulsión es una técnica de estabilización de agregados que emplea emulsión y material adicional como cemento o cal. Al incorporar asfalto emulsionado, se fortalece la capa y se incrementa su resistencia a la intemperie. Algunos beneficios notables de esta técnica incluyen su producción en frío, su adaptabilidad a distintos tipos de tráfico, y su contribución al ahorro de costos debido a su durabilidad y mayor resistencia. En última instancia, esta base proporciona una fundación sólida y duradera para las carreteras, reduciendo la necesidad de mantenimiento y prolongando su vida útil (Sripath Technologies, 2022)

Los únicos países en que este tipo de base se encuentra estipulada son: Colombia, Estados Unidos, Sudáfrica, Australia y Nueva Zelanda.

Requisitos previos a la construcción

Previo al momento de la construcción de la base existen exigencias y parámetros respecto al equipo, maquinaria y demás; en la Figura 22 o en la tabla 41 del apéndice, se representan los requisitos en común, así como los requisitos únicos de cada uno.

Figura 22

Especificaciones y requisitos antes de iniciar (Base tratada con emulsión)

País	Exigencias	Parámetros adicionales
Colombia		•La mezcla se realiza en planta de mezcla o máquina estabilizadora •Se necesitara maquinaria para escarificación si se necesita. •Para la disgregación y compactación se usara motoniveladora, compactadores metálicos vibratorios y neumáticos, carrotanques para aplicar agua y el material del riego de curado de la capa compactada •Si así se indica se usara una máquina extendedora autopropulsada para la extensión de la mezcla •La emulsión asfáltica se transporta desde la planta de fabricación hasta la colocación se realiza a grane con carrotanques que no requieran aislamiento térmico ni calefacción. Y si al transportar para almacenar los tanques no tienen medios de carga se usarán en los carrotanques medios neumáticos o mecánicos para el transvase, y si se usa bombas de transvase deben ser del tipo rotativo a las centrífugas. El trasvase siempre por tubería directa. •Si se requiere almacenar la emulsión asfáltica se realiza en tanques cilíndricos verticales, con tuberías de fondo para carga y descarga. Deben tener bocas de ventilación y aparatos de medida y seguridad, junto a una válvula para las muestras.
Estados Unidos	En el momento de la construcción de la base esta debe siempre seguir el procedimiento, usar la maquinaria y el equipo que se indicaron en el documento del proyecto que ya haya sido aprobado y probado en tramos de experimentación o prueba, además de inspeccionar que todos estos cumplan con sus respectivas certificaciones; otro aspecto es que el traslado de material debe ser en el equipo idóneo, cubierto de ser necesario.	•Mezcladora estacionaria para la mezcla, debe contar con equipo de pesaje, volumétrico u otro equipo de medición para control de material; además contar con controles de alimentación interconectados. •Planta central de tipo continuo o discontinuo, con dispositivos de dosificación y alimentación calibrados que introduzcan el agregado, el material bituminoso, el agua y los aditivos (si se usan) en la mezcladora en las cantidades especificadas. •Esparcidor mecánico autopropulsado y orientable que tenga velocidades variables hacia adelante y hacia atrás; esparcidos que contenga una tolva, una regla ajustable y rollos de parachoques externos; el esparcidor deberá ir sobre orugas, neumáticos de goma o rodillos de acero tipo tambor que no alteren el material subyacente. •Mezclador/Reciclador para realiza mezcla in situ •Distribuidor neumático para esparcir el material bituminoso (capacidad de rociar material bituminoso en una doble o triple solape uniforme a la temperatura especificada) •Apisonadores o compactadores aprobados (Apisonador o rodillo de rejilla; rodillo con ruedas de acero; rodillo vibratorio; rodillo de neumáticos y/o compactador de placa vibratoria)
Sudáfrica		•Maquina Pugmill para mezcla en planta •Uso de maquina recicladora para realización de mezcla in situ. •Para mezcla con emulsión bituminosa y en caso de requerirse se podrá usar tanques rociadores (spray tanker) calibrado con una barra rociadora. Y niveladora y rotovator para nivelar. •Uso combinado de niveladora, grada de discos y/o mezcladora rotativa o mediante el uso de una recicladora con sensores electrónicos para realizar el mezclado de ser necesario.
Australia y Nueva Zelanda		•El esparcimiento se realiza mediante un camión cisterna directamente a partir del reciclador. •Para la mezcla en planta, si se realiza un betún espumado hacerlo mediante una pugmill. •Para la mezcla se usa niveladora, grada de discos y/o mezcladora rotativa o mediante el uso de una recicladora con sensores electrónicos •Para la compactación se pueden usar equipos de presión estática (Rodillos lisos con ruedas de acero), fuerza de impacto (Placas y rodillos compactadores, rodillos de impacto y rodillos de rejilla), vibración o que combinen varios de los anteriores como: Rodillos neumáticos de múltiples ruedas, rodillos lisos oscilantes y vibratorios, rodillos de pie de cabra.

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Committee of Transport Officials, 2020); (Austroads, 2019); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (Southern African Bitumen Association, 2020); (Transport for NSW, 2020); *(NZ Transport Agency, 2022)*; (Mainroads, 2023); (Unified Facilities Guide Specifications, 2020).

De la tabla anterior se pueden observar que todos tienen aspectos en común y es que se usara la maquinaria estipulada en el proyecto. Todos indican la elaboración de la mezcla en plantas centrales, donde se realizará una mezcla con mejores características, además, incluyen la mezcla en el sitio como otra forma de construcción de la capa, donde todas incluyen equipo para realizarlo y donde todas tienen en común el equipo para el mezclado en el sitio, estes es mediante el uso de la llamada maquina estabilizadora o recicladora.

En equipo de compactación, cada país presenta equipos con características distintas. En algunas ocasiones, estos equipos son similares, pero con componentes diferentes al otro. Colombia y Sudáfrica tienen en común el uso de motoniveladora, aunque Sudáfrica amplia las opciones añadiendo el rotovator.

Colombia añade equipo de almacenamiento para la emulsión asfáltica y equipos de compactación a usar para la capa; Estados Unidos presenta la Mezcladora estacionaria para realizar la mezcla como alternativa a la planta central; Australia y Nueva Zelanda, nuevamente presentan una gran variedad de equipo de compactación que se podrán usar; Sudáfrica presenta el uso de maquina pugmill para mezcla en planta como el único en ser preciso en la parte de realización de la mezcla.

Las consideraciones del clima se encontrarán en la Tabla 13, donde muestra las especificaciones de los países respecto a los aspectos climáticos a considerar para la realización de la base tratada.

Tabla 13

Especificaciones del clima (Base tratada con emulsión)

País	Requisitos climáticos	Especificaciones adicionales
Colombia	No se pueden iniciar procesos para la construcción de la subbase si está lloviendo o si existe sospecha de que llueva Y se recomienda realizar las obras cuando haya luz solar	La temperatura no puede ser menor a 5°C a la sombra, también no se podrá si se sospechan temperaturas menores a 1.5°C en las próximas 48 horas
Estados Unidos		No se podrá realizar la mezcla si la temperatura es menor a 10°C.
Sudáfrica		No se podrá realizar la estabilización si existen vientos de más de 14km/h, tiempo húmedo o frio cuando la temperatura ambiente sea inferior a 3°C, o con temperaturas que estén descendiendo y se sitúe en 7°C; tampoco si se sospecha que la capa en los siguientes 3 días tendra una temperatura inferior a 1°C
Australia y Nueva Zelanda		-

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Committee of Transport Officials, 2020); (Austroads, 2019); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (Southern African Bitumen Association, 2020); (Transport for NSW, 2020); *(NZ Transport Agency, 2022)*; (Mainroads, 2023); (Unified Facilities Guide Specifications, 2020).

Se encuentra que, Australia y Nueva Zelanda no presenta requisito adicional al requisito general presentado; Estados Unidos es la más exigente respecto a la temperatura a la que se podrá realizar la capa, con un mínimo de 10°C, le sigue Colombia con 5°C y Sudáfrica 3°C. Colombia añade las sospechas de temperatura menores a 1.5 °C y Sudáfrica agrega una velocidad de vientos que será máximo 14 km/h.

Especificaciones para la base tratada o estabilizada con emulsión asfáltica

El material a emplear para la base debe cumplir con unos respectivos requisitos específicos. La figura 23 o en la tabla 42 del apéndice, detalla las especificaciones técnicas que estos materiales deben cumplir, abordando cada punto de acuerdo con los documentos técnicos correspondientes.

Figura 23

Especificaciones de materiales a usar (Base tratada con emulsión)

País	Observaciones previas	Requisitos para la capa base	Observaciones adicionales
Colombia	•Los materiales a usar podrán ser agregados pétreos (roca triturada o grava) o suelos naturales; si se usa agregado pétreo se podrá usar en todos los tipos de tránsito, en cambio si se usan suelos naturales solo se podrán usar para tránsitos de tipo NT1: N80kN ≤ 0.5M •Se usa emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta tipo CRL - 57 o CRL - 57h; donde el valor 57 es el porcentaje de asfalto que tiene la mezcla, la h será rotura lenta de alta estabilidad. Esta emulsión se realiza con Asfalto residual duro (ARD) en zonas con temperatura ≥ 15 °C y asfalto residual blando (ARB) para temperaturas < 15 °C. Esta emulsión deberá tener una certificación del fabricante de la emulsión expedida. •Uso de puzolanas como cemento hidráulico, cal hidratada y cenizas volantes como llenantes que complementan la acción del ligante asfáltico. Si se usan para control de rotura de la emulsión asfáltica no se consideran puzolanas. •Se podrán usar aditivos para mejorar la adherencia con el uso de Cal tipo 1 (AASHTO M 303-89 2019) con cal activa ≥ 83%, oxido de calcio ≤ 7% y contenido de agua ≤ 3%; compuestos del tipo amina, organosilanos y ésteres de fosfato; cenizas (AASHTO M 295-19) u otros productos de calidad certificada.	•El material deberá estar exentos de materia orgánica, terrones de arcilla u otra sustancia nociva o inconveniente para el buen comportamiento de la capa estabilizada. •Si el material a usar es un agregado pétreo -Desgaste Los Ángeles ≤ 50% (500 revoluciones) y ≤ 10% (100 revoluciones); Degradación por abrasión ≤ 45% (no necesario para tránsito NT1) -Resistencia mecánicas: Valor en seco ≥ 30kN y relación húmedo/seco ≥ 50% (solo para NT2 y NT3) -Caras fracturadas(una cara) ≥ 90% -Perdidas mediante prueba de sulfato de magnesio ≤ 18% -LL ≤ 35%; IP ≤ 7%; Equivalencia de arena ≥ 20%; Contenido de terrones de arcilla o partículas deleznables ≤ 2%; Porcentaje de partículas fracturadas ≥ 50%; Índice global de partículas aplanadas y alargadas ≥ 50% -CBR ≥ 20% para NT1 y ≥ 30% para NT2 y NT3 •Si el material a use es suelo natural (suelos granulares para NT1) -Clasificación AASHTO serán los A-1-a o A-1-b o A-2-4 -IP ≤ 7%; Equivalencia de arena ≥ 40%; Contenido de terrones de arcilla o partículas deleznables ≤ 2% -CBR ≥ 20% •Especificaciones para Emulsión asfáltica tipo CRL - 57 y CRL - 57h -Contenido de asfalto residual ≥ 57%; Contenido de agua ≤ 43%; Viscosidad con Saybolt-Furol a 25°C entre 20 - 200s (segundos) -Estabilidad durante almacenamiento: ≤ 1% (sedimentación a 24h) y ≤ 5% (sedimentación a los 5d) -Porcentaje retenido en tamiz N°20 ≤ 0.1%; carga eléctrica de partícula debe ser positiva; pH ≤ 5. •Especificaciones para Emulsión asfáltica solo para tipo CRL - 57 -Penetración (25°C, 100g, 5s) para ARD de entre 60 - 100 décimas de mm (0,1mm) y para ARB de entre 100 - 250; Ductibilidad (25°C, 5cm/min) ≥ 40cm; Solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5% •Especificaciones para Emulsión asfáltica solo para tipo CRL - 57h -Rotura en ensayo de mezcla con cemento ≤ 2% -Penetración (25°C, 100g, 5s) de entre 60 - 100 décimas de mm (0,1mm); Ductibilidad (25°C, 5cm/min) ≥ 40cm; Solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5% •El agua para realizar la mezcla debe ser agua potable, limpia y libre de agentes contaminantes; si no es potable debe tener un Ph de entre 5,5 y 8 y un contenido de sulfatos ≤ 1,0 kg/m3	•La mezcla de agregados pétreos puede provenir de material seleccionado y/o tratado de una planta de producción o también provenir de material escarificado del sitio y tratado. •El material si es agregado pétreo deberá en el diseño estar ajustado a una de las 2 franjas granulométricas, para 38mm y 25mm; si es suelo granular estar ajustado a la franja granulométrica de 5mm. -BBE-38 un PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 80-95, PP (12.5 mm): 50-80, PP (9.5 mm): 45-75, PP4: 30-60, PPB: 20-45, PP40: 10-27, PP100: 5-18 y PP200: 3-15 -BBE-25 un PP (25 mm): 100, PP (12.5 mm): 60-90, PP (9.5 mm): 50-80, PP4: 30-60, PPB: 20-45, PP40: 10-27, PP100: 5-18 y PP200: 3-15 -BBE-5 un PP4: 100 y PP200: 5-25 •La relación de polvo PP200/PP40 no puede ser más de 2/3. •El producto entre PP200 e IP no podrá ser más de 72 •Para clase 2 el tamaño máximo de las partículas debe ser como máximo 1/3 del espesor a tener de capa. •Si los IP y LL son mayores a lo establecido o CBR menor, se puede hacer un tratamiento previo con cal y luego se hará con cemento, siempre que en fase de experimentación se comprueba un buen comportamiento.
Estados Unidos	-El material a usar será material granular, este agregado será el principal elemento dentro de la mezcla. -La emulsión asfáltica deberá tener una certificación ya se de producción o comercial. Esta certificación de fabricante deberá ser una ISO 9000 o un sistema de pruebas e inspección eficaz. -Según la FWHA entre el 80 y el 95% en peso de una mezcla de base estabilizada puede consistir en agregados, estos agregados incluyen fuentes de agregados convencionales, como piedra triturada o arena y grava, y otros materiales agregados, como escoria de alto horno, materiales de pavimentación reciclados y cenizas de fondo o escoria de caldera de centrales eléctricas alimentadas con carbón. -Suministrar agua libre de sustancias perjudiciales para el trabajo. -Según la Unified Facilities Guide Specifications el tipo de emulsión a usar en la base serán los siguientes: MS-2h (Emulsión asfáltica de ruptura rápida y ajuste medio), HFMS-2h (Emulsión asfáltica de alta flotabilidad, ruptura rápida y ajuste medio), HFMS-2s (Emulsión asfáltica de alta flotabilidad, con ruptura rápida y ajuste medio), SS-1(Emulsión asfáltica de ruptura lenta), SS-1h (Emulsión asfáltica de ruptura lenta con una viscosidad más alta), CSS-1 (Emulsión asfáltica catiónica de ruptura lenta), CSS-1h (Emulsión asfáltica catiónica de ruptura lenta con una viscosidad más alta)	Según la FWHA: •El agregado deberá tener las siguientes propiedades: -Abrasión Los Ángeles ≤ 50%; Estabilidad del suelo con sulfato de sodio 12% perdidas máximo; Índice de durabilidad(para grueso y fino) ≥ 35%; caras fracturadas ≥ 50%; Límite líquido ≤ 25% e Índice de plasticidad ≤ 4 -Según la Asphalt Institute el material deberá tener IP ≤ 6; Valor de resistencia ≥ 70; Abrasión Los Ángeles ≤ 50%; equivalencia de arena ≥ 30% -La ASTM D2940 de las partículas que se retienen en el Tamiz de 9,5mm al menos el 75% debe tener dos o más caras fracturadas; la fracción de agregado fino(mezcla final) que pasa por el Tamiz N°200 no deberá exceder el 60% de la fracción que pasa por el tamiz N°30; la fracción que pasa por el tamiz N°40 deberá tener un LL ≤ 25% e IP ≤ 4%, además el valor equivalente de arena en agregado debe ser ≥ 35% y según la ASTM C131/AASHTO T96 debe tener un desgaste de los ángeles ≤ 40% (500 revoluciones) -Según la Unified Facilities Guide Specifications el material deberá tener un PP200 ≤ 30%; CBR ≥ 80%; Límite líquido ≤ 25% e Índice de plasticidad ≤ 4; porcentaje de desgaste ≤ 40% •El asfalto emulsionado generalmente se agrega a la mezcla en dosificaciones de 2% de masa de agregado. •Según la ASTM D977 o AASHTO M140 y la ASTM D 2397 o AASHTO M 208 deben tener las siguientes especificaciones: -MS-2h : Viscosidad con Saybolt-Furol a 25°C ≥ 100 segundos; estabilidad de almacenamiento 24h ≤ 1%; residuo por destilación ≥ 65%; residuo con penetración (25°C, 100g, 5s) de entre 40 - 90, ductilidad (25°C, 5cm/min) ≥ 40 cm, Solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%; con un Recubrimiento de agregado seco bueno y recubrimiento para después de rociar, agregado húmedo y después de pulverización regular. -HFMS-2h: En su mayoría como las de MS-2h, excepto por un valor de Flotabilidad (60°C) ≥ 1200 segundos -HFMS-2s: En su mayoría como las de MS-2h; exceptuando Viscosidad ≥ 50 s, añadiendo un aceite destilado por volumen de emulsión de entre 1-7%, penetración ≥ 200. -SS-1: Viscosidad de entre 20-100s; estabilidad de almacenamiento ≤ 1%; contenido de cemento cement mixing ≤ 2%; residuo por destilación ≥ 57%; penetración de entre 100-200; ductibilidad ≥ 40% y Solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5% -SS-1h: En su mayoría como las de SS-1, excepto por un valor de penetración de entre 40-90. -CSS-1 y CSS-1h: viscosidad a 25°C de 20-100 s; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; carga de la partícula positiva; tamizado ≤ 0.10%; contenido de cemento ≤ 2%; residuo ≥ 57%; en residuo de destilación una penetración de 100-250 dmm para CSS-1 y 40-90 dmm para CSS-1h, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. -Si el asfalto emulsionado se aplica para elaboración de la mezcla en el sitio se dosificara entre 0.15 a 6L/m2 (se presenta un dato flexible ya que variara según lo que requiera el proyecto)	•El material debe estar en una de las 3 franjas granulométricas específicas que existen y que se selecciona en la etapa de diseño -Gradación C un PP (38 mm): 100, PP (25 mm): 80-100, PP (19 mm): 64-94, PP (9.5 mm): 40-69, PP4: 31-54 y PP200: 4-7. -Gradación D un PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 86-100, PP (9.5 mm): 51-82, PP4: 36-64, PP40: 12-26 y PP200: 4-7. -Gradación E un PP (19 mm): 100, PP (9.5 mm): 62-90, PP4: 36-74, PP40: 12-26 y PP200: 4-7. •Para el curado se podrá usar material bituminoso tipo SS-1, SS1h, CSS-1 o CSS-1h.
Sudáfrica	•Se podrá usar grava natural, modificada o procesada; roca triturada o arena (si se requiere); en ciertos casos y dependiendo las propiedades del material se puede usar material reciclado. -Las partículas tendrán máximo de 50 mm de diámetro. -En la parte occidental más seca de Sudáfrica, usar arena de color marrón amarillento a rojo, evitando la arena blanca o gris •Se podrá usar emulsión bituminosa o también betún espumado (Si es necesario) -Se usara emulsión aniónica o catiónica para la emulsión; donde generalmente se usa más la emulsión aniónica de grado estable y fraguado lento; ya que la emulsión bituminosa catiónica es más compatible con agregados ácidos con alto porcentaje de silice y bajo contenido de álcali, como cuarcita, granito, arenisca, riolita, sienita y felsita. Se tiene emulsión catiónica de fraguado lento (CSS60) o una emulsión aniónica de grado estable (SS60) como las normalmente usadas. -Si es para betún espumado se usara betún asfaltico de grado de penetración; con uso de betún de penetración 70/100 •Si se usa cemento como complemento a la mezcla será cemento de 32.5N y si se usa cal que cumpla la SANS 824 donde se podrá usar cal cálcica, cal magnésica o cal dolomítica (CaO + MgO base calcinada ≥ 75%, CO2 ≤ 5%, Contenido de cal disponible ≥ 60%, contenido de agua libre ≤ 3, PP20 ≤ 1.5%, PP30 ≤ 2.5%, PP200≤ 35%, Factor de solidez(expansión general) ≤ 30)	**El material de agregado deberá cumplir las mismas especificaciones que para una base normal.** La calidad del agregado serán los tipos G1 y G2; aunque según Sabita en tipos G5 y tipos G6 también podrán usarse pero para bajo transito: •Roca de alta calidad G1 (Trafico altos, tanto para E80 > 15 millones como E80 ≤ 15 millones): Porcentaje de finos ≤ 10% por masa; indice de descamación ≤ 35; todas las caras fracturadas; Para tráficos ≤ 15 millones se indica para PP0,425 un LL ≤ 25, IP ≤ 4 y LS ≤ 2% (perdida por lavado), no indicando valores concretos para > 15 millones; de manera general se debe tener un IP ≤ 8 (PP 0,075); tamaño máximo de partícula de 37.5mm. •Roca G2 igualmente de muy buena calidad: Porcentaje de finos ≤ 10% por masa; indice de descamación ≤ 35; 50% de caras fracturadas; Para material que Pasa tamiz de 0,425mm un LL ≤ 25, IP ≤ 6, LS ≤ 3% (perdida por lavado) o IP ≤ 12 (PP 0,075); tamaño máximo de partícula de 37.5mm. •Tipo G5: Requisitos que deberá tener si se usa roca media a dura que requiere trituración o gravas con guijarros en el PP(0,425 mm): Para cualquier material excepto caliceta: LL ≤ 30, IP ≤ 10, LS ≤ 5% (Perdida por lavado) Si es caliceta o caliza: LL ≤ 45; IP ≤ 15; LS ≤ 6%; LSM ≤ 320(perdida por lavado en fracción fina) Hinchazón ≤ 0.5% y CBR ≥ 45% (en partes secas y si tiene un E80 < 3 millones la subbase podrá tener CBR ≥ 25%) •Tipo G6: -Para grava con adoquines o materiales alternativos: Para cualquier material excepto caliceta: LL ≤ 2GM +10; LS ≤ 7% (Perdida por lavado) Si es caliceta o caliza: LL ≤ 45; IP ≤ 15; LS ≤ 6%; LSM ≤ 320(perdida por lavado en fracción fina) Hinchazón ≤ 0.5% y CBR ≥ 25% •Según Southern African Bitumen Association (Sabita) se debe limitar a que el agregado deba tener un IP ≤ 6 y un CBR ≥ 80; para que se realice una buena calidad de capa. •La grava deberá tener un contenido de Contenido de sulfato soluble en ácido ≤ 0,25% Contenido de sulfato soluble en ácido ≤ 0,25% (≤ 2,5 mg/L), ácidos con Ph ≥ 6,0 •La emulsión asfáltica a usar deberá ser < 3% por masa y se usan más comúnmente emulsión tipo SS60 (emulsión aniónica de grado estable) o CSS60 (emulsión catiónica de fraguado lento), las cuales deberán tener las siguientes especificaciones según la SANS 4001-BT3 y BT4: -SS60: Betún residual ≥ 60%; Viscosidad con Saybolt-Furol a 25°C entre 20 - 100 segundos; estabilidad de almacenamiento 24h ≤ 1%; particulas de carga negativa; tamizado de máximo 0.10%; contenido de cemento ≤ 2%; residuo por destilación ≥ 57%; penetración (25°C, 100g, 5s) de entre 100 - 200 mm(décimas de mm (0,10mm), ductilidad (25°C, 5cm/min) ≥ 40 cm, Solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. -CSS60: Prácticamente los mismos requisitos que la SS60 excepto por una carga de partículas positiva y una penetración (25°C, 100g, 5s) de entre 100 - 250 •El agregado a usar para la mezcla con betún espumado podrá tener una temperatura de 15 a 25°C o > 25°C y de ello dependerán las propiedades que deba tener el betún espumado a usar. •Betún espumado será realiza con la inyección de agua (2 a 4% se aplica); las propiedades para la realización de la mezcla son: -Porcentaje de finos ≥ 4% -Temperatura del betún de entre 160°C a 190°C -Relación de expansión será de 10 veces si la temperatura del agregado es de entre 15 a 25°C y de 8 veces si la temperatura del agregado es > 25°C -Vida media (tiempo para que pierda la mitad de su volumen inicial) será de 8 segundos para agregado con temperatura de entre 15 a 25°C y de 6 segundos para agregados con temperatura > 25°C •Este betún espumado deberá realizarse con un betún tipo 70/100 de penetración y según la SANS 4001-BT1 deberá cumplir lo siguiente: -Penetración (25°C, 100g, 5s) de entre 70 - 100; punto de reblandecimiento de entre 42 - 51°C; Viscosidad a 60°C ≥ 75 Pa.s y a 135°C de entre 0.15 a 0.40 Pa.s. -Ahora mediante el RTFOT debe tener un cambio de masa ≤ 0.3% por masa, viscosidad a 60°C ≤ 300% del original, punto de reblandecimiento ≥ 44°C con aumento máximo de 7°C, penetración retenida ≥ 50% del original, cantidad máxima de xileno ≤ 30% •Calidad del agua debe tener un pH entre 5.0 y 9.7, con una conductividad eléctrica máxima de 170 mS/m, sólidos totales disueltos máximos de 1200 mg/l. No podrá usarse agua de mar. •Se podrá aplicar para cualquiera de las mezclas y si es requerido cemento o cal; aplicando según sea necesario y lo que especifiquen el diseño; normalmente aplicando 1% de este.	Se deberá cumplir la franja granulométrica para el tipo de agregado a usar, el cual se seleccionó en el periodo de diseño: -Para G1: PP (37.5 mm): 100, PP (28 mm): 86-90, PP (20 mm): 73-80, PP (14 mm): 61-71, PP (5 mm): 37-49, PP (2 mm): 23-36, PP (0.425 mm): 11-20 y PP (0.075 mm): 4-10 -Para G2 y G3 (37.5 mm): PP (37.5 mm): 100, PP (28 mm): 86-95, PP (20 mm): 73-86, PP (14 mm): 61-76, PP (5 mm): 37-54, PP (2 mm): 23-40, PP (0.425 mm): 11-24 y PP (0.075 mm): 4-12 -Para G3 (28 mm): PP (28 mm): 100, PP (20 mm): 87-96, PP (14 mm): 73-86, PP (5 mm): 43-61, PP (2 mm): 27-45, PP (0.425 mm): 13-27 y PP (0.075 mm): 5-12 -Para G4 y G5 (Roca media a dura) un PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 85-100, PP (20 mm): 61-91, PP (14 mm): 48-82, PP (5 mm): 31-66, PP (2 mm): 20-50, PP (0.425 mm): 10-30 y PP (0.075 mm): 5-15
Australia y Nueva Zelanda	•Para este tipo de capa base se usan materiales granulares, también podrán ser materiales tratados con cemento o materiales que han sido retirados o fresados de una carretera existente para luego reciclarla y darle una reutilización. -Según la Transport for NSW el material granular podrá ser MB20 (tamaño nominal de 20 mm) y MB40 (tamaño nominal de 40 mm) -Según el tipo de tráfico serán las especificaciones para el material granular, se tienen 4 tipos de tráfico: -Categoría A: Diseño de tráfico N80 ≥ 10^7 (periodo de 20 años) -Categoría B: Diseño de tráfico 10^7 > N80 ≥ 4 x 10^6 (periodo de 20 años) -Categoría C: Diseño de tráfico 4 x 10^6 > N80 ≥ 10^6 (periodo de 20 años) -Categoría D: Diseño de tráfico N80 < 10^6 (periodo de 20 años) •Se podrá realizar la mezcla usando betún espumado (solo en ciertos casos y dependerá del sitio, se usa de tipo de betún C170 en Australia y 80/100 en nueva Zelanda); también podrá ser emulsión bituminosa, la cual es la más común, la emulsión podrá ser catiónica o aniónica, donde ambos se preparan en grado de fraguado lento (SS), en donde la mayoría de los casos se usa betún del tipo C170 o 80/100 en NZ. -El betún usado para la emulsión bituminosa o betún espumado deberá cumplir con un sistema de calidad certificado y que cumpla con la AS/NZS ISO 9001. Así el betún tenga los requisitos necesarios.	•El material granular a usar podrá incluir hasta un 20% de material reciclado; deberá pasar por el tamiz de 75 µm menos de 25% y debe tener IP ≤ 10%; contracción lineal ≤ 6%. -El material granular deberá ser alargado y no redondeado. -Según la Transport for NSW el IP deberá depender del tráfico; Para categoría A un IP ≤ 2%, categoría B y C un IP ≤ 6% y categoría D ≤ 10%; cantidad de partículas con dos o más caras fracturadas ≥ 75% para MB20 y MB40, Resistencia agregado en húmedo ≥ 70 kN para MB20 y MB40, Variación de resistencia húmeda/seca ≤ 35%, Contenido de sulfato soluble en ácido ≤ 0.3% •La emulsión bituminosa incluye 60% betún, 40% de agua y una pequeña proporción de emulsionante; se podrá usar 80% de betún en casos muy específicos donde la capa base sea expuesta a un tráfico y condiciones muy específicas. -El betún tipo C170 o 80/100 en NZ con él se fabrica la emulsión se usa para materiales con contenido de finos de entre 0-10% que pasa por el tamiz de 75 µm; si pasa entre 15-25% se usara una emulsión más blando debido a dificultades de distribución. -El betún tiene diferente requisitos en ambos países, aunque deberá tener una de las siguientes características: Viscosidad a 60°C de entre 140-200 Pa.s (Para NZ ≥ 115 Pa.s), viscosidad a 135°C de entre 0.25 a 0.45 Pa.s; Para NZ se debe tener una viscosidad cinemática de entre 300-650 mm2/s; penetración a 25°C (100g, 5s) ≥ 62 décimas de mm (Para NZ debe ser entre 80 - 100); punto de inflamabilidad ≥ 250°C (Para NZ ≥ 218°C); Para Australia una Materia insoluble en tolueno ≤ 1% por masa y bajo la Rolling Thin-Film Oven (RTFO) test debe tener una viscosidad a 60° C ≥ 300 Pa.s o 340 Pa.s (varía según la norma con que se hizo si la AS/NZS 2341.10 o ASTM D2872); Nueva Zelanda tiene otros aspectos adicionales como Solubilidad ≥ 99.5% por Tricloroetileno y ≥ 99% con Tolueno, durabilidad ≥ 100 Mpa, bajo la Rolling Thin-Film Oven (RTFO) test debe tener una penetración retenida ≥ 50%, cambio de masa de -1000 a 1000 y ductibilidad a 25°C ≥ 0.60m -La emulsión bituminosa se aplica en tasas de 2 a 3% en masa; en zonas de climas secos se usan tasas de 0.5 a 1%. Y se podrá aplicar cemento o cal a la mezcla con un aproximado de 1% en masa. •Según la AS 1160-1996 (unión de la AS 1160-1988 y CH/25 de Nueva Zelanda) podrá usarse una emulsión Aniónica (ASS) o Catiónica (CSS) mezclado con 40% agua: -**ASS**: Carga negativa; residuo de evaporación ≥ 60% de masa; contenido de agua ≤ 40% por masa; contenido de material acuoso ≤ 2%; viscosidad (25°C) de entre 3.5 a 10 grados Engler (°E); sedimentación ≤ 3%; residuos que pasan por tamiz 150 µm ≤ 0.15%; tiempo de endurecimiento ≤ 8 min; en residuos por evaporación una viscosidad a 60°C de 60-125% y solubilidad en tolueno ≤ 3%. -**CSS**: Carga positiva; residuo de evaporación ≥ 60% de masa; contenido de agua ≤ 39% por masa; contenido de material acuoso ≤ 2%; viscosidad (25°C) de entre 4 a 10 grados Engler (°E); sedimentación ≤ 3%; residuos que pasan por tamiz 150 µm ≤ 0.15%; tiempo de endurecimiento ≤ 8 min; en residuos por evaporación una viscosidad a 60°C de 60-125% y solubilidad en tolueno ≤ 3%. •Para el betún espumado se aplica en contenidos de entre 2.5% a 3.5%, y se podra incluir cal hidratada de 1 a 2% y material reciclado de asfaltos a un 20%. Para el betún espumado también se usa el betún C170 •El agua a usar deber ser potable, el agua que tenga materia orgánica o concentración de sulfatos mayor al 0,05% no se podrá usar.	•El material para la estabilización deberá estar ajustado a una de las 2 franjas granulométricas (Tráfico promedio diario en el año de diseño ESA (80kN) < 1000 y ≥ 1000) con la cual se debió haber realizado el diseño. -MB20 un PP (26.5 mm): 100, PP (19 mm): 95-100, PP (13.2 mm): 70-90, PP (9.5 mm): 60-80, PP (2.36 mm): 30-50, PP (0.425 mm): 10-25 y PP (0.075 mm): 4-12 -MB40 un PP (53 mm): 100, PP (19 mm): 55-80, PP (9.5 mm): 30-55, PP (2.36 mm): 20-40, PP (0.425 mm): 8-25 y PP (0.075 mm): 3-10 •El betún C170 debe cumplir con la AS 2008 y el betún 80/10 bajo la NZTA M01:2002. Es importante decir que la AS 2008 es realizado por entidades de Australia, Australoid y bajo la colaboración de Nueva Zelanda, así que también podrá ser tomado para este país. •También existen emulsiones aniónicas y catiónicas presentadas en la AS 4001 BT3 y BT4: coincide con la AASHTO M140 para emulsiones aniónicas serán los RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1, SS-1h o QS-1H; y con la AASHTO M208 para emulsiones catiónicas serán los CRS-1, CRS-2, CMS-2, CMS-2h, CSS-1, CSS-1h o CQS-1h.

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Committee of Transport Officials, 2020); (Committee of Transport Officials, 2020); (Austroads, 2019); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (Southern African Bitumen Association, 2020); (Transport for NSW, 2020); *(NZ Transport Agency, 2022)*; (Mainroads, 2023); (Unified Facilities Guide Specifications, 2020); (South African National Standard, 2012); (South African National Standard, 2014); (South African National Standard, 2014); (Australian Standard, 1996).

Se observa que, Colombia se centra en 2 clases de agregado y será pétreo o suelo natural, donde a su vez los agregados pétreos serán según el nivel de tránsito y los suelos naturales con una clasificación AASHTO también presentara sus requisitos, además, siendo la única en presentar 2 valores de desgaste de los Ángeles según el número de revoluciones. Estados Unidos también tiene valores similares en ciertos puntos, mas no en todos, diferenciándose en que Estados Unidos es más riguroso en sus especificaciones, es el caso del CBR, ya que Estados Unidos presenta un CBR ≥ 80% a diferencia de Colombia con un CBR ≥ 20%, en la mayoría de los casos los requisitos de Estados Unidos son más altos que los de Colombia, aunque no tanta diferencia como el ejemplo; Sudáfrica añade, unos requisitos opcionales en el caso de usarse como complemento el cemento o la cal, junto a esto presenta una gran variedad de agregados que se podrán usar, cada uno con sus requisitos y al igual que Colombia presentan valores menos rigurosos que los de Estados Unidos; por ultimo Australia y Nueva Zelanda, que basa sus especificaciones en el tipo de tránsito, aunque en este caso presentan muy pocas especificaciones para el agregado, no incluyendo valores como el CBR, desgaste de los Ángeles, equivalencia de

arena y otros más, aunque si presenta valores de contenidos de material reciclado, así como resistencia que deberá de tener.

En cuanto a la emulsión, cada país presenta los tipos de emulsiones que se podrán usar, así como sus especificaciones; empezando por Estados Unidos quien presenta la mayor variedad con un total de 7 tipos, siguiendo con Sudáfrica quien presenta 2 tipos para emulsión común y 1 adicional para la alternativa del betún espumado. Australia y Nueva Zelanda también presentan 2 tipos de emulsión y 1 tipo adicional para la alternativa del betún espumado, además de presentar de alternativa emulsiones AS 4001 BT3 y BT4 que coinciden con la AASHTO M140 y AASHTO M208 las cuales contienen 20 tipos de emulsiones. Finalizando con Colombia, la cual presenta 2 tipos de emulsiones.

En cuanto a la curva granulométrica; Sudáfrica es quien cuenta con más tipos de curvas, con un total de 6, aunque en realidad son 4 porque coinciden 2; seguidas por Estados Unidos y Colombia con 3 tipos; y por último Australia y Nueva Zelanda que presentan 2 tipos de curva.

Todas estas curvas difieren unas de las otras, en la figura 50 del apéndice, se podrá encontrar una gráfica con las diferentes curvas.

Requisitos para construcción de la base

El proceso de construcción se encontrará en la figura 24 o en la tabla 43 del apéndice, donde además muestra los diferentes requisitos en los procesos de construcción según cada país, junto con algunos requisitos especificaciones adicionales.

Figura 24

Especificaciones de proceso constructivo (Base tratada con emulsión)

País	Construcción de la capa base	Especificaciones adicionales
Colombia	•La mezcla se realiza en una planta central o en una planta móvil de tipo continua. También se podrá hacer la mezcla en vía (escarificando, aplicando los estabilizadores, mezclando y compactando), también podrá ser en planta fija podrán ser tipo continuo o discontinuo -Si se usa suelo existente, este se disgrega hasta obtener una eficacia de mínimo 85% •Si se decide usar puzolanas o aditivos, estos pueden agregarse al material granular antes de la aplicación de la emulsión asfáltica. •Durante el proceso de mezcla, el contenido de agua no debe ser inferior al 80% del óptimo para compactación. •Previa extensión, la superficie deberá tener un tiempo de curado apropiado y mínimo 85% del contenido de agua óptimo • Si la mezcla se realiza en la vía en varias capas, se debe extender el material granular en el ancho y espesor necesarios antes de mezclar y compactar. •Si la mezcla se realiza en la vía en una sola pasada, el proceso de disgregación, adición de agua y emulsión se realiza utilizando un equipo mezclador de paso sencillo. •El espesor de la capa construida debe estar entre 7cm y 15cm, realizándose en varias capas si es necesario. •Si la mezcla es en planta fija se almacena la mezcla y luego realizar el proceso de extensión y compactación; Y si la mezcla es en planta móvil el material granular ya vertido en las tolvas se procederá, se dosifica y se obtienen las proporciones deseadas. •Las juntas de trabajo se realizan con un corte vertical; si se está trabajando por franjas, las juntas se realizarán cuando transcurra más de 1 jornada de trabajo. Las juntas longitudinales no se pueden estar a menos de 15cm de juntas existentes en capas inferiores y si son juntas transversales a 5m de otras juntas transversales. •Luego de compactada la capa, no podrán pasar más de 5h para realizar el curado utilizando emulsión de rotura rápida tipo CRR-60 diluida en agua con 30% de ligante residual aplicando entre 0.2 - 0.3kg/m2 y 13.6 kg/m2 de agregado de protección, este período de curación por lo general son 10 días. Ya luego de esto se podrá continuar con la siguiente capa. •Terminada la capa no se podrá abrir el transito hasta que esta pueda soportar vehículos sin sufrir desplazamientos, en cualquier caso, en no menos de 1h de terminada la compactación; donde las primeras 48h solo se podrá circular a máximo 20km/h	•La construcción de esta capa se realiza con una fórmula de trabajo ya determinada y probada en fase de experimentación (tramos de 100 m); el material elegido ajustado a una franja granulométrica necesaria, proporción en la mezcla, porcentaje de agua, dosificación de puzolanas y aditivos, resistencias a obtener, porcentaje de ligante y emulsión. •En caso donde la superficie donde se realizara no este limpia y no tenga densidad y planicidad apropiadas se corregirá hasta obtener los requisitos y la aprobación necesaria. •La compactación se debe hacer con equipo neumático, aunque si las zonas son reducidas se usara el equipo adecuado tanto para extensión como compactación. •Se podrá agregar un agregado de protección en el curado solo cuando este se expondrá al tránsito, el cual puede ser arena natural, arena de trituración o la mezcla de ambas. Aplicando como máximo 13.6 kg/m2
Estados Unidos	•Según la FHWA se realiza la mezcla en una planta estacionaria, controlando el material que ingresa a la mezcladora, agregando a su vez asfalto emulsionado y agua, esto se hace con controles interconectados para garantizar una mezcla uniforme. -La preparación de la mezcla se realiza primero ingresando el agregado, luego el agua y se finaliza con la emulsión asfáltica; se mezcla controlando un contenido líquido a 1% del óptimo de humedad para compactación. -Luego se vierte la mezcla en todo lo ancho de la carretera procurando que esta quede en línea, pendiente y sección transversal requeridas. -La compactación se realiza de los bordes hacia el centro, de forma que quede una compactación homogénea y con las especificaciones que esta a su vez necesita. -Las capas se compactan en espesores de entre 64 mm a 100mm para pavimentos rígidos. •Según la Unified Facilities Guide Specifications -La mezcla se podrá hacer en una planta central de tipo continuo o discontinuo, planta móvil o también se podrá hacer en el sitio. -La mezcla en caso de realizarla en una planta central se realizará con una dosificación idónea (material granular, asfalto bituminoso, agua y aditivos de ser necesario), se llevará a la obra y se esparcirá hasta obtener el espesor necesario -Si se realiza en el sitio la mezcla se usará un Mezclador/Reciclador que realiza una mezcla homogénea entre el material y el material bituminoso; material bituminoso que se aplicará de entre 0.15 hasta 6.5 litros por metro cuadrado a una temperatura de entre 25 y 55°C -Si se realiza con una planta móvil se realiza a una velocidad adecuada la mezcla hasta llegar al espesor requerido, para que en una sola pasada la mezcla sea la necesaria. -Luego de la mezcla se procede a su compactación; la construcción de esta capa compactada deberá ser máximo de 150 mm. -Si en la compactación se realizan juntas se harán tomando 300mm de la anterior zona compactada. -Luego se realiza el curado. -Se aplicará una capa de imprimación si la capa de rodadura será colocada luego de 7d de terminada; utilizando material bituminoso tipo SS-1, SS1h, CSS-1 o CSS-1h aplicando de entre 0,22 a 0,91 L/metro cuadrado y 3,5 a 4,5 kg/metro cuadrado de arena.	•La construcción de esta capa se realiza con una fórmula de trabajo ya determinada y probada en fase de experimentación (tramos de 75 m2) •El contenido de humedad optimo se debe haber determinado con la AASHTO T180 método D • Se construirá sobre una superficie la cual debe cumplir con las especificaciones requeridas de esa capa, estar limpia y planicidad adecuada. •Si luego de aplicar el asfalto emulsionado la temperatura cae por debajo de 2°C se protegerá el área para evitar el congelamiento.
Sudáfrica	•La mezcla ya sea con emulsión bituminosa o con betún espumado se puede realizar en planta con un mezclador o insitu con el uso de recicladora. -En la realización de la mezcla usando emulsión bituminosa, previo a la colocación de la emulsión, el agregado deberá tener un mínimo de 1 a 2% de humedad. •El betún espumado se realiza con la inyección de agua fría al betún, aplicando entre 2% a 4% en masa de betún; betún que haya sido precalentado a una temperatura de entre 170°C a 180°C y alcanzara un volumen máximo si el material tiene un contenido de humedad de 65% a 75%. •La construcción de la capa se realizará cuando la capa inferior cumpla con todos los parámetros necesarios. •Si la mezcla se realiza in situ y en caso de aplicar cemento, primero se distribuirá con niveladora junto con un arado/rotovator; para la colocación de la emulsión debió haber sido calentada y diluida con agua, este deberá estar en un rango de 5% máximo del que se estipulo en el diseño; Luego de la colocación ya sea de la emulsión bituminosa como betún espumado, se procede al mezclado con recicladora; se establece que se podrá en el caso de emulsión bituminosa aplicar la mezcla mediante tanques rociadores, luego usar una niveladora y rotovator para distribuir el material. •La mezcla se podrá realizar fuera del sitio, preparando un sitio apropiado y que se realizará de la misma forma que insitu en capas de 300mm y luego almacenado; para luego trasladarlo a la zona directamente. •Si la mezcla es en planta central, esta debe haberse realizado con las dosificaciones respectivas y la mezcla tenga la mejor calidad posible; se traslada al sitio y colocara; para luego distribuirla y compactarla. •Si se realiza la mezcla con emulsión bituminosa, desde colocada la mezcla o la aplicación de la emulsión hasta la compactación deberán pasar máximo 12 horas; 8 horas si se incluyó cemento y 10 horas si es betún espumado. •Conformada la capa se procede a la compactación mediante el equipo más conveniente; compactada la capa se comprueba grosor, pendiente y niveles. •Las capas deberán ser de 150mm de espesor como máximo (si se requiere una capa más ancha se hace en varias capas) •Se aplica una capa de 100 mm de tierra o grava para proteger la capa. •Se realiza el curado durante 7 días con agua; también se podrá realizar el curado con agua por 24 horas y aplicar material de protección, si es tiempo seco ese material también se aplica agua durante 24 horas; también con curado por imprimación.	•La mezcla en planta se realiza y recomienda para capas nuevas, de alto tráfico y cargas pesadas; ya que se puede controlar mejor la calidad de la mezcla. •Si se realiza por medio de emulsión bituminosa la temperatura del material a tratar no podrá ser menor a 10°C y para betún espumado 15°C •La emulsión bituminosa se aplica a temperaturas de al menos 60°C •No se recomienda el almacenamiento de la mezcla con emulsión bituminosa ya que si se expone a lluvia esta podría lavarse (escurrirse la emulsión del agregado) •En la construcción si se realizan juntas estas se deben hacer incluyendo 150mm de la anterior.
Australia y Nueva Zelanda	•La mezcla se podrá realizar en planta, más específicamente una mezcla estacionaria en pugmill, se lleva en camiones, luego se extiende, se compacta, se le da forma con la niveladora y se cura en preparación para la colocación de las capas superpuestas. •La mezcla también se podrá realizar in situ, aplicando la emulsión bituminosa o betún espumado por medio de un camión cisterna y realizando la mezcla con una recicladora, al material estabilizado in situ se le da forma, luego se compacta y se cura antes de colocar las capas superpuestas. •Si se almacenara la emulsión bituminosa antes de realizar la mezcla esta debe estará a temperaturas entre 15 a 60°C o a la temperatura indicada, además no podrá estar a temperaturas menores a 0°C o 80°C ya que cambia la consistencia de la emulsión. •Si se realiza la mezcla con betún espumado se debe tener un material granular con un contenido de humedad entre 70% (realizada con proctor) y entre 80 - 85% (proctor modificado). El betún espumado es la mezcla entre aire, agua y betún caliente, donde la aplicación de agua fría al betún caliente produce la espuma, que llegara a expandirse hasta 15 veces el volumen original. En la mezcla se podrán añadir aglutinantes como cal o cemento o material reciclado de otras carreteras. El mezclado se realizará cuando el betún tenga máximo 165°C •Durante la construcción el contenido de humedad deberá ser de entre 85 a 100% del óptimo. •Para la compactación se realizan 2 o 3 pasadas •Según la Main Roads el mezclado y compactación se debe realizar en máximo 12 horas. •Las capas compactadas deberán ser de máximo 150mm	•El esparcimiento se realiza a velocidades de 5km/h - 10km/h •Si se realizan juntas se harán incluyendo al menos 300 mm de la capa anterior compactada •Se podrá realizar imprimación si es un pavimento granular.

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Committee of Transport Officials, 2020); (Committee of Transport Officials, 2020); (Austroads, 2019); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (Southern African Bitumen Association, 2020); (Transport for NSW, 2020); *(NZ Transport Agency, 2022)*; (Mainroads, 2023); (Unified Facilities Guide Specifications, 2020); (South African National Standard, 2012); (South African National Standard, 2014); (South African National Standard, 2014); (Australian Standard, 1996)

Se observa que Colombia lleva a cabo la mezcla tanto en planta como en la vía, con procesos y requisitos específicos según el tipo de realización. Además, proporciona una dosificación para el curado, incluyendo un tiempo estimado para ello, y también especifica la dosificación para el agregado de protección en caso de ser necesario. Por otro lado, en Estados Unidos se describe un proceso constructivo de manera general, pero se detalla una dosificación para el curado. La diferencia principal radica en la tasa de aplicación del curado: mientras que en Estados Unidos se recomienda una dosificación de 0.22 a 0.91 L/m2, en Colombia se sugiere una de 0.2 a 0.3 kg/m2. En cuanto al agregado de protección, Colombia es más rigurosa, con una dosificación de 13.6 kg/m2, mientras que en Estados Unidos se sugiere una dosificación de 3.5 a 4.5 kg/m2 de arena.

Sudáfrica presenta un proceso que incluye el uso de betún espumado, el cual se calienta y luego se enfría con agua para generar la espuma. Este proceso abarca desde la realización de la mezcla hasta la compactación, y también incluye tiempos específicos para terminar la compactación, dependiendo de si se utiliza solo emulsión (12 horas), con cemento (8 horas) o

con betún espumado (12 horas). Además, se especifica una temperatura para realizar el betún espumado, que oscila entre 170 y 180°C, y una humedad de 65-75%.

Australia y Nueva Zelanda siguen un proceso similar al de Sudáfrica, pero con algunos requisitos adicionales, como el almacenamiento de emulsión, y difieren en la temperatura para el betún espumado, que es de 165°C, con una humedad del 70%. También se incluye el número total de pasadas para la compactación y la velocidad de esparcimiento.

En cuanto al espesor, Colombia especifica un rango de 7-15 cm, mientras que Estados Unidos, debido a la dispersión de la información, se presentan rangos de 6.4-10 cm y menores a 15 cm. Sudáfrica establece un máximo de 15 cm, al igual que Australia y Nueva Zelanda.

El curado también muestra diferencias significativas. Colombia sugiere un curado de 10 días y es la única que presenta un requisito de permitir el tránsito después de un mínimo de 1 hora, y durante las primeras 48 horas, se circula a 20 km/h, mientras que en Estados Unidos se menciona la aplicación de la emulsión de imprimación solo si se coloca una capa sobre ella antes de 7 días, pero no se hace mención específica al curado. Sudáfrica recomienda un curado de 24 horas con agua, seguido del curado de imprimación o solo agua durante 7 días. Por último, Australia y Nueva Zelanda no presentando requisitos respecto a este ámbito.

Ensayos y controles de calidad

Luego se realiza un respectivo control de calidad, con el cual se corroboran que se cumplan con todas las especificaciones presentadas en la etapa de diseño, a continuación, la

figura 25 o en la tabla 44 del apéndice, muestra los ensayos que se realizan preliminarmente y periódicas en la construcción de base tratada o estabilizada:

Figura 25

Ensayos preliminares y periódicos en la construcción de base (Base tratada con emulsión)

País	Ensayos preliminares	Ensayos para verificaciones periodicas	Observaciones adicionales
Colombia	-Ensayos a emulsión asfáltica: Destilación (ASTM D 6997-12); contenido de agua (ASTM D244-09); Viscosidad (ASTM D7496-11); sedimentación (ASTM D6930-10 y NTL-140/99); tamizado de emulsiones (ASTM D6933-08); rotura en ensayo de mezcla con cemento (ASTM D6935-11 y NTL 144/98); carga eléctrica para identificación de emulsiones asfálticas catiónicas (ASTM D7402-09 y NTL 194/99); pH de emulsión asfáltica (NTL 195/92); índice de rotura (UNE-EN 13075-1); penetración (ASTM D5-06); ductilidad (ASTM D113-07); solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042-09) -Ensayos para agregados pétreos: Desgaste en la máquina de Los Ángeles (ASTM C 131-06); Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval(ASTM D 6928-10); Resistencia mecánica por método de 10% finos (BS 812 Part 110-1990); Perdidas en ensayo de solides en sulfatos (ASTM C88-05); CBR(ASTM D 1883 – 07); Limite liquido e Índice de plasticidad(ASTM D 4318-10); Equivalencia de arena(ASTM D2419-09); Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables (ASTM C142); índices de alargamiento (BS 812-105.1:1989 y BS 812-105.1:1990); Caras fracturadas (ASTM D 5821-01); Granulometría del material (ASTM D422-63) -Ensayos para suelos granulares: Limite liquido e Índice de plasticidad(ASTM D 4318-10); Equivalencia de arena(ASTM D2419-09); Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables (ASTM C142); clasificación aashto (AASHTO M-145-91 y VN-E-4-84); CBR(ASTM D 1883 – 07). -Ph del agua (ASTM D1293); contenido de sulfatos en el agua (UNE 83956)	-Los ensayos para la comprobación periódica de la emulsión se realizan cada mes y como mínimo 3 veces durante la ejecución de la obra. Si la obra dura menos de 1 mes se debe realizar como mínimo 1 vez. •Se toman 4 muestras cada fracción de material por estabilizar para comprobar que cumpla con todo lo requerido. Y 2 ensayos de granulometría por cada pila. -Se realizan 1 vez por jornada los ensayos Limite líquido, Índice de plasticidad; Se realiza también ensayos de granulometría 1 vez por jornada o 1 cada 10^6 kg de material. -1 vez por semana Equivalencia de arena, contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables solo para agregados. -1 vez por mes ensayos de CBR, también 1 vez por mes pero solo para agregados mas no suelos ensayos de desgaste en la máquina de Los Ángeles, degradación por abrasión en el equipo micro-deval, resistencia mecánica por el método del 10% de finos, pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio. -Se realiza ensayos 1 vez por jornada para verificar la clasificación AASHTO para suelos granulares. -También se verifica periódicamente la calidad de la emulsión, agua y aditivos si se usan. -De la mezcla elaborada se toman 3 muestras por lote para verificar el contenido de asfalto residual. 2 muestras por lote de mezcla para verificar resistencia. -Del material colocado y compactado se realizan cada lote ensayos de densidad seca para determinar compactación y determinación de rugosidad (ASTM E950) •Se realizan ensayos del agua si no es potable verificando su Ph y contenido de sulfatos	-Si se almacena la emulsión más de 5 días se toman 2 muestras para comprobar sus requisitos. -Los ensayos de revisión pueden reducirse a la mitad si se aprueba. -En caso que en las verificaciones periódicas de material no se den resultados satisfactorios, se realizan 2 pruebas más, si no cumplen igual no se usa el material. -Lote se define como la menor área entre 500m de capa terminada, 3500 m2, obra ejecutada en una jornada de trabajo, obra ejecutada con el mismo material. -La cantidad de ensayos se podrán reducir a la mitad si el material es homogéneo o si en control de recibido se tienen 10 lotes sin objeciones.
Estados Unidos	•Para el agregado: Ensayo de abrasión Los ángeles (AASHTO T96 y ASTM C535); ensayo de resistencia a los sulfatos (AASHTO T 104); limite liquido e índice de plasticidad(AASHTO T89 o ASTM D4318); ensayo granulométrico(ASTM C136/AASHTO T27 y AASHTO T11); equivalencia de arena (ASTM D2419); contenido de sulfatos (AASHTO T290); solidez del material (ASTM C88); CBR (ASTM D1883); desgaste del material (ASTM C131/C131M) •Ensayo para el material bituminoso según la ASTM D140/D140M y cumplir con los siguientes ensayos: viscosidad (ASTM D7496); solubilidad (ASTM D2042); contenido de cemento (ASTM D6935); estabilidad de almacenamiento (ASTM D6930); residuo por destilación (ASTM D6934); capacidad de recubrimiento y resistencia al agua (ASTM D6998 y D6999); demulsibilidad (ASTM D6936); prueba de tamiz (ASTM D6933); residuo y destilado de aceite por destilación (ASTM D6997).	•Se comprueban que todas las especificaciones cumplan con lo requerido mediante distintos ensayos. - Se comprueba la densidad cada 200m2 mínimo (AASHTO T 310 o T 191) y el contenido de humedad (AASHTO T 310); pruebas de contenido de asfalto (ASTM D2172/D2172M o ASTM D6307) y de ser necesario prueba de extracción cada 300 ton de mezcla realizada (ASTM D979/D979M) - Ensayo de Limite liquido e índice de plasticidad, ensayos de contenido de humedad y ensayos de densidad.(AASHTO T180 y T99) y un control de material (1 análisis cada 1000 ton de material a estabilizar) Todo junto a un control de superficie. •La FHWA indica: -Ensayos para el material: abrasión Los ángeles (1 por tipo de roca y no menos de 5 por fuente de material y según la AASHTO T96); Solidez usando sulfato de sodio (AASHTO T104); gradación (2 por día por cada acopio según la (AASHTO T11 y T27); caras fracturadas (ASTM D5821); humedad y densidad (1 por cada fuente y según la AASHTO T180 Method D) -De la Base de agregado tratada con asfalto emulsionado: Gradación (1 por cada 1000 ton y según la AASHTO T30); caras fracturadas (ASTM D5821); equivalencia de arena (AASHTO T176 Method D); SEP (rendimiento de un material basada en calidad y cantidad de finos); densidad (1 por cada 500 ton pero no menos de 1 por capa y según la AASHTO T310) •Se tiene un control sobre la emulsión para el curado, este deberá cumplir lo requerido, estos ensayos se podrán hacer incluso si se tiene un certificado.	Se realiza una toma de muestra previa a la construcción, por lo menos 14 días antes. La muestra debe de ser de 150kg
Sudafrica	-Ensayos al agregado: CBR(ASTM D4833 o SANS 3001-GR40); Análisis granulométrico(SANS 3001-AG1); Análisis del tamaño de partículas de material inferior a 2 mm y 0,075mm (SANS 3001-GR3.3); Determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad (SANS 3001-GR5.1); perdida por lavado y perdida por lavado de fracción fina (SANS 3001-GR5.2); hinchazón (SANS 3001-GR5.3); sulfatos solubles (SANS 3001-AG12) -Ensayos para emulsión bituminosa: Viscosidad (ASTM D7496); capacidad de almacenamiento (ASTM D6930); carga de la partícula (ASTM D7402); tamizado (ASTM D6933); ensayo de mezcla con cemento (ASTM D6935); penetración (ASTM D5); ductilidad (ASTM D113); Solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042 o ASTM D7553) -Ensayos para betún espumado: penetración (EN 1426); punto de reblandecimiento (ASTM D36); Viscosidad a 60°C y 135°C (ASTM D4402) Ahora mediante el RTFOT (Prueba de Horno de Película Delgada Rodante - ASTM D2879): Cambio de masa (ASTM D2872), viscosidad a 60°C (ASTM D4402), punto de reblandecimiento (ASTM D36), penetración retenida (EN 1426), cantidad de xileno (AASHTO T102)	Se realizan ensayos de manera aleatoria para comprobar que todos los parámetros cumplan con lo exigido. -Se debe comprobar los parámetros necesarios del agregado, tales como: Índice de plasticidad, limite líquido, limite plástico, granulometría y demás. Ensayos para determinar la calidad de compactación por medio de densidad (SANS 3001-GR30); contenido de humedad (SANS 3001-GR20); resistencia a la tracción indirecta (TG2, Test Method BSM4)	-
Australia y Nueva Zelanda	-Ensayo a material granular: Distribución de tamaños de partículas (AS 1289.3.6.1); índice de plasticidad (AS 1289.3.3.3 y NZ 4402 2.4:1986); caras fracturadas (AS 1141.18 – 1996); forma de la partícula (AS 1141.14-2007, .15-1999, .16-2007, .18-1996); resistencia húmeda seca (AS 1141.22 y NZ 1141.22: 1996); contenido de sulfatos solubles en ácido (AS 1141.36). -Si son requeridos para la emulsión bituminosa se realizan: carga de partículas (AS/NZS 2341.22); contenido de betún (AS/NZS 2341.23); contenido de agua (AS 2341.9);contenido de material acuoso (AS/NZS 2341.24); consistencia (AS 2341.25); sedimentación (AS/NZS 2341.27); residuos que pasan por tamiz (AS/NZS 2341.26); tiempo de endurecimiento (AS 2341.29); capacidad de revestimiento y resistencia al agua (AS 2341.28) -Para el betún: Australia: Viscosidad a 60°C (AS 2341.2) y 135°C (AS 2341.2 o AS 2341.3 o AS 2341.4); penetración (AS 2341.12); punto de inflamabilidad (AS 2341.14 o ASTM D92); Materia insoluble en tolueno (AS 2341.8 o AS/NZS 2341.20); bajo la Rolling Thin-Film Oven (RTFO) test, viscosidad a 60°C (AS/NZS 2341.10 y AS 2341.2), penetración (AS/NZS 2341.10 o ASTM D2872 y AS 2341.12), Efecto a largo plazo del calor y el aire (AS/NZS 2341.13 y AS/NZS 2341.5), densidad (AS 2341.7), cambio de masa (AS/NZS 2341.10 o ASTM D2872) Nueva Zelanda: Viscosidad a 60°C (ASTM D2171); viscosidad cinemática (ASTM D2170); penetración (ASTM D5); punto de inflamabilidad (ASTM D92); Solubilidad por Tricloroetileno (ASTM D2042) y con Tolueno (AS/NZS 2341.8), durabilidad (NZTA T13); bajo la Rolling Thin-Film Oven (RTFO) test (ASTM D2872), penetración retenida (ASTM D5), cambio de masa (ASTM D2872) y ductibilidad (ASTM D113).	-Se debe comprobar que se cumplan todos los parámetros necesarios del agregado, destacando índice de plasticidad y granulometría. -Para la emulsión asfáltica se deben verificar compactaciones por medio de densidades (AS 1289.5.3.1-2009 y NZS 4402:2013), resistencia a la compresión (AS 1289.6.1.1-2014 y NZS 4407:2015), contenido de emulsión (AS 2341.22-2009 y NZS 3910:2013) y demás parámetros necesarios. -Para el betún espumado, se deben verificar compactaciones por medio de densidades (AS 1289.5.3.1-2009 y NZS 4402:2013), resistencia a la compresión (AS 1289.6.1.1-2014 y NZS 4407:2015), contenido de betún (AS 2341.22-2009 y NZS 4402:2013), demás parámetros necesarios.	-

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Committee of Transport Officials, 2020); (Invias, 2022); (Committee of Transport Officials, 2020); (Austroads, 2019); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (Southern African Bitumen Association, 2020); (Transport for NSW, 2020); *(NZ Transport Agency, 2022)*; (Mainroads, 2023); (Unified Facilities Guide Specifications, 2020); (South African National Standard, 2012); (South African National Standard, 2014); (South African National Standard, 2014); (Australian Standard, 1996).

Con lo anterior, Colombia y Estados Unidos son quienes comparados con el resto presentan de forma más detallada los ensayos realizados periódicamente para control de calidad, incluyendo información sobre la frecuencia con la que deben llevarse a cabo. Por otro lado, Sudáfrica, Australia y Nueva Zelanda proporcionan estos detalles de manera más general y no especifican con qué frecuencia deben realizarse

Además, la mayoría de los países basan sus ensayos en las normas ASTM o AASHTO, aunque hay algunas excepciones, como es el caso de Australia y Nueva Zelanda, que cuentan con su propia normativa.

Requisitos de capa terminada

La subbase tratada o estabilizada con cemento, deberá cumplir unos requisitos o criterios de calidad final luego de terminada, La figura 26 o en la tabla 45 del apéndice, muestra los estándares para los diferentes países que debe alcanzar la subbase cuando ya ha sido compactada.

Figura 26

Criterios de calidad de la base estabilizada terminada (Base tratada con emulsión)

País	Criterios de Calidad terminado	Observaciones adicionales
Colombia	-Porcentaje de asfalto residual promedio por lote de ± 1% para mezclas en vía y ± 0.5% para mezcla en planta respecto a la de diseño. -Resistencia promedio debe ser ≥ 90% de la resistencia definida en la fórmula de trabajo; para muestras individuales ≥ 80% -La cota en cualquier punto no podrá variar más de 10mm de la proyectada. -Grado de compactación ≥ 95% -Espesor promedio ≥ Espesor de diseño y para muestras individuales ≥ 90% de la de diseño -Planicidad con variación menor a 15 mm	-Los sitios para verificación de compactación se realizan determinando la densidad seca de la capa, escogiendo un sitio al azar. Como mínimo 1 prueba por hectómetro o 1 cada x/450 (x es el área de tramo construido) y mínimo 5 ensayos por lote (lote el menor de 500m o 3500m2 de capa compactada, obra ejecutada por jornada, obra ejecutada con el mismo material) -En caso que no se cumplan los requisitos se levanta la capa con fresado y corregida o reemplazada. -Si se presentan incumplimientos en 2 lotes consecutivos se debe parar las obras hasta que se estudie una nueva fórmula de trabajo.
Estados Unidos	-Según la FHWA se deberá compactar hasta obtener una densidad ≥ 95% de la máxima. -Tolerancia de superficie si se usan estacas de máximo 10mm y si no se usa serán 13mm. -Tolerancia de espesor de 13 mm máximo. -Contenido de asfalto podrá tener más o menos 0.5% del indicado.	La densidad máxima se determina con la AASHTO T 180 (proctor modificado) o AASHTO T 99(proctor estándar)
Sudáfrica	-Se debe compactar hasta alcanzar entre un 98% a 100% de densidad máxima. -Se tendrá una tolerancia de nivelación de 15mm -Desviación máxima de los bordes de 50mm -Tolerancia de espesor máximo 20mm -Regularidad superficial medido con regla de 3m debe ser máximo 10mm; si se usa regla rodante ser de 5mm cada 100m	Se controla el nivel de la capa cada 20m mínimo
Australia y Nueva Zelanda	-Se deberá compactar hasta obtener una densidad ≥ 98% de la máxima. -Tolerancia de espesor de +/- 10mm -Tolerancia de superficie de +/- 10 mm -Tolerancia de planicidad de máximo 5 mm -Toleración de a lo ancho de 0-100mm	Si es betún espumado deberá tener una resistencia después de un curado de 3 días que dependerá del tráfico: 2500 MPa para ESA < 100, 3000MPa para ESA entre 100-1000 y de 4000MPa para ESA > 1000

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Committee of Transport Officials, 2020); (Invias, 2022); (Committee of Transport Officials, 2020); (Austroads, 2019); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (Southern African

Bitumen Association, 2020); (Transport for NSW, 2020); *(NZ Transport Agency, 2022)*; (Mainroads, 2023); (Unified Facilities Guide Specifications, 2020); (South African National Standard, 2012); (South African National Standard, 2014); (South African National Standard, 2014); (Australian Standard, 1996).

Una vez más, Sudáfrica es quien presenta la tolerancia más estricta respecto a grado de compactación, con un valor del 98 al 100%; seguida por Australia y Nueva Zelanda con 98%, mientras que Colombia y Estados Unidos un 95%.

En lo que respecta a las tolerancias, Colombia es el único que incluye una tolerancia para valores de resistencia promedio y, junto a Estados Unidos los únicos tener una tolerancia al porcentaje de asfalto residual. Colombia indica una tolerancia de ± 1% para mezclas en vía y ± 0.5% para mezcla en planta, mientras Estados Unidos solo indica un 0.5%.

Australia es quien tiene el requisito más riguroso respecto a tolerancia de planicidad, con un valor máximo de 5 mm, en contraste con los 10 mm de Estados Unidos y los 15 mm de Colombia.

Sudáfrica es la única en incorporar el valor de desviación máxima de los bordes y regularidad superficial; también es quien presenta los valores de tolerancia de espesor menos estrictos con un valor de 20 mm, comparados con Colombia que debe ser ≥ a la de diseño, Australia y Nueva Zelanda con tolerancia de 10 mm y Estados Unidos con 13 mm.

Si en la superficie terminada no se cumplen los requisitos necesarios, entonces, esta deberá ser corregida de la manera más adecuada posible.

3.3.Capa de rodadura

Es la capa superior de un pavimento diseñada para soportar la carga del tráfico, esta es la capa que proporciona una superficie suave y resistente al deslizamiento, debido a esto es que la textura de la superficie del pavimento representa la estructura cóncava y convexa de la superficie de la carretera. (Zhu, y otros, 2022) (aashto, 2020)

Esta capa, además, se opone a la abrasión del tráfico y los efectos desintegradores del clima, en especial proteger la subrasante del efecto debilitante del agua, por eso en algunas ocasiones también se le denomina la capa de Desgaste. (Huang, 2004)

El material de la capa de rodadura variará según el tipo de pavimento que se esté construyendo. Entre los más comunes se encuentran los pavimentos rígidos, los cuales pueden consistir en concreto, ya sea con o sin refuerzo. Por otro lado, tenemos los pavimentos flexibles, que pueden ser en caliente o en frío. Para lograr esta capa, se utiliza una mezcla asfáltica, ya sea en caliente o en frío, dependiendo de las especificaciones del proyecto.

3.3.1. Mezcla asfáltica en frío

Este tipo de mezcla se realiza mediante la combinación de agregados finos y gruesos con emulsión asfáltica, y puede incluir otros ingredientes adicionales. A diferencia de las mezclas asfálticas en caliente, esta variante no requiere altas temperaturas para su aplicación. Como resultado, ofrece una serie de ventajas, tales como una mayor durabilidad, menor tendencia al ahuellamiento por el paso de vehículos, una notable resistencia al agua y a la radiación ultravioleta, así como una mejor adhesión entre el asfalto y el material pétreo. (Al-busaltan, Al-Nageim, Atherton, & George, 2012)

En algunos países, como Estados Unidos, se empieza a considerar la mezcla asfáltica en frío como una opción para la reparación, reparcheo o mantenimiento, lo que refleja un cambio en las prácticas tradicionales en la industria. Y España, Sudáfrica, Australia y Nueva Zelanda se han limitado solo para procesos de reparaciones y mantenimiento, mas no para pavimentación.

Requisitos previos a la construcción

Previo al momento de la construcción de la capa de rodadura, existen parámetros respecto al equipo y maquinaria; en la Figura 27 o en la tabla 46 del apéndice, se presentan los requisitos en común, así como los requisitos individuales.

Figura 27

Especificaciones y requisitos antes de iniciar (Mezcla en frío)

País	Exigencias	Parámetros adicionales
Colombia	En el momento de la construcción de la capa de rodadura, esta debe siempre seguir el procedimiento, usar la maquinaria y el equipo que ya haya sido aprobado y probado en tramos de experimentación o prueba, además de inspeccionar que todos estos cumplan con sus respectivas certificaciones; otro aspecto es que el traslado de material debe ser en el equipo idóneo, cubierto de ser necesario; todo para obtener una mezcla homogénea en el sitio, previniendo segregaciones.	•Planta mezcladora fija o móvil (se podrá usar mezcladores de ejes gemelos tanto para planta continua como discontinua) -Si se realiza en planta ambulante contar con vehículos adecuados para suministro permanente. Si es mezcla de tipo abierto se requiere esparcidor mecánico o volqueta desde el cual se pueda repartir arena manualmente sobre la superficie con ayuda de palas. •Shuttle buggy para transferencia de la mezcla (opcional) •Pavimentadora autopropulsada para la extensión de la mezcla (no se podrá usar pavimentadoras que dejen marcas o defectos en la superficie) •Equipo de compactación utilizando compactadores autopropulsados de rodillos metálicos, de neumáticos, estáticos o vibratorios, triciclos o tándem. (se podrá usar otras máquinas dependiendo de las condiciones que se tengan) •Se necesitara maquinaria para escarificación si se necesita. •Para la disgregación y compactación se usara motoniveladora, compactadores metálicos vibratorios y neumáticos, carrotanques para aplicar agua y el material del riego de curado de la capa compactada •Si así se indica se usara una máquina extendedora autopropulsada para la extensión de la mezcla •La emulsión asfáltica se transporta desde la planta de fabricación hasta la colocación se realiza a grane con carrotanques que no requieran aislamiento térmico ni calefacción. Y si al transportar para almacenar los tanques no tienen medios de carga se usarán en los carrotanques medios neumáticos o mecánicos para el transvase, y si se usa bombas de transvase deben ser del tipo rotativo a las centrífugas. El trasvase siempre por tubería directa. •Aplicación del cloruro de calcio de ser necesario se realiza mediante carrotanque con dispositivos de aplicación a presión para la forma líquida y un esparcidor de gravilla o agrícola para forma sólida. Además, motoniveladora con escarificador, un carrotanque irrigador de agua, compactador neumático -El cloruro de calcio se puede almacenar en bodegas, tolvas, silos o apilado. •Si se requiere almacenar la emulsión asfáltica se realiza en tanques cilíndricos verticales, con tuberías de fondo para carga y descarga. Deben tener bocas de ventilación y aparatos de medida y seguridad, junto a una válvula para las muestras.
Perú		•Elaboración de mezcla por medio de plantas apropiadas, capaces de manejar el número de fracciones que se exija. (en mezclas abiertas normalmente no hay depósitos ni dispositivos de dosificación de agua ya que no lo requiere) -Planta fija para elaboración de mezcla densa, podrá ser de tipo contino o discontinuo; contara con numero necesario de tolvas y dosificadores. -Las plantas discontinuas deben contar con dosificación por peso con 0.5% de precisión y dosificadores de agua y ligante un 0.3%. -Si es de tipo continuo se contara con bandas transportadoras de ejes gemelos; junto a dispositivos de dosificación así como de calibración. -Se podrá realizar en plantas ambulantes montadas sobre bastidores autopropulsados, que actúen como extendedoras (contara con tolvas de recepción de material, depósitos de agua y aditivos y dispositivos de alimentación, por ultimo una extendedora) •Equipo de transferencia para verterla en la pavimentadora. •Pavimentadora autopropulsada para esparcir la mezcla, equipada con tolvas, vibrador y distribuidor de tornillo sinfín de tipo reversible, equipo de dirección adecuado, dispositivos compensadores para una superficie pareja. (no podrá dejar huellas o áreas defectuosas) •Equipo de compactación utilizando compactadores autopropulsados de rodillos metálicos estáticos o vibratorios tándem y de neumáticos. Deberán contar con dispositivos de limpieza y mantenerlos húmedos. Los compactadores de rodillos no deben presentar surcos ni irregularidades, los compactadores vibratorios deben tener dispositivos para eliminar la vibración y los de neumáticos ruedas lisas.
Chile		•Plantas fijas o móviles para realización de la mezcla, ya sea tipo continuo o discontinuo. -Contar con mínimo 2 tolvas para almacenaje y alimentación de agregados; una unidad de control de graduación; reja protectora; cribas vibratorias separadoras; sistemas de pesaje o reguladores de cantidades; elementos de control de pesaje de asfalto o bomba de alimentación; mezclador de doble paleta; cinta transportadora y compuertas regulables. •Terminadora autopropulsada para la extensión de la mezcla. •Compactador de ruedas de acero tipo tándem, rodillos vibratorios y rodillos neumáticos para compactación. •Para preparación de la superficie antes de extender la mezcla se usan barredoras y sopladores para limpieza; y para riego de liga se usa distribuidores a presión sobre camiones o unidades similares, aislados, con boquillas y barra con un ángulo apropiado, termómetros para controlar la temperatura y un sistema de calentamiento, además, un grupo de motobombas para productos con viscosidades de 20-120 cSt, a su salida deberá estar adecuado para que salga en un Angulo de incidencia de 100 ± 5°
Estados Unidos		•Según la UFGS usar una planta mezcladora controlada automática o semiautomática, una unidad fabricada comercialmente diseñada y operada para producir de manera continua y consistentemente una mezcla con capacidad de 2000 libras cortas por hora. •Según la AASHTO la pavimentadora autopropulsada con escuadras calefactadas para extender y terminar la mezcla en las dimensiones y niveles adecuados. Debe contar con controles automáticos de escuadra capaces de operar desde una línea de referencia o un esquí para operar desde uno o ambos lados. •Distribuidor de asfalto para capa adhesiva. •Según la AASHTO los rodillos deber poder retroceder sin empujar o rasgar la mezcla, además de tener controles separados de energía y propulsión. La UFGS añade que los rodillos deben ser autopropulsados que pesen más de 9 tons y presión de contacto máxima de 620 kPa, estos rodillos deben tener raspadores regulables y rociador de agua para evitar su adherencia a la capa. •Se podrá usar equipos diferentes o alternativos si no es practico usar los anteriores mencionados según la AASHTO. •Escobas eléctricas y sopladores eléctricos para limpieza de superficie según la UFGS.
Tailandia		•Planta móvil con tolva de pesaje para recibir el agregado, cinta transportadora con medidor de volumen y capacidad de controlar el flujo de agregado, mezcladora de doble eje para mezcla continua y capacidad de producción de 2 toneladas por minuto, tanque para almacenar la emulsión con capacidad de 1000 galones, equipo para control de flujo de emulsión (equipos mecánicos, eléctricos o hidráulicos para mantener el flujo) •Equipo de pavimentación vibratorio, capaz de vibrar y ajustar la frecuencia, con capacidad de ajustar el ancho en al menos 1 carril de tráfico, dispositivo de dispersión para distribuir el material de manera uniforme y adecuada (capaz de ajustar grosor y forma) y medidor de flujo. •Para la compactación: -Rodillo neumático autopropulsado con al menos 9 ruedas y capaz de aumentar el peso a más de 10 ton y llantas de goma lisa. -Rodillos de ruedas de acero autopropulsado y pesando entre 8-12 ton. •Para limpieza de superficie (no es necesario): camión cisterna de agua con manguera y dispositivo de rociado; barredora rotativa podrá ser remolcada o autopropulsada o montada en tractor u otro vehículo (sistema de limpieza puede ser de fibra, alambre de acero, nailon, cerdas de coco u otro material); soplador instalado en tractor u otro vehículo, ventilador de gran tamaño para flujo de aire.
Sudáfrica		
España		
Australia y Nueva Zelanda		

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (aashto, 2020); (Direccion de Vialidad, 2022).

Se puede observar que todos tienen en común el uso de la maquinaria estipulada en el proyecto y equipo idóneo de transporte para entregar una mezcla adecuada. Colombia, Perú y Chile hacen referencia tanto a plantas fijas como móviles para la preparación de la mezcla, mientras que Estados Unidos y Tailandia mencionan únicamente plantas fijas, aunque Tailandia incluye una planta móvil para el transporte de agregados dentro de la planta fija. Algo que tienen todos en común es el uso de la pavimentadora autopropulsada, aunque Perú destaca debido a que describe cada uno de los elementos que deberá tener, seguidas por Estados Unidos y Tailandia que hacen una descripción breve del equipo.

Otro equipo donde muchos coinciden es en la compactadora, Colombia, Perú, Estados Unidos y Tailandia tienen en común el uso de equipo autopropulsado. Chile indica el equipo, pero no hace referencia a si es autopropulsado. En cuanto a la variedad de equipos, Colombia presenta 4 diferentes tipos que se podrán usar, Chile y Perú con 2 tipos, Tailandia presenta 2 tipos añadiendo características de peso y cantidad de ruedas; por último, Estados Unidos que solo habla de equipo autopropulsado y añade características de comportamiento, junto a peso y presión de contacto.

Colombia también añade equipo de almacenamiento para la emulsión asfáltica, equipos para aplicación de cal y equipo de transferencia de mezcla Shuttle buggy como alternativa; Chile incluye barredoras y sopladores para limpieza, mientras que Estados Unidos presenta escobas

eléctricas y sopladores eléctricos para limpieza. Tailandia indica de manera muy detallada la capacidad que deberá tener la planta tanto de producción como de almacenamiento, así como las características y que debe contener los equipos para limpieza de superficie.

Las consideraciones del clima se encontrarán en la Tabla 14, donde muestra las especificaciones de los países respecto a los aspectos climáticos a considerar para la realización de la mezcla asfáltica en frio.

Tabla 14

Especificaciones del clima (Mezcla en frío)

País	Requisitos climáticos	Especificaciones adicionales
Colombia	No se pueden iniciar procesos para la construcción si está lloviendo o si existe sospecha de que llueva Se recomienda realizar las obras siempre bajo luz solar; solo en caso necesario y con autorización realizarlo de noche con el equipo de iluminación adecuado.	La temperatura para mezclas asfálticas en frío de tipo densas a la sombra o sobre la superficie no puede ser menor a 5°C -Para el sello de capa en mezclas asfálticas en frío de tipo abierto la temperatura a la sombra o sobre la superficie no puede ser menor a 5°C -Para el cloruro de calcio si se sospecha lluvia con 20% en las próximas 36h
Perú		No se podrá realizar la extensión y compactación si la temperatura ambiente es menor a 6°C.

Chile		No se podrá realizar la extensión y compactación si la temperatura ambiente es menor a 10°C.
España		-
Estados Unidos		No se podrá realizar la mezcla si la temperatura de la superficie es menor a 10°C. -La UFGS indica que no se podrán realizar obras si la temperatura atmosférica es menor que 15°C.
Tailandia	La mezcla elaborada y almacenada debe ser protegida de la lluvia y el sol hasta que se use.	-
Sudáfrica		
España		
Australia y Nueva Zelanda		

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (aashto, 2020); (Direccion de Vialidad, 2022).

Se encuentra que Colombia es quien presenta la temperatura más baja a la que se puede realizar, con 5°C, a su vez es quien presenta de manera detallada según qué actividad cuál será su requisito, Estados Unidos siendo el más riguroso respecto a la temperatura, con 10°C de mínimo.

Especificaciones para la capa de rodadura (Mezcal Asfáltica en frío)

El material a emplear deberá cumplir con unos respectivos requisitos específicos. La figura 28 o en la tabla 47 del apéndice, detalla las especificaciones técnicas que estos materiales deben cumplir, abordando cada punto de acuerdo con los documentos técnicos correspondientes.

Figura 28

Especificaciones de materiales a usar (Mezcla en frío)

País	Observaciones previas	Requisitos del material	Observaciones adicionales
Colombia	•Existen 2 tipos de mezclas asfálticas en frío, basándose en su granulometría y son: Mezclas densas (MDF) y Mezclas abiertas (MAF) •Los agregados pétreos no deben ser susceptibles a alteraciones físico-químicas bajo las condiciones más desfavorables. -Se tiene una clasificación de agregados pétreos de la siguiente forma: Agregado grueso será el agregado retenido en el tamiz N°4, agregado fino es la proporción comprendida entre tamiz N°4 y N°200 y el llenante mineral la proporción que pasa por el tamiz N°200 (Se considera de aporte si se incorpora a la mezcla por separado) •El agregado grueso proviene de la trituración de roca y/o grava (sin exceso de partículas planas, alargadas y blandas, debe estar exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras) •El agregado fino constituido por arena de trituración o una mezcla de ella con arena natural. •El llenante mineral podrá provenir de trituración y clasificación de agregados o podrá ser de aporte (cal hidratada o cemento hidráulico) -La cal hidratada debe cumplir con la NTC 4019: Cal hidratada normal (N), especial (S), normal con incorporador de aire (NA) y especial con incorporador de aire (SA). -El cemento si es hidráulico deberá ser de acuerdo con la conforme al diseño con pruebas de laboratorio y que sea fabricado según los requisitos dados por la NTC 121 (Cemento hidráulico especificado por desempeño), ASTM C150 (Cemento Portland) y ASTM C595 (Cemento hidráulico adicionado, excluyendo tipo IS >70); si es cemento blanco la NTC 1362. Normas como la ASTM C150, ASTM C595 o ASTM C1157 se podrán usar si se comprueba desempeño similar a la NTC 121. -Según la NTC 121 existen cementos hidráulicos de uso general (UG); de alta resistencia temprana (ART); moderada resistencia a sulfatos (MRS); alta resistencia a los sulfatos (ARS); moderado calor de hidratación (MCH) y bajo calor de hidratación (BCH). Todos podrán aplicar para tener una baja reactividad con agregados (BRA) o incorporadores de aire (A) -Según la ASTM C150 los tipos I (sin exigencia de propiedades especiales), tipo IA (mismos que el I pero con incorporador de aire), tipo II (uso general y resistencia a sulfatos o calor moderado), tipo IIA (mismos usos que el II pero con incorporador de aire), tipo III (alta resistencia temprana), tipo IIIA (mismos que el III pero con incorporador de aire), tipo IV (bajo calor de hidratación) y tipo V (alta resistencia a sulfatos) -Según la ASTM C595 están los tipos IS (portland con escoria de alto horno), tipo IP (portland-puzolana), tipo IL (portland con cemento calizo o cal) y tipo IT (cemento de amasado ternario) -Según la NTC 1362 los tipos de cemento blanco tipo 1 (no se le exige propiedades especiales) y tipo 1B (resistencias superiores a la tipo 1) •Las especificaciones dependerán del tipo de tránsito -NT3: N80kN > 5M -NT2: 0.5 < N80kN ≤ 5M -NT1: N80kN ≤ 0.5M	**Para la mezcla asfáltica en frío:** •El agregado deberá tener: -Desgaste Los Ángeles ≤ 25% (todo tipo de tráfico); Degradación por abrasión ≤ 25% para NT2 y ≤ 20% para NT3 -Resistencia mecánica: Valor en seco ≥ 110kN y relación húmedo/seco ≥ 75% (valores solo para NT3) -Coeficiente de pulimiento acelerado ≤ 50% -Pérdidas mediante prueba de sulfato de magnesio ≤ 18% Además, unos requisitos que no aplican a mezclas de tipo abierto, es decir solo para de tipo densas: -Impurezas en agregado grueso ≤ 0.5% -Equivalencia de arena ≥ 50% y valor de azul de metileno ≤ 10 -Partículas planas y alargadas en relación 5:1 ≤ 10%; Partículas con una cara fracturada ≥ 75% (NT1 y NT2) y ≥ 85% para NT3; partículas con dos caras fracturadas ≥ 60% para NT2 y ≥ 70% para NT3. -Angularidad de la fracción fina ≥ 40% para NT1 y ≥ 45% para NT2 y NT3 -Adhesividad de los ligantes bituminosos al agregado fino ≥ 4% Para el agregado fino (Requisitos no aplicables para mezclas asfálticas en frío de tipo abierto) -Proporción de arena natural (agregado fino) deberá ser ≤ 25% de la masa total del agregado combinado para NT1 y NT2, a su vez ≤ 15% para NT3. -Proporción de arena natural ≤ 50% de la masa total de agregado fino. Para el llenante mineral (si es material de aporte usar cal hidratado o cemento hidráulico) -Densidad bulk de entre 0.5-0.8g/cm3 -Vacíos del llenante seco compactado deberá ser ≥ 38% (solo para NT2 y NT3) -Si el llenante mineral es cal deberá tener: Óxidos de calcio y magnesio (base libre de volátiles) ≥ 95%; Dióxido de carbono (como se recibe la base) ≤ 5% si es en laboratorio y ≤ 7% en otro sitio; Óxidos no hidratados ≤ 8% (solo para S y SA); residuos retenidos en tamiz N°30 ≤ 0.5% (si es mayor no deberá presentar descascaramiento ni picaduras); plasticidad ≥ 200 (Para S o SA luego 30 min de mezclada con agua y para N o NA al ser saturada con agua en periodos de 16 a 24h); retención de agua ≥ 75% para N y NA y ≥ 85% para S y SA •La mezcla del material de agregado que se usa para la capa de rodadura serán de tipo densa los MDF-19 (agregado grueso con tamaño máximo 19 mm) y MDF-25 (máximo 25 mm), para mezcla de tipo abierta serán los MAF-19 y MAF-25. Estas tienen la siguiente gradación: - MDF-25 con PP (25 mm): 100; PP (19 mm): 80-95; PP (9,5 mm): 60-75; PP4: 47-62; PP8: 35-50; PP50: 13-23 y PP200: 3-8. - MDF-19 con PP (19 mm): 100; PP (12,5 mm): 80-95; PP4: 50-65; PP8: 35-50; PP50: 13-23 y PP200: 3-8. - MAF-25 con PP (25 mm): 100; PP (19 mm): 70-95; PP (9,5 mm): 20-45; PP4: 0-20; PP8: 0-10 y PP200: 0-2. - MAF-19 con PP (19 mm): 100; PP (12,5 mm): 70-95; PP4: 10-30; PP8: 0-10 y PP200: 0-2. •El material bituminoso a usar para la mezcla será tipo emulsión asfáltica de rotura media o lenta; Si es para tipo de mezcla densa se usa de rotura lenta tipo CRL-57 o CRL-57h; para mezcla de tipo abierta se usara de rotura media CRM-65 **Tipo CRL - 57 y CRL - 57h** - En destilación un contenido de asfalto residual ≥ 57%; Contenido de agua ≤ 43%; Viscosidad con Saybolt-Furol a 25°C entre 20 - 200s (segundos); Estabilidad durante almacenamiento: ≤ 1% (sedimentación a 24h) y ≤ 5% (sedimentación a los 5d); Porcentaje retenido en tamiz N°20 ≤ 0.1%; carga eléctrica de partícula debe ser positiva; pH ≤ 5. **Especificaciones para Emulsión asfáltica solo para tipo CRL - 57** -Sobre el residuo de destilación una penetración (25°C, 100g, 5s) para ARD de entre 60 - 100 décimas de mm (0,1mm) y para ARB de entre 100 - 250; Ductibilidad (25°C, 5cm/min) ≥ 40cm; Solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5% **Especificaciones para Emulsión asfáltica solo para tipo CRL - 57h** -Rotura en ensayo de mezcla con cemento ≤ 2% -Penetración (25°C, 100g, 5s) de entre 60 - 100 décimas de mm (0,1mm); Ductibilidad (25°C, 5cm/min) ≥ 40cm; Solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5% **Tipo CRM-65** -Contenido de asfalto residual ≥ 65%; contenido de aceite ≤ 12%; Viscosidad 50°C entre 50 - 450s (segundos); Estabilidad durante almacenamiento: ≤ 1% (sedimentación a 24h) y ≤ 5% (sedimentación a los 5d); Porcentaje retenido en tamiz N°20 ≤ 0.1%; carga eléctrica de partícula debe ser positiva; pH ≤ 5; cubrimiento del agregado y resistencia al desplazamiento podrá ser Buena (Agregado seco) y satisfactoria (agregado seco y acción del flujo de agua, con agregado húmedo o con agregado húmedo y acción del flujo del agua) -Penetración (25°C, 100g, 5s) entre 100 - 250 décimas de mm (0,1mm); Ductibilidad (25°C, 5cm/min) ≥ 40cm; Solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5% •Para mezclas asfálticas en frío de tipo abierto se realiza un sello de arena-asfalto, donde se usa agregado fino (arena natural y/o de trituración, exenta de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias perjudiciales) con las siguientes especificaciones: perdidas por solidez en sulfato de magnesio ≤ 18% (NT1 y NT2); equivalencia de arena ≥ 50% y valor de azul ≤ 10; angularidad de fracción fina ≥ 45% y riedel weber ≥ 4%. Se usa una gradación tipo SAA-10 y emulsión catiónica CRR-65 o CRR-65m. - SAA-10: PP (9,5 mm): 100; PP4: 95-100; PP8: 80-100; PP16: 50-85; PP30: 25-60; PP50: 10-30 y PP200: 2-10 - CRR-65: Contenido de asfalto residual ≥ 65%, contenido de aceite ≤ 3% y contenido de agua ≤ 35%; Viscosidad a 50°C entre 100 - 400s (segundos); Estabilidad durante almacenamiento: ≤ 1% (sedimentación a 24h) y ≤ 5% (sedimentación a los 5d); Porcentaje retenido en tamiz N°20 ≤ 0.1%; demulsibilidad ≥ 40%; carga eléctrica de partícula debe ser positiva; pH ≤ 5; Penetración para ARD de entre 60 - 100 décimas de mm (0,1mm) y para ARB de entre 100 - 250; Ductibilidad ≥ 40cm; Solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. - CRR-65m: Contenido de asfalto residual ≥ 65%, contenido de disolventes ≤ 3% y contenido de agua ≤ 35%; Viscosidad a 50°C entre 20 - 300s (segundos); Estabilidad durante almacenamiento: ≤ 1% (sedimentación a 24h) y ≤ 5% (sedimentación a los 5d); Porcentaje retenido en tamiz N°20 ≤ 0.1%; rotura con Dioctisulfosuccinato sódico ≥ 40%; carga eléctrica positiva; pH ≤ 5; cubrimiento del agregado y resistencia al desplazamiento debe ser buena para agregado seco y satisfactoria para las demás; Penetración mínima de entre 60 - 100 décimas de mm (0,1mm) y máxima de entre 100 - 250; punto de ablandamiento mínimo de entre 55-45°C; Ductibilidad ≥ 10cm; recuperación elástica por torsión a 25°C ≥ 12%. •El agua debe ser libre debe ser limpia, sin materia orgánica u otras sustancias perjudiciales. Podrá ser agua potable, en caso de no serlo deberá tener un pH de entre 5.5-8 y Contenido de sulfatos SO4 ≤ 1kg/m3 (requisitos que no aplican a mezclas de tipo abierto ya que por lo general no requieren agua)	•Si el valor de desgaste Los Ángeles es superior al especificado se podra aceptar, pero deberá cumplir con el valor de degradación por abrasión (Aplica solo en tráfico NT2 y NT3) •En caso de tráfico NT3 se deberá tener un análisis petrográfico. •Se deberá tener el porcentaje de cubrimiento del agregado con material asfáltico en presencia de agua hirviendo; también la gravedad especifica y absorción. •Las llenantes minerales deberán haberse diseñado con la siguiente granulometría (PP16: 100%; PP30: 97-100%; PP100: 95-100% y PP200: 70-100%) •La franja granulométrica de los agregados, siendo para mezclas densas la MDF-19 o MDF-25 y para tipo abierta será MAF-19 o MAF-25. Estas serán escogidas en la fase de diseño. •Se podrá usar cuando se requiera aditivos mejoradores de adherencia entre los agregados y material bituminoso; se usa cloruro de calcio con certificado de calidad ASTM E449 y cumpla la ASTM D98 en forma solida (hojuelas con 77% de cloruro puro o en esferas con 94% de cloruro puro) o en forma liquida (concentración de 32% y gravedad especifica ≥ 1.30. Para aplicarse, el agua deberá ser agua potable, si no lo es debe tener un pH de entre 5.5-8 y SO4 ≤ 1kg/m3 •Si se realiza un pavimento multicapa asfáltica, es decir, con capa intermedia y capa base, se deberá tener unos requisitos para agregado fino y llenante mineral iguales que para capa de rodadura; y prácticamente iguales para los agregados, donde solo cambia el desgaste Los Ángeles que deberá ser ≤ 35% para capa intermedia en NT1 y ≤ 35% para capa intermedia y base para NT2 y NT3; Degradación por abrasión ≤ 30% para NT2 y ≤ 25% para NT3 (tanto para capa intermedia como base); Resistencia mecánica: Valor en seco ≥ 90kN para capa intermedia y ≥ 75kN para capa base y relación húmedo/seco ≥ 75% para capa intermedia y base (valores solo para NT3) •Se usara una gradación granulométrica MDF-25 para mezclas densas y capa intermedia y MDF-38 para capa base; en mezclas abiertas será MAF-25 para capa intermedia y MAF-38 para capa base. A continuación las gradaciones - MDF-38 con PP (37,5 mm): 100; PP (25 mm): 80-95; PP (12,5 mm): 62-77; PP4: 45-60; PP8: 35-50; PP50: 13-23 y PP200: 3-8. - MAF-38 con PP (37,5 mm): 100; PP (25 mm): 70-95; PP (12,5 mm): 25-55; PP4: 0-15; PP8: 0-5 y PP200: 0-2. •Emulsiones para riego de liga (CRL-40, CRL-57 o MC 30) y riego de imprimación (CRR-60, CRR-65, CRR-60m o CRR-65m): -CRL-40: En destilación un contenido de asfalto residual ≥ 40%; contenido de aceite de 10-20%; Contenido de agua ≤ 50%; Viscosidad a 25°C ≤ 50s; estabilidad durante almacenamiento ≤ 10% (sedimentación a los 5d); porcentaje retenido en tamiz N°20 ≤ 0.1%; carga de partícula positiva; pH ≤ 5; sobre el residuo de destilación una penetración de entre 200 - 300 (0,1mm); Ductibilidad ≥ 40cm; Solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5% -MC 30: Punto de inflamación ≥ 38°C; viscosidad a 60°C de 30-60 cSt, viscosidad a 25°C de 75-150 s; destilado a 225°C ≤ 25%, para 260°C de entre 40-70% y para 316°C de 75-93%; residuo por destilación de 50-60%; en los residuos por destilación una penetración de 120-300 (0.1 mm), ductilidad ≥ 100 cm y solubilidad de entre 9.5-100%. -CRR-60: Contenido de asfalto residual ≥ 60% para CRR 60; contenido de aceite ≤ 3%; contenido de agua ≤ 40% para CRR 60; Viscosidad a 25°C entre 20-100s; estabilidad durante almacenamiento a las 24h ≤ 1% y a los 5 d ≤ 5%; porcentaje retenido en tamiz N°20 ≤ 0.1%; demulsibilidad ≤ 40%; carga eléctrica de partícula positiva; pH ≤ 5; índice de rotura a reportar; en los residuos por destilación una penetración de 60-100 en ARD y de 100-250 en ARB, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad ≥ 97.5%. -CRR-60m: Contenido de asfalto residual ≥ 60% para CRR 60m; contenido de aceite ≤ 3%; contenido de agua ≤ 40% para CRR 60m; viscosidad a 50°C de entre 20-100 s para CRR-60m; estabilidad durante almacenamiento a las 24h ≤ 1% y a los 5 d ≤ 5%; porcentaje retenido en tamiz N°20 ≤ 0.1%; demulsibilidad ≤ 40%; carga eléctrica de partícula positiva; pH ≤ 5; en los residuos por destilación una penetración de 60-100 mínimo y de 100-250 máximo, punto de ablandamiento de mínimo 55-45°C, ductibilidad ≥ 10 cm y recuperación elástica por torsión ≥ 12%.
Perú	•Agregados pétreos y polvo mineral deberá ser aquel que al aplicarle el material asfáltico, esta no se desprenda por el agua o tránsito (solo se permitirá usar material con características hidrólificas si se usa además un aditivo eficaz); denominando el agregado grueso como el retenido en el tamiz N°4, el agregado fino el comprendido entre tamiz N°4 y tamiz N°200, y polvo mineral o llenante al que pasa por el tamiz N°200 -El agregado grueso deberá proceder de trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas, estos no deberán ser susceptibles a ningún tipo de meteorización o alteración fisicoquímicas bajo las condiciones más desfavorables(limpios y durables, exentos de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias que perjudiquen el desempeño, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables) -El agregado fino deberá proceder de r arena de trituración o una mezcla de ella con arena natural (los granos deben ser duros, limpios y de superficie rugosa y angular) -Polvo mineral que procede de procesos de trituración de los agregados pétreos o podrá ser de aporte de productos comerciales, generalmente cal hidratada o cemento portland. (Podrá ser polvo mineral proveniente de la clasificación, deberá ser no plástico y tener un peso unitario aparente de entre 0,5 y 0,8 g/cm3 y coeficiente de emulsibilidad inferior a 0.6) •La emulsión deberá tener un certificado del fabricante, con especificaciones precisas del producto. •Se podrán usar aditivos mejoradores de adherencia entre agregados y asfalto en caso de requerirlo. En el caso de mezclas abiertas podrán ser cal tipo I y II de la AASHTO M303, base tipo amina, cenizas de la AASHTO M295 u otros. (con un certificado de que los cumpla)	**Para la mezcla asfáltica en frío:** •El agregado deberá tener: -Desgaste Los Ángeles ≤ 25% (todo tipo de tránsito); Desgaste micro-deval (abrasión) ≤ 25% para tránsito medio y alto (para mezclas abiertas será ≤ 25% para tránsito medio y ≤ 20% para tránsito alto) -Resistencia mecánica por 10% finos: Valor en seco ≥ 110kN y relación húmedo/seco ≥ 75% (valores solo para tránsito alto) -Coeficiente de pulimiento acelerado ≤ 0.45 -Pérdidas mediante prueba de sulfato de magnesio ≤ 18% y por sulfato de sodio ≤ 12% (agregado grueso y agregado fino) -Impurezas en agregado grueso ≤ 0.5% -Equivalencia de arena ≥ 50% (Aplica solo a mezclas densas; si no se cumple con ello se acepta una equivalencia de arena ≥ 40% si el valor de azul de metileno ≤ 10) -Partículas planas y alargadas ≤ 10%; Partículas con una cara fracturada ≥ 75% (tránsito bajo y medio) y ≥ 85% para tránsito alto; partículas con dos caras fracturadas ≥ 60% para tránsito medio y ≥ 70% para tránsito alto. -Angularidad de la fracción fina ≥ 40% para tránsito bajo y ≥ 45% para tránsito medio y alto (solo para mezclas densas) -Adhesividad (resistencia conservada inm-comp) ≥ 75% para tránsito bajo y alto en agregado combinado (solo para mezclas densas) -Adhesividad stripping ≥ 95% (solo para mezclas abiertas) Para el agregado fino. -Proporción de arena natural (agregado fino) deberá ser ≤ 25% de la masa total del agregado combinado y a su vez ≤ 15% para alto tránsito. -Proporción de arena natural ≤ 50% de la masa total de agregado fino. •La mezcla del material de agregado que se usa para la capa de rodadura serán los MDF-2 y MDF-3 para mezclas densas o MAF-1, MAF-2 y MAF-3 para mezclas abiertas. - MDF-2 con PP (25 mm): 100; PP (19 mm): 80-95; PP (9,5 mm): 60-75; PP4: 47-62; PP8: 35-50; PP50: 13-23 y PP200: 3-8. - MDF-3 con PP (19 mm): 100; PP4: 50-65; PP8: 35-50; PP50: 13-23 y PP200: 3-8. - MAF-1 con PP (37,5 mm): 100; PP (25 mm): 95-100; PP (12,5 mm): 25-65; PP4: 0-10; PP8: 0-5 y PP200: 0-2. - MAF-2 con PP (25 mm): 100; PP (19 mm): 95-100; PP (9,5 mm): 20-55; PP4: 0-10; PP8: 0-5 y PP200: 0-2. - MAF-3 con PP (19 mm): 100; PP (12,5 mm): 95-100; PP (9,5 mm): 35-40; PP8: 3-7 y PP200: 0-1. •El material bituminoso a usar para la mezcla será tipo emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta; usando los tipos CSS-1 o CSS-1h **Tipo CSS-1 y CSS-1h** -De la destilación un %Asfalto de residuo ≥ 57% -Viscosidad 25°C entre 20 - 100s (segundos); estabilidad de Almacenamiento ≤ 1% (En 24h) -Carga de la partículas deber ser positivo; prueba del tamiz ≤ 0.1%; contenido de cemento ≤ 2% -Sobre el residuo de destilación una penetración (25°C, 100g, 5s) de 100-250 décimas de mm para CSS-1 y de 40-90 décimas de mm para CSS-1h; Ductilidad (25°C, 5 cm/min) ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5% •En caso de usar aditivos en mezclas abiertas se deberá tener una efectividad de aditivos con una resistencia conservada ≥ 80. -Si es cal tipo 1 y 2 debe tener un Contenido de Cal Activa ≥ 90%, Contenido de Cal Deshidratada ≤ 7% y contenido de agua ≤ 3%; solo para tipo 2 un contenido de residió de ignición de Óxido de Calcio y Magnesio ≥ 96%, contenido de Dióxido de Carbono (de base recibida) ≤ 7% y contenido de óxido de calcio deshidratado ≤ 3% •El agua deberá ser limpia y libre de materia álcalis y otras sustancias deletéreas, tener un pH de entre 5.5-8 y un contenido de sulfatos SO4 menor a 3000 ppm.	•Si se realiza un pavimento multicapa asfáltica de tipo densa, es decir, con capa intermedia y capa base, se deberá tener unos requisitos para agregado fino y llenante mineral iguales que para capa de rodadura; y prácticamente iguales para los agregados, donde solo cambia: -Desgaste Los Ángeles que deberá ser ≤ 35% para capa intermedia en bajo tránsito y ≤ 35% para capa intermedia y base para tránsito medio y alto. -Desgaste por abrasión ≤ 35% para tránsito medio y alto (tanto para capa intermedia como base). -Resistencia mecánica por 10% finos: Valor en seco ≥ 90kN para capa intermedia y ≥ 75kN para capa base y relación húmedo/seco ≥ 75% para capa intermedia y base (valores solo para tránsito alto) -Partículas con una cara fracturada ≥ 60% para tránsito bajo ≥ 75% para tránsito medio y alto; partículas con dos caras fracturadas (no especifica) •Si es una mezcla abierta se indica, se usaran las mismas especificaciones para los agregados, exceptuando las siguientes: -Desgaste Los Ángeles que deberá ser ≤ 25% para capa intermedia en bajo tránsito y ≤ 35% para capa intermedia en tránsito medio y alto. -Desgaste por abrasión ≤ 30% para tránsito medio y ≤ 25% para tránsito alto. (capa intermedia) -Resistencia mecánica por 10% finos: Valor en seco ≥ 90kN para capa intermedia y relación húmedo/seco ≥ 75% para capa intermedia (valores solo para tránsito alto) -Partículas con una cara fracturada ≥ 60% para tránsito bajo ≥ 75% para tránsito medio y alto; partículas con dos caras fracturadas (no especifica) •Se usara una gradación granulométrica MDF-2 para capa intermedia y MDF-1 para capa base. - MDF-1 con PP (7,5 mm): 100; PP (25 mm): 80-95; PP (12,5 mm): 62-77; PP4: 45-60; PP8: 35-50; PP50: 13-23 y PP200: 3-8. •Para realizar riegos de imprimación se usan emulsiones de curado lento CSS-1, CSS-1h o asfalto líquido MC-30, MC-70 -MC-30: viscosidad cinemática a 60°C de 30-60 cSt; punto de inflamación ≤ 0.2°C; destilado a 225°C ≤ 25%, a 260°C 40-70%, a 315°C ≥ 75-93% y a 360°C ≥ 50%; en residuos de destilación una viscosidad a 60°C de entre 30-120 Pa.s (podrá cambiarse por una penetración a 25°C de 120-250 dmm), ductilidad a 25°C ≥ 100 cm, solubilidad en tricloro ≥ 99% y ensayo de la mancha con resultados negativos para solvente Nafta, Nafta-Xileno o Heptano-Xileno. -MC-70: viscosidad cinemática a 60°C de 70-100 cSt; punto de inflamación ≤ 0.2°C; destilado a 225°C ≤ 20%, a 260°C 20-60%, a 315°C ≥ 65-90% y a 360°C ≥ 55%; en residuos de destilación una viscosidad a 60°C de entre 30-120 Pa.s (podrá cambiarse por una penetración a 25°C de 120-250 dmm), ductilidad a 25°C ≥ 100 cm, solubilidad en tricloro ≥ 99% y ensayo de la mancha con resultados negativos para solvente Nafta, Nafta-Xileno o Heptano-Xileno. •Para realizar riegos de liga se usan cemento asfáltico tipo 40/50, 60/70, 85/100 o 120/150; o tipo emulsión catiónica de rotura lenta o rápida tipo CSS-1, CSS-1h, CRS-1 o CRS-1h. (se encuentran en especificaciones de asfalto para mezclas asfálticas en caliente)
Chile	•Agregados pétreos; denominando el agregado grueso como el retenido en el tamiz N°8 y el agregado fino el que pasa el tamiz N°8. -El agregado grueso deberá estar constituida por partículas chancadas, tenaces, limpias (libres de materia orgánica, arcilla o materias extrañas) -El agregado fino deberá estar constituida por arenas naturales o provenientes de trituración de roca o grava. Partículas duras, tenaces y libres de arcilla o sustancias perjudiciales. (podrá exigirse haber sido limpiados por lavado) •La emulsión asfáltica deberá cumplir las muchas especificadas según la emulsión escogida.	Para la mezcla asfáltica en frío: •El agregado grueso deberá tener: Desgaste Los Ángeles ≤ 25% (podrá ser mayor si se aprueba aunque nunca mayor que 35%); Desintegración en sulfato de sodio ≤ 12%; partículas chancadas ≥ 90%; partículas lajeadas ≤ 10%; adherencia ≥ 95%. •Para el agregado fino: Adherencia riedel-weber de entre 0-5% y desintegración por sulfato de sodio ≤ 15% •Para el agregado combinado: Sales solubles ≤ 2% y equivalencia de arena ≥ 50% •Se tendrán diferentes granulometrías para el agregado con granulometría semidensa, tipos IV-A-12, IV-A-20 o IV-A-25. - IV-A-12 con PP (40 mm): 100; PP (12,5 mm): 80-95; PP (10 mm): 70-85; PP4: 43-58; PP8: 28-42; PP30: 13-24; PP50: 8-17; PP100: 6-12 y PP200: 4-8. - IV-A-20 con PP (25 mm): 100; PP (20 mm): 80-95; PP (12,5 mm): 65-80; PP (10 mm): 57-73; PP4: 40-55; PP8: 28-42; PP30: 13-24; PP50: 8-17; PP100: 6-12 y PP200: 4-8. - IV-A-25 con PP (40 mm): 100; PP (25 mm): 80-100; PP (20 mm): 73-88; PP (12,5 mm): 60-75; PP (10 mm): 55-70; PP4: 39-54; PP8: 28-42; PP30: 13-24; PP50: 8-17; PP100: 6-12 y PP200: 4-8. •Se usara alguno de las siguientes emulsiones asfálticas aniónicas o catiónicas; las aniónicas de quiebre rápido RS-1 o RS-2, quiebre rápido alta flotación HFRS-2, quiebre medio MS-1, MS-2 o MS-2h, quiebre medio alta flotación HFMS-1, HFMS-2 o MFHS-2h, y de quiebre lento HFMS-2s, SS-1 o SS-1h; las catiónicas de quiebre rápido CRS-1 o CRS-2, quiebre medio CMS-2 o CMS-2h, y quiebre lento CSS-1 o CSS-1h. **RS-1 y RS-2:** viscosidad a 25°C de 20-100 SFs (solo para RS-1) y viscosidad a 50°C de 75-400 SFs (solo para RS-2); estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; demulsibilidad (35 ml. 0,02N CaCl2) ≥ 60%; carga de la partícula igual a 0; tamizado ≤ 0.10%; residuo por destilación ≥ 55% para RS-1 y ≥ 63% para RS-2; en residuo de destilación una penetración de 100-200 dmm, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%; equivalente de Xilol ≤ 30% **HFRS-2:** Las mismas especificaciones que para RS-2, añadiendo una flotación a 60°C ≥ 1200 s. MS-1: Las mismas especificaciones que para RS-1, exceptuando la emulsibilidad ya que no existe un parámetro y añadiendo una capacidad de cubrimiento buena (agregado seco) y regular (después de esparcido y agregado húmedo) **MS-2 y MS-2h:** viscosidad a 25°C ≥ 100 SFs; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; capacidad de cubrimiento buena (agregado seco) y regular (después de esparcido y agregado húmedo); carga de la partícula igual a 0; tamizado ≤ 0.10%; residuo por destilación ≥ 65%; en residuo de destilación una penetración de 100-200 dmm para MS-2 y de 40-90 dmm para MS-2h, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%; equivalente de Xilol ≤ 30% **HFMS-1:** Las mismas especificaciones que para RS-1, exceptuando la emulsibilidad y tamizado ya que no existe un parámetro y añadiendo un contenido de cemento ≤ 0.1%, capacidad de cubrimiento buena (agregado seco) y regular (después de esparcido y agregado húmedo) y una flotación ≥ 1200 s. **HFMS-2 y HFMS-2h:** Las mismas especificaciones que para MS-2 y MS-2h respectivamente, exceptuando el tamizado ya que no existe parámetro y añadiendo un contenido de cemento ≤ 0.1% y una flotación ≥ 1200 s. **HFMS-2s:** viscosidad a 25°C ≥ 50 SFs; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; capacidad de cubrimiento buena (agregado seco) y regular (después de esparcido y agregado húmedo); carga de la partícula igual a 0; contenido de cemento ≤ 0.10%; residuo por destilación ≥ 65%; aceite destilado por volumen de emulsión de entre 1-7%; en residuo de destilación una penetración ≥ 200 dmm, ductibilidad ≥ 40 cm, solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5% y flotación ≥ 1200 s; equivalente de Xilol ≤ 30%. **SS-1 y SS-1h:** viscosidad a 25°C de 20-100 SFs; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; carga de la partícula igual a 0; tamizado ≤ 2%; contenido de cemento ≤ 0.10%; residuo por destilación ≥ 57%; en residuo de destilación una penetración de 100-200 dmm para SS-1 y de 40-90 dmm para SS-1h, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%; equivalente de Xilol ≤ 30% **CRS-1 y CRS-2:** viscosidad a 50°C de 20-100 SFs para CRS-1 y de 100-400 SFs para CRS-2; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; demulsibilidad ≥ 40%; carga de la partícula positiva; tamizado ≤ 0.10%; aceite destilado por volumen de emulsión residuo ≤ 3%, residuo ≥ 60% para CRS-1 y ≥ 65% para CRS-2; en residuo de destilación una penetración de 100-250 dmm, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%; equivalente de Xilol ≤ 30% **CMS-2 y CMS-2h:** viscosidad a 50°C de 50-450 SFs; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; capacidad de cubrimiento buena (agregado seco) y regular (después de esparcido y agregado húmedo); carga de la partícula positiva; tamizado ≤ 0.10%; aceite destilado por volumen de emulsión residuo ≤ 12%, residuo ≥ 65%; en residuo de destilación una penetración de 100-250 dmm para CMS-2 y 40-90 dmm para CMS-2h, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%; equivalente de Xilol ≤ 30% **CSS-1 y CSS-1h:** viscosidad a 25°C de 20-100 SFs; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; carga de la particula positiva; tamizado ≤ 0.10%; contenido de cemento ≤ 2%; residuo ≥ 57%; en residuo de destilación una penetración de 100-250 dmm para CSS-1 y 40-90 dmm para CSS-1h, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%; equivalente de Xilol ≤ 30%	•El contenido óptimo de asfalto se determina con el método 8.302.48 del MC-V8 para gradación abierta y 8.302.51 del MC-V8 (basado en la Asphalt Cold Mix Manual MS-14. Asphalt Institute; Asphalt Emulsion Manual MS-19. AEMA – Asphalt Institute; ASTM D 1560; Método 8.302.35 y Método Rupanco. Curso Laboratorista Vial, 4ª Ed., Vol II, LNV Chile.) para gradación gruesa o densa. •La franja granulométrica a usar sera escogida en la etapa de diseño. (tipos IV-A-12, IV-A-20 o IV-A-25) •Existe también la granulometría densa, ya sea tipos IV-12, IV-20 o IV-25; estas se usarán solo si sobre ellas se coloque una mezcla drenante. A continuación la franjas granulométricas: - IV-12 con PP (20 mm): 100; PP (12,5 mm): 80-95; PP (10 mm): 67-85; PP4: 46-65; PP8: 35-48; PP30: 15-25; PP50: 13-23; PP100: 8-16 y PP200: 4-10. - IV-20 con PP (25 mm): 100; PP (20 mm): 80-95; PP (12,5 mm): 65-80; PP (10 mm): 57-75; PP4: 45-63; PP8: 33-48; PP30: 17-29; PP50: 13-23; PP100: 7-14 y PP200: 4-8. - IV-25 con PP (40 mm): 100; PP (25 mm): 80-100; PP (10 mm): 55-75; PP4: 45-62; PP8: 35-50; PP30: 19-30; PP50: 13-23; PP100: 7-15 y PP200: 0-8. •Para construcción multicapa el agregado grueso deberá tener: -Para capa intermedia: Desgaste Los Ángeles ≤ 35%; Desintegración en sulfato de sodio ≤ 12%; partículas chancadas ≥ 70%; partículas lajeadas ≤ 15%; adherencia ≥ 95%. -Para capa base: Desgaste Los Ángeles ≤ 35% para base gruesa y ≤ 30% en base abierta; Desintegración en sulfato de sodio ≤ 12%; partículas chancadas ≥ 60% para base gruesa y ≥ 90% en base abierta; partículas lajeadas ≤ 15% para base gruesa y ≤ 10% en base abierta; adherencia ≥ 95%. •El agregado fino para multicapa tendrá las mismas especificaciones. •El agregado combinado para multicapa, deberá tener una equivalencia de arena ≥ 45% para capa intermedia, para capa base ≥ 40% y ≥ 50% para base abierta; sales solubles ≤ 3% para ambas capas. •Para riego de liga asfalto tipo CRS-1, CRS-2, CMS-2, MCS-2h, CSS-1, CSS-1h, RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1 o SS-1h
España	-	-	-
Estados Unidos	•Según la AASHTO se deberá cumplir que la emulsión asfáltica a usar cumpla con alguno de los requisitos de la AASHTO M208 o AASHTO M140. -La UFGS indica que se debe tener un certificado que corrobore las especificaciones que se necesitan, además, recomienda el uso de emulsiones tipo SS-1 o CSS-1 en climas moderados o fríos y tipo SS-1h o CSS-1h en climas más cálidos. Aunque, se podrá usar cualquier otro de los tipos de asfalto. •Los agregados según la UFGS deben ser agregados consistentes en piedra triturada, grava triturada, escoria triturada, cribado, arena y relleno mineral, según sea necesario (la AASHTO indica que se deberán cumplir con todos los requisitos que se indiquen en el diseño) -Agregado grueso será el retenido en el tamiz N°4 y el agregado fino el que pasa por el tamiz N°4 y es retenido en el tamiz N°200. El relleno mineral será el que pasa por el tamiz N°200. (Si se usa material reciclado deberá cumplir con una gradación especifica) -El agregado deberá estar limpio, sano y ser duradero. -Se podrán usar materiales reciclados, usando un agente de reciclaje bituminoso, usando asfalto espumado o emulsionado para mejorar sus propiedades y facilitar la reutilización para la nueva mezcla asfáltica	•El agregado deberá cumplir con lo siguiente: -Abrasión Los Ángeles ≤ 40% (500 revoluciones) -Estabilidad del agregado con sulfato de sodio permitido será máximo de 10-15%. -Peso seco de la escoria ≤ 1200 kg por m3 y porcentaje de partículas planas y alargadas ≤ 20% en peso de cualquier tamiz. -Cantidad de arena en el agregado deberá ser ≤ 25% •Granulometría para el relleno mineral: -Para partículas de 0.05 mm se acepta un porcentaje más fino de entre 70-100%; para partículas de 0.02 mm de entre 35-65% y para partículas de 0.005 mm de entre 10-22%. •El asfalto a usar dependerá de la norma; en la AASHTO M140 para emulsiones aniónicas serán los RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1, SS-1h o QS-1H; en la AASHTO M208 para emulsiones catiónicas serán los CRS-1, CRS-2, CMS-2, CMS-2h, CSS-1, CSS-1h o CQS-1h. **-RS-1 y RS-2:** Viscosidad a 25°C de 20-100 segundos (solo para RS-1); viscosidad a 50°C de 75-400 s (solo para RS-2); estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; demulsibilidad (35 ml. 0,02N CaCl2) ≥ 60%; tamizado ≤ 0.10%; residuo por destilación ≥ 55% para RS-1 y ≥ 63% para RS-2; en residuo de destilación una penetración de 100-200 dmm, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. **-HFRS-2:** Las mismas especificaciones que para RS-2, añadiendo una flotación a 60°C ≥ 1200 s. **-MS-1:** Las mismas especificaciones que para RS-1, exceptuando la emulsibilidad ya que no existe un parámetro, añadiendo una capacidad de cubrimiento y resistencia del agua buena (agregado seco) y regular (después de esparcido y agregado húmedo). **-MS-2 y MS-2h:** viscosidad a 25°C ≥ 100 s; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; capacidad de cubrimiento y resistencia del agua buena (agregado seco) y regular (después de esparcido y agregado húmedo); tamizado ≤ 0.10%; residuo por destilación ≥ 65%; en residuo de destilación una penetración de 100-200 dmm para MS-2 y de 40-90 dmm para MS-2h, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. **-HFMS-1:** Las mismas especificaciones que para RS-1, exceptuando la emulsibilidad ya que no existe un parámetro, añadiendo una capacidad de cubrimiento y resistencia del agua buena (agregado seco) y regular (después de esparcido y agregado húmedo), junto a una flotación ≥ 1200 s. **-HFMS-2 y HFMS-2h:** Las mismas especificaciones que para MS-2 y MS-2h respectivamente y añadiendo un contenido una flotación ≥ 1200 s. **-HFMS-2s:** viscosidad a 25°C ≥ 50 s; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; capacidad de cubrimiento y resistencia del agua buena (agregado seco) y regular (después de esparcido y agregado húmedo); residuo por destilación ≥ 65%; aceite destilado por volumen de emulsión de entre 1-7%; en residuo de destilación una penetración ≥ 200 dmm, ductibilidad ≥ 40 cm, solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5% y flotación ≥ 1200 s. **-SS-1 y SS-1h:** viscosidad a 25°C de 20-100 s; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; tamizado ≤ 0.1%; contenido de cemento ≤ 2%; residuo por destilación ≥ 57%; en residuo de destilación una penetración de 100-200 dmm para SS-1 y de 40-90 dmm para SS-1h, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. **-QS-1H:** viscosidad a 25°C de 20-100 s; tamizado ≤ 0.1%; residuo por destilación ≥ 57%; en residuo de destilación una penetración de 40-90 dmm, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. **-CRS-1 y CRS-2:** viscosidad a 50°C de 20-100 SFs para CRS-1 y de 100-400 SFs para CRS-2; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; demulsibilidad ≥ 40%; carga de la partícula positiva; tamizado ≤ 0.10%; aceite destilado por volumen de emulsión residuo ≤ 3%, residuo ≥ 60% para CRS-1 y ≥ 65% para CRS-2; en residuo de destilación una penetración de 100-250 dmm, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. **-CMS-2 y CMS-2h:** viscosidad a 50°C de 50-450 s; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; capacidad de cubrimiento y resistencia al agua buena (agregado seco) y regular (después de esparcido y agregado húmedo); carga de la partícula positiva; tamizado ≤ 0.10%; aceite destilado por volumen de emulsión residuo ≤ 12%, residuo ≥ 65%; en residuo de destilación una penetración de 100-250 dmm para CMS-2 y 40-90 dmm para CMS-2h, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. **-CSS-1 y CSS-1h:** viscosidad a 25°C de 20-100 s; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; carga de la partícula positiva; tamizado ≤ 0.10%; contenido de cemento ≤ 2%; residuo ≥ 57%; en residuo de destilación una penetración de 100-250 dmm para CSS-1 y 40-90 dmm para CSS-1h, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. **-CQS-1h:** viscosidad a 25°C de 20-100 s; carga de la partícula positiva; tamizado ≤ 0.10%; residuo ≥ 57%; en residuo de destilación una penetración de 40-90 dmm, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. •Para la mezcla las siguientes especificaciones: -Tolerancia de mezcla de agregados (Grueso, fino y relleno mineral combinado) se permite una tolerancia de gradación de ± 4% en PP4; será de ± 3% para porcentaje que pasa por tamices N°8, 16, 30 y 50; y de ± 1% para PP100 y PP200 -Se podrá usar el aditivo llamado liquefier en un porcentaje máximo de 0.2% para mejorar la cohesión y adherencia. -Si se usa cal será de entre 0.5 a 1.5% en peso de la mezcla.	•El contenido de asfalto para la mezcla se determinara mediante ensayos y en la etapa de diseño. -El contenido de agua para la mezcla se determina mediante ensayos para escoger quien proporcione la máxima densidad seca; y si además no se usa ligante se determina el contenido de agua en intervalo de 0.5%, desde 0 hasta un máximo de 2.5%. •Para el curado se usa emulsión tipo CSS-1h o SS-1h con las mismas especificaciones que para las mezclas asfálticas en frío añadiendo que estas tendrán un 50-60% en agua. •Estos son los tipos de asfalto que se usan para riego de liga (para superficie existente o juntas) o riego de liga sin rastreo (para superficie existente) y de que normativa son: -AASHTO M20 serán 40-50, 60-70, 85-100, 120-150 o 200-300 -AASHTO M320 serán las PG 46, PG 52, PG 58, PG 64, PG 70, PG 76 o PG 82 -AASHTO M226 serán las AC-2.5, AC-5, AC-10, AC-20 o AC-40 y AR-10, AR-20, AR-40, AR-80 o AR-160 -Las especificaciones para estos riegos de liga son los mismos que se presentan en los requisitos para asfalto en la mezcla asfáltica en caliente.
Sudáfrica	-	-	-
Australia y Nueva Zelanda	-	-	-
Tailandia	•El agregado debe ser grava o piedra triturada limpia, dura y duradera, libre de tierra u otros materiales no deseados. -La grava triturada es la fracción retenida en el tamiz 4.75 mm •En caso de no indicar el tipo de emulsión asfáltica se debe usar la emulsión asfáltica CMS-2h	•El agregado deberá tener las siguientes especificaciones: -Abrasión los Ángeles ≤ 40% y perdida por desgaste en sulfato de sodio ≤ 9% -Fracción triturada ≥ 75% en peso (grava triturada) y la fracción que pasa el tamiz de 4.75 mm deberá tener una equivalencia de arena ≥ 50% •La granulometría será la siguiente: -Para grado Fino: PP (12.5 mm): 100; PP (9.5 mm): 80-100; PP4: 10-40; PP8: 0-10; PP16: 0-5 y PP200: 0-2. -Para grado Fino: PP (25 mm): 100; PP (19 mm): 80-100; PP (9.5 mm): 20-55; PP4: 5-30; PP8: 0-5 y PP200: 0-2. -Para grado Fino: PP (37.5 mm): 100; PP (25 mm): 80-100; PP (12.5 mm): 25-60; PP4: 0-20; PP8: 0-5 y PP200: 0-2. •El asfalto será el tipo CMS-2h: **-CMS-2h:** viscosidad a 50°C de 50-450 s; separación de capas a 5 d ≤ 5% en peso; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; capacidad de recubrimiento de rocas y resistencia al agua ≥ 80% para piedra seca y ≥ 60% para piedra mojada; cantidad restante en malla 20 ≤ 0.10% en peso; carga de la partícula positiva; aceite destilado por volumen de emulsión residuo ≤ 12%, residuo ≥ 65%; en residuo de destilación una penetración de 40-90 dmm , ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. •En la mezcla se tendrá una dosificación o cantidad de emulsión asfáltica de entre 6-8% para grado fino, de 5-7% para grado medio y de 4.5-6.5% para grado áspero.	•El tipo de asfalto para riego de liga es el RC-70, RC-250, CRS-1 o CRS-2: -CRS-1 y CRS-2: viscosidad a 50°C de 20-100 para CRS-1 y de 100-400 mm2/s para CRS-2; separación de capas a 5 d ≤ 5% en peso; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; demulsibilidad ≥ 40%; cantidad restante en malla 20 ≤ 0.10% en peso; carga de la partícula positiva; aceite destilado por volumen de emulsión residuo ≤ 3%, residuo ≥ 60% para CRS-1 y ≥ 65% para CRS-2; en residuo de destilación una penetración de 90-140 dmm, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. -RC-70: viscosidad cinemática a 60°C de 70-140 mm2/s; destilado a 190°C ≥ 10%, a 225°C ≥ 50%, a 260°C ≥ 70%, a 316°C ≥ 85% y a 360°C ≥ 55%; cantidad de agua ≤ 0.2%; negativo en contenido de nafta estándar, nafta-xileno o heftanoxsileno; en residuo restante de destilación una viscosidad a 60°C de 600-2400 libras (podrá cambiarse por una penetración a 25°C de 80-120 dmm), ductilidad a 25°C ≥ 100 cm, solubilidad a 25°C ≥ 99% -RC-250: viscosidad cinemática a 60°C de 250-500 mm2/s; punto de inflamación ≥ 27°C; destilado a 225°C ≥ 35%, a 260°C ≥ 60%, a 316°C ≥ 80% y a 360°C ≥ 65%; cantidad de agua ≤ 0.2%; negativo en contenido de nafta estándar, nafta-xileno o heftanoxsileno; en residuo restante de destilación una viscosidad a 60°C de 600-2400 libras (podrá cambiarse por una penetración a 25°C de 80-120 dmm), ductilidad a 25°C ≥ 100 cm, solubilidad a 25°C ≥ 99% •Asfalto para riego de imprimación será los tipos CRS-1 y CRS-2 o CSS-1 y CSS-1h.

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (aashto, 2020); (Direccion de Vialidad, 2022); (Aashto, 2003); (Aashto, 2002)

Se evidencia que Colombia, Perú y Chile contienen 2 tipos de mezclas, mezclas densas y abiertas y según estos serán las especificaciones. Las características del agregado serán diferentes, Estados Unidos, Colombia y Perú especifican que agregado grueso será el retenido en tamiz N°4, en cambio Chile toma el tamiz N°8, por último, Tailandia que no presenta.

Colombia y Perú contienen requisitos muy parecidos, valores como el desgaste los Ángeles, degradación por abrasión, resistencia mecánica, perdidas por sulfato de magnesio, impurezas, equivalencia de arena, partículas planas y fracturadas son ejemplos algunos encontrados. Un punto adicional que agrega Colombia, son las especificaciones para la llenante mineral y para el sellado arena-asfalto; y ambos, Perú y Colombia contienen aditivos como la cal para añadir a la mezcla. Otra similitud es el requisito en caso de ser multicapa, ambos lo presentan y ambos son parecidos. Estados Unidos presenta requisitos muy concisos y que en ciertos puntos son inferiores a los de Colombia y Perú, como es el caso del desgaste los Ángeles, donde para Estados Unidos al igual que Tailandia es $\leq 40\%$, para Colombia y Perú es $\leq 25\%$. Y quien presenta un valor de desgaste por sulfato de sodio más estricto es Tailandia con 9%, para Estados Unidos de 10-15%, Chile $\leq 12\%$ y Colombia no presenta.

Chile por otra parte presenta muy pocos requisitos con respecto al agregado y además requisitos en caso de ser multicapa en el que si tiene algunos puntos similares a Colombia y Perú.

Todos presentan, aunque totalmente diferentes tipos de riego de liga y/o de imprimación, Colombia con 3 para cada uno y Perú con 8 tipos para riego de liga y 4 tipos para imprimación, Chile con 18 tipos de riego de liga, Estados unidos un total de 22 tipos de riego de liga y añade 2 tipos para curado, Tailandia con 4 tipos de riegos de liga y 4 de imprimación.

En tipos de emulsión para la mezcla, cada uno presenta una cantidad de opciones, donde Estados Unidos presenta 20 tipos de emulsiones, seguida por Chile con 18 tipos, Colombia con 3 tipos, Perú serán 2 tipos y Tailandia 1 sola opción.

En cuanto gradación de los agregados; Perú es quien cuenta con más tipos de curvas, con un total de 5, seguida por Colombia con 4 tipos; Chile y Tailandia con 3 tipos; y Estados Unidos que no presenta un requisito para este parámetro.

Requisitos para construcción de la capa de rodadura (Mezcla asfáltica en frio)

El proceso de construcción se encontrará en la figura 29 o en la tabla 48 del apéndice, donde además muestra los diferentes requisitos en los procesos de construcción según cada país, además de algunos requisitos especificaciones adicionales.

Figura 29

Especificaciones de proceso constructivo (Mezcla en frío)

País	Construcción	Especificaciones adicionales
Colombia	•La capa sobre la cual se realizara la capa de rodadura deberá tener la densidad y cotas adecuadas. -Se podrán realizar si son requeridos riegos de imprimación junto a arena de protección sobre esta, usando emulsiones diluidas en agua, los tipos CRL-40, CRL-57 o MC 30, aplicando de 0.85 L/m2 a 2.25 L/m2 y obteniendo una cantidad de ligante residual de 500 g/m2 mínimo (Se aplica a temperaturas donde se obtenga una viscosidad de entre 5sSf - 20sSF), además la cantidad de arena sobre ella no será mayor que 13.6 kg/m2. También se podrá aplicar riego de liga con el uso de emulsiones asfálticas tipo CRR-60 o CRR-65 o emulsiones modificadas con polímeros tipo CRR-60m o CRR-65m, aplicando de entre 200-300 g/m2 y a temperaturas donde la viscosidad llegue a los 10-40sSF. •La mezcla se realiza en una planta central o en una planta móvil -Si se realiza en planta fija se realiza en fracciones y deberá ser homogénea y no presentar segregación. (tolvas con contenido de entre 50-100% de la capacidad y 2 tolvas para el fino). Se realiza con las dosificaciones requeridas de agregados, agua y emulsión (aditivos se aplicarán junto al agregado) -Si se realiza en planta móvil se dosifica los agregados en instalaciones fuera de la obra; se dosifica para una correcta proporción de agregados, agua y emulsión (aditivos se aplicarán junto al agregado) -Si es tipo continuo se deberá introducir el agua luego de introducir los materiales; más adelante se agrega la emulsión requerida. Esta deberá variar según la humedad de los mismos. (mezclas asfálticas en frío de tipo abierto) -Si es tipo discontinua se añade el agua luego de que los agregados estén, se da espera al humedecimiento y luego se agrega la emulsión. •Luego de realizada y transportada, se procederá a la transferencia de la mezcla, si se realiza a una Shuttle buggy se descarga sobre la tolva de almacenamiento, esta luego la por medio de bandas transportadoras alimenta la pavimentadora •Se realiza la extensión de la mezcla con la pavimentadora, cumpliendo alineamientos, anchos y espesores; comenzando desde los bordes, evitando el menor número de juntas posibles y evitando segregaciones. •Se procede a compactar la capa, realizándola desde los bordes al centro; en curvas del borde inferior al superior (traslapando cada paso). Teniendo que, la llanta motriz de la compactadora este del lado cercano a la pavimentadora (parte recién extendida) -La compactación de mezcla asfáltica en frío tipo abierto, se realiza en una pasada de rodillo vibratorio liso; luego se aplica arena a razon de 4kg/m2 para eliminar viscosidad. Se termina volviendo a compactar con rodillo neumático hasta obtener la firmeza necesaria. •Se finaliza en el caso de mezcla de tipo abierto con un sello de arena-asfalto para evitar adhesión de las llantas de los vehículos, se podrá hacer cuando la capa cumpla todos los requisitos de capa terminada. Se tiene una dosificación de entre 3.5-7 L/m2 de agregado y 0.7-1 de ligante residual. Si se realiza por franjas, dejar sin cubrir una parte de entre 15-20cm para la próxima franja. Se aplica primero la emulsión y luego la arena. Se compacta con compactador neumático (se inicia luego de colocar la arena). •La capa compactada para mezcla asfáltica en frío deberá ser de entre 40-50 mm para mezcla densa tipo MDF-19 y de entre 50-75 mm para MDF-25; para mezclas abiertas será < 40 mm para MAF-19 y entre 40-75 mm para MAF-25 -Se permite transito luego de 24h de terminado a una velocidad de 30km/h. Y se debe realizar barrido para eliminar excesos por 4d. •Si se realizan juntas deberán ser verticales aplicando un riego de liga. (juntas de capas superpuestas cada 5m mínimo para las transversales y cada 150mm longitudinales) •Las mezclas de tipo denso especifican que se podrá abrir el transito hasta que la capa compactada pueda soportar vehículos, las primeras 48h se podrá transitar a 20km/h. Y para tipo abierto son las primeras 72h a 30km/h	•La construcción de esta capa se realiza con una fórmula de trabajo ya determinada y probada en fase de experimentación; el material elegido ajustado a una franja granulométrica necesaria, proporción en la mezcla, porcentaje de agua, dosificación de aditivos, resistencias a obtener, porcentaje de ligante y emulsión. •Si los acopios se hicieron sobre el terreno natural no se usan los 15cm inferiores y capas de 1.5m •En caso donde la superficie donde se realizara no este limpia y no tenga densidad y planicidad apropiadas se corregirá hasta obtener los requisitos y la aprobación necesaria. •La extensión de la mezcla si no se puede realizar con pavimentadora o planta móvil se podrá realizar a mano (palas y rastrillos) siempre y cuando cumplan las condiciones requeridas para la capa una vez compactada. •Si en la extensión de la mezcla hay segregaciones se suspende hasta corregir la causa. Además, se debe corregir, sino se corrige será removida. •La compactación se debe hacer con equipo neumático, aunque si las zonas son reducidas se usara el equipo adecuado tanto para extensión como compactación. •Si es un pavimento multicapa; si es mezcla densa la capa intermedia deberá tener un espesor ≥ 50mm y capa base ≥ 75mm, para mezcla abierta la capa intermedia deberá estar entre 40-75mm y capa base > 75mm
Perú	•La superficie donde se extenderá debe cumplir con la densidad y cotas apropiadas. •Previo a la extensión se podrán realizar riegos de imprimación (emulsiones de curado lento CSS-1, CSS-1h o asfalto líquido MC-30, MC-70) o de liga (se podrá usar cemento asfáltico tipo 40/50, 60/70, 85/100 o 120/150; tipo emulsión catiónica de rotura lenta o rápida tipo CSS-1, CSS-1h, CRS-1 o CRS-1h) aplicándolo si es cemento asfáltico de 0.1-0.4 L/m2 y si es una emulsión de 0.2-0.7 L/m2 •Para la realización de la mezcla se debe añadirán los agregados mediante pesado y llevados al mezclador, si es de tipo continuo se añade el agua luego de que los agregados estén en el mezclador y más adelante la emulsión requerida; si es discontinuo, luego de añadido el agregado al mezclador, se añade agua y luego de humedecido se añade la emulsión calculada para la bachada; si se realiza en planta ambulante se dosifica el agregado fuera de la obra para luego ser ingresados a la tolva receptora, luego añadiendo por medio de dosificadores este agregado, luego el agua y por último la emulsión. -Los acopios se colocaran cerca al sitio y en espesores de máximo 1.5m y están sobre terreno natural no se usan los 15cm inferiores. Las tolvas podrán contener entre un 50-100% de su capacidad (alimentación de agregado fino mediante 2 tolvas) -Si la mezcla se realiza en plantas fijas se suministra el material de manera fraccionada, con granulometrías homogéneas y sin peligro de segregación. -En los mezcladores de ejes gemelos no sobrepasar los extremos. -La mezcla caerá directamente a la volqueta, banda transportadora, silo donde se vierte a la volqueta o directamente a almacenamiento (La descarga de material se realiza abriendo intermitentemente la tolva para evitar segregaciones en la caída) •Se realiza el transporte mediante volquetas y se realiza la extensión por medio de pavimentadoras. La extensión se realiza de bordes al centro, en zonas peraltadas de la parte inferior a la superior. (extensión realizada buscando tener la mayor continuidad posible, en los anchos y cotas apropiados y buscando el menor número de juntas posibles) -Si se extiende por medio de planta móvil se aplican las mismas instrucciones. •Se realiza la compactación de los bordes al centro, excepto en las curvas peraltadas, donde se inicia de la parte inferior a la superior. Teniendo que la llanta motriz ira al lado cercano de la pavimentadora. •Si se realizan juntas estas deberán tener las mismas cualidades que la capa compactada. El borde donde se realizará la junta se corta verticalmente, a todas las superficies de contacto se aplica un riego de liga, dejándola curar y aplicando la otra capa. (juntas de capas superpuestas cada 5m mínimo para las transversales y cada 150mm longitudinales) •La capa compactada será de 50-75mm si la mezcla es MDF-2 y 40-50mm para MDF-3; para mezclas MAF-1 capas mayores a 75mm, para MAF-2 de entre 40-75mm y para MAF-3 inferiores a 40mm •Se permitirá la apertura de tránsito hasta que la mezcla pueda soportar vehículos sin generarle daños. Durante la apertura, las primeras 48h solo se podrá transitar a 20km/h	•La construcción de esta capa se realiza con una fórmula de trabajo ya determinada y probada en fase de experimentación; definiendo el método definitivo de preparación, transporte, colocación y compactación. •En mezclas abiertas todo el proceso es igual al de mezclas densas exceptuando el uso de agua que generalmente no se usa. •En la realización de la mezcla se añadirá aditivos de ser necesario, estos se unirán a los agregados antes de ingresar la emulsión. •En la extensión no se permite la segregación de materiales, en caso que ocurra se suspende hasta corregir lo que está causándola. •En la extensión en caso de no poderse realizar por medio de máquinas pavimentadoras o plantas móviles se podrá hacer a mano, por medio de palas y rastrillos, realizándolo de forma uniforma y espesor necesario. (el material se descarga fuera de la zona) •La compactación se podrá realizar mediante otra maquinaria si la zona es inaccesible. Estas deberán ser aprobadas. •Si es un pavimento multicapa la capa intermedia deberá tener un espesor ≥ 50mm con MDF-2 y capa base ≥ 75mm con MDF-1
Chile	•La mezcla se realiza en planta; donde el material debe acopiarse en fracciones y en zonas donde no serán contaminadas ni disgregadas. -Se mezclan los agregados o áridos en proporciones tales que la mezcla cumpla los requisitos necesarios. (humedad que no exceda de 1.5% del rango) -Se aplica la emulsión asfáltica en su dosificación necesaria, así como el agua; luego se mezcla hasta que sea uniforme la mezcla. •Se transporta el material en camiones tolva, para luego esparcirla con la terminadora. •La superficie donde se extenderá debe cumplir con los requisitos necesarios, contando además con un riego de liga aplicando de 0.4 a 1 kg/m2 y a temperatura de 20°C a 50°C (riego de liga aplicado cuando la temperaturas atmosférica y de superficie mayores a 10°C; donde se podrá usar emulsiones catiónicas o aniónicas, estas son: CRS-1, CRS-2, CMS-2, MCS-2h, CSS-1, CSS-1h, RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1 o SS-1h) •Luego de esparcida, nivelada y alisada, se procede a compactar hasta alcanzar una superficie uniforme y el nivel de densificación requerido. La compactación se realizará inicialmente con ruedas de acero tipo tándem, luego con rodillos vibratorios y finalizando con rodillos neumáticos. (previo a compactar se verifica que el agua se haya evaporado). La compactación se realiza del borde inferior al centro y luego hacia la parte más alta; realizando un rodillado hasta eliminar toda marca y alcanzar la densidad necesaria. •Si se realizan juntas se deberá compactar parte de la parte anteriormente compactada.	•Previamente se deberá tener una dosificación aprobada por el laboratorio de vialidad, 25 días antes. •La construcción de esta capa se realiza con una fórmula de trabajo ya determinada y probada en fase de experimentación; definiendo el método definitivo de preparación, transporte, colocación y compactación. Para gradación gruesa será 100 m de largo, 3 m de ancho y 0.05 de espesor; y para gradación abierta 100 m de largo, 3 m de ancho y espesor contratado. -Si la emulsión asfáltica es aniónica deberán almacenarse en recipientes limpios y sellados, a temperaturas no inferiores que 4°C. -Además, se deberá tener producido un 20% de los agregados antes de iniciar. •Si la capa terminada no cumple los parámetros se aplicaran multas.
España	-	-
Estados Unidos	Según la AASHTO y UFGS: •La preparación de la mezcla se realiza introduciendo los agregados (acopiados en pilas) a la tolva en frío mediante alimentadores separados para realiza una mezcla de los agregados de manera homogénea y con los requisitos especificados; después se agregan cal o ligantes que se vayan a usar; para luego agregar la emulsión comprobando que su temperatura sea la adecuada, mezclando por mínimo 35 segundos, además la mezcla final no podrá tener un contenido de humedad que exceda el 2% en peso de la mezcla. -Las mezclas se realiza a una temperatura de 10-71°C y no se podrá usar agua caliente a menos que se apruebe; si se aplica licuifier ese deberá tener una temperatura de -4°C. •La superficie de extensión de la mezcla será limpiada de suciedad, material suelto o nocivo, junto a que deberá esta tener las especificaciones necesarias (corrigiendo puntos que no cumplan los estándares). Donde se aplica riego de liga, este se aplica cuando la superficie esta seca y descongelada, temperatura del aire mayor a 2°C, superficie mayor a 10°C y sin lluvia. Se aplica este asfalto a razón de 0.15 a 0.7L por m2 (será escogido en la etapa de diseño, así como también como serán diluidos, podrán ser los tipos AASHTO M20 los 40-50, 60-70, 85-100, 120-150 o 200-300; AASHTO M320 las PG 46, PG 52, PG 58, PG 64, PG 70, PG 76 o PG 82 o AASHTO M226 donde están las AC-2.5, AC-5, AC-10, AC-20 o AC-40 y AR-10, AR-20, AR-40, AR-80 o AR-160) •Se realiza la extensión y terminación de la mezcla con la pavimentadora hasta lograr el espesor necesario, controlando la alineación horizontal, controlando la pendiente. Si se realizan juntas se desplazarán las longitudinales de 150-300 mm de la anterior y de 600 mm en juntas transversales (se aplica riego de imprimación en las zonas de juntas). La extensión se deberá hacer manteniendo un suministro constante y así obtener una pavimentación ininterrumpida. •Extendida la mezcla deberá quedar lisa, sin segregaciones o rayaduras. La UFGS, añade que no se podrá realiza en espesores mayores de 50 mm. •Se realizara la compactación inmediatamente después de extendida, donde no se podrá aplastar o desplazar la mezcla y se realizara desde los bordes hacia el centro (Si se requiere colocar más capas se debe dejar curar mínimo 12 horas). El curado de la capa se realiza aplicando un sellador antiniebla compuesto de asfalto CSS-1h o SS-1h diluido hasta obtener un 50% a 60% de este en agua, se aplica de entre 0.2 a 0.7 L/m2 y si se usa capa de arena sobre esta será aplicando se 1 a 5 kg/m2 (arena libre de arcilla o materia orgánica). -La superficie final deberá tener una textura uniforme y que cumpla con todas las especificaciones necesarias.	•Anterior a este proceso se realiza un tramo de prueba de más de 15m a los 2 anchos de la carretera, para comprobar todos los procesos y especificaciones que tendrá los materiales. •Se podrá dejar secciones cortas de 8 m sin pavimentar para permitir el transito mientras se pavimenta la capa adyacente. •La compactación se podrá realizar de manera manual si la zona es inaccesible. •Se podrá realizar la extensión de manera manual, si el equipo falla. •Se podrá luego de terminada la capa añadir una capa superior de agregado, aplicando de entre 3 a 7 kg/m2 (arena seca, cribado de piedra o cribado de escoria donde un PP4 ≥ 95% y PP50 ≤ 40%)
Sudáfrica	-	-
Australia y Nueva Zelanda	-	-
Tailandia	•La mezcla se realiza con la dosificación especificada y la cual deberá quedar de forma homogénea, con contenido de humedad de 0.5 a 3% y tiempo de mezclado de máximo 4 minutos. Esta mezcla podrá estar preparada y almacenada, pero deberá usarse dentro de 2 semanas. •Antes de la extensión se debe revisar que la superficie donde se aplicará cumpla todas las especificaciones y deberá estar limpia (caso contrario se limpia). Además se aplicara una emulsión asfáltica con agua 1:1 con el mismo tipo que se usa en riego de liga, aplicando entre 0.2-0.6 L/m2 (Si la superficie ya tiene un riego de imprimación no es necesario) •La extensión se realiza por medio de la pavimentadora, para realizar una capa homogénea. •Se procede a compactar la capa usando los rodillos de acero neumático, realizando 2 a 4 pasadas a una velocidad de 5 km/h, compactando de los bordes hacia el centro •Luego de compactada, se debe esparcir polvo de piedra o arena gruesa sobre la superficie, esparciendo de 2-4 kg/m2; luego volviendo a compactar con rodillos neumáticos, realizando de 6-10 pasadas y a 5 km/h. Luego se usa rodillo de acero neumático para alisar la superficie.	•Si hay algún cambio de materiales de la mezcla se debera cambiar la fórmula de la mezcla. •El tipo de asfalto para riego de liga es el RC-70, RC-250, CRS-1 o CRS-2. -Si la superficie ya tiene riego de imprimación debe haber sido con MC-30, MC-70, CSS-1 o CSS-1h. (las especificaciones se encuentran en las mezclas asfálticas en caliente)

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (aashto, 2020); (Direccion de Vialidad, 2022)

Se observa que todos llevan un proceso de manera general muy parecidas, el proceso consiste en que la mezcla se realiza en una planta central, luego se transporta hasta el sitio de obra donde la capa inferior debe cumplir con lo necesario y además tener algún riego de imprimación o de riego, se procede a realizar la extensión, compactación y curado del mismo. En todo este proceso solo cambian equipos y los riegos de liga, imprimación o curado que se usen, ya que son distintos.

La dosificación de riegos de liga o de imprimación, así como de curado es un punto donde ninguna se parece a la otra, todas tienen un rango diferente.

En cuanto al espesor, es otro parámetro de divergencia, ya que países como Tailandia y Chile no presentan este parámetro, en Colombia variara según el tipo de mezcla, algunos casos < 40 mm y otros casos desde 40-75 mm. Perú tiene de todos los rangos, donde influencia lo que se vaya a hacer, finalizando con Estados Unidos con un parámetro máximo de 50 mm.

Ensayos y controles de calidad

Se realiza un respectivo control de calidad para corroborar que se cumplan con todas las especificaciones presentadas en la etapa de diseño, a continuación, la figura 30 o en la tabla 49 del apéndice, muestra los ensayos que se realizan preliminarmente y periódicas en la construcción capa de rodadura:

Figura 30

Ensayos preliminares y periódicos en la construcción de la mezcla asfáltica en frío

País	Ensayos preliminares	Ensayos para verificaciones periódicas	Observaciones adicionales
Colombia	-Ensayos a emulsión asfáltica: Destilación (ASTM D 6997-12); contenido de agua (ASTM D244-09); Viscosidad (ASTM D7496-11); sedimentación (ASTM D6930-10 y NTL-140/99); tamizado de emulsiones (ASTM D6933-08); rotura en ensayo de mezcla con cemento (ASTM D6935-11 y NTL 144/98); carga eléctrica para identificación de emulsiones asfálticas catiónicas (ASTM D7402-09 y NTL 194/99); pH de emulsión asfáltica (NTL 195/92); índice de rotura (UNE-EN 13075-1); penetración (ASTM D5-06); ductilidad (ASTM D113-07); solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042-09). -Si el asfalto es para riego de liga tipo MC-30 (los otros tipos, de liga o imprimación tienen los mismo ensayos anteriores): Punto de inflamación mediante copa abierta (ASTM D3143-08); viscosidad cinemática (ASTM D2170/D2170M-10); viscosidad por viscosímetro rotacional (FHWA-SA-94-068 de 1995 y AASHTO T316-06);destilado y residuo por destilación (ASTM D402-08); residuos por destilación una penetración (ASTM D5), ductilidad (ASTM D113-07) y solubilidad (ASTM D2042-09). -Ensayos para agregados: Desgaste en la máquina de Los Ángeles (ASTM C 131-06); Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval(ASTM D 6928-10); Resistencia mecánica por método de 10% finos (BS 812 Part 110-1990); Perdidas en ensayo de solides en sulfatos (ASTM C88-05); Coeficiente de pulimiento acelerado (UNE-EN 1097-8 julio 2000); análisis petrográfico (ASTM C295); impurezas en agregado grueso (NTL 172/86 y UNE 146130:2000 anexo C); indice de plasticidad(ASTM D 4318-10); Equivalencia de arena(ASTM D2419-09) y valor azul de metileno (EN 933-9); Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables (ASTM C142); indices de alargamiento (BS 812-105.1:1989 y BS 812-105.1:1990); Caras fracturadas (ASTM D 5821-01); granulometría del material (ASTM C136-06); angularidad de la fracción fina (ASTM C1252-06); cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo (ASTM D3625-96); adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos Riedel-Weber (NLT 355/93); Gravedad especifica y absorción (ASTM C128-07a y ASTM C127-07); granulometría llenante mineral (ASTM D546-10) -Ensayos al agua no potable: pH (ASTM D1293) y contenido de sulfatos SO4 (ASTM D516) -Ensayos para el sello arena-asfalto Para agregados se realiza pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio (ASTM C88-05); indice de plasticidad(ASTM D 4318-10); Equivalencia de arena(ASTM D2419-09) y valor azul de metileno (EN 933-9); angularidad de la fracción fina (ASTM C1252-06); Riedel-Weber (NLT 355/93) y granulometría (ASTM C136-06)	-Los ensayos para la comprobación periódica de la emulsión se realizan cada mes y como mínimo 3 veces durante la ejecución de la obra. Si la obra dura menos de 1 mes se debe realizar como mínimo 1 vez. •Para sello arena-asfalto un control de emulsión con 2 muestras por carrotanque; y para agregado serán: 1 vez por mes a pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio; 1 vez por semana el Riedel-Weber ,equivalencia de arena y valor de azul; 1 vez por jornada la granulometría, índice de plasticidad y angularidad de la fracción fina. -Para el sello arena-asfalto finalizado 5 puntos al azar por lote o 1 por hectómetro para comprobar dosificaciones de asfalto y agregado. Para comprobar resistencia al deslizamiento son 3 puntos por lote para zonas de tangente, 1 en curva horizontal y 1 por zona singular. •Ensayos para el agregado y llenante mineral -Se realizan 4 muestras por procedencia o volumen previsto de agregados y 2 muestras para llenante mineral determinando densidad bulk •Verificación de los agregados -1 vez por mes ensayos de desgaste en la máquina de los ángeles, degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, resistencia mecánica por el método del 10 % de finos, pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio y ensayo de Gravedad específica y absorción también cuando cambie la procedencia del agregado. -1 vez por semana ensayos de impurezas en agregado grueso, equivalente de arena y valor de azul de metileno. -1 vez por jornada ensayos de Granulometría, índice de plasticidad, caras fracturadas y angularidad de la fracción fina, método A. -Cuando cambie la procedencia de los agregados se realizan ensayos de Coeficiente de pulimiento acelerado para rodadura, cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo para agregado grueso y adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método Riedel-Weber) para agregado fino. •Verificación de los llenantes minerales -1 vez por suministro el ensayo de granulometría; 1 vez a la semana y siempre que cambie la procedencia del llenante ensayo de densidad bulk (BS 812: Part 2:1995) y vacíos del llenante seco compactado (BS 812: Part 2: 1995 -Numeral 6.5) •Se realiza control de calidad de la emulsión. •Ensayos para verificación de la mezcla: contenido de asfalto (ASTM D2172/D2172M-11); granulometría de los agregados (ASTM D5444-08); 2 muestras para determinar la resistencia por medio de inmersión - compresión (NLT-389/00). •De la capa terminada se realizan 5 ensayos de densidad para control de compactación (ASTM D3665-07); 3 para resistencia al deslizamiento (ASTM E 2340/E 2340M-11). •Se realizan ensayos del agua si no es potable verificando su Ph y contenido de sulfatos	-Si se almacena la emulsión de rotura lenta más de 5 días se toman 2 muestras para comprobar sus requisitos. Para rotura media son 15d -.Cada carrotanque de emulsión se realizan 2 muestras para comprobar todas sus especificaciones. -Los ensayos de revisión pueden reducirse a la mitad si se aprueba. -En caso que en las verificaciones periódicas de material no se den resultados satisfactorios, se realizan 2 pruebas más, si no cumplen igual no se usa el material. -Lote se define como la menor área entre 500m de capa terminada, 3500 m2, obra ejecutada en una jornada de trabajo, obra ejecutada con el mismo material. -La cantidad de ensayos se podrán reducir a la mitad si el material es homogéneo o si en control de recibido se tienen 10 lotes sin objeciones.
Perú	-Ensayos a emulsión asfáltica de acuerdo a lo indicado en la ASTM D 2397: Asfalto de residual y destilación en aceite (ASTM D6997); viscosidad 25°C (ASTM D244); estabilidad de almacenamiento (ASTM D6930); demulsibilidad (ASTM D6936); revestimiento y resistencia al agua (ASTM D244); carga de la partículas (ASTM D244); prueba del tamiz (ASTM D6933); contenido de cemento (ASTM D6935); penetración , ductilidad y solubilidad en triclorotetileno (ASTM D244) -Para el cemento asfáltico de riego de liga (riego de liga por emulsión se aplican los mismo ensayos presentados anteriormente): Penetración (ASTM D5); punto de inflamación (ASTM D3143); Ductilidad (ASTM D133-99); solubilidad en triclorotetileno (ASTM D2042 y AASHTO T44); de manera opcional indice de penetración (ASTM D5); de manera opcional, el ensayo de la Mancha (AASHTO M20); pérdida de masa (ASTM D1754); penetración retenida después del ensayo de la película fina (ASTM D5) y ductilidad de residuo (ASTM D133-99) -Para asfaltos de imprimación se realizan los presentados en la ASTM D3381 (imprimación por emulsión se aplican los mismo ensayos que para emulsión asfáltica): Viscosidad absoluta (ASTM D2171/D2171M); viscosidad cinemática (ASTM D2170/D2170M); penetración (ASTM D5/D5M); punto de inflamación (ASTM D92); solubilidad en triclorotetileno (ASTM D2042); Para el residuo del ensayo de película fina (ASTM D1754), ensayos de viscosidad absoluta (ASTM D2171/D2171M) y ductibilidad (ASTM D113); valor de los solventes en ensayo de la mancha (AASHTO T102). -Ensayos para agregados: Desgaste en la máquina de Los Ángeles (ASTM C131:2006); Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval(ASTM D 7428); Resistencia mecánica por método de 10% finos; Perdidas en ensayo de solides (ASTM C88 y AASHTO T104); Coeficiente de pulimiento acelerado (UNE 146130); impurezas en agregado grueso (UNE 14613); indice de plasticidad(ASTM D4318-98); Equivalencia de arena(ASTM D2419-91) y valor azul de metileno (ASTM C837); particulas planas y alargadas (NLT-354 que corresponde a su vez con las BS 812 Part 1:1975 section 7.4 y BS 812-105.1:1985); Caras fracturadas (ASTM D 5821); granulometría del material (ASTM C136:2006); angularidad de la fracción fina (ASTM C1252) y adhesividad. -Ensayos al agua: pH (NTP 339.073 o ASTM D1293) y contenido de sulfatos SO4 (NTP 339.074 o ASTM D516)	•De cada procedencia de los agregados pétreos se realizan y para cualquier volumen previsto se toman 4 muestras, donde se comprobarán todas las características que este debe de tener. -Se toman cada 250 m3 para ensayos de granulometría, partículas fracturadas, partículas chatas y alargadas. -Se toman cada 1000 m3 para ensayos de abrasión, pérdida en sulfato de sodio y adhesividad. (en mezclas densas prueba de adhesividad 1 vez a la semana) •Para polvo mineral, 2 muestras por procedencia o volumen previsto. Donde se determina la densidad aparente (NTL 176/92 que a su vez corresponde a la BS 812 Part 2:1975) -Si el polvo mineral es de incorporación independiente, se realizan ensayos de densidad aparente mínimo 1 vez a la semana y siempre que cambie de procedencia y 1 prueba por suministro de su granulometría (ASTM C131, AASHTO T96 y ASTM C535) •Se realizaran controles a la emulsión para la realización de la mezcla. A cada carrotanque que llegue, se revisara su certificado y se realizaran los distintos ensayos. Y para mezclas abiertas, además, indica ensayos al material bituminoso con una frecuencia sacada de la raíz de N, donde N son el número de tancadas de 30000 L •Se realizan controles de calidad del agua. •Ensayos a la mezcla: 3 muestras en mezclas densas y 5 en mezclas abiertas para determinar el Contenido de asfalto (AASTO T164) y granulometría de los agregados (ASTM D546 y AASHTO T30); 2 muestras para determinar la resistencia en ensayo de inmersión-compresión (ASTM D1075) -Se tomaran muestras cada 1000 m3 para determinar el contenido de asfalto, granulometría y densidad. •De la capa compactada se realizan ensayos para determinar la densidad (ASTM DI 188 o ASTM D2041 y AASHTO T209 o ASTM D2950) y espesor igualmente (ASTM D3549), resistencia al deslizamiento (ASTM E 303 y AASHTO T278) y solidez de la estructura (ASTM D4695). Para mezclas abiertas serán las mismas anteriores, añadiendo el ensayo (ASTM E965)	•En los ensayos al polvo mineral, en caso de no cumplir lo necesario se tomarán 2 nuevas pruebas para comprobarlos. Deberán ser satisfactorios sino se rechazará. •En los ensayos de resistencia si uno o más requisitos se incumple se rechaza el lote; si se incumple con 2 lotes consecutivos se suspenden los trabajos hasta realizar una nueva fórmula de trabajo.
Chile	•Agregado grueso: Desgaste Los Ángeles (ASTM C131-69 y ASTM C535-69); Desintegración en sulfato de sodio (ASTM C88-73); particulas chancadas y partículas lajeadas (MC V8-8.202.6); adherencia por método estático (ASTM D1664-80) o método dinámico (MC V8-8.302.31) •Para el agregado fino: Indice de plasticidad (MC V8-8.102.4); Adherencia riedel-weber (MC V8-8.302.30) y desintegración por sulfato de sodio (MC V8-8.302.17) •Para el agregado combinado: granulometría (MC V8-8.202.3); Sales solubles (MC V8-8.202.14) y equivalencia de arena (ASTM D2419-74 y AASHTO T176-70) •Emulsión asfáltica se realizaran ensayos son aplicables la ASTM D140 y ASTM D244. -También presenta ensayos de acuerdo al MC V8: Viscosidad por método Saybolt (AASHTO T72-78); demulsibilidad (MC V8-8.302.5); carga de partícula (MC V8-8.302.5); cantidad de cemento, ensayo de tamizado, ensayo de destilación, capacidad de almacenamiento, ensayo para determinar capacidad de cubrimiento y resistencia al agua(MC V8-8.302.5); ensayos de residuo (MC V8-8.302.5), solubilidad en triclorotetileno (AASHTO T44-78), ductilidad (AASHTO T51), penetración (ASTM D5). Además, unos ensayos adicionales si se requieren hacer como sedimentación y de congelamiento (MC V8-8.302.5)	•Se realizaran ensayos a materiales y mezcla durante todo el proceso constructivo para comprobar sus características. •De la capa terminada: Ensayo de densidad cada 1750 m2 (MC V8-8.302.38) igual que el espesor (ASTM D3549-93a), contenido de asfalto (AASHTO T308-99), macrotextura mediante perfilómetro laser (ASTM E1845-01 y UNE-EN ISO 13473-1) o mediante circulo de arena (ASTM E965-96 y NLT-335/87), resistencia al deslizamiento con SCRIM (TM 032-07-A del 2008 y SCRIM Operation and Maintenance Manual Reino Unido de 1999) o con péndulo británico (TM 032-07-A del 2008, LNLT-175/98, ASTM E 303-93, MASTRAD del 2004 Mastrad Calibration Rig 5892), control de rugosidad (MC V8-8.502.8) y lisura (MC V8-8.502.4)	Se podrán realizar remuestreos si se considera necesario.
España	-	-	-
Estados Unidos	•Para el agregado: Ensayo de abrasión Los ángeles (ASTM C131/C131M); ensayo de prueba de solidez (ASTM C88); ensayo para determinación de peso seco de la escoria (ASTCM C29/C29M); granulometría de relleno mineral (ASTM D422); granulometría del agregado (ASTM C117 y ASTM C36/C136M); particulas planas y alargadas (ASTM D4791) •El asfalto a usar respecto a la AASHTO M140: Ensayos de acuerdo a la ASTM D244, allí están todos los ensayos: Viscosidad Saybolt Furol (ASTM D7496); estabilidad de almacenamiento a 24h (ASTM D6930); demulsibilidad (ASTM D6936); capacidad de cubrimiento y resistencia del agua (ASTM D6930); prueba en mezcla con cemento (ASTM D6935); ensayo tamizado (ASTM D6933); residuo por destilación (ASTM D6997); aceite destilado por volumen de emulsión (ASTM D6997); en residuo de destilación ensayos de penetración (ASTM D5), ductibilidad (ASTM D113), solubilidad en triclorotetileno (ASTM D2042) y prueba de flotación (ASTM D139). •El asfalto a usar respecto a la AASHTO M208: Ensayos de acuerdo a la ASTM D244: Viscosidad Saybolt Furol (ASTM D7496); estabilidad de almacenamiento a 24h (ASTM D6930); demulsibilidad (ASTM D6936); prueba de carga de la partícula (ASTM D7402); capacidad de cubrimiento y resistencia del agua (ASTM D6930); prueba en mezcla con cemento (ASTM D6935); ensayo tamizado (ASTM D6933); residuo por destilación (ASTM D6997); aceite destilado por volumen de emulsión (ASTM D6997); en residuo de destilación ensayos de penetración (ASTM D5), ductibilidad (ASTM D113), solubilidad en triclorotetileno (ASTM D2042)	•Se comprueban que todas las especificaciones cumplan con lo requerido mediante distintos ensayos; realizando ensayos en intervalos de tiempo establecidos en diseño. -En la mezcla se realizan ensayos de densidad cada 2000 libras de mezcla colocada (ASTM D2950/D2950M); cada 2000 libras de agregado usado en la mezcla con mínimo 3 ensayos por día se comprueban todas sus características necesarias. También se comprueba el contenido de betún y recubrimiento. Y podrá comprobar el contenido de vacíos (AAHSTO T326) -En la capa terminada se realizan ensayos de densidad y contenido de asfalto, así como comprobar su suavidad y espesor.	-
Sudáfrica	-	-	-
Australia y Nueva Zelanda	-	-	-
Tailandia	-Para agregado: granulometría (AASHTO T27-70); ensayo de abrasión Los Ángeles (ASTM C 131 y C535); ensayo de resistencia a los sulfatos (AASHTO T 104 y ASTM C 88); porcentaje de grava quebrada (Calif. 205-B); equivalencia de arena (AASHTO T176) -Para la emulsión asfáltica, se basan todos según la ASTM D244 y lo indicado en la los siguientes es: Viscosidad Saybolt Furol (ASTM D7496); separación de capas por asentamiento (ASTM D6930); estabilidad de almacenamiento a 24h (ASTM D6930); capacidad de recubrimiento de rocas y resistencia al agua para piedra seca para piedra mojada (ASTM D244); prueba de tamizado (ASTM D6933); carga de la partícula (ASTM D7402); aceite destilado por volumen de emulsión residuo y residuo (ASTM D6997); penetración (ASTM D5); ductibilidad (ASTM D113) y solubilidad en triclorotetileno (ASTM D2042) -Para la emulsión de imprimación tipos CRS-1 y CRS-2 o CSS-1 y CSS-1h según la ASTM D244 y lo indicado en la los siguientes es: Viscosidad Saybolt Furol (ASTM D7496); separación de capas por asentamiento (ASTM D6930); estabilidad de almacenamiento a 24h (ASTM D6930); demulsibilidad (ASTM D6936); prueba de tamizado (ASTM D6933); ensayo para cantidad de cemento (ASTM D6935); carga de la partícula (ASTM D7402); residuo (ASTM D6997); penetración (ASTM D5); ductibilidad (ASTM D113) y solubilidad en triclorotetileno (ASTM D2042). -Para los tipos MC-30, MC-70, RC-70 o RC-250: viscosidad cinemática (ASTM D2170); destilado a 360°C (); cantidad de agua (ASTM D95); contenido de nafta estándar, nafta-xileno o heftanoxsileno (AASHTO T102); en residuo restante de destilación, ensayos de viscosidad (ASTM D2171) o penetración (ASTM D5), ductilidad (ASTM D113), solubilidad (ASTM D2042).	•Se realizarán los ensayos con la frecuencia que se necesite, así deberá cumplir con todas las especificaciones que se indican en el diseño, a continuación, la única prueba que se indica a hacer, el resto serán determinados tanto por el proyecto, así como el interventor: -En capa terminada se realizan el ensayo de densidad (ASTM D2950 y DI188)	-

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (aashto, 2020); (Direccion de Vialidad, 2022); (Instituto Nacional de Normalización ,

1978); (Instituto Nacional de Normalización, 1977); (Instituto Nacional de Normalización, 1978); (Dirección de Vialidad, 2022).

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, Colombia sigue siendo quien presenta de forma más detallada los ensayos realizados periódicamente para control de calidad, incluyendo información sobre la frecuencia con la que deben llevarse a cabo. Le sigue Perú que también presenta los ensayos y su periodicidad, aunque no es tan abarcado como Colombia. Por otro lado, Estados Unidos, Chile y Tailandia proporcionan estos detalles de manera más general y no especifican con qué frecuencia deben realizarse.

Además, la mayoría de los países basan sus ensayos en las normas ASTM o AASHTO, aunque hay algunas excepciones puntuales, como el caso de Perú que algunos ensayos no están basados en ninguna norma, sino que son propios; también está el caso en que no se tienen en cuenta las ASTM o AASHTO sino normativas como la norma británica BS o la europea NE.

Requisitos de capa terminada

La capa de rodadura, deberá cumplir unos requisitos o criterios de calidad final luego de terminada, La figura 31 o en la tabla 50 del apéndice, muestra los estándares para los diferentes países que debe alcanzar.

Figura 31

Criterios de calidad de la capa de rodadura terminada (Mezcla en frío)

País	Criterios de Calidad terminado	Parámetros adicionales
Colombia	-Tolerancia de porcentaje de asfalto residual promedio por lote de ± 0,3% respecto a la de diseño y ± 0,5% para muestras individuales. -Resistencia promedio debe ser ≥ 90% de la resistencia definida en la fórmula de trabajo; ≥ 80% para muestras individuales y ≥ 75% en la resistencia conservada promedio. -La cota en cualquier punto no podrá variar más de 10mm de la proyectada. -Grado de compactación ≥ 95% para mezcla densa en frío; en caso de mezcla de tipo abierto se comprueba la compactación verificando que el equipo sea el idóneo. -Espesor promedio ≥ Espesor de diseño y ≥ 98% a la de diseño para muestras individuales. -Planicidad con variación menor a 10mm -Tolerancia de textura: En caso de mezcla de tipo denso no podrá tener una valore promedio menor que el mínimo admisible de los documentos, que a su vez no es inferior a 0.35 mm (valores individuales podrá ser inferior a un 20%); en el caso de mezcla de tipo abierto, no podrá ser inferior a 1 mm (valores individuales no podrá ser menor a 0,80mm) -Resistencia al deslizamiento no podrá ser menor que las especificadas. Si se realiza por péndulo británico debe tener un coeficiente de 50, 55 y 60 para NT1, NT2 y NT3 respectivamente cuando sean glorietas, curvas con radios menores de 200 metros, pendientes ≥ 5 % en longitudes de 100 metros o más, intersecciones, zonas de frenado frecuente. Y valores de 45, 50 y 50 para otras secciones. -Regularidad superficial con una rugosidad que dependerá del tipo de tránsito, espesor total y porcentaje de hectómetros, se expresa en índice de rugosidad internacional con la ASTM E950 : Para % de hectómetros de 40% si e > 10 cm (NT1 < 2,4; NT2 < 1,9 y NT3 < 1,4), si e ≤ 10 cm (NT1 < 2,9; NT2 < 2,4 y NT3 < 1,9); Para 80% si e > 10 cm (NT1 < 3,0; NT2 < 2,5 y NT3 < 2,0), si e ≤ 10 cm (NT1 < 3,5; NT2 < 3,0 y NT3 < 2,5); Para 100% si e > 10 cm (NT1 < 3,5; NT2 < 3,0 y NT3 < 2,5), si e ≤ 10 cm (NT1 < 4,0; NT2 < 3,5 y NT3 < 3,0). Esta se medirá con mira y nivel y se determinara el IRI (NTL 330-98), si es con perfilómetro pivotante de alta precisión (NTL 331-98) y equipo de referencia inercial validado previamente con 1 de precisión en tramo de 200 m (ASTM E950) -Para sello arena-asfalto en mezcla de tipo abierto no podrán tener una dosificación con tasas de ligante y agregados no podrán variar ± 20% de las requeridas. Además, una resistencia al deslizamiento mínimo de 50 para NT1 y 55 para NT2 para zonas críticas (Glorietas, intersecciones, zonas de frenado frecuente, curvas con radio de curvatura < 200 m, tramos con pendiente > 5 % y longitud ≥ 100 m) o de 45 y 50 para otras secciones	-Los sitios para verificación de compactación se realizan determinando la densidad seca de la capa, escogiendo un sitio al azar. Como mínimo 1 prueba por hectómetro y mínimo 5 ensayos por lote(lote el menor de 500m o 3500m2 de capa compactada, obra ejecutada por jornada, obra ejecutada con el mismo material) -En caso de no cumplir el nivel de compactación y es una mezcla densa en frío se debe levantar la capa con fresado y repuesta. -5 muestras por lote para determinar control de espesor. -En caso que no se cumplan los requisitos de espesor o de resistencia al deslizamiento se levanta la capa con fresado, se remueve y se repone con el espesor adecuado (una alternativa es si no se presentan problemas de altura libre o sobrecargas se pude colocar una capa del mismo tipo de 50mm de espesor y agregando riego de liga entre capas) -Si se presentan incumplimientos en 2 lotes consecutivos se debe parar las obras hasta que se estudie una nueva fórmula de trabajo. -Para control de textura se toman 3 puntos por lote (5 si uno de los 3 no cumple). Si no cumple se levanta la capa mediante fresado y se repone -Para sellos con valores menores se identifica la zona y se hace levantado por fresado y/o microfresado.
Perú	-Tolerancia de porcentaje asfalto residual promedio por lote de ± 0,3% respecto a la de diseño y ± 0,5% para muestras individuales. -Tolerancias en granulometría de los agregados para mezclas densas será de ± 4% para tamiz N°4 y mayores, de ± 3% entre tamiz N°8 y N°50, y de ± 1% para tamiz N°200; para mezclas abiertas será de ± 4% para tamiz N°4 y ± 3% para tamices menores al N°4 -La resistencia media tras curado seco como húmedo dura ser ≥ 90% de la resistencia definida en la fórmula de trabajo; ≥ 80% para muestras individuales y ≥ 75% en la resistencia conservada promedio. -La cota en cualquier punto no podrá variar más de 10mm de la proyectada. -Tolerancia de compactación con una densidad promedio ≥ 98% a la de diseño y para muestras individuales ≥ 97% -El espesor promedio ≥ Espesor de diseño y en muestras individuales ≥ 90% del espesor de diseño. En mezclas abiertas para muestras individuales será ≥ 80%. -Uniformidad de la superficie de máximo 5mm -Coeficiente de resistencia al deslizamiento de como mínimo 0.45 para cada ensayo individual. -Rugosidad por medio de unidades IRI de máximo 2m/km (secciones de 100m) -Para mezclas abiertas una textura con profundidad media ≥ 1mm y valores individuales ≥ 0.8mm.	-Las determinaciones para densidad se realiza por lo menos cada 250 m2 o 6 muestras por tramo -Si se incumple el requisito granulométrico, pero no se salga de la franja granulométrica, se ensayará otra vez y se comprobara que cumpla todos los requisitos necesarios. -si de incumple con los requisitos de densidad o espesor se rechaza el tramo. -Si la textura en mezclas abiertas no cumple se levanta mediante fresado y se repone.
Chile	-Tolerancia de contenido de asfalto será de 0.3%. -Tolerancia de la banda de trabajo de tamiz N°4 y superiores será 5%, N°8 y N°16 de 4%, N°100 de 2% y N°200 de 1.5% -Grado de compactación con una densidad promedio ≥ 96% de la diseñada. -Superficie de textura homogénea, uniforme y exenta de segregaciones. -Tolerancia de espesor para muestras individuales deberá ser ≥ 92% del espesor requerido. -Macrotextura con una tolerancia de 0.6 mm -Tolerancia de resistencia al deslizamiento de 0.55 SFC para secciones rectas y radios ≥ 600m y de 0.65 SFC para el resto de casos (SFC es el Sideway Force Coefficient, medida con SCRIM o equipo homologado); mediante péndulo británico será de 60BPN para rectas y curvas ≥ 600m y 70BPN para los demás casos. -Tolerancia de rugosidad ≤ 2 m/km y a su vez en muestras individuales ≤ 2.8 m/km (5 tramos de 200 m) -Tolerancia de lisura, será de máximo 8mm para TMDA ≥ 1000 veh/dia y de 10 mm si TMDA < 1000 veh/dia	-Si es multicapa una tolerancia en contenido de asfalto de 0.5% -La macrotextura y resistencia al deslizamiento se miden en preferencia luego de 4 meses de empezado a transitar en tramos de 200 m. Con un perfilómetro láser para la macrotextura, también podrá, aunque en casos excepcionales medirse mediante ensayo del círculo de arena con 4 mediciones por km. En caso de resistencia al deslizamiento se usa el SCRIM para su medición, en casos excepcionales se controla mediante el péndulo británico con 20 mediciones cada km -Si la compactación no cumple y es mayor al 95% se aplicará 10% de multa en cualquier capa y si es mayor a 94% será de 25% para rodadura e intermedia y de 15% en capa base, pero si es menor al 94% la multa será del 100% o se rehace la capa. Para muestras individuales serán de mayor a 95% un 10% de multa, para 94% un 25% de multa y si es menor a 93% se aplica multa del 100% o se rehace. -Si el espesor no cumple se aplica 100% de multa o se rehará. -Si la rugosidad no cumple se realizarán correcciones y además se multará dependiendo cuan superior sea. Para 2 < IRI ≤ 2.2 una multa de 25%; 2.2 < IRI ≤ 2.5 será del 50%; 2.5 < IRI ≤ 2.8 será del 75%; 2.8 < IRI ≤ 2.9 será de 100% o se rehace y si IRI > 2.9 se rehace. -Si la lisura presenta irregularidades se multará según la irregularidad; pero si supera la máxima deberá rehacer
España	-	-
Estados Unidos	-Contenido de asfalto podrá tener más o menos 0.3% del indicado. -Se deberá compactar hasta obtener una densidad ≥ 96% de la diseñada y ensayada en muestras de laboratorio. -Tolerancia de espesor de 13 mm máximo. -Tolerancia de superficie de 3 mm máximo	•Si no se cumple con alguno de los parámetros se corregirá la situación y luego de esto se podrá seguir con la construcción. -La corrección de la situación podrá incluir el retiro de la capa ya terminada por completo.
Sudafrica	-	-
Australia y Nueva Zelanda	-	-
Tailandia	-Tolerancia de los tamices será: Para tamiz 4.75 mm o más grande de ± 6%, para tamiz de 2.36 mm será ± 5%, para tamiz de 1.18-0.3 mm será ± 3% y en tamiz de 0.075 mm será de ± 1% -Tolerancia a contenido de emulsión asfáltica de ± 0.5% -Se debera compactar hasta obtener una densidad ≥ 95% de la obtenida en pruebas de laboratorio.	-El espesor se comprueba cada 8 m; si no es menor a la necesaria se aplica más concreto asfáltico. -La tolerancia de compactación en multicapa será ≥ 97% para capa base y para capa intermedia ≥ 98%

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (aashto, 2020); (Direccion de Vialidad, 2022).

Una vez más, en lo que respecta a las tolerancias, Colombia es quien presenta de forma más minuciosa las tolerancias a tener en cuenta, es el único que incluye una tolerancia para el índice de regularidad tan detallado, Perú lo indica, pero de forma muy general, además, junto a Perú y Chile son los que más requisitos presentan, al contrario de Estados Unidos y Tailandia que presentan muy pocos. Colombia, Perú y Chile presentan tolerancias para pavimento multicapa, además, en porcentaje de asfalto residual son iguales para Colombia, Perú, Chile y Estados Unidos, Tailandia es más permisivo en esa área.

Si en la superficie terminada no se cumplen los requisitos necesarios, entonces, esta deberá ser corregida de la manera más adecuada posible.

3.3.2. Mezcla asfáltica en caliente

La mezcla asfáltica en caliente (HMA) es el tipo de mezcla más común en usar,

consiste en una combinación de agregados mezclados uniformemente y recubiertos con cemento asfáltico, este tipo de mezcla requiere de altas temperaturas para su colocación y se caracteriza por su durabilidad y resistencia. (McAsphalt, 2020)

Requisitos previos a la construcción

Previo al momento de la construcción de la capa de rodadura, es importante tener en cuenta ciertos parámetros relacionados con el equipo y la maquinaria. Estos requisitos se detallan en la Figura 32 o en la tabla 51 del apéndice, donde se muestran tanto los requisitos comunes como los individuales.

Figura 32

Especificaciones y requisitos antes de iniciar (Mezcla en caliente)

País	Exigencias	Parámetros adicionales
Colombia		•La mezclas asfálticas en caliente se realizan en plantas de asfalto de secamiento continuo, con sistema de mezclado y entrega tipo continuo o discontinuo (sistema de dosificación en frío o caliente), estas deberán ser automáticas (mantenimientos cada 1 trimestre máximo y 2 calibraciones al año máximo) con sistemas de dosificación. -Mezcla discontinua (3 tolvas con rebosadero mínimo, dispositivos de alarma, indicadores de temperatura, dispositivos de dosificación con precisión de 0.5% para agregados y 0.3 para llenante y ligante) -Mezcla continua podrá ser de tambor secador-mezclador(sistema de dosificación ponderal con 4 tolvas mínimo, dispositivos de dosificación y pirómetros a la salida para verificar la temperatura), mezclador de ejes paralelos o mezclador de tambor (características que permitan una distribución uniforme) •Equipo de compactación utilizando compactadores autopropulsados de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios, neumáticos o mixtos; como mínimo 1 compactador vibratorio de rodillos metálicos o mixtos y 1 de llantas neumáticas (llantas lisas) •Shuttle buggy para transferencia de la mezcla (opcional) •Pavimentadora autopropulsada para la extensión de la mezcla (no se podrá usar pavimentadoras que dejen marcas o defectos en la superficie) •Si se requiere almacenar en sitios adecuados para prevenir el endurecimiento, protegidos contra incendios, fugas y pérdida excesiva de volátiles, y que cuenten con los equipos adecuados para calentar el producto cuando se requiera. •Para imprimación se requieren elementos mecánicos de limpieza, carrotanques irrigadores de asfalto y, eventualmente, distribuidores mecánicos de agregados. Y para riego de liga se requieren elementos mecánicos de limpieza, carrotanques irrigadores de asfalto y, eventualmente, sistemas de aplicación del riego, incorporados a los de extensión de las mezclas asfálticas.
Perú		•Plantas tipo continuo o discontinuo capaces de manejar simultáneamente en frío el número de agregados necesarios. Con tolvas de agregados en frío y dispositivos de salida. Estas contaran con sistemas de dosificación volumétrico (excepto tipo tambor secador-mezclador), dotada con secador para secado y calentamiento, sistema de extracción de polvo, indicadores de temperatura; además de sistema de almacenamiento, calefacción y alimentación del asfalto. -Plantas tipo tambor secador-mezclador; debe tener un sistema de dosificación ponderal y teniendo en cuenta la humedad de los agregados. - Plantas que no usan tambor secador-mezclador tendrán un sistema de clasificación de agregados en caliente. Con tolvas para este proceso y con rebosadero, sistemas de alarma para peso y volumen del material, dispositivos de muestras, indicadores de temperaturas en la tolva caliente. - Serpientes de aceite o vapor para calentar el asfalto, provistos con dispositivos de calefacción y aislamiento. Junto a termómetros para controlar la salida hacia los tanques de almacenamiento. -Las plantas de tipo discontinuo deben tener dispositivos de dosificación por peso con exactitud menor a 0.5%; para polvo mineral y cemento asfáltico una sensibilidad de 0.5 kg. Además, contar con válvulas de control. - Las plantas de tipo continuo deben contar con mezclador de ejes gemelos, tolvas de agregados clasificados calientes deben tener dispositivos de salida, sistema de dosificación de asfalto con calibradores de temperatura y presión, sincronizado con la alimentación de agregados y polvo mineral. •Pavimentadora autopropulsada para extender y terminar la mezcla. Contará con equipo de dirección adecuado y velocidades para retroceder y avanzar. Estará equipada con vibrador y distribuidor de tornillo sinfín, tipo reversible, capaz de colocar la mezcla delante de los enrasadores; además, con dispositivos mecánicos compensadores para una superficie plana, sistema de calentamiento uniforme en la plancha y extensiones, sensores electrónicos para la homogeneidad. (no se podrá usar pavimentadoras que dejen marcas o defectos en la superficie) •Se podrán usar rodillos autopropulsados de cilindros metálicos, estáticos o vibratorios tándem y de neumáticos. (compactadores sin surcos o irregularidades) -Compactadores vibratorios deben tener dispositivos para eliminar la vibración al invertir marcha. Los neumáticos ruedas lisas (si es necesario faldona de lona para proteger del enfriamiento) - Vías de primer orden no se usan rodillos lisos sino tándem. No se puede usar los que poseen 2 llantas traseras neumáticas. -Se recomienda también el uso de equipo tándem para el resto de vías. •Para riego de liga se usan elementos mecánicos de limpieza y camión irrigador y cisterna de agua. El camión irrigador deberá tener velocímetro calibrado en m/s y disponer de una bomba de impulsión, accionada por motor y provista de un indicador de presión (caldera regadora portátil, con sus elementos de irrigación a presión o camión cisterna con boquilla de expansión cuando no se pueda usar los requeridos).
Chile		•Plantas tambor de tipo continuas o discontinuas que realicen una mezcla con la dosificación correcta. - Contar con mínimo balanzas de precisión no inferior a 5 kg; 3 tolvas para almacenaje y alimentación de agregados en frío; secador de áridos y colector de polvo; una unidad de control de graduación; reja protectora al polvo y ductos de aire auxiliares; ventilador; tolvas para árido caliente; elementos de pesaje u otro para control de producción; elementos de control de pesaje de asfalto o bomba conectada al sistema de alimentación para control de cantidades; mezclador de doble paleta; cinta transportadora y compuertas regulables; recolector de finos y sistema de medición y alimentación del polvo mineral. • Terminadora autopropulsada para la extensión de la mezcla. •Compactador con 2 ruedas de acero tipo tándem y rodillos neumáticos para compactación. •Para preparación de la superficie antes de extender la mezcla se usan barredoras y sopladores para limpieza; y para riego de liga se usa distribuidores a presión sobre camiones o unidades similares, aislados, con boquillas y barra con un ángulo apropiado, termómetros para controlar la temperatura y un sistema de calentamiento, además, un grupo de motobombas para productos con viscosidades de 20-120 cSt, a su salida deberá estar adecuado para que salga en un ángulo de incidencia de 100 ± 5°
España		•La elaboración de la mezcla se podrá realizar en centrales de fabricación continua o discontinua; con capacidad de manejar en frío el agregado; contando con un numero de tolvas mayor o igual a 4, dependiendo de las fracciones de árido. Usando sistemas ponderales si el tráfico es T00 a T2 - Sistemas de almacenamiento para el betún asfaltico o ligante hidrocarbonado, estos deberán contar con termómetros, bocas de ventilación, válvulas para toma de muestras, tuberías y bombas para el para trasiego del betún y dotados de sistemas de calefacción, para evitar que la temperatura del producto no se desvíe en más de 10ºC. -Las centrales continuas con tambor secador-mezclador deben tener dosificación ponderal y teniendo en cuenta la humedad de la arena y árido; sistemas de almacenamiento y dosificación de polvo mineral. Si no tiene secador a la vez que mezclador estarán provistas con sistema de clasificación de áridos en caliente. -Las centrales de mezcla discontinua deben tener dosificadores ponderales independientes, mínimo 1 para áridos calientes y precisión de 0.5%, 1 para polvo mineral y 1 para ligante hidrocarbonado con precisiones de 0.3% - Tolvas para material reciclado, al menos 2 si se usara más de 15% para la mezcla. •Se debe usar extendedores autopropulsados con sistemas automáticos de nivelación y calefactor para juntas, si se tiene categoría de tráfico T00 a T2 o cuando la superficie a tratar sea superior a 70000 m2 se debe tener un equipo de transferencia autopropulsado. •Los compactadores deben ser autopropulsados con inversores de sentido de la marcha de acción suave y dispositivos para mantenerlos con las llantas limpias y húmedo si es necesario. Deberá estar compuesto con por lo mínimo 1 compactador vibratorio de rodillos metálicos y 1 compactador de neumáticos. •Para aplicación de capa de adherencia o de imprimación se usa equipo para aplicación de emulsión con dispositivo regador, rampa de riego sobre neumáticos, y deberá capaz de aplicar la dotación especificada a la temperatura prescrita. Extendedores mecánicos incorporadas a un camión o autopropulsadas; para aplicar el árido sobre la emulsión.
Estados Unidos	En el momento de la construcción esta debe siempre seguir el procedimiento, usar la maquinaria y el equipo que se indicaron en el documento del proyecto que ya haya sido aprobado y probado en tramos de experimentación o prueba, además de inspeccionar que todos estos cumplan con sus respectivas certificaciones; otro aspecto es que el traslado de material debe ser en el equipo idóneo, cubierto y que mantengan la temperatura de la mezcla.	•Los equipos deben estar certificados. •Planta mezcladora podrá ser continua o discontinua, la cual debe contar con: - Podrá ser planta continua mezcladora tipo secador-tambor que debe contar con tolvas para almacenar por separado el agregado frío, con la capacidad para tener una operación continua, y según la AASHTO M156 con sistemas de pesaje electrónicos de cinta. - Plantas discontinuas deben contar con tolvas para almacenar 3 o más agregados por separado según la gradación, también dispositivos de medición para la dosificación (dosificadores que deberán tener una precisión de 1%). Estas plantas deberán estar modificadas si se usa material reciclado, usando un depósito para almacenarlo en frío. - La mezcla de agregado y cal podrá ser por medio de 3 equipos dependiendo del método. Método A será usando mezclador tipo pugmill, mezclador continuo de doble eje con paletas ajustables. Método B será usando molino de martillos y Método C será por medio de la cinta transportadora. -Si se usa un asfalto modificado con polímeros se debe contar con un sistema de agitación que mantenga a este homogéneo. - Se debe contar con una cinta transportadora para el agregado - Sistema para desperdiciar o reutilizar el material fino. - Contenedores para almacenamiento que deberán ser aislados - Sistemas de alimentación de ±10% de precisión -Sistema de sensores e indicadores para control de cal. -Deberá contar con el equipo necesario para realizar los ensayos requeridos. Así como termómetros para verificación de temperatura. •Equipo de transporte con capacidad de 13 toneladas, con sistema de acarreo y transportador de descarga para poder llevar la mezcla a la tolva •Pavimentadora autopropulsada con niveladores vibratorios ajustadas con tornillos sinfín, con tolva receptora, controles de alimentación automáticos, con controles automáticos para la pendiente y dispositivos de seguridad, además deberá tener una capacidad de realizar capas de hasta 300 mm de espesor. •Skin para control de pendientes en la extensión de la capa. •Distribuidor de asfalto para riego de liga (superficie donde ira la mezcla) •Tres rodillos para compactación donde mínimo 1 debe ser neumático. - Según la AASHTO los rodillos deber poder retroceder sin empujar o rasgar la mezcla, además de tener controles separados de energía y propulsión. - Según la AASHTO PP81 También podrán ser compactadores inteligentes, con software de compactación inteligente y computación en la nube, wifi, capaz de mapear y exportar todos los pases cuadriculados, conectarse a la estación local terrestre de RTK-GPS o una red VRS. Debe ser del tipo autopropulsado vibratorio con acero liso de doble tambor con acelerómetro y sensor de temperatura o rodillo neumático autopropulsado. El sistema debe mostrar, almacenar datos y transferirlos automáticamente a la nube de valor de extensión del rodillo, frecuencia y amplitud de vibración, coordenadas y recuento de pasadas. También, este deberá tener una precisión de ± 50 mm en ejes X y Y, velocidad de ± 0.5 km/h, frecuencia de ± 2hz, amplitud de ± 0.2 mm y temperatura de ± 11.5°C. •Se podrá usar equipos diferentes o alternativos si no es practico usar los anteriores mencionados.
Sudáfrica		•Planta móvil de asfalto para la fabricación de la mezcla, deberá contener una lista de verificación ISO 9002. - Planta mezcladora que cumpla los requisitos de las especificaciones, con sistema de calentamiento de los tanques de almacenamiento del asfalto (no deberá degradarse en el proceso de almacenamiento, calentamiento y producción), sistema de circulación adecuada y continua entre tanques y mezclador, termómetros para los tanques de almacenamiento para registro continuo, sistemas de alimentación en frío (para agregado y relleno) con dispositivos de regulación automático, sistema recolector de polvo. - Se usara mezcladoras de tambor si se usa más de 10% en agregado reciclado y mezclado por lotes si es más de 15%. •Pavimentadora con espaciador y acabador mecánico autopropulsado capaz de pavimentar en las dimensiones necesarias con reglas electrónicas automáticas, podra tener vigas niveladoras en múltiples patines o vigas deslizantes, con mínimo 12 m de longitud. •Esparcidor autopropulsado y capaz de ir junto a la pavimentadora, capaz de realizar sus operaciones de manera adecuada. •Rodillos autopropulsados de acero vibratorios o neumáticos, con frecuencia y amplitud ajustable; no deberá tener holguras ni fugas de aceite. Deberán contar con rascadores ajustables para mantener las ruedas limpias. •Distribuidor de aglutinante para riego del ligante bituminoso; este deberá tener un certificado no más antiguo que 12 meses con la SANS 3001-BT20, sin fugas de combustible, aceite o del mismo aglutinante; deberá tener una barra de pulverización recta con cabezas que se abran simultáneamente, a la misma inclinación, altura y que no goteen.
Australia y Nueva Zelanda		•Planta fija o móvil para realización de la mezcla, siendo más común la fija. (capacidad normal de 350 a 7000 kg) - Podrá ser mezclador de doble tambor, tipo tándem o de contraflujo. - Si es continua lo más común es que sea de doble tambor, con mezcladores de contraflujo y tambor dentro de un tambor. - Se podrá usar mezclador de flujo paralelo, se usara calentador ya sea de petróleo o gas. - Secador de tambor de acero giratorio (1-3 m de diámetro y 5-16 de longitud), sistema de recolección de polvo, ascensor caliente, cribas para separar el agregado, contenedores y depósitos para agregados calientes, sistema de pesaje, batidora pugmill (si se requiere), sistema de control manual semiautomático o automático. - Se requiere un sistema de circulación aislado en el mezclador - Tolvas de agregados en frío y cinta transportadora. - Si se requiere contar con sistemas de almacenamiento tanto para los materiales como para la mezcla terminada (áreas de almacenamiento de agregados con buen drenaje con paredes para separarla) - Alimentador de tornillo cerrado accionado por un motor de velocidad variable para el relleno mineral. •Escoba rotativa o aspiradora para limpieza del terreno. •Pavimentadora para la colocación de la mezcla, esta incluye una unidad tractora para empujarla, con tolva para recibir la mezcla y unidad de tracción (neumáticos) - Regla pavimentadora (regla hidráulica) - Zapato para control de la pendiente. •Rodillos vibratorios con ruedas de acero, rodillos con ruedas de acero no vibratorios y rodillos con neumáticos; compactadores de impacto como placas vibratorias, apisonadores manuales para áreas inaccesibles o trabajos menores. •Camiones con capacidad de 20-25 toneladas para transportar la mezcla. •Disco de corte para las juntas.
Tailandia		•Planta mezcladora podrá ser del tipo discontinua o continua, con una capacidad de producción de 60 toneladas por hora, capaz de mantener una temperatura y capacidad de producción adecuada, debe contar con tanque de almacenamiento de asfalto (con equipos de calentamiento del tipo bobina de vapor o aceite caliente, electricidad u otro), 4 almacenadores de agregado en caliente, controles de temperatura y sistema de circulación del asfalto, tuberías de rociado de asfalto, 4 tolvas de agregados fríos (con bocas ajustables) y alimentador de agregados, secador (capaz de mantener la temperatura con registros automáticos, contar con termómetro capaz de medir temperaturas desde 90-200ºC, pirómetro eléctrico con precisión de 2.5°C a la salida de agregados), alimentadores de correa continua o equivalente para agregados finos, cribadora para separar el material no adecuado, colector de polvo y una unidad de control de asfalto (balanza con 2% de precisión) -La mezcladora de la planta debe contar con doble eje, puertas de descarga que se cierren herméticamente, temporizador y control automático, paletas suficiente para dejar la mezcla de forma homogénea, debe contar con tolva, unidad de tractor, transportador de placas helicoidales (tornillo sin fin) y unidad de regla para control de las dimensiones de la carretera. -La báscula de la planta deberá tener una precisión de 0.5%. •Camión cisterna de agua, escoba rotativa y soplador de aire, para limpiar la superficie donde se extenderá la capa. •Distribuidor de asfalto para aplicar curado a capas terminadas con medidor de cantidades, quemador, termómetro, bomba de asfalto, tubo de aspersión y tanque. •La extensión se realiza mediante una pavimentadora autopropulsada, puede ser tipo de rueda de acero de seguimiento o tipo rueda de goma de calidad equivalente. •Niveladora autopropulsada, con neumáticos lisos y con dimensiones de la placa de 3.6 m x 4.8 m •Compactadora autopropulsada, estas máquinas deben contar con rodillo tándem de acero de 2 ruedas (no menos de 8 toneladas) y peso por ancho de 3.8 kg/mm, si se requiere hacer con ruedas de goma deberá pesar al menos 10 ton y diámetro de la llanta de 500 mm (llantas con presión de no más de 35 kPa); el rodillo vibratorio debe pesar 4 toneladas para espesores de capa menores que 40 mm y de 6 toneladas para mayores (frecuencia de vibración de 2000 revoluciones por minuto) -Se podrá usar compactador vibratorio o piso de mano pequeño si el área donde se ingresara no se puede ingresar con los necesarios. -Cortadora de juntas.

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (aashto, 2020); (Direccion de Vialidad, 2022); *(Federal Highway Administration, 2014)*; *(Ministerio de Fomento, 2019)*; *(Austroads, 2017)*; *(Sabita, 2021)*; *(Sabita, 2022)*; *(NZ Transport Agency, 2020)*; *(Sabita, 2019)*; *(Sabita, 2009)*; *(Mainroads, 2024)*; *(Mainroads, 2023)*; *(NZ Transport Agency, 2022)*; *(Sabita, 2020)*; *(Sabita, y otros, 2017)*.

Se nota que todos tienen en común el uso de la maquinaria estipulada en el proyecto y equipo idóneo de transporte para entregar una mezcla con la consistencia y temperatura adecuada, así como el uso de una planta de tipo continua o discontinua para elaborar la mezcla. Colombia presenta especificaciones respecto al equipo en donde incluso se denotan todos los elementos que deberá llevar esa maquinaria con cantidades en algunos casos, así como una descripción de lo que debe ser capaz de realizar, siendo el único en colocar de alternativa el equipo de transferencia de carga Shuttle Buggy, junto a Perú tienen de alternativa el tambor secador-mezclador si la mezcla es discontinua. Perú es uno de los que más muestra especificaciones de elementos que deben llevar los equipos, mas no una cantidad exacta; por otro lado, Chile, Sudáfrica y España presentan en comparación con Colombia y Perú muy pocas especificaciones, aunque cabe aclarar que las que presentan son muy completas, Tailandia siendo la única en presentar la capacidad de producción que necesita la planta.

Quien más destaca es Estados Unidos, ya que no solo muestra el equipo y sus elementos uno por uno, sino también tolerancias y descripciones más detalladas. Por último, Australia y

Nueva Zelanda, presentan un numero de especificaciones no tan grande como Estados Unidos, pero si parecidos a los de Colombia.

Las consideraciones del clima se encontrarán en la Tabla 15, donde muestra las especificaciones de los países respecto a los aspectos climáticos a considerar para la realización de la mezcla asfáltica en caliente.

Tabla 15

Especificaciones del clima (Mezcla en caliente)

País	Requisitos climáticos	Especificaciones adicionales
Colombia	No se pueden iniciar procesos para la construcción de la subbase si está lloviendo o si existe sospecha de que llueva También se recomienda realizar las obras cuando se tenga luz solar.	La temperatura a la sombra o sobre la superficie no puede ser menor a 5°C; si el espesor de capa por extender ya compactada es menor a 50mm la temperatura no podrá ser menor a 8°C. -Se recomienda siempre realizar los trabajos bajo luz solar y solo en horas de oscuridad cuando sea necesario y contando con iluminación artificial.
Perú		No se podrá realizar la extensión y compactación si la temperatura ambiente es menor a 6°C. -Se recomienda realizar las obras siempre bajo luz solar; solo en caso necesario y con autorización realizarlo de noche con el equipo de iluminación adecuado.
Chile		No se podrá realizar si la temperatura atmosférica es menor a 5°C. Si desciende más ambiente es menor a 10°C se deberá tomar precauciones.
España		La temperatura no puede ser menor a 5°C a la sombra, si el espesor de capa es < 5 cm entonces el límite será 8°C; si existe viento intenso o después de heladas pueden aumentar los limites basándose en los resultados de la compactación.

Estados Unidos	No se podrá realizar si la temperatura del aire es menor a 1.7°C -La AASHTO presenta que la temperatura del aire deberá ser mayor a 10°C y 13°C para la superficie.
Sudáfrica	-No se podrá realizar si existen condiciones de niebla o humedad. Respecto a condiciones del clima, se permite temperaturas mayores a 6°C con vientos menores a 25 km/h, temperaturas de 10°C con vientos menores a 55 km/h a espesores > 30 mm y menores a 25 km/h si es ≤ 30 mm de espesor. -No se podra realizar si la temperatura es menor a 6°C.
Australia y Nueva Zelanda	-Vientos deben tener velocidades inferiores a 10 km/h. -La Main Roads presenta que a velocidades de viento < 20 km/h la temperatura de la superficie debe ser mayor a 10°C y si es ≥ 20 km/h debe ser mayor a 15°C.
Tailandia	-

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (aashto, 2020); (Direccion de Vialidad, 2022); *(Federal Highway Administration, 2014)*; *(Ministerio de Fomento, 2019)*; *(Austroads, 2017)*; *(Sabita, 2021)*; *(NZ Transport Agency, 2020)*; *(Mainroads, 2024)*.

Todos tienen en común el no realizar obras cuando está lloviendo y lo más recomendado realizarlas cuando haya luz solar.

Aparte de esto, países como España y Colombia presentan el requisito más flexible, con temperatura mínima a la sombra de 5°C, aunque España lo sube a 8°C dependiendo del espesor

de capa. El resto de países tienen sus requisitos según la temperatura del viento, donde se ve que Estados Unidos debido a la dispersión de información tiene 2 parámetros, uno a temperatura de 1.7°C y el otro de 10-13°C; Chile presenta una temperatura del aire mínima de 5°C, coinciden casi todos en que alguno de sus condiciones exija una temperatura del aire superior a 10°C.

Australia y Nueva Zelanda establecen que, para velocidades de viento mayores a 20 km/h la temperatura del aire permitida será de 15°C, muy diferente a Sudáfrica que permite que a velocidades menores a 55 km/h una temperatura de 10°C, es decir una velocidad mayor a 20 pero mucho menos rigurosa, ya que si esa velocidad se presentara en Australia no se permitiría la temperatura que si permite Sudáfrica.

Especificaciones para capa de rodadura (Mezcla asfáltica en caliente)

El material a emplear deberá cumplir con unos respectivos requisitos específicos. La figura 33 o en la tabla 52 del apéndice, detalla las especificaciones técnicas que estos materiales deben cumplir, abordando cada punto de acuerdo con los documentos técnicos correspondientes.

Figura 33

Especificaciones de materiales a usar (Mezcla en caliente)

Estados Unidos	•Esta mezcla se podrá usar en tráficos desde menores a 0.3 millones ESAL hasta mayores de 30 millones ESAL •Según la FHWA se deberá cumplir que el asfalto a usar cumpla con alguno de los requisitos de la AASHTO M320. Aunque, la AASHTO añade que se podrán tener en cuenta requisitos de la normas AASHTO M 20 para asfalto penetrado (que fue descontinuada en 2009), AASHTO M 320 para asfalto de grado de desempeño, o AASHTO M 226 para asfalto de grado de viscosidad; también añade el asfalto rebajado (asfalto y solvente volátil) que cumpla las normas AASHTO M 81 para tipos de curado rápido (RC) y M 82 para tipos de curado medio (MC) •Los agregados no podrán ser aquellos pulidos o carbonatados que contengan menos de 25% en masa de residuos insolubles. -Según la AASHTO el agregado grueso será de piedra triturada, escoria triturada, grava triturada o grava natural. El agregado fino será de arena natural, arena fabricada, cribas de piedra, cribas de escoria o combinación de estos. (Se podrán usar materiales reciclados como hormigón de cemento portland) •Se podrá usar asfalto reciclado o tejas de asfalto reciclado, las cuales debieron cumplir con los parámetros de la AASHTO M323 y AASHTO MP 23 y PP 78 respectivamente. •Se podrán usar aditivos, que en caso de no especificarlo utilizar la Cal •La AASHTO añade que el cemento a usar podrá ser cualquiera de los presentados en la AASHTO M85 y además certificado de que los cumpla. Los tipos que presenta esta normativa son: -Tipo I para uso cuando no se requiere propiedades especiales, tipo IA para el mismo uso que el I cuando se desea incorporar de aire, tipo II para uso general deseando resistencia moderada a los sulfatos, tipo IIA con mismo uso que el II cuando se desea incorporar aire, tipo II (MH) para uso general y cuando se desea calor de hidratación moderado y resistencia moderada a los sulfatos, tipo II(MH)A con mismo usos que tipo II (MH) cuando se desea incorporar de aire, tipo III para alta resistencia inicial, tipo IIIA para el mismo uso que el tipo III cuando se desea incorporar de aire, tipo IV para cuando se desea bajo calor de hidratación, tipo V para alta resistencia a los sulfatos. •El llenante mineral fabricado fuera de sitio deberá ser de un fabricante con certificación ISO 9000 o un sistema efectivo de inspección. •El asfalto deberá ser fabricado en sitios con certificación ISO 9000	**Según la FWHA:** •El agregado deberá tener las siguientes propiedades: -Abrasión Los Ángeles ≤ 35%; Estabilidad del agregado con sulfato de sodio ≤ 12%; caras fracturadas ≥ 90%; angularidad del agregado fino ≥ 40%; partículas planas y alagadas ≤ 10%; equivalencia de arena ≥ 45% -Según la AASHTO, el agregado grueso si es escoria debe tener una densidad de 1120 kg/m3, para el agregado grueso en general, el 40% de la masa que pasa por tamiz de 4.75 mm con al menos 1 cara fracturada y un valor de perdida por sulfato de sodio ≤ 12% y magnesio ≤ 18%, también un valor de degradación ≤ 40% (no aplica a escoria) -La AASHTO M323 presenta unos valores de caras fracturadas para agregado grueso según la profundidad que tiene; para ESALs < 0.3 y profundidad ≤100 mm debe ser ≥ 55%, ESALs de 0.3 a < 3 será de 75% para profundidades ≤100 mm y 50% para mayores a 100 mm, ESALs de 3 a < 10 será de 85/80%(85% una cara y 80% 2 caras) para espesores ≤100 mm y de 60% para > 100 mm, ESAL de 10 a < 30 será de 85/90% para espesores ≤100 mm y de 80/75% para > 100 mm, cuando el tráfico es con un ESAL ≥ 30 será de 100/100% en cualquier espesor. Para agregado fino un contenido de huecos ≥ 40% para ESALs < 3 y cualquier tipo de profundidad, para ESALs < 30 será ≥ 45% en profundidad ≤100 mm y ≥ 40% para > 100 mm, y para ESALs ≥ 30 será ≥ 45% para cualquier tipo de profundidad, y según la ASTM M29 el agregado fino debe pasar por el tamiz 9.5 mm y en su mayoría también por el N°4. También, un porcentaje de partículas planas y elongadas de máximo 10% para cualquier ESAL, una equivalencia de arena ≥ 40% para ESALs < 3, ≥ 45% para ESALs de 3 a < 30 y ≥ 50% para ESALs ≥ 30 -Si se usa material de pavimento asfáltico este deberá pasar el 100% por el tamiz de 50 mm; si es teja asfáltica reciclada el 100% debe pasar por el tamiz de 9.5 mm. •Se tendrá 5 tipos de granulometría, para 25mm, 19 mm, 12.5 mm, 9.5 mm o N°4 -Para 25 mm: PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 90-100, PP (19 mm) menos de 90, PP8: 19-45 y PP200: 1-7 -Para 19 mm: PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 90-100, PP (12.5 mm) menos de 90, PP8: 23-49 y PP200: 2-8 -Para 12.5 mm: PP (19mm): 100, PP (12.5mm): 90-100, PP (9.5mm) menos de 90, PP8: 28-58 y PP200: 2-10 -Para 9.5 mm: PP (12.5mm): 100, PP (9.5mm): 90-100, PP4 menos de 90, PP8: 32-67 y PP200: 2-10 -Para N°4: PP (9.5mm): 100, PP (4.75mm): 95-100, PP8: 70-80 y PP200: 4-10 •Según la AASHTO serán 6 tipos de granulometrías tanto para material reciclado como triturado o natural, para 37.5mm, 25mm, 19 mm, 12.5 mm, 9.5 mm o 4.75mm (los de 25 mm, 19 mm, 12.5 mm y 9.5 mm igual a FHWA) -Para 37.5 mm: PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 90-100, PP (25 mm) < 90, PP (2.36 mm) de 15-41 y PP (0.075): 0-6 -Para 4.75 mm: PP (12.5mm): 100, PP (9.5mm): 95-100, PP (4.75mm): 90-100, PP (1.18): 30-55 y PP (0.075 mm): 6-13 •El asfalto a usar dependerá de la norma; en la AASHTO M20 serán 40-50, 60-70, 85-100, 120-150 o 200-300; en la AASHTO M226 seran la AC-2.5, AC-5, AC-10, AC-20 o AC-40 y AR-10, AR-20, AR-40, AR-80 o AR-160 (los tipo AR son basados en viscosidad del residuo RTFOT); y por último, la AASHTO M320 serán las PG 46, PG 52, PG 58, PG 64, PG 70, PG 76 o PG 82, que a su vez cada uno presenta varias condiciones específicas de grado de desempeño. -**Tipo 40-50, 60-70 y 85-100:** Penetración a 25°C de entre 40-50 dmm para tipo 40-50, de entre 60-70 dmm para tipo 60-70, de entre 85-100 dmm para tipo 85-100; punto de inflamación en vaso abierto ≥ 232°C; ductibilidad a 25°C ≥ 100 cm (5cm por minuto); solubilidad en tricloroetileno ≥ 99%; en pruebas de horno en película delgada deberá tener perdidas por calentamiento de ≤ 0.8% para 40-50 y 60-70, y ≤ 1% para 85-100, penetración del residuo ≥ 58% de la original para 40-50 y será ≥ 54% para 60-70 y ≥ 50% para 85-100, ductibilidad del residuo ≥ 50 cm para 60-70 y ≥ 75% para 85-100 (no presenta para 40-50); opcionalmente una prueba de punto con resultados negativos para nafta estándar, el solvente de nafta-xileno o el solvente de heptano-xileno. -**Tipo 120-150 y 200-300:** Penetración a 25°C de entre 120-150 dmm para tipo 120-150 y de entre 200-300 dmm para tipo 200-300; punto de inflamación en vaso abierto ≥ 218°C para 120-150 y ≥ 177°C para 200-300; ductibilidad a 25°C ≥ 100 cm (solo para 120-150); solubilidad en tricloroetileno ≥ 99%; en pruebas de horno en película delgada deberá tener perdidas por calentamiento de ≤ 1.3% para 120-150 y ≤ 1.5% para 200-300, penetración del residuo ≥ 46% de la original para 120-150 y será ≥ 40% para 200-300, ductibilidad del residuo ≥ 46 cm para 120-150 y ≥ 40% para 200-300; opcionalmente una prueba de punto con resultados negativos. -**Tipo AC-2.5:** Viscosidad a 60°C de 25±5 Pa.s; viscosidad a 135°C ≥ 80 mm2/s; penetración a 25°C ≥ 200; punto de inflamación en vaso abierto ≥ 163°C; solubilidad ≥ 99%; en pruebas de residuos del ensayo de horno de capa fina deberá tener una viscosidad a 60°C ≤ 100 Pa.s, ductibilidad a 25°C de ≥ 100 cm y si no cumple podrá a 15.6°C de 100 cm mínimo; opcionalmente una prueba de punto con resultados negativos. -**Tipo AC-5:** Viscosidad a 60°C de 50±10 Pa.s; viscosidad a 135°C ≥ 100 mm2/s; penetración a 25°C ≥ 120; punto de inflamación en vaso abierto ≥ 177°C; solubilidad ≥ 99%; en pruebas de residuos del ensayo de horno de capa fina deberá tener una viscosidad a 60°C ≤ 200 Pa.s, ductibilidad a 25°C de ≥ 100 cm; opcionalmente una prueba de punto con resultados negativos. -**Tipo AC-10:** Viscosidad a 60°C de 100±20 Pa.s; viscosidad a 135°C ≥ 150 mm2/s; penetración a 25°C ≥ 70; punto de inflamación en vaso abierto ≥ 219°C; solubilidad ≥ 99%; en pruebas de residuos del ensayo de horno de capa fina deberá tener una viscosidad a 60°C ≤ 400 Pa.s, ductibilidad a 25°C de ≥ 50 cm; opcionalmente una prueba de punto con resultados negativos. -**Tipo AC-20:** Viscosidad a 60°C de 200±40 Pa.s; viscosidad a 135°C ≥ 210 mm2/s; penetración a 25°C ≥ 40; punto de inflamación en vaso abierto ≥ 232°C; solubilidad ≥ 99%; en pruebas de residuos del ensayo de horno de capa fina deberá tener una viscosidad a 60°C ≤ 800 Pa.s, ductibilidad a 25°C de ≥ 20 cm; opcionalmente una prueba de punto con resultados negativos. -**Tipo AC-40:** Viscosidad a 60°C de 400±80 Pa.s; viscosidad a 135°C ≥ 30 mm2/s; penetración a 25°C ≥ 20; punto de inflamación en vaso abierto ≥ 232°C; solubilidad ≥ 99%; en pruebas de residuos del ensayo de horno de capa fina deberá tener una viscosidad a 60°C ≤ 1600 Pa.s, ductibilidad a 25°C de ≥ 10 cm; opcionalmente una prueba de punto con resultados negativos. -**Tipo AR-10:** Viscosidad a 60°C de 100±25 Pa.s; viscosidad a 135°C ≥ 140 mm2/s; penetración a 25°C ≥ 65; ductibilidad a 25°C de ≥ 100 cm y si no cumple podrá a 15.6°C de 100 cm mínimo; pruebas en el asfalto original deberá tener un punto de inflamación ≥ 205°C y solubilidad ≥ 99%. -**Tipo AR-20:** Viscosidad a 60°C de 200±50 Pa.s; viscosidad a 135°C ≥ 200 mm2/s; penetración a 25°C ≥ 40; porcentaje de penetración original ≥ 40; ductibilidad a 25°C de ≥ 100 cm y si no cumple podra a 15.6°C de 100 cm mínimo; pruebas en el asfalto original debera tener un punto de inflamación ≥ 219°C y solubilidad ≥ 99%. -**Tipo AR-40:** Viscosidad a 60°C de 400±100 Pa.s; viscosidad a 135°C ≥ 200 mm2/s; penetración a 25°C ≥ 40; porcentaje de penetración original ≥ 40; ductibilidad a 25°C de ≥ 100 cm y si no cumple podra a 15.6°C de 100 cm mínimo; pruebas en el asfalto original debera tener un punto de inflamación ≥ 219°C y solubilidad ≥ 99%. -**Tipo AR-80:** Viscosidad a 60°C de 800±200 Pa.s; viscosidad a 135°C ≥ 400 mm2/s; penetración a 25°C ≥ 20; porcentaje de penetración original ≥ 50; ductibilidad a 25°C de ≥ 75 cm; pruebas en el asfalto original deberá tener un punto de inflamación ≥ 232°C y solubilidad ≥ 99%. -**Tipo AR-160:** Viscosidad a 60°C de 1600±50 Pa.s; viscosidad a 135°C ≥ 550 mm2/s; penetración a 25°C ≥ 20; porcentaje de penetración original ≥ 52; ductibilidad a 25°C de ≥ 75 cm; pruebas en el asfalto original deberá tener un punto de inflamación ≥ 238°C y solubilidad ≥ 99%. -**PG 46** (podrá ser 3 grados de desempeño que será la misma temperatura a superar y son 34, 40 y 46): Temperatura máxima promedio durante 7 días < 46°C; para el asfalto original un punto de inflamación ≥ 230°C, viscosidad de 135°C (3 Pa.s) y corte dinámico ≥ 46°C; para Residuo del Horno de Película Delgada en Movimiento RTFOT un cambio de masa corte ≤ 1% y corte dinámico a 46°C. Para el residuo del recipiente de envejecimiento a presión una temperatura de envejecimiento PAV de 90°C; corte dinámico se realiza a 10°C, 7°C y 4°C para grados de desempeño 34, 40 y 46 respectivamente. Rigidez a la fluencia así como de tensión directa de -24°C, -30°C y -36°C para grados de desempeño 34, 40 y 46 respectivamente. -**PG 52** (podrá ser 7 grados de desempeño que será la misma temperatura a superar y son 10, 16, 22, 28, 34, 40 y 46): Temperatura máxima promedio durante 7 días < 52°C; para el asfalto original un punto de inflamación ≥ 230°C, viscosidad de 135°C y corte dinámico a 52°C; para Residuo del Horno de Película Delgada en Movimiento RTFOT un cambio de masa corte ≤ 1% y corte dinámico a 52°C. Para el residuo del recipiente de envejecimiento a presión una temperatura de envejecimiento PAV de 90°C; corte dinámico de 25°C, 22°C, 19°C, 16°C, 13°C, 10°C y 7°C para grados de desempeño 10, 16, 22, 28, 34, 40 y 46 respectivamente. Rigidez a la fluencia así como de tensión directa de 0°C, -6°C, -12°C, -18°C, -24°C, -30°C y -36°C para grados de desempeño 10, 16, 22, 28, 34, 40 y 46 respectivamente. -**PG 58** (podrá ser 5 grados de desempeño que será la misma temperatura a superar y son 16, 22, 28, 34 y 40): Temperatura máxima promedio durante 7 días < 58°C; para el asfalto original un punto de inflamación ≥ 230°C, viscosidad de 135°C y corte dinámico a 58°C; para Residuo del Horno de Película Delgada en Movimiento RTFOT un cambio de masa corte ≤ 1% y corte dinámico a 58°C. Para el residuo del recipiente de envejecimiento a presión una temperatura de envejecimiento PAV de 100°C; corte dinámico de 25°C, 22°C, 19°C, 16°C y 13°C para grados de desempeño 16, 22, 28, 34 y 40 respectivamente. Rigidez a la fluencia así como de tensión directa de -6°C, -12°C, -18°C, -24°C y -30°C para grados de desempeño 16, 22, 28, 34 y 40 respectivamente. -**PG 64** (podrá ser 6 grados de desempeño que será la misma temperatura a superar y son 10, 16, 22, 28, 34 y 40): Temperatura máxima promedio durante 7 días < 64°C; para el asfalto original un punto de inflamación ≥ 230°C, viscosidad de 135°C y corte dinámico a 56°C; para Residuo del Horno de Película Delgada en Movimiento RTFOT un cambio de masa corte ≤ 1% y corte dinámico a 64°C. Para el residuo del recipiente de envejecimiento a presión una temperatura de envejecimiento PAV de 100°C; corte dinámico de 31°C, 28°C, 25°C, 22°C, 19°C y 16°C para grados de desempeño 10, 16, 22, 28, 34 y 40 respectivamente. Rigidez a la fluencia así como de tensión directa de 0°C, -6°C, -12°C, -18°C, -24°C y -30°C para grados de desempeño 10, 16, 22, 28, 34 y 40 respectivamente. -**PG 70** (podrá ser 6 grados de desempeño que será la misma temperatura a superar y son 10, 16, 22, 28, 34 y 40): Temperatura máxima promedio durante 7 días < 70°C; para el asfalto original un punto de inflamación ≥ 230°C, viscosidad de 135°C (3 Pa.s) y corte dinámico a 70°C; para Residuo del Horno de Película Delgada en Movimiento RTFOT un cambio de masa corte ≤ 1% y corte dinámico a 70°C. Para el residuo del recipiente de envejecimiento a presión una temperatura de envejecimiento PAV de 100°C; corte dinámico de 34°C, 31°C, 28°C, 25°C, 22°C y 19°C para grados de desempeño 10, 16, 22, 28, 34 y 40 respectivamente. Rigidez a la fluencia así como de tensión directa de 0°C, -6°C, -12°C, -18°C, -24°C y -30°C para grados de desempeño 10, 16, 22, 28, 34 y 40 respectivamente. -**PG 76** (podrá ser 5 grados de desempeño que será la misma temperatura a superar y son 10, 16, 22, 28 y 34): Temperatura máxima promedio durante 7 días < 76°C; para el asfalto original un punto de inflamación ≥ 230°C, viscosidad de 135°C (3 Pa.s) y corte dinámico a 76°C; para Residuo del Horno de Película Delgada en Movimiento RTFOT un cambio de masa corte ≤ 1% y corte dinámico a 76°C. Para el residuo del recipiente de envejecimiento a presión una temperatura de envejecimiento PAV de 110°C; corte dinámico de 37°C, 34°C, 31°C, 28°C y 25°C para grados de desempeño 10, 16, 22, 28, 34 y 40 respectivamente. Rigidez a la fluencia así como de tensión directa de 0°C, -6°C, -12°C, -18°C, -24°C y -30°C para grados de desempeño 10, 16, 22, 28, 34 y 40 respectivamente. -**PG 82** (podrá ser 5 grados de desempeño que será la misma temperatura a superar y son 10, 16, 22, 28 y 34): Temperatura máxima promedio durante 7 días < 82°C; para el asfalto original un punto de inflamación ≥ 230°C, viscosidad de 135°C (3 Pa.s) y corte dinámico a 82°C; para Residuo del Horno de Película Delgada en Movimiento RTFOT un cambio de masa corte ≤ 1% y corte dinámico a 82°C. Para el residuo del recipiente de envejecimiento a presión una temperatura de envejecimiento PAV de 110°C; corte dinámico de 40°C, 37°C, 34°C, 31°C y 28°C para grados de desempeño 10, 16, 22, 28 y 34 respectivamente. Rigidez a la fluencia así como de tensión directa de 0°C, -6°C, -12°C, -18°C y -24°C para grados de desempeño 10, 16, 22, 28 y 34 respectivamente. •Para la mezcla se deberá tener los siguientes requisitos: -Contenido de material reciclado ≤ 20% (según la AASHTO será 30% y de tejas asfálticas reciclados que pasen por tamiz 9.5mm de 5%); relación de resistencia a la tracción ≥ 0.8 -Huecos mínimos en agregado mineral para tráficos menores a 0.3 hasta 30 ESAL si es para agregado tipo 25 mm será de 12-15%, para tipo 19 mm será de 13-16%; para tipo 12.5 mm de 14-17% y para 9.5mm de 15-18. Para tráficos mayores a 30 ESAL solo está el parámetro para tipo N°4 y es de 16-19% -Huecos rellenos de asfalto será para tráfico < 0.3 de 70-80%, para tráfico de 0.3 a < 3 será de 65-78%, para tráfico de 3 a 30 será de 65-78%, para mayores de 30 será de 76-80% -Relación polvo-aglutinante para tráficos menores a 0.3 hasta 30 ESAL será de 0.8-1.6 y para mayores de 30 ESAL será de 0.6-2 •La FWHA presenta unos requisitos adicionales cuando esta fue diseñada por método Hveem (AASHTO T246 y T247) o por método Marshall (AASHTO T245) y serán tres tipos de mezcla, clase A, B o C. -Cualquier sea el método deberá tener un porcentaje de vacíos de aire de 3-5%; relación resistencia a la tracción ≥ 0.8 y relación polvo-aglutinante de 0.8-1.6 -Para método Hveem: Valor de estabilómetro ≥ 37 para clase A, ≥ 35 para clase B y ≥ 30 para clase C. -Para método Marshall: Estabilidad para clase A ≥ 8.89kN, para clase B ≥ 6.67kN y para clase C ≥ 4.44kN; flujo (0.25mm) para clase A será de 8-14, para clase B será de 8-16 y clase C de 8-20. -Huecos en agregado mineral: Para tamiz N°4 si es Hveem será ≥ 16% y para Marshall ≥ 18%; tamiz 9.5 mm si es Hveem será ≥ 14% y para Marshall ≥ 16%; tamiz 12.5 mm si es Hveem será ≥ 13% y para Marshall ≥ 15%; tamiz 19 mm si es Hveem será ≥ 12% y para Marshall ≥ 14%; tamiz 25 mm si es Hveem será ≥ 11% y para Marshall ≥ 13%	•El material debe estar en una de las 5 franjas granulométricas específicas que existen y que se selecciona en la etapa de diseño, aunque según la AASHTO son 6 tipos. •Se añaden granujerías para agregados finos presentados en la ASTM M29, que son para grado N°1, 2, 3, 4 o 5: -N°1: PP (9.5 mm): 100, PP4: 95-100, PP8: 70-100, PP16: 40-80, PP30: 20-65, PP50: 7-40, PP100: 2-20 y PP200: 0-10. -N°2: PP4: 100, PP8: 75-100, PP16: 50-74, PP30: 28-52, PP50: 8-30, PP100: 0-12 y PP200: 0-5. -N°3: PP4: 100, PP8: 95-100, PP16: 85-100, PP30: 65-90, PP50: 30-60, PP100: 5-25 y PP200: 0-5. -N°4: PP (9.5 mm): 100, PP4: 80-100, PP8: 65-100, PP16: 40-80, PP30: 20-65, PP50: 7-40, PP100: 2-20 y PP200: 0-10. -N°4: PP (9.5 mm): 100, PP4: 80-100, PP8: 65-100, PP16: 40-80, PP30: 20-65, PP50: 7-46 y PP100: 2-30 •También si es una mezcla superpave se realizara un diseño según la AASHTO R35. Donde también indica que este diseño puede incluir aditivos antidecapado o de silicona. •Los requisitos para el tipo de asfalto AC, podrán ser distintos a los indicados, donde solo cambian algunos datos: -Para AC-2.5 cambiara la viscosidad a 135°C ≥ 125 mm2/s, penetración a 25°C ≥ 220; para AC-5 la viscosidad a 135°C ≥ 175 mm2/s, penetración a 25°C ≥ 140 y añadiendo en pruebas de residuos un valor de perdida por calentamiento ≤ 1%; en AC-10 la viscosidad a 135°C ≥ 250 mm2/s, penetración a 25°C ≥ 80, añadiendo en pruebas de residuos un valor de perdida por calentamiento ≤ 0.5% y ductibilidad ≥ 75 cm; en AC-20 la viscosidad a 135°C ≥ 300 mm2/s, penetración a 25°C ≥ 60, añadiendo en pruebas de residuos un valor de perdida por calentamiento ≤ 0.5% y ductibilidad ≥ 50 cm; para AC-40 la viscosidad a 135°C ≥ 400 mm2/s, penetración a 25°C ≥ 40, añadiendo en pruebas de residuos un valor de perdida por calentamiento ≤ 0.5% y ductibilidad ≥ 25 cm. -Se añade también el tipo AC-30: Viscosidad a 60°C de 300±60 Pa.s; viscosidad a 135°C ≥ 350 mm2/s; penetración a 25°C ≥ 50; punto de inflamación en vaso abierto ≥ 232°C; solubilidad ≥ 99%; en pruebas de residuos del ensayo de horno de capa fina deberá tener una perdida por calentamiento ≤ 0.5%, viscosidad a 60°C ≤ 1200 Pa.s, ductibilidad a 25°C de ≥ 40 cm; opcionalmente una prueba de punto con resultados negativos. •Los asfaltos tipos PG tienen un apartado para ligantes asfálticos de alto rendimiento con la misma denominación de grados de desempeño, en el cual tienen los mismo requisitos solo añadiendo un valor de temperatura crítica baja de fisuración la cual remplaza y tendrá el mismo valor que rigidez a la fluencia así como de tensión directa. •Estos son los tipos de asfalto que se usan para riego de liga (para superficie existente o juntas) o riego de liga sin rastreo (para superficie existente) y de que normativa son: -AASHTO M20 serán 40-50, 60-70, 85-100, 120-150 o 200-300 -AASHTO M320 serán las PG 46, PG 52, PG 58, PG 64, PG 70, PG 76 o PG 82 -AASHTO M226 seran las AC-2.5, AC-5, AC-10, AC-20 o AC-40 y AR-10, AR-20, AR-40, AR-80 o AR-160 •Las especificaciones para estos riegos de liga son los mismos que se presentan en los requisitos para asfalto en la mezcla asfáltica en caliente.
Sudáfrica	•El agregado a usar podrá ser material granular de origen natural, manufacturado o reciclado. -Agregado grueso según la SANS 1083 deberá provenir de agregado formado por la desintegración natural de la roca, agregado producido por trituración o molienda mecánica de la roca y/o agregado derivado de una mezcla. -Si es material reciclado podrá ser de asfalto reciclado y deberá estar libre de contaminantes, ni que contenga alquitrán. Además, este material debe tener características similares al no reciclado. -Se podrá usar rellenos como polvo natural, harina de roca, cal hidratada o cemento. -Se podrá usar solo si se indica rejuvenecedores de betún. •Habrá 3 tipos de vías, Nivel IA, Nivel IB, Nivel II o Nivel III; se usara según lo siguiente: -Nivel IA: Bajo riesgo de daño con para tráfico < 0.3 millones (E80) -Nivel IB: Bajo riesgo de daño con tráfico de 0.3 a 3 millones -Nivel II: Mediano a alto riesgo para tráfico > 3 hasta 30 millones -Nivel III: Alta exposición al riego y tráfico > 30 millones. •Se podrá usar emulsión bituminosa o también betún espumado (Si es necesario) -Se usara emulsión aniónica o catiónica para la emulsión; donde generalmente se usa más la emulsión aniónica de grado estable y fraguado lento; ya que la emulsión bituminosa catiónica es más compatible con agregados ácidos con alto porcentaje de sílice y bajo contenido de álcali, como cuarcita, granito, arenisca, riolita, sienita y felsita. Se tiene emulsión catiónica de fraguado lento (CSS60) o una emulsión aniónica de grado estable (SS60) como las normalmente usadas. -Si es para betún espumado se usara betún asfaltico de grado de penetración; con uso de betún de penetración 70/100 •Si se usa cemento como complemento a la mezcla sera cemento de 32.5N y si se usa cal que cumpla la SANS 824 donde se podra usar cal cálcica, cal magnésica o cal dolomítica (CaO + MgO base calcinada ≥ 75%, CO2 ≤ 5%, Contenido de cal disponible ≥ 60%, contenido de agua libre ≤ 3, PP20 ≤ 1.5%, PP30 ≤ 2.5%, PP200≤ 35%, Factor de solidez(expansion general) ≤ 30)	•Para el agregado: -El agregado grueso deberá ser > 5 mm; valor de trituración ≤ 21%; solvencia en sulfato de magnesio de entre 12-20% (algunas veces ≤ 12% luego de cinco ciclos); prueba de azul de metileno ≤ 5; índice de descamación ≤ 251 para agregados de 20 y 14 mm, y ≤ 30 para partículas de 10 y 7.1 mm; valor de piedra pulida ≥ 502; caras fracturadas ≥ 95%; absorción de agua ≤ 1% -Si es agregado reciclado deberá tener un 95% de material granular de buena calidad y 5% de asfalto envejecido. -El agregado fino deberá ser ≤ 5 mm y > 0.075 mm; debe tener una dureza ≥ 160 kN; valor de trituración ≤ 25%; caras fracturadas ≥ 50%; absorción de agua ≤ 1.5%; equivalencia de arena ≥ 50%; cantidad de partículas de arcilla ≤ 1%; LL ≤ 25% e IP ≤ 4%. -El relleno debe ser < 0.075 mm; si es cal o cemento deberá tener % que pasa por tamiz 0.075 mm ≥ 70%; densidad aparente en tolueno de 0.5-0.9 g/ml; huecos de relleno compactado de 0.3-0.5% y prueba de azul de metileno ≤ 5. •La granulometría de los agregados serán dependiendo del tamaño del agregado grueso y estos a su vez tendrán 2 tipos de franjas. -Tamaño 28 mm (clase 1 y 2): PP (37.5 mm): 100; PP (28 mm): 85-100; PP (20 mm): 0-20 para clase 1 y 0-35 para clase 2; PP (14 mm): 0-5. -Tamaño 20 mm (clase 1 y 2): PP (28 mm): 100; PP (20 mm): 85-100; PP (14 mm): 0-20 para clase 1 y 0-35 para clase 2; PP (10 mm): 0-5. -Tamaño 14 mm (clase 1 y 2): PP (20 mm): 100; PP (14 mm): 85-100; PP (10 mm): 0-20 para clase 1 y 0-35 para clase 2; PP (7.1 mm): 0-5. -Tamaño 10 mm (clase 1 y 2): PP (14 mm): 100; PP (10 mm): 85-100; PP (7.1 mm): 0-20 para clase 1 y 0-35 para clase 2; PP (5 mm): 0-5. -Tamaño 7.1 mm (clase 1 y 2): PP (10 mm): 100; PP (7.1 mm): 85-100 y PP (5 mm): 0-20. -Tamaño 5 mm (clase 1 y 2): PP (7 mm): 100 y PP (5 mm): 85-100. •La granulometría para agregados finos: -Clase 1: PP (7.1 mm): 100; PP (5 mm): 90-100; PP (2 mm): 65-90; PP (1 mm): 45-70; PP (0.6 mm): 30-50; PP (0.3 mm): 18-30; PP(0.15 mm): 10-21 y PP (0.075 mm): 5-15. -Clase 2: PP (7.1 mm): 85-100; PP (5 mm): 70-90; PP (2 mm): 45-70; PP (1 mm): 28-50; PP (0.6 mm): 19-34; PP (0.3 mm): 12-25; PP (0.15 mm): 7-18 y PP (0.075 mm): 5-15. •El asfalto o emulsión a usar serán las nombradas en la SANS 4001-BT1 (tipos 35/50, 50/70, 70/100 o 150/200) y el la SANTS 3208 (Grado 58, 64 o 70); aunque también se presentan las tipo betún-caucho (A-R1, S-R1, A-R2 y S-R2) y las modificadas (A-E1, A-E2 o A-P1): -**Tipo 35/50:** Penetración a 25°C de entre 35-50 (0.1 mm); punto de ablandamiento de 49-59°C; viscosidad a 60°C ≥ 220 Pa.s y viscosidad a 135°C de 0.27-0.65 Pa.s; en pruebas de horno en película delgada deberá tener un porcentaje de cambio de masa ≤ 0.3%, viscosidad a 60°C ≤ 300%, punto de ablandamiento ≥ 52°C y crecimiento de ablandamiento ≤ 7°C, penetración retenida ≥ 60% y prueba de puntos ≤ 30% Xileno. -**Tipo 50/70:** Penetración a 25°C de entre 50-70 (0.1 mm); punto de ablandamiento de 46-56°C; viscosidad a 60°C ≥ 140 Pa.s y viscosidad a 135°C de 0.22-0.45 Pa.s; en pruebas de horno en película delgada deberá tener un porcentaje de cambio de masa ≤ 0.3%, viscosidad a 60°C ≤ 300%, punto de ablandamiento ≥ 48°C y crecimiento de ablandamiento ≤ 7°C, penetración retenida ≥ 55% y prueba de puntos ≤ 30% Xileno. -**Tipo 70/100:** Penetración a 25°C de entre 70-100 (0.1 mm); punto de ablandamiento de 42-51°C; viscosidad a 60°C ≥ 75 Pa.s y viscosidad a 135°C de 0.15-0.40 Pa.s; en pruebas de horno en película delgada deberá tener un porcentaje de cambio de masa ≤ 0.3%, viscosidad a 60°C ≤ 300%, punto de ablandamiento ≥ 44°C y crecimiento de ablandamiento ≤ 7°C, penetración retenida ≥ 50% y prueba de puntos ≤ 30% Xileno. -**Tipo 150/200:** Penetración a 25°C de entre 150-200 (0.1 mm); punto de ablandamiento de 36-43°C; viscosidad a 60°C ≥ 30 Pa.s y viscosidad a 135°C de 0.12-0.30 Pa.s; en pruebas de horno en película delgada deberá tener un porcentaje de cambio de masa ≤ 0.3%, viscosidad a 60°C ≤ 300%, punto de ablandamiento ≥ 37°C y crecimiento de ablandamiento ≤ 7°C, penetración retenida ≥ 50% y prueba de puntos ≤ 30% Xileno. -**Grado PG 58** (S-22, H-22, V-22, E-22): Grado de temperatura ≤ 58°C; temperatura mínima de clasificación de 22°C; viscosidad a 165°C ≤ 0.9 Pa.s; estabilidad de almacenamiento a 180°C ≤ 15%; punto de inflamación ≥ 230°C; luego del RFOT deberá tener un porcentaje de cambio de masa ≤ 1%; módulo de relajación JNR ≤ 4.5, ≤ 2.0, ≤ 1.0 o ≤ 0.5/kPa para S-22, H-22, V-22 o E-22 respectivamente; relación de envejecimiento ≤ 3%; luego de RFTO y PAV deberá tener un riego de fluencia ≤ 300 MPa/s; cambios de temperatura ≥ -5°C y relación de envejecimiento ≤ 6% -**Grado PG 64** (S-16, H-16, V-16, E-16): Grado de temperatura ≤ 64°C; temperatura mínima de clasificación de 16°C; viscosidad a 165°C ≤ 0.9 Pa.s; estabilidad de almacenamiento a 180°C ≤ 15%; punto de inflamación ≥ 230°C; luego del RFOT deberá tener un porcentaje de cambio de masa ≤ 1%; módulo de relajación JNR ≤ 4.5, ≤ 2.0, ≤ 1.0 o ≤ 0.5/kPa para S-16, H-16, V-16, E-16 respectivamente; relación de envejecimiento ≤ 3%; luego de RFTO y PAV deberá tener un riego de fluencia ≤ 300 MPa/s; cambios de temperatura ≥ -5°C y relación de envejecimiento ≤ 6% -**Grado PG 70** (S-10, H-10, V-10, E-10): Grado de temperatura ≤ 70°C; temperatura mínima de clasificación de 10°C; viscosidad a 165°C ≤ 0.9 Pa.s; estabilidad de almacenamiento a 180°C ≤ 15%; punto de inflamación ≥ 230°C; luego del RFOT deberá tener un porcentaje de cambio de masa ≤ 1%; módulo de relajación JNR ≤ 4.5, ≤ 2.0, ≤ 1.0 o ≤ 0.5/kPa para S-10, H-10, V-10, E-10 respectivamente; relación de envejecimiento ≤ 3%; luego de RFTO y PAV deberá tener un riego de fluencia ≤ 300 MPa/s; cambios de temperatura ≥ -5°C y relación de envejecimiento ≤ 6% -**A-R1:** punto de ablandamiento de 55-65°C; viscosidad dinámica a 190°C de 20- 50%; recuperación a la compresión > 80 % en 5 minutos, > 70 % en 1 hora; resiliencia a 25°C de 13-40% y flujo a 60°C de 10-50 mm. -**S-R1:** punto de ablandamiento de 55-65°C; viscosidad dinámica a 190°C de 20- 40%; recuperación a la compresión > 70 % en 5 minutos, y en 1 hora, > 40% en 24 horas; resiliencia a 25°C de 13-35% y flujo a 60°C de 15-70 mm. -**A-R2:** punto de ablandamiento de 65-80°C; viscosidad dinámica a 170°C de 10- 40%; recuperación a la compresión > 70 % en 5 minutos y en 1 hora; resiliencia a 25°C de 10-40% y flujo a 60°C de 0-40 mm. -**S-R2:** punto de ablandamiento de 65-80°C; viscosidad dinámica a 170°C de 10- 40%; recuperación a la compresión > 70 % en 5 minutos y en 1 hora, > 25% en 24 horas; resiliencia a 25°C de 10-40% y flujo a 60°C de 0-40 mm. -**A-E1:** punto de ablandamiento de 55-65°C; recuperación elástica a 15°C > 50%; viscosidad dinámica a 165°C ≤ 0.6 Pa.s; estabilidad de almacenamiento a 180°C ≤ 5°C; punto de inflamabilidad ≥ 230°C; luego del envejecimiento un cambio de masa ≤ 1%, punto de reblandecimiento ≥ 53°C y recuperación elástica a 15°C > 40%. -**A-E2:** punto de ablandamiento de 65-85°C; recuperación elástica a 15°C > 60%; viscosidad dinámica a 165°C ≤ 0.6 Pa.s; estabilidad de almacenamiento a 180°C ≤ 5°C; punto de inflamabilidad ≥ 230°C; luego del envejecimiento un cambio de masa ≤ 1%, punto de reblandecimiento ≥ 63°C y recuperación elástica a 15°C > 50%. -**A-P1:** punto de ablandamiento de 63-73°C; recuperación elástica a 15°C de 30-50%; viscosidad dinámica a 165°C ≤ 0.55 Pa.s; estabilidad de almacenamiento a 180°C ≤ 5°C; punto de inflamabilidad ≥ 230°C; luego del envejecimiento un cambio de masa ≤ 1% y punto de reblandecimiento ≥ 61°C. •Para la mezcla: -Los agregados constituirán un 95% en masa, aunque si es una mezcla muy densa será del 85% (De este solo el 20% máximo podrá ser reciclado) -Contenido de material de relleno ≤ 2% •Se podrá aplicar fragmentos pequeños de piedra o grava para la finalización de la capa, esta será su granulometría: -Tamaño 20 mm: PP (20 mm): 100; PP (14 mm): 0-20; PP (10 mm): 0-5; PP (7.1 mm): 0-1 y PP (0.425 mm): 0.5 máximo. -Tamaño 14 mm: PP (14 mm): 100; PP (10 mm): 0-20; PP (7.1 mm): 0-5 y PP (0.425 mm): 0.5 máximo. -Tamaño 10 mm: PP (10 mm): 100; PP (7.1 mm): 0-20 y PP (0.425 mm): 0.5 máximo.	•Para el curado de la superficie donde ira la mezcla se podrá usar emulsión tipo MC-10 o MC-30 y deberá cumplir las siguientes especificaciones según la SANS 4001-BT2: -MC-10: viscosidad cinemática a 60°C de 10-20 cSt; viscosidad dinámica de 10-25 mPa.s; punto de inflamación ≥ 38°C; cantidad de agua ≤ 0.2%; destilado a 190°C de 0-20%; a 225°C 20-70%, a 260°C 60-90%, a 316°C ≥ 80-100% y a 360°C ≥ 40%; en residuos de destilación una viscosidad a 60°C ≥ 30 Pa.s. -MC-30: viscosidad cinemática a 60°C de 30-60 cSt; viscosidad dinámica de 30-70 mPa.s; punto de inflamación ≥ 38°C; cantidad de agua ≤ 0.2%; destilado a 190°C de 0-15%; a 225°C 15-60%, a 260°C 50-85%, a 316°C ≥ 80-100% y a 360°C ≥ 50%; en residuos de destilación una viscosidad a 60°C ≥ 30 Pa.s. -También se podrá usar los encontrados en la SANS 4001-BT3-2014 (RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1, SS-1h o QS-1H) o en la SANS 4001-BT4-2014 (CRS-1, CRS-2, CMS-2, CMS-2h, CSS-1, CSS-1h o CQS-1h). Estas a su vez se basan en la AASHTO M104 y AASHTO M208. •Para el curado un agregado que es arena triturada o natural con 100% pasando por tamiz 7.1 mm y menos del 10% por el de 2mm.
Australia y Nueva Zelanda	•El agregado a usar podrá ser producto de cantera triturado y cribados, arenas y gravas naturales, agregados manufacturados y materiales reciclados: -Se prefiere agregado con forma angular, casi de cubículo, en lugar de formas escamosas, alargadas o redondas. También deberá ser libre de partículas débiles o erosionadas, partículas friables, terrones de arcilla y materia orgánica. -El agregado grueso es la porción retenida en el tamiz de 4.75 mm -El agregado fino es la porción que pasa por el tamiz de 4.75 mm y retenida en el 0.075 mm. -El relleno es el material que pasa por el tamiz 0.075 mm -Se podrá usar material reciclado como componente de la mezcla, normalmente se usa pavimentos asfálticos recuperados. -Otros materiales que se podrán usar son: otros materiales reciclados, como caucho granulado, escoria, vidrio triturado, hormigón triturado y arena de fundición. -Para el relleno normalmente se usa cenizas volantes y el polvo de los hornos de cemento. •El asfalto a usar podrá ser incluso modificado, e incluso modificarse más, usando fibras, modificadores de flujo, pigmentos o aditivos adicionales. -El asfalto debe cumplir con la AS 2008 para Australia y para Nueva Zelanda la NZTA M01:2002. •Australia presenta asfalto modificados con polímeros, los cuales son: A35P, A25E, A20E, A15E y A10E: -La A35P es para lograr un alto nivel de modificación de polímero plastomérico (Polímero EVA), el A25E para bajo nivel de modificación del polímero elastoméricos (Polímero PBD), A20 E para un nivel medio de modificación del polímero elastomérico (Polímero SBS), A15 E para un alto novel de modificación del polímero elastomérico (Polímero SBS) y el A10E para un nivel muy alto de modificación del polímero elastomérico.	•Para los agregados -Valores de absorción ≤ 4%. -Para el agregado grueso de tamaño 10, 14 y 20 mm según la Main Roads especifica: Abrasión Los Ángeles ≤ 35% si es granito u otro tipo de roca, aunque será ≤ 25% si es basalto; índice de descamación ≤ 35%; absorción de agua ≤ 2%; resistencia húmeda ≥ 100 kN; variación de resistencia húmeda/seca ≤ 35%; valor de prueba de extracción ≤ 10%; factor de degradación ≥ 50; contenido de minerales secundarios ≤ 25% y un examen petrográfico. -Según la NZTA M10 el agregado grueso deberá tener las siguientes especificaciones: resistencia al aplastamiento < 10%; caras fracturadas individuales ≥ 98% y 2 caras fracturadas ≥ 60%; gravedad especifica y absorción a informar. -Según la Main Roads para el agregado fino: Valor de absorción de agua ≤ 2%; contracción lineal ≤ 1.5%; deberá ser libre de humedad. -La NZTA M10 añade lo siguiente respecto a agregado fino: resistencia al aplastamiento < 10%; equivalencia de arena ≥ 35%; índice de arcilla; densidad aparente, gravedad especifica y absorción a reportar. •El relleno deberá seguir las siguientes especificaciones según la Main Roads: huecos en relleno seco ≥ 28% y ≤ 45%; una densidad aparente a reportar; deberá cumplir con una granulometría especifica: -PP (0.6 mm): 100, PP (0.3 mm): 95-100 y PP (0.075 mm): 75-100. •Según la AS 2150 los agregados combinados deberá tener la siguiente granulometría: -**20 mm:** PP (26.5 mm): 100, PP (19 mm): 90-100, PP (13.2 mm): 71-86, PP (9.5 mm): 58-75, PP (6.7 mm): 46-64, PP (4.75 mm): 37-55, PP (2.36 mm): 24-42, PP (1.18 mm): 15-32, PP (0.6 mm): 10-24, PP (0.15 mm): 4-12 y PP (0.075 mm): 3-6. •La Main roads de Australia presenta 7 tipos de granulometría para agregado grueso: -**20 mm:** PP (26.5 mm): 100, PP (19 mm): 80-10, PP (16 mm): 0-20, PP (13.20 mm): 0-2 y PP (1.18 mm): 0-0.5 -**16 mm:** PP (19 mm): 100, PP (16 mm): 80-100, PP (13.20 mm): 0-20, PP (9.5 mm): 0-2 y PP (1.18 mm): 0-0.5 -**14 mm:** PP (16 mm): 100, PP (13.20 mm): 80-100, PP (9.5 mm): 0-20, PP (6.7 mm): 0-2 y PP (1.18 mm): 0-0.5 -**10 mm:** PP (13.2 mm): 100, PP (9.5 mm): 80-100, PP (6.7 mm): 0-20, PP (4.75 mm): 0-2 y PP (1.18 mm): 0-0.5 -**10 mm** (calles para buses): PP (13.2 mm): 100, PP (9.5 mm): 90-100, PP (6.7 mm): 73-87, PP (4.75 mm): 60-74, PP (2.36 mm): 41-53, PP (1.18 mm): 29-39, PP (0.6 mm): 19-27, PP (0.3 mm): 12-20, PP (0.15 mm): 7-12 y PP (0.075 mm): 3-7. -**7 mm:** PP (9.5 mm): 100, PP (16 mm): 80-100, PP (13.20 mm): 0-20, PP (9.5 mm): 0-2 y PP (1.18 mm): 0-0.5 -**5 mm:** PP (6.7 mm): 100, PP (4.75 mm): 80-100, PP (2.36 mm): 0-30 y PP (1.18 mm): 0-1 -**3 mm:** PP (4.75 mm): 100, PP (2.36 mm): 80-100, PP (1.18 mm): 0-30 y PP (0.6 mm): 0-5 •La NZTA M10 presenta la granulometría para tráfico muy pesado, pesado y medio (AC10, AC14, AC20 o AC28) y para tráfico bajo (DF7, DG10 o DG14): -**AC10:** PP (13.2 mm): 100, PP (9.5 mm): 90-100, PP (6.7 mm): 68-82, PP (4.75 mm): 50-70, PP (2.36 mm): 32-51, PP (1.18 mm): 22-40, PP (0.6 mm): 15-30, PP (0.3 mm): 10-22; PP (0.15 mm): 6-14 y PP (0.075 mm): 4-7. -**AC14:** PP (19 mm): 100, PP (13.2 mm): 90-100, PP (9.5 mm): 72-83, PP (6.7 mm): 54-71, PP (4.75 mm): 43-61, PP (2.36 mm): 28-45, PP (1.18 mm): 19-35, PP (0.6 mm): 13-27, PP (0.3 mm): 9-20; PP (0.15 mm): 6-13 y PP (0.075 mm): 4-7. -**AC20:** PP (26.5 mm): 100, PP (19 mm): 90-100, PP (13.2 mm): 71-86, PP (9.5 mm): 58-75, PP (6.7 mm): 46-64, PP (4.75 mm): 37-55, PP (2.36 mm): 24-42, PP (1.18 mm): 15-32, PP (0.6 mm): 10-24, PP (0.3 mm): 7-17; PP (0.15 mm): 4-12 y PP (0.075 mm): 3-6. -**AC28:** PP (37.5 mm): 100, PP (26.5 mm): 90-100, PP (19 mm): 73-88, PP (13.2 mm): 58-76, PP (9.5 mm): 47-67, PP (6.7 mm): 37-58, PP (4.75 mm): 30-50, PP (2.36 mm): 20-37, PP (1.18 mm): 13-28, PP (0.6 mm): 9-22, PP (0.3 mm): 6-16; PP (0.15 mm): 4-10 y PP (0.075 mm): 3-6. -**DG7:** PP (9.5 mm): 100, PP (6.7 mm): 80-100, PP (4.75 mm): 66-90, PP (2.36 mm): 44-75, PP (1.18 mm): 29-60, PP (0.6 mm): 19-47, PP (0.3 mm): 12-33; PP (0.15 mm): 8-22 y PP (0.075 mm): 5-12. -**DG10:** PP (13.2 mm): 100, PP (9.5 mm): 79-100, PP (6.7 mm): 63-90, PP (4.75 mm): 50-79, PP (2.36 mm): 32-61, PP (1.18 mm): 22-48, PP (0.6 mm): 15-36, PP (0.3 mm): 10-26; PP (0.15 mm): 6-17 y PP (0.075 mm): 4-11. -**DG14:** PP (19 mm): 100, PP (13.2 mm): 83-100, PP (9.5 mm): 68-90, PP (6.7 mm): 54-79, PP (4.75 mm): 43-70, PP (2.36 mm): 28-55, PP (1.18 mm): 19-43, PP (0.6 mm): 13-32, PP (0.3 mm): 9-23; PP (0.15 mm): 6-16 y PP (0.075 mm): 4-10. •El asfalto a usar en Australia podrán ser los tipos C170, C240, C320, C450, C600, M500, M1000 (siendo el C320 el más común, la C170 para vías de menor tráfico y zonas climáticas frías o para compensar el material reciclado; para C450 será para tráfico intenso o climas cálidos y C600 para mayor rigidez o resistencia; el M500 es muy parecido al C600 y el M1000 es mucho más duro que el C600) y para Nueva Zelanda serán los tipos 40-50 o 180-200 (podrán ser también los tipos 60-70, 80-100 o 130-150 pero más específico o mediante la combinación de los mismos): -**C170:** Viscosidad a 60°C de 140-200 Pa.s; viscosidad a 135°C de 0.25-0.45 Pa.s; penetración a 25°C (100 g, 5 s) ≥ 62 (0.1 mm); punto de inflamación ≥ 250°C; porcentaje de materia insoluble en tolueno ≤ 1% en masa; luego del tratamiento RFTO una viscosidad a 60°C ≤ 300% del valor original (Podrá ser 340 por otros métodos), efecto a largo plazo y densidad a 15°C debe ser informado. -**C240:** Viscosidad a 60°C de 190-280 Pa.s; viscosidad a 135°C de 0.32-0.55 Pa.s; penetración a 25°C (100 g, 5 s) ≥ 53 (0.1 mm); punto de inflamación ≥ 250°C; porcentaje de materia insoluble en tolueno ≤ 1% en masa; luego del tratamiento RFTO una viscosidad a 60°C ≤ 300% del valor original (Podrá ser 340 por otros métodos), efecto a largo plazo y densidad a 15°C debe ser informado. -**C320:** Viscosidad a 60°C de 260-380 Pa.s; viscosidad a 135°C de 0.40-0.65 Pa.s; penetración a 25°C (100 g, 5 s) ≥ 40 (0.1 mm); punto de inflamación ≥ 250°C; porcentaje de materia insoluble en tolueno ≤ 1% en masa; luego del tratamiento RFTO una viscosidad a 60°C ≤ 300% del valor original (Podrá ser 340 por otros métodos), efecto a largo plazo y densidad a 15°C debe ser informado. -**C450:** Viscosidad a 60°C y penetración a 25°C debe ser informado; viscosidad a 135°C ≤ 0.70 Pa.s; punto de inflamación ≥ 250°C; porcentaje de materia insoluble en tolueno ≤ 1% en masa; luego del tratamiento RFTO una viscosidad a 60°C de 750-1150% del valor original (Podrá ser de 850-1300 por otros métodos), penetración a 25°C ≥ 26 (0.1 mm), efecto a largo plazo y densidad a 15°C debe ser informado, cambio de masa de ± 0.6% -**C600:** Viscosidad a 60°C de 500-700 Pa.s; viscosidad a 135°C de 0.60-0.85 Pa.s; penetración a 25°C (100 g, 5 s) ≥ 20 (0.1 mm); punto de inflamación ≥ 250°C; porcentaje de materia insoluble en tolueno ≤ 1% en masa; luego del tratamiento RFTO una viscosidad a 60°C ≤ 300% del valor original (Podrá ser 340 por otros métodos) y densidad a 15°C debe ser informado. -**M500:** Viscosidad a 60°C de 400-600 Pa.s; viscosidad a 135°C ≤ 1 Pa.s; penetración a 25°C (100 g, 5 s) ≥ 65 (0.1 mm); punto de inflamación ≥ 250°C; porcentaje de materia insoluble en tolueno ≤ 1% en masa; luego del tratamiento RFTO, la viscosidad a 60°C, efecto a largo plazo y densidad a 15°C debe ser informado, cambio de masa de ± 0.6%. -**M1000:** Viscosidad a 60°C y penetración a 25°C debe ser informado; punto de inflamación ≥ 250°C; porcentaje de materia insoluble en tolueno ≤ 1% en masa; luego del tratamiento RFTO una viscosidad a 60°C de 3000-6500% del valor original (Podrá ser 4000-7400 por otros métodos), penetración a 25°C ≥ 26 (0.1 mm), densidad a 15°C debe ser informado y cambio de masa de ± 0.6%. -**40-50:** Penetración a 25°C de 40-50 (0.1 mm); densidad a 25°C deberá ser informada; viscosidad dinámica a 60°C ≥ 330 Pa.s; viscosidad cinemática a 135°C de 600-1150 mm2/s; punto de inflamabilidad ≥ 218°C; solubilidad en tricloroetileno ≥ 99.5 % y en tolueno ≥ 99%; en ensayos de película delgada una penetración retenida ≥ 45%, cambio de masa ± 1000%, ductilidad a 25°C ≥ 0.6 m; durabilidad máxima debe ser informada. -**60-70:** Penetración a 25°C de 60-70 (0.1 mm); densidad a 25°C deberá ser informada; viscosidad dinámica a 60°C ≥ 190 Pa.s; viscosidad cinemática a 135°C de 360-850 mm2/s; punto de inflamabilidad ≥ 218°C; solubilidad en tricloroetileno ≥ 99.5 % y en tolueno ≥ 99%; en ensayos de película delgada una penetración retenida ≥ 50%, cambio de masa ± 1.00%, ductilidad a 25°C ≥ 0.6 m; durabilidad ≤ 100 MPa. -**80-100:** Penetración a 25°C de 80-100 (0.1 mm); densidad a 25°C deberá ser informada; viscosidad dinámica a 60°C ≥ 115 Pa.s; viscosidad cinemática a 135°C de 300-650 mm2/s; punto de inflamabilidad ≥ 218°C; solubilidad en tricloroetileno ≥ 99.5 % y en tolueno ≥ 99%; en ensayos de película delgada una penetración retenida ≥ 50%, cambio de masa ± 1000%, ductilidad a 25°C ≥ 0.6 m; durabilidad ≤ 100 MPa. -**130-150:** Penetración a 25°C de 130-150 (0.1 mm); densidad a 25°C deberá ser informada; viscosidad dinámica a 60°C ≥ 58 Pa.s; viscosidad cinemática a 135°C de 190-450 mm2/s; punto de inflamabilidad ≥ 218°C; solubilidad en tricloroetileno ≥ 99.5 % y en tolueno ≥ 99%; en ensayos de película delgada una penetración retenida ≥ 50%, cambio de masa ± 1000%, ductilidad a 25°C ≥ 0.6 m; durabilidad ≤ 100 MPa. -**180-200:** Penetración a 25°C de 180-200 (0.1 mm); densidad a 25°C deberá ser informada; viscosidad dinámica a 60°C ≥ 36 Pa.s; viscosidad cinemática a 135°C de 140-350 mm2/s; punto de inflamabilidad ≥ 218°C; solubilidad en tricloroetileno ≥ 99.5 % y en tolueno ≥ 99%; en ensayos de película delgada una penetración retenida ≥ 50%, cambio de masa ± 1000%, ductilidad a 25°C ≥ 0.6 m; durabilidad ≤ 100 MPa. •Asfaltos modificados con polímeros son los tipos A35P, A25E, A20E, A15E, A10E: -**A35P:** Viscosidad a 165°C ≤ 0.6 Pa.s; recuperación torsional a 25°C de 6-21%; punto de ablandamiento de 62-76°C; relación de tensión a 10°C deberá ser reportada; consistencia 6% a 60°C ≥ 1000 Pa.s; rigidez a 25°C ≤ 120 kPa; segregación ≤ 8%; punto de inflamación ≥ 250°C y perdida por calentamiento ≤ 0.6% en masa. -**A25E:** Viscosidad a 165°C ≤ 0.6 Pa.s; recuperación torsional a 25°C de 17-30%; punto de ablandamiento de 52-62°C; relación de tensión a 10°C deberá ser reportada; consistencia 6% a 60°C ≥ 400 Pa.s; rigidez a 25°C ≤ 450 kPa; segregación ≤ 8%; punto de inflamación ≥ 250°C y perdida por calentamiento ≤ 0.6% en masa. -**A20E:** Viscosidad a 165°C ≤ 0.6 Pa.s; recuperación torsional a 25°C de 38-70%; punto de ablandamiento de 65-95°C; relación de tensión a 10°C deberá ser reportada; consistencia 6% a 60°C ≥ 500 Pa.s; rigidez a 25°C ≤ 35 kPa; segregación ≤ 8%; punto de inflamación ≥ 250°C y perdida por calentamiento ≤ 0.6% en masa. -**A15E:** Viscosidad a 165°C ≤ 0.9 Pa.s; recuperación torsional a 25°C de 55-80%; punto de ablandamiento de 82-105°C; relación de tensión a 10°C deberá ser reportada; consistencia 6% a 60°C ≥ 900 Pa.s; rigidez a 25°C ≤ 30 kPa; segregación ≤ 8%; punto de inflamación ≥ 250°C y perdida por calentamiento ≤ 0.6% en masa. -**A10E:** Viscosidad a 165°C ≤ 1.1 Pa.s; recuperación torsional a 25°C de 60-86%; punto de ablandamiento de 88-110°C; relación de tensión a 10°C deberá ser reportada; consistencia 6% a 60°C ≥ 1000 Pa.s; rigidez a 25°C ≤ 30 kPa; segregación ≤ 8%; punto de inflamación ≥ 250°C y perdida por calentamiento ≤ 0.6% en masa. •Para la mezcla se deberá tener un 96% en masa de agregados(donde máximo un 15% podrá ser reciclado y no se notara cambio, aunque máximo 40% si se requiere, pero si es reciclado in situ podrá ser hasta del 100%), relleno en un porcentaje de 0.6-1.2% en masa; se necesita un contenido de huecos de aire de entre 3-7% (estos huecos también podrán ser relleno de aglutinante efectivo hasta un 80% de ellos, pero nunca más de 85%), el tamaño nominal no podrá ser más grande que el tamiz más grande para retener del 0-10% -Los tamaños del agregado variaran según el tránsito, será de 7-10 mm para bajo tránsito, de 10-14 mm para tránsito medio a intenso, para carreteras de tránsito intenso será de 14 mm (10 mm también) y pavimentos industriales de servicio pesado será de 14-20 mm. -Si se quiere una mezcla densa será con un 10-12% de asfalto y aún más densa si este tiene un 25% de caucho. -Según la NZTA M10 la dosificación será de 4.5-6.5% de asfalto para AC10, para AC14 de 4-6%, para AC20 de 3.8-5.8%, para AC28 de 3.5-5.5%, para DG7 de 5-7%, para DG10 de 4.5-6.5% y para DG14 de 4.3-6.3%.	•Si es multicapa el tamaño del agregado en la capa intermedia será igual que en rodadura; en capa base será normalmente un tamaño de 20 mm aunque, podrá ser 28 mm e incluso 40 mm dependiendo la situación. •El diseño australiano de estas mezclas es parecido a la Superpave de Estados Unidos. •Para la mezcla se podrá incluir máximo un 2% de cal; a continuación las especificaciones para la cal hidratada según la AS 1672.1: -Expansión promedio ≤ 10 mm; finura del húmedo-tamizado ≤ 5%; humedad libre ≤ 2.5%; cal disponible ≥ 65%; contenido de dióxido de carbono ≤ 4%. •La mezcla para carril de buses será usando la granulometría para 10 mm exclusiva y un asfalto tipo A15E, además que este asfalto tiene una dosificación de 5% de masa.
Tailandia	•El cemento asfáltico a usar en caso de no indicarlo el proyecto deberá ser tipo AC 60-70 y que cumpla con la MOCT 851 y deberá tener un certificado que corrobore esto. -Si se quiere usar otro tipo de asfalto o asfalto modificado con cualquier agente deberá tener estándares iguales o superiores mediante distintas pruebas. •El agregado estará compuesto por: -Agregado grueso será proveniente de roca triturada u otro material aprobado, y es la fracción retenida en el tamiz 4.75 mm (Material resistente, duradero, limpio y sin materiales no deseados) -Agregado fino polvo de roca o arena limpia (libre de impurezas o materiales no deseados) es la fracción que pasa por el tamiz de 4.75 mm. -Relleno mineral se usa en caso de no haber suficiente fino se añade llenante mineral, se usa normalmente polvo de piedra, cemento Portland, cemento de sílice, cal hidratada u otro material aprobado (debe ser seco y no aglomerado)	•Agregado grueso deberá tener una abrasión por desgaste Los Ángeles ≤ 40% y perdida por desgaste en sulfato de sodio ≤ 9% Este agregado podrá tener 2 tipos de agregados con su respectiva franja granulométrica, los tipos son de 9.5 mm o 12.5 mm y tendrán las siguientes especificaciones -Para 12.5 mm: PP (19mm): 100, PP (12.5mm): 80-100, PP4:44-74, PP8: 28-58, PP50: 5-21 y PP200: 2-10 -Para 9.5 mm: PP (12.5mm): 100, PP (9.5mm): 90-100, PP4: 55-85, PP8: 32-67, PP50: 7-23 y PP200: 2-10 •Para el agregado Fino deberá tener una equivalencia ≥ 50% y una perdida por desgaste con sulfato de sodio ≤ 9%. •El relleno mineral deberá cumplir con la siguiente granulometría: -PP30: 100, PP50: 75-100 y PP200: 55-100. •El cemento asfáltico tipo AC 60-70 deberá cumplir con los siguientes requisitos: -Penetración a 25°C de entre 60-70 (0.1 mm); punto de inflamación ≥ 232°C; punto de fragilidad de 45-55°C; resistencia a la tracción a 25°C (5 cm/min) ≥ 100 cm; solubilidad de tricloroetileno ≥ 99% en peso; resistencia al corte dinámico a 64°C ≥ 1 kPa; en los ensayos de película fina, un peso perdido por calentamiento ≤ 0.8%, penetración a 25°C ≥ 54% de la original y una resistencia a la tracción a 25°C ≥ 50 cm. •La mezcla tendrá una dosificación de asfalto que dependerá del tipo de agregado, para agregado de 9.5 mm de entre 4-8% y para 12.5 mm de entre 3-7%. Además, deberá cumplir lo siguiente: -Para tamaños de 9.5 mm y 12.5 mm: estabilidad de 8006 N; flujo de 8-16% (0.25 mm); porcentajes de vacío de aire de 3-5%; agregado VMA ≥ 15 (volumen total de mezcla disponible en el aire); estabilidad / flujo en N/0.25 de 712 mm e índice de fuerza porcentual ≥ 75%	•Se incluyen granulometrías en agregado grueso si será multicapa, para capa intermedia será de tamaño de 19 mm y para capa base será de 25 mm: -Para 19 mm: PP (25mm): 100, PP (19mm): 90-100, PP (9.5mm): 56-80, PP4:35-65, PP8: 23-49, PP50: 5-19 y PP200: 2-8 -Para 25 mm: PP (37mm): 100, PP (25mm): 90-100, PP (12.5mm): 56-80, PP4:29-59, PP8: 19-45, PP50: 5-17 y PP200: 1-7 •La dosificación dependerá del tipo de agregado, para 19 mm será un porcentaje de entre 3-6.5% y para 25 mm será de entre 3-6% •Tanto el agregado y su granulometría como dosificación podrá ser diferente pero deberá ser aprobada. •La mezcla asfáltica en multicapa deberá: -Para capa intermedia: estabilidad de 8006 N; flujo de 8-16% (0.25 mm); porcentajes de vacío de aire de 3-6%; agregado VMA ≥ 13 (volumen total de mezcla disponible en el aire); estabilidad / flujo en N/0.25 de 712 mm e índice de fuerza porcentual ≥ 75% -Para capa base: estabilidad de 7117 N; flujo de 8-16% (0.25 mm); porcentajes de vacío de aire de 3-6%; agregado VMA ≥ 12 (volumen total de mezcla disponible en el aire); estabilidad / flujo en N/0.25 de 645 mm e índice de fuerza porcentual ≥ 75% •Emulsión de curado o riego de liga para construcción de una capa sobre la otra: -CRS-1 y CRS-2 (emulsión catiónica): viscosidad a 50°C de 20-100 para CRS-1 y de 100-400 mm2/s para CRS-2; separación de capas a 5 d ≤ 5% en peso; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; demulsibilidad ≥ 40%; cantidad restante en malla 20 ≤ 0.10% en peso; carga de la partícula positiva; aceite destilado por volumen de emulsión residuo ≤ 3%, residuo ≥ 60% para CRS-1 y ≥ 65% para CRS-2; en residuo de destilación una penetración de 90-140 dmm, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. -RC-70: viscosidad cinemática a 60°C de 70-140 mm2/s; destilado a 190°C ≥ 10%, a 225°C ≥ 50%, a 260°C ≥ 70%, a 316°C ≥ 85% y a 360°C ≥ 55%; cantidad de agua ≤ 0.2%; negativo en contenido de nafta estándar, nafta-xileno o heftanoxileno; en residuo restante de destilación una viscosidad a 60°C de 600-2400 libras (podrá cambiarse por una penetración a 25°C de 80-120 dmm), ductilidad a 25°C ≥ 100 cm, solubilidad a 25°C ≥ 99% -RC-250: viscosidad cinemática a 60°C de 250-500 mm2/s; punto de inflamación ≥ 27°C; destilado a 225°C ≥ 35%, a 260°C ≥ 60%, a 316°C ≥ 80% y a 360°C ≥ 65%; cantidad de agua ≤ 0.2%; negativo en contenido de nafta estándar, nafta-xileno o heftanoxileno; en residuo restante de destilación una viscosidad a 60°C de 600-2400 libras (podrá cambiarse por una penetración a 25°C de 80-120 dmm), ductilidad a 25°C ≥ 100 cm, solubilidad a 25°C ≥ 99% •Para asfalto liquido (MC-30 y MC-70) y para emulsión catiónica (CSS-1 y CSS-1h): -MC-30: viscosidad cinemática a 60°C de 30-60 mm2/s; punto de inflamación ≥ 38°C; destilado a 225°C ≤ 25%, a 260°C 40-70%, a 316°C ≥ 75-93% y a 360°C ≥ 50%; cantidad de agua ≤ 0.2%; negativo en contenido de nafta estándar, nafta-xileno o heftanoxileno; en residuos de destilación una viscosidad a 60°C de entre 300-1200 libras (podrá cambiarse por una penetración a 25°C de 120-150 dmm), ductilidad a 25°C ≥ 100 cm, solubilidad a 25°C ≥ 99%. -MC-70: viscosidad cinemática a 60°C de 70-140 mm2/s; punto de inflamación ≥ 38°C; destilado a 225°C ≤ 20%, a 260°C 20-60%, a 316°C ≥ 65-90% y a 360°C ≥ 55%; cantidad de agua ≤ 0.2%; negativo en contenido de nafta estándar, nafta-xileno o heftanoxileno; en residuos de destilación una viscosidad a 60°C de entre 300-1200 Libras (podrá cambiarse por una penetración a 25°C de 120-150 dmm), ductilidad a 25°C ≥ 100 cm, solubilidad a 25°C ≥ 99%. -CSS-1 y CSS-1h: viscosidad a 25°C de 20-100 s; separación de capas a 5 d ≤ 5% en peso; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; cantidad restante en malla 20 ≤ 0.10% en peso; cantidad de cemento ≤ 2%; carga de la partícula positiva; cantidad de residuo ≥ 57%; en residuo de destilación una penetración de 100-250 para CSS-1 y 40-90 dmm para CSS-1h, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%.

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (aashto, 2020); (Direccion de Vialidad, 2022); (Federal Highway Administration, 2014); (Ministerio de Fomento, 2019); (Austroads, 2017); (Sabita, 2021); (Sabita, 2022); (NZ Transport Agency, 2020); (Sabita, 2019); (Sabita, 2009); (Mainroads, 2024); (Mainroads, 2023); (NZ Transport Agency, 2022); (Sabita, 2020); (Sabita, y otros, 2017); (Austroads, 2014); (Australian Standard, 1997); (South African National Standard, 2013).

Se evidencia que Colombia y España se siguen basando en el nivel de tráfico, Perú lo hace según la altura sobre el nivel del mar; y para el resto de países presentan unas especificaciones aplicables para todo.

Nuevamente Colombia y Perú presentan en ciertos puntos valores similares, como lo son la durabilidad, total de impurezas, absorción, entre otros. Un punto de discrepancia el desgaste

Todo material a usar en la mezcla, como cemento y aditivo para la mezcla, en su mayoría cumple los requisitos son basados en la ASTM o AASHTO.

En cuanto a la gradación de los agregados, se presentan muchas diferencias. Si nos limitamos a Suramérica, Chile presenta un total de 11 tipos de granulometría que se pueden utilizar, seguido por Colombia con 5 clases de granulometría y Perú con 3 tipos que también son utilizables. Si miramos a nivel internacional, Australia y Nueva Zelanda tienen 9 clases y añaden 7 más para tráfico pesado; Sudáfrica son 6 clases y 2 para finos, Estados Unidos con 5 tipos en total, aunque debido a la dispersión de información, hay otro documento que presenta solo 2 tipos; y por último España que presenta 4 tipos de franjas.

Ahora, si miramos el tipo de asfalto a usar cada país tendrá un numero de opciones a usar, donde Estados Unidos es quien presenta más tipos a usar, con un total de 22 tipos de asfalto que se podrán usar, donde 7 de ellos además se subdividen en un total de 37 tipos; seguido por Australia y Nueva Zelanda un total de 17 clases, Sudáfrica con 14 clases, España con 8 tipos, Chile con 7 clases, Colombia con 6 tipos de asfalto que a su vez deben cumplir con los PG que son asfaltos de especificaciones de Estados Unidos, Perú será según la su penetración 4 tipos y según la viscosidad serán 5 tipos, Tailandia es quien menos variedad presenta, con un total de 1 asfalto.

Algunos como España, incorpora valores de contenido de huecos de aire y pendiente de deformación, otros como Estados Unidos presentan un muy extenso grupo de especificaciones incluyendo hasta el contenido de material reciclado, vacíos de aire y relación polvo aglutinante; Colombia muestra los aditivos para mejorar la adherencia. Sudáfrica presenta 3 tipos de materiales con su granulometría para finalización de capa; Australia presentando dosificaciones de asfalto, material reciclado y tamaño de agregado según el tráfico; otro país que también incluye la dosificación es Tailandia, junto a estabilidad e índice de dureza.

Requisitos para construcción de la capa de rodadura (Mezcla asfáltica en caliente)

El proceso de construcción se presenta en la figura 34 o en la tabla 53 del apéndice, donde además muestra los diferentes requisitos en los procesos de construcción según cada país, además de algunos requisitos especificaciones adicionales.

Figura 34

Especificaciones de proceso constructivo (Mezcla en caliente)

País	Construcción	Especificaciones adicionales
Colombia	•La capa sobre la cual se realizara la capa de rodadura debera tener la densidad, cotas adecuadas y curada. -Se podrán realizar si son requeridas ringos de imprimación junto a areas de protección sobre esta, usando emulsiones diluidas en agua, los tipos CRL-40, CRL-57 o MC 30, aplicando de 0,85 L/m2 a 2.25 L/m2 y obteniendo una cantidad de ligante residual de 500 gr/m2 mínimo (Se aplica a temperaturas donde se obtenga una viscosidad de entre 5cSt - 20cSt), además la cantidad de arena sobre ella no será mayor que 13,6 kg/m2. También se podrá aplicar riego de liga con el uso de emulsiones asfálticas tipo CRR-60 o CRR-65 o emulsiones modificadas con polímeros tipo CRR-60m o CRR-65m, aplicando de entre 200-300 gr/m2 y a temperaturas donde la viscosidad llegue a los 10-40cST. •La fabricación deberá ser en fracciones y colocando el material por medio de las tolvas en frio, con una dosificación especificada. Estos deberán ser homogéneos y sin segregaciones. Además, las tolvas tendrán un contenido de entre 50-100% de la capacidad y se destinan 2 tolvas para el agregado fino. Se ilustra calentando el material para su mezcla con el asfalto -Si se elabora en una planta del tipo tambor secador-mezclador, no se debe permitir realizar una predosificación de las fracciones de los agregados pétreos, antes de su ventilamiento en las tolvas de agregados en frio de la planta. -Se puede introducir polvo mineral se podrá usar si se prevé su uso. •Si se realiza en una planta de tipo discontinuo, comprobar que la unidad clasificadora en caliente proporcione los agregados a las tolvas en caliente y de forma homogénea. Introduciendo agregados y llenarte, usando ligantes si es necesario, para luego agregar el asfalto a la temperatura adecuada (temperatura conveniente entre 150 cSt – 300 cSt, aunque preferible 150 cSt – 190 cSt), todo en las dosificaciones necesarias para cada bachada. Se recomienda que el mezclador no se llene más de 2/3 de la altura total. •La mezcla se podrá almacenar en un silo con todas las precauciones, previniendo la segregación y verificando la temperatura. •Se realiza el transporte de mezcla que se extendió y compactos en una jornada (cuando hay luz solar, se podrá en la noche si hay iluminación) •Luego de realizada y transportada, se procederá a la transferencia de la mezcla, si se realiza en una fabricación discontinua, esta luego la por medio de bandas transportadoras alimenta la pavimentadora •Se realiza la extensión de la mezcla con la pavimentadora, cumpliendo alineamientos, anchos y espesores; consecuentemente los bordes, evitando el mínimo número de juntas posibles y segregaciones. Se deberá obtener una superficie lisa y uniforme, sin arrastres ni segregaciones y con un espesor tal que luego de compactada obtenga el espesor requerido. (si se realiza una extensión de manera intermitente se revisará la temperatura) •Se procede a compactar la capa a la temperatura más alta posible con que ella pueda soportar la carga, realizándolo longitudinalmente desde los bordes al centro; en curvas del borde inferior al superior (trasladando cada paso). Teniendo que, la llanta motriz de la compactadora este del lado cercano a la pavimentadora (parte recién extendida) -Si se está realizando por franjas se incluirá 15cm de la anterior -Se deben challanar los bordes exteriores del pavimento terminado para evitar desplazamientos. •Si se realizan juntas deberán ser verticales aplicando un riego de liga a todas las superficies de contacto anteriores. (juntas de capas superpuestas cada 5m mínimo para las transversales y cada 150mm longitudinales). Deberán presentar las mismas características que la capa. •Se permite transito luego de que la capa obtenga la densidad y la capa alcance en todo su espesor una temperatura menor a 45°C. •La capa compactada para mezcla asfáltica en caliente deberá ser de entre 30-40 mm para mezcla densa tipo MDC-10; de entre 40-60 mm para MDC-19 y MSC-19 y > 60 mm para MDC-25, MDC-19, MSC-19, MAM-19.	•La construcción de esta capa se realiza con una fkemda de trabajo ya determinada y probada en fase de experimentación; el material elegido ajustado a una franja granulométrica necesaria, proporción en la mezcla, porcentaje de agua, dosificación de aditivos, resistencias a obtener, porcentaje de ligante y emulsión. •Si los acopios se hicieron sobre el terreno natural no se usan los 15cm inferiores y capas de 1.5m •En caso donde la superficie donde se realizara no este limpia y no tenga densidad y planicidad apropiadas se corregirá hasta obtener los requisitos y la aprobación necesaria. •Se rechazara toda mezcla heterogénea, carbonizada o sobrecalentada, pesuche espuma o contaminación, incluso humedad. •La extensión de la mezcla sivse se puede realizar con pavimentadora o planta móvil se podrá realizar a mano (palas y rastrillos) siempre y cuando cumplan las condiciones requeridas para la capa una vez compactada. •Si en la extensión de la mezcla hay segregaciones se suspende hasta corregir la causa. Además, se debe corregir, sino se corrige será removida. •La junta al ser vertical se corta con una cortadora de disco o herramienta manual que logre uniformidad de superficie relativamente plana. •Si es construcción multicapa, la capa intermedia usando mezcla MDC-25 o MSC-25 deberá tener un espesor luego de compactada > 50 mm; si es capa base > 75 mm si es MSC-25, MGC-16 o MGC-25, y entre 60-130 mm para MAM-25
Perú	•La superficie donde se extenderá debe cumplir con la densidad y cotas apropiadas; además de un completo curado. •Previo a la elaboración de la mezcla los agregados se suministrara de manera fraccionada, homogénea y sin segregación. -Los acopios se colocarán cerca al sitio y en espesores de máximo 1.5m y estén sobre terreno natural no se usan los 15cm inferiores. -Las tolvas en frio podrán contener entre un 50-100% de su capacidad (ajustando la mezcla al diseño) •La elaboración de la mezcla se realiza calentando por medio del secador los agregados, luego el polvo mineral y aditivos «si es necesario; el agregado ya preparado se pesa y mide, para llevar la dosificación correcta al mezclador. Finalizando con agregar el asfalto. -Las plantas que no sean tambor secador-mezclador deberán proporcionar agregados homogéneos en caliente a las tolvas en caliente (se cumpranha) -Las tolvas en caliente de plantas continuas deben mantenerse encima del mínimo de calibración, sin rebasarlo. -Si no tipo continua se lleva al mezclador al tiempo la cantidad de asfalto a temperatura apropiada y el agregado -Si no tipo discontinua luego de los agregados y polvo mineral se agrega automáticamente el asfalto. -El cromento asfáltico se calienta a una temperatura tal que se obtenga una viscosidad de 170 ± 20 cSt (centiStokes) -En cualquier caso no se puede introducir el agregado caliente a una temperatura superior en más de 5°C a la del asfalto. -Mezcladores de ejes gemelos no sobrepasar los extremos. -La mezcla homogénea y con la temperatura necesaria será descargada para su transporte.	•La construcción de esta capa se realiza con una fkemda de trabajo ya determinada y probada en fase de experimentación; definiendo el método definitivo de preparación, transporte, colocación y compactación. •Se rechazara todas las mezclas heterogéneas, carbonizadas o sobrecalentadas, las mezclas con espuma, o las que presenten indicios de humedad. •La mezcla nealizada se transporta en volquetas y luego pasara a la pavimentadora; aunque en carreteras con tráfico mayor a 4000 vehículos/día o zonas de baja temperatura se llevan a un vehículo de transferencia y de allí a la pavimentadora •Si la extensión es intermitente se debe comprobar fácilmente la temperatura de la mezcla. •En la extensión en caso de no poderse realizar por medio de máquinas pavimentadoras se podrá hacer a mano, por medio de palas y rastrillos, nuleándolo de forma uniforme y espesor necesario. (el material se descarga fuera de la zona)
Chile	•La mezcla se realiza en planta; donde el material debe acopiarse en fracciones y en zonas donde no serán contaminadas ni dispregadas. -Humedad de los áridos a la salida del secador no podrá ser más de 0.5% en peso. Y una temperatura media a la salida del secador de entre 150° a 175°C y de entre 100°C a 120°C para mezclas abiertas en caliente. -En asfalto cuando aplicado para que sea mezclado con los áridos deberá estar de acuerdo a la temperatura donde obtenga la viscosidad necesaria. -Se mezclara hasta obtener una mezcla homogénea, además que a su salida del mezclador deberá ser a la temperatura acorde a la viscosidad necesaria. •La superficie donde se extenderá debe cumplir con los requisitos necesarios, contando además con un riego de liga aplicando de 0.4 a 1 kg/m2 y a temperatura de 20°C a 50°C y que la superficie no este congelada (riego de liga aplicado cuando la temperaturas atmosférica y de superficie mayores a 10°C; donde se podrá usar emulsiones catiónicas o aniónicas, estas son CRS-1, CRS-2, CMS-2, MCS-2h, CSS-1, CSS-1h, RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1 o SS-1h) •Luego de separada, mezclada y alisada, se procede a compactar hasta alcanzar una superficie uniforme y el nivel de densificación requerido (la densidad para mezclas abiertas será respecto a la determinada en una cancha de prueba de 100m de largo y 3.5m de ancho). La compactación se realizará mediante 3 pasadas de rodillo liso para mezclas abiertas; el equipo a usar será el adecuado para obtener la compactación requerida. La compactación se realiza del borde inferior al centro y luego hacia la parte más alta, traslapando cada pasada a mitad del ancho del rodillo; realizando un rodillado hasta eliminar toda marca y alcanzar la densidad necesaria. -La compactación se realiza desplazando los rodillos de forma lenta y uniforme con la rueda motriz hacia el lado de la terminadora. (manteniendo bilmados los rodillos) -La compactación se realiza cuando la mezcla tenga una temperatura de entre 110°C a 140°C; si la capa será inferior a 5cm de espesor o que sea una mezcla abierta podrá ser inferior a 110°C la temperatura de la mezcla. Si son mezclas con asfalto modificado o de tipo multigrado se realizará de acuerdo a lo indicado por el proveedor. •Si se realizan juntas se deberá compactar parte de la parte anteriormente compactada.	•Previamente se deberá tener una dosificación aprobada por el laboratorio de vialidad, 25 días antes, caso contrario se iniciara el el inspector la aprueba. •Si es multicapa, la capa base antes de la colocación deberá comprobarse que la capa cumpla con los requisitos, junto a un riego de imprimación. •La construcción de esta capa se realiza con una fkemda de trabajo ya determinada y probada en fase de experimentación; definiendo el método definitivo de preparación, transporte, colocación y compactación. -Además, se deberá tener productiva un 20% de los agregados antes de iniciar. •El concreto asfáltico que quede suelto, este frio, contaminado con polvo o tierra, es decir de alguna forma defectuosa, deberá ser retirado y sustituido por una nueva mezcla. •Si la capa terminada no cumple los parámetros se aplicaran multas.
España	•La superficie deberá tener las especificaciones necesarias y deberá aplicarse un riego de imprimación o adherencia. -Para el riego de adherencia se aplica emulsión para que > 200 gr/m2 de ligante residual queden en la superficie, y > 250 gr/m2 si sobre ella ira una mezcla discontinua. (la temperatura ambiente debe ser > 10°C o si se aprueba > 5°C) -Se ejecuta un riego de imprimación por medio de emulsión bituminosa y posterior aplicación de áridos si así se indica. Debiendo quedar como mínimo 500 gr/m2 de ligante residual y entre 4-6 L/m2 de árido de cobertura. (la temperatura ambiente debe ser > 10°C o si se aprueba > 5°C) •La fabricación y puesta en obra se realiza luego de verificada la fkemda de trabajo; teniendo en cuenta granulometría, dosificaciones, características de ligante, temperaturas para la mezcla y demás. •La mezcla se realiza en centrales de fabricación continua o discontinua. Donde los áridos serán suministrados en 4 fracciones, acopiando hasta alcanzar mínimo 1.5m de altura (si se coloca sobre terreno natural no se usan los primeros 15cm) •La mezcla realizada en planta, se podrá llevar al lugar de colocación directamente o almacenar en silos, pudiendo mantener por no más de 6h luego de fabricada no pierda ninguna de sus características. (las tolvas en frio cargadas de entre un 50-100% y los áridos finos no alimentarán mediante 2 tolvas) •Luego de realizada la mezcla y salga del mezclador, no podrá tener más de 150°C de temperaturas para mezclas en caliente; siendo 10°C más que la anterior si es mezcla de alto módulo y no mayor a 140°C para mezclas semicalientes (en categorías T1 a T4 el uso en la mezcla de betunes especiales, aditivos u otros procedimientos podrá disminuir la temperatura mínima 40°C respecto a la equivalente). Además, la mezcla deberá tener un contenido de huecos, resistencia a la deformación permanente, sensibilidad al agua aprobada; en caso de ser de alto módulo también un módulo dinámico y resistencia a la fatiga. •Luego de realizada la mezcla, se llevan en camiones con lioado antiadherente a la extendedora y empezar el proceso de extensión (temperaturas al salir de la extendedora deberá ser > 130°C), extensión que se hace comenzando por el borde exterior y de manera longitudinal, se permitirá realizarlo en todo lo ancho si se tiene restricción de tráfico y sea una superficie > 70000 m2 usando 2 extendedoras dosificadas para evitar juntas; además, comprobando el correcto funcionamiento del equipo; se extiende el material para que este quede liso y uniforme, sin segregaciones ni arrastres, con espesor y ancho adecuados. •Se procede con la compactación de manera longitudinal, realizándola a la mayor temperatura posible y hasta obtener la densidad requerida; en mezclas que contienen betunes modificados con caucho, se compactara hasta obtener la temperatura mínima establecida, incluso si ya se habían alcanzado la densidad. •Si se realizan juntas se aplica un riego de adherencia, deben tener una separación de 5m para las transversales y 15cm para las longitudinales. •Se realiza en capas de 4-5 cm de espesor si se usó una mezcla AC16 surf D o AC 16 surf S; y para AC22 surf D o AC22 surf S = 5 cm •Se permite la circulación de vehículos luego de compactada y alcance la temperatura ambiente; en capas ≤ 10 cm será cuando alcance los 60°C	•Anterior a este proceso se realiza un tramo de prueba de más de 100m para comprobar todos los procesos y especificaciones que tendrá los materiales. -Durante la realización de la mezcla si se usa árido reciclado, el árido no podrá calentarse más de 220°C •La compactación si se realiza por franjas se aplica 15cm de la anterior. •Si es multicapa se realiza en capas de 5 -10 cm de espesor pues capa intermedia si es mezcla AC22 bin D o AC22 bin S o AC22 bin S MAM; y para capa base será de 7-15 cm de espesor para mezclas AC32 base S o AC22 base G o AC32 base G o AC22 base S MAM.
Estados Unidos	**Según la FHWA:** •La mezcla se realiza calentando primero los agregados hasta tener una temperatura uniforme. No realizar la mezcla en plantas diferentes, a menos que se comprueba que tienen las mismas propiedades. •En la preparación de la mezcla se introduce el agregado junto a la cal o se vuelve para luego mezclarlo y calentarlo, luego se agrega el asfalto, el asfalto no podrá ser calentado a más de 185°C y si se usa aditivo antidesprendimiento se dosificara en terminal o a granel en la planta, inyectándolo al menos el 80% del tiempo de transferencia o mezclado. Se mezclará todo hasta que las partículas queden total y uniformemente cubiertas por asfalto (La AASHTO especifica deberá cubrir un 95% del agregado). Además, se debe controlar la humedad, de máximo 0.5% •La mezcla de agregado y calyodrá ser por 3 métodos, usando un mezclador zuggrill, usando un molino de martillos con humedad de 2% en agregado grueso y 4% en fino o por último introduciéndolo como si fuera otro agregado. -La AASHTO incluye que para mezcla MC y RC el asfalto se aplica a una temperatura donde se logre una viscosidad cinemática de 150-300 cSt •La superficie de extensión de la mezcla será limpiada de suciedad, material suelto o necivo, junto a que deberá esta tener las especificaciones necesaria. Donde se aplica una pequeña capa adhesiva de asfalto, este se aplica cuando la superficie esta seca y descongelada, temperatura del aire mayor a 2°C, del suelo mayor a 10°C y sin lluvia. Se aplica este riego de liga a razón de 0.15 a 0.7L por m2 y riego de liga sin rastreo a 0.22-0.45 L por m2. •Se extiende la mezcla con una temperatura mínima de colocación que dependerá de la temperatura de la carretera: -Para espesores compactados < 75.mm será de 138°C si la temperatura de la superficie es de 1.7 a 4.3°C, de 135°C si es de 4.4 a 9.9°C, de 132°C si es de 10-15.5°C, de 129°C si es de 15.6 a 26.6°C, de 127°C si es de 26.7 a 32.2°C y de 124 si es más de 32.2°C -Para espesores compactados de entre 50-75 mm será de 141°C si es de 4.4 a 9.9°C, de 138°C si es de 10-15.5°C, de 135°C si es de 15.6 a 21.1°C, de 132°C si es de 21.2 a 26.6°C, de 129°C si es de 26.7 a 32.2°C y de 127°C si es más de 32.2°C -Para espesores compactados < 50 mm es de 146°C si es de 10-15.5°C, de 141°C si es de 15.6 a 21.1°C, de 138°C si es de 21.2 a 26.6°C, de 132°C si es de 26.7 a 32.2°C y de 129°C si es más de 32.2°C •Esta extensión de la mezcla se deberá hacer controlando la alineación horizontal, controlando la pendiente. También se deberá realizar evitando el parar y volver a arrancar en la extensión, es decir, que sea ininterrumpido. •Extendida la mezcla deberá quedar lisa, sin segregaciones o oquedaras. •Se realizara la compactación inmediatamente luego de extendida, prolongando los extremos y hasta obtener la densidad necesita (si no se alcanza la densidad antes de que arribe a menos de 80°C no deberá el proceso). También se realizará hasta eliminar los marcos de rodillo, la velocidad de los rodillos en la compactación será mínimo de 5km/h o 80m/min. •Si se realizaran juntas cortando verticalmente y aplicando un riego de liga; aplicando la mezcla de la forma más continua posible y cuando se vaya a compactar no tocar los bordes (juntas de capas superpuestas cada 150mm longitudinales). Según la AASHTO la junta deberá incluir entre 150-300 mm de la anterior.	•Anterior a este proceso se realiza un tramo de prueba de más de 300m para comprobar todos los procesos y especificaciones que tendrá los materiales. •Se debe presentar la composición que deberá tener la mezcla mínimo 30 días antes. •Según la FHWA si la mezcla superpave será verificada todo su franja mínimo 30 días antes •La mezcla de agregado cal por medio de molino de martillo será almacenada de 24h a 60 días •Existen restricciones de temperaturas adicionales, si la temperatura de la superficie esta entre 1.7 a 4.3°C solo se podrá realiza si se realizara una capa > 75mm; si es entre 4.4 y 9.9°C para capas > 50mm y si es mayor a 10°C para cualquier espesor •Se podrá realizar la extensión de manera manual, si el equipo falla. •La compactación se podrá realizar de manera manual si la zona es inaccesible. •Para la compactación no usar diesel como desmoldante de los rodillos. •Si la compactación es inteligente se realiza mediante parámetros de la AASHTO PP81, deberá tener el sistema operativo así como los diferentes equipos con guías GPS adaptados a planos ya realizados y puntos de referencia marcados virtualmente, también se realizan controles de GPS, mapeo, temperatura; además deberá mostrar mapas codificados por colores en tiempo real de la línea de trabajo, alineación, ubicación del tambor del rodillo, numero de pasadas, valor de medición de compactación inteligente ICMV para sistemas con acelerómetro y de temperatura. •Para la superficie existente se usan el de riego de liga sin rastreo desde el 1 de mayo hasta 1 de Octubre o riego de liga para el resto de épocas (el riego de liga es diluido y el denominado sin rastreo no deja rastro ni bacheo) -El riego de liga para juntas es el mismo tipo que se usa en la superficie.
Sudáfrica	•El agregado recibido no podrá variar más de 0.2% de la que se necesita. •La mezcla realizada en la planta deberá tener una dosificación de materiales de manera correcta, previo calentamiento y luego mezclado; donde el contenido se controla mediante peso o volumen. -Si la mezcla es discontinua se calientara el agregado hasta que tenga una temperatura de entre 0-20°C y contenido de humedad ≤ 0.5%. Si es mezclado en planta de tambor se realiza la mezcla de manera homogénea revisando el mismo parámetro de contenido de humedad. -Se añade el relleno luego del agregado, finalizando con el asfalto también calentado. -El rango de temperaturas de mezclado del asfalto será de 140-165°C para 50/70, de 130-155°C para 50/70, de 130-155°C para 80/100 y de 125-150°C para 150/200. -Si se usa betún-caucho como asfalto principal, este se deberá mezclar a una temperatura de 160-180°C; almacenado a máximo 150°C para máximo 10 días en los tipos S-B1 y A-R1, aunque serán más de 14 días para S B2, A R2 y C-R2. Almacenamiento a corto plazo será de 24 horas y de 170°C para S-R1 y A-R1, de 165°C para C-R1; para > 7 días será de 160°C para S-R2, A-R2 y CR-2 -Si se usa asfalto modificado, se deberá mezclar a 175-190°C para A-E1, de 170-180°C para A-E2 y de 160-170°C para A-P1. El almacenamiento a 24 horas deberá ser ≤ 180°C y para almacenamiento de máximo 240 horas será de 160°C para A-E1 y A-E2, y de 150°C para A-P1. •Luego de realizada se transporta en volquetas o otro equipo hasta el sitio y descargado a la pavimentadora por medio de la tolva o almacenado. -La temperatura de almacenamiento para más de 24 horas, será de 145°C, 135°C, 125°C y 115°C para asfaltos tipo 35/50, 50/70, 80/100 y 150/200 respectivamente. Si es menos de 24 horas, será de 175°C para asfaltos tipo 35/50, 50/70 y 80/100, y de 165°C para 150/200. •La superficie donde se extenderá la mezcla deberá estar totalmente limpia, nueva, con la pendiente y elevación necesarie; y si se requiere se realiza un riego de imprimación (MC-10 o MC-30; o RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1, SS-1h o QS-1H; o CRS-1, CRS-2, CMS-2, CMS-2h, CSS-1, CSS-1h o CQS-1h) este con un 70% de agua y 30% de la emulsión y aplicándolo a 0.55 L/m2. •La extensión se realiza teniendo cuidado de no generar manchas de pasadas para que no se sobre. •El espesor dependerá del tamaño del agregado grueso; para tamaños de 7.1 mm será de 20 mm mínimo (25 mm preferido), para 10 mm será de 30 mm (35 mm preferido), para 14 mm será de 45 mm (50 preferido), para 20 mm será de 80 mm (90 preferido) y para 28 mm será de 110 mm (preferible 120 mm) •A medida que se va pavimentando se irá realizando el esparcido de los áridos que podrá ser por maquinaria o a mano. •La compactación se realiza tan pronto como se termina de extender, a una velocidad adecuada, además que no se podrá usar productos derivados del petróleo para humedecer los llantas de los compactadores. Se realiza del borde inferior al superior en curvas y si es muy pronunciada a una velocidad de 5 km/h. •Si se realizan juntas, sea un corte de manera vertical y estas no se podrán realizar sobre otra junta inferior; además, deberá estar limpia y lista para la colocación de la siguiente capa. •Terminada se agrega la pre-cubierta que es una mezcla en planta donde se usa asfalto tipo 50/70 a 175°C mínimo y agregado calentado en planta a temperaturas de 130-185°C. Luego de mezclado se emfra hasta los 90°C y se rocía con agua. No se podrá dovotar más de 10% de la dosificación necesaria. •No se abrirá al tráfico hasta que la capa tenga una temperatura menor a 50°C.	•Se realiza una sección de prueba donde se verificara todos los parámetros que se llevaran a cabo en la construcción de la capa de rodadura. •La mezcla no podrá estibarse ya que si pasa, se deberá realizar una junta. -Si la mezcla tiene segregaciones o desgarros se suspenderá los operaciones hasta corregirlo. •No se permite el tráfico manual luego de realizada la extensión, todos los procesos se deberán hacer con la maquinaria apropiada. •Las clases son determinadas así -Clase 1: carreteras urbanas o principales de alto tráfico (circulación a +120 km/h) -Clase 2 y 3: Interseccciones de alto tráfico (circulación a 70 km/h para clase 3 y a 80 km/h para clase 2) -Clase 4 y 5: Carretera rural o urbana de tráfico local (circulación a 40 km/h para clase 5 y a 60 km/h para clase 4)
Australia y Nueva Zelanda	•La superficie donde se extenderá deberá estar seca y barrida, eliminando piedras o materiales extraños al menos 300 m mas allá de cada lado donde se pavimentara; podrá tener o aplicar una capa de imprimación •La mezcla se extenderá en caliente a una temperatura de 150-170°C. -Se calientan y secan los agregados, se combinan y luego se agrega el relleno sin tener que calentarlo, se mezclan todos por 5-15 segundos; después se añade el asfalto en la dosificación y temperatura adecuado y se mezcla. (si se realiza por lotes o discontinua se añaden los agregados en frio por medio de las tolvas y cinta transportadora, así como el material reciclado, para luego seguir el mismo proceso) La mezcla se realiza en 55-60 segundos. -El material final deberá ser homogéneo y consistente, no tener segregaciones para luego ser descargado en el equipo de transporte o sitio de almacenamiento. •El proceso de mezclado y extensión deberán realizarse de manera que la extensión sea de manera continua -La extensión se realizara a una velocidad que este dentro de las capacidades del equipo, que quede de forma uniforme. •La compactación se realiza inmediatamente después de extendida, evitando la segregación y que quede un producto homogéneo; deberá estar en el espesor, nivel (podrá hacerse mediante tecnología liser o acústica) y dimensiones necesarias (la pendiente se controla con un nepato junto a la pavimentadora, también se podrá usar viga deslizante múltiple para control de nivel y espesor). Se realiza a una velocidad que no se deslicen las capas. -Se realiza primero con la rogla pavimentadora y rodillos neumáticos. -Si se usa rodillos con ruedas de acero será a 5km/h la velocidad de compactación, para rodillos vibratorios de 8-10 km/h y para rodillos neumáticos de 6-10 km/h. -La primera pasada será con rodillo con ruedas de acero (2-4 pasadas), se sigue con una compactación con rodillos de acero seguido con neumáticos (2-7 pasadas) y una última compactación con ruedas de acero para eliminar las huellas. •Si se realizan juntas se realiza con un corte tratando que sea paralelo de forma lisa y luego aplicando una capa adhesiva (mismo tipo de asfalto que en imprimación) y así continuar con el siguiente tramo; las juntas longitudinales estas deberán estar separadas a 150 mm de otra junta, así no serán sucesivas. Para juntas transversales serán a 1 m de la otra. •El espesor de la capa será de mínimo 100 mm o 2.5 veces el tamaño nominal. aunque también esta capa no podrá ser mayor al 30% del espesor total del pavimento. -Si el tamaño nominal es de 5 mm el espesor será de 15-20 mm, si es de 7 mm el espesor será de 20-30 mm, si es de 10 mm será de 25-40 mm, si el tamaño nominal de la mezcla es de 14 mm el espesor será de 35-55 mm, si es de 20 mm será de 50-80 mm y si es un tamaño nominal de 28 mm será un espesor de 70-110 mm. -Según la NZTA M10 el espesor será según el agregado, para AC10 será 40 mm, AC14 será 55 mm, AC20 será 80 mm y para AC28 será 110 mm. Para DG7 será de 25 mm, DG10 será 35 mm y DG14 será de 50 mm.	•Para obtener un pavimento macho más resistente, se recomienda que la capa de rodadura en conjunto con una base granular o estabilizada. -También se podrá realizar multicapa, con una base y subbase también en asfalto. •Antes de construir se debe realizar una línea de prueba donde se verifican todas las características y la fkemda de trabajo. •La superficie no puede tener defectos, si los tiene se deberán corregir, sino no se podrá comenzar. •Si en la superficie antes de extender se realiza un riego de imprimación podrá ser los tipos CSS y ASS de la AS 1160 o será usando emulsiones con un 67% de concentración, además serán emulsiones basadas en las especificadas en la AS 4001 BIT3 (coincide con la AASHTO M140 para emulsiones aniónicas serán las RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1, SS-1h o QS-1H) y AS 4001 BT4 (coincide con la AASHTO M208 para emulsiones catiónicas serán las CRS-1, CRS-2, CMS-2, CMS-2h, CSS-1, CSS-1h o CQS-1h) estas especificaciones se encuentran en especificaciones de emulsiones para mezclas asfálticas en frio de Estados Unidos. •Para la realización de la mezcla si se quiere almacenar el agregado en acopios será cada 10 m. •La extensión se podrá hacer a mano si no se puede de otra forma. •Todo el proceso constructivo deberá tener una gestión de calidad AS/NZS ISO 9000.
Tailandia	•La elaboración de la mezcla se realiza en un sitio a máximo 2h de la obra. Donde el asfalto en los tanques de almacenamiento ≤ 190°C y calentada en la planta a 159.8 °C o alcanzar entre 170–120 cSt. -Los agregados deberá calentarse a 163°C y tener una humedad ≤ 1% -El cromento asfáltico deberá calentarse a temperaturas que no superen los 100°C. -Luego de mezclado deberá tener una temperatura de entre 121–168 °C. •La mezcla elaborada deberá cubrir un 95% de los agregados •Para transportar la mezcla se aplica jabón, cal o cualquier agente que contenga menos de 5% de acelte. -Antes de la extensión se debe revisar que la superficie donde se aplicara cumpla todos los especificaciones y deberá estar limpia (caso contrario se limpia). Además deberá contar con una capa de imprimación, si esta muy vieja se considera aplicar un riego de liga. •La extensión de la mezcla se realiza controlando el grosor e inclinación de la superficie -La temperatura del asfalto durante la colocación no podrá descender en más de 14°C y no podrá ser menor que 120°C •Se empieza a compactar inmediatamente luego de extendido, donde la temperatura de la mezcla deberá estar entre 120-150°C, se realiza de tratando de realizar el mínimo número de pasadas, si debe retroceder se realiza de manera suave -La compactación se realiza primero con las juntas y luego siguiendo a la máquina pavimentadora lo más cerca posible (usando rodillo compactador de dos ruedas de acero o un rodillo vibratorio pero sin vibración). Se realizan 2 pasadas, la capa no podrá tener grietas. En juntas se hace incluyendo 50 mm de la anterior y las siguientes pasadas avanzando 150–200 mm en cada pasada y en junta transversal desplazándose a lo largo de 0.5-1 m. -La compactación se realiza de bordes a centro, en curvas de inferior a superior, en intersecciones se hace en el ángulo y luego de manera paralela al borde (humedeciendo las ruedas del compactador). Se debera superponer en 150 mm sobre la anterior compactada. -La velocidad de compactación se deberá realizar a velocidad baja y constante; si es rodillo se realiza 10 veces cada 300 mm o 33 veces cada metro; rodillo de acero a 3km/h en compactación inicial, 5km/h en compactación intermedia y 5km/h en la compactación final (esta última incluye rodillos vibratorios); rodillo con rueda de goma será de 5km/h para compactación inicial e intermedia y de 8km/h para la final; el vehículo de reducción de vibraciones será de 4-5km/h en compactación inicial o intermedia. (compactación intermedia cuando la temperatura de la mezcla es ≥ 95°C) -La compactación si la capa es menor a 25 mm se realiza con rodillo vibratorio y a la mínima vibración, si esta entre 25-50 mm se realiza a una vibración más alta y mayores a 50 mm una vibración aún más alta. -La compactación en pendientes pronunciadas se realiza con rodillos compactadores de acero sin vibraciones, con las ruedas hacia adelante y lo más cerca de la pavimentadora. -Si se colocara otra capa encima deberá primero esta alcanzar el nivel de cunado necesario. •Las capas también un espesor que dependerá de la granulometría; será de 25-35 mm para cuando se usa material de tamaño de 9.5 mm y de 40-70 mm para 12.5 mm. •Las juntas se realizaran y se trasluapa entre 25-50 mm. -Si se realizan juntas transversales, se colocara cartón rígido perfabricado o otro material prefabricado; deben tener una separación de 5m respecto a la otra junta transversal. (Adyacentes también 5 m) -Las juntas transversales y longitudinales se aplicará una capa de ringo de liga para luego aplicar la capa de concreto asfáltico.	•30 días antes de iniciar ya se debe tener los documentos de diseño. Si los materiales a usar cambian, esta fkemda de trabajo se debe cambiar. •Si hay algún cambio de materiales de la mezcla se deberá cambiar la fkemda de la mezcla. •Si la superficie donde se aplicara la mezcla no cumple con algún requisito esta deberá ser corregida antes de extender la mezcla, donde si no se repara de manera efectiva se podrá escarificar y volver a compactar. •Si se requiere un curado rápido para colocar otra capa sobre otra se podrá usar un riego de liga para esto procesos. Se podrán usar RC-70 (aplicado a 50-110°C de temperatura), RC-250 (se aplica a 75-130°C), CRS- 1 o CRS-2 (se aplica a 50–85°C). Aplicando entre 0.1–0.3 L/ m2 -Si se requiere un curado se podrá usar un asfalto líquido de imprimación para este proceso. Se podrán usar MC-30 (porcentaje de asfalto residual de 69% y aplicado a 30–90°C de temperatura), MC-70 (porcentaje de asfalto residual de 73% y se aplica a 50–110°C), CSS-1 o CSS-1h (porcentaje de asfalto residual de 75 y se aplica a 20–70°C). Aplicando entre 0.6-1 L/ m2 y error de 15-17% (aplicación que se hace incluyendo mínimo 50 mm de la anterior y curado de 48h) •Extensión de la mezcla se podrá hacer con niveladora si la pavimentadoras no se valle. -También en trabajos de pavimentación y nivelación se podrá hacer a mano, sino imposible acceder con cualquiera de los equipos. •Si en la compactación se presentan ondulaciones o movimiento de mezcla se cambia el método de compactación. -Si se presenta segregación se corrige aplicando mezcla en la zona afectada. -Si se usa rodillo vibratorio debe tener una vibración de entre 2000-3000 revoluciones por minuto. -Si no se puede usar el equipo de compactación debida a que no se puede operar con estos, se podrán usar otros tipos de compactadores más pequeños y adecuados.

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (aashto, 2020); (Direccion de Vialidad, 2022); (Federal Highway Administration, 2014); (Ministerio de Fomento, 2019); (Austroads, 2017); (Sabita, 2021); (Sabita, 2022); (NZ Transport Agency, 2020); (Sabita, 2019); (Sabita, 2009); (Mainroads, 2024); (Mainroads, 2023); (NZ Transport Agency, 2022); (Sabita, 2020); (Sabita, y otros, 2017); (Austroads, 2014); (Australian Standard, 1997); (South African National Standard, 2013).

Se puede notar que todos llevan un proceso de manera general muy parecido, consiste en que la mezcla se realiza en una planta central, luego se transporta hasta el sitio de obra donde la capa inferior debe cumplir con lo necesario, se procede a realizar la extensión por medio de la pavimentadora, luego la compactación y curado del mismo. En todo este proceso solo cambian equipos y requisitos que algunos países presentan de manera más precisa.

Una gran parte presenta dosificación de riegos de liga o de imprimación, así como de curado, lo cual es un punto donde ninguna se parece a la otra, todas tienen un rango diferente.

Lo mismo ocurre con la viscosidad que deberá tener el asfalto, Colombia habla de 150 cSt – 300 cSt, Perú de 170 ± 20 cSt, Estados Unidos de 150-300 cSt y Tailandia 170-120 cSt.

Perú añade la temperatura que debe tener la capa a la hora de compactarse de 145-150°C y el número de pasadas; esto difiere de Chile que indica una temperatura de 110-140°C. Estados Unidos es quien concentra el mas gran número de posibilidades de temperatura en que la mezcla pueda colocarse según la temperatura de la superficie, lo cual muestra en alguno puntos temperaturas de 138°C, 141°C o 146°C. Sudáfrica presenta temperaturas según el tipo de asfalto,

con algunos como 125-150°C, 130-155°C, 135-160°C y 140-165°C; Tailandia indica 120-150°C.

En cuanto al espesor, es otro parámetro de divergencia, ya que países como Perú, Chile no presentan este parámetro; en Colombia variara según el tipo de mezcla, algunos casos son de 30-40 mm o 40-60 mm y otros casos > 60 mm, lo mismo en España que varía según la mezcla, pero indica valores entre 40-50 mm y > 50 mm. Sudáfrica los presenta según el tamaño del agregado donde podrá ser mayores a 20 mm y algunos alcanzan los 80 mm. Australia y Nueva Zelanda con 40, 55, 80 y 100 mm de espesor. Por último, Tailandia indica valores de 25-35 mm, 40-70 mm y 25-50 mm.

Colombia permite el transito si se tiene una temperatura en toda la capa menor a 45°C, donde España emplea los 60°C como límite, en Sudáfrica indica 50°C, Perú señala que debe ser cuando este a temperatura ambiente.

Ensayos y controles de calidad

Se realiza un respectivo control de calidad para comprobar se cumplan con todas las especificaciones presentadas en la etapa de diseño, a continuación, la figura 35 o en la tabla 54 del apéndice, muestra los ensayos que se realizan preliminarmente y periódicas en la construcción capa de rodadura:

Figura 35

Ensayos preliminares y periódicos en la construcción de la mezcla asfáltica en caliente

País	Ensayos preliminares	Ensayos para verificaciones periódicas	Observaciones adicionales
Colombia	-Ensayos al asfalto: Penetración (ASTM D5-06); punto de ablandamiento (ASTM D36/D36M-09); índice de penetración (NLT 181/99 y The rheological properties of asphaltic bitumens by Pfeiffer J of Journal of institure of petroleum technologist y Materiales asfalticos bituminosas de Eberto Petroni); viscosidad (ASTM D2171/D2171M-10 o AASHTO T316-06 y FHWA-SA-94-068 o NTC 5117:2017); ductilidad (ASTM D113-07); Solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042-09); contenido de agua (ASTM D95-05); contenido de parafinas (UNE-EN-12606-Mayo 2000); Punto de inflamación mediante copa abierta de Cleveland (ASTM D92-11); cambio de masa por calentamiento (ASTM D2872-04); Penetración retenida a 25 °C (ASTM D5-06); índice de envejecimiento (ASTM D2171/D2171M-10 o AASHTO T316-06 y FHWA-SA-94-068 o NTC 5117:2017). -Si el asfalto es para riego de liga tipo MC-30 (los otros tipos, de liga o imprimación tienen los mismo ensayos anteriores): Punto de inflamación mediante copa abierta (ASTM D3143-08); viscosidad cinemática (ASTM D2170/D2170M-10); viscosidad por viscosímetro rotacional (FHWA-SA-94-068 de 1995 y AASHTO T316-06);destilado y residuo por destilación (ASTM D402-08); residuos por destilación una penetración (ASTM D5), ductilidad (ASTM D113-07) y solubilidad (ASTM D2042-09). -Ensayos para agregados: Desgaste en la máquina de Los Ángeles (ASTM C 131-06); Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval(ASTM D 6928-10); Resistencia mecánica por método de 10% finos (BS 812 Part 110-1990 y SABS Method 842); coeficiente de pulimiento acelerado (UNE-EN 1097-8 julio 2000); Perdidas en ensayo de solides en sulfato de magnesio (ASTM C88-05); Coeficiente de pulimiento acelerado (UNE-EN 1097-8 julio 2000); análisis petrográfico (ASTM C295); impurezas en agregado grueso (NTL 172/86 y UNE 146130:2000 anexo C); Indice de plasticidad(ASTM D 4318-10); Equivalencia de arena(ASTM D2419-09) y valor azul de metileno (EN 933-9); porcentaje particulas planas y alargadas (ASTM D4791-10); Caras fracturadas (ASTM D 5821-01); Granulometría del material (ASTM C136-06); angularidad de la fracción fina (ASTM C1252-06); cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo (ASTM D3625-96); adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos Riedel-Weber (NLT 355/93); granulometria llenante mineral (ASTM D546-10), densidad bulk (BS 812: Part 2: 1995-Numeral 6.4) y vacios del llenante seco compactado (BS 812 Part 2:1995-Numeral 6.5)	•Control de emulsión con 2 muestras por carrotanque: 1 vez por mes y mínimo 3 veces durante la ejecución de la obra. •Ensayos para el agregado y llenante mineral, se realizan 4 muestras por procedencia o volumen previsto de agregados y 2 muestras para llenante mineral determinando densidad bulk: •Ensayos para agregados -1 vez por año un análisis petrográfico por medio de porcentajes relativos de los diferentes minerales y las tipologías de rocas que componen el agregado (solo para NT3) -1 vez por mes ensayos de desgaste en la máquina de los ángeles, degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, resistencia mecánica por el método del 10 % de finos, pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio y ensayo de Gravedad específica y absorción también cuando cambie la procedencia del agregado. -1 vez por semana ensayos de impurezas en agregado grueso, equivalente de arena y valor de azul de metileno, índice de alargamiento y aplanamientos, particulas planas y alargadas $\leq$:1. -1 vez por jornada ensayos de Granulometría, índice de plasticidad, caras fracturadas y angularidad de la fracción fina, método A. -Cuando cambie la procedencia de los agregados se realizan ensayos de Coeficiente de pulimiento acelerado para rodadura, cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo para agregado grueso y adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método Riedel-Weber) para agregado fino. •Verificación de los llenantes minerales -1 vez por suministro el ensayo de granulometría; 1 vez a la semana y siempre que cambie la procedencia del llenante ensayo de densidad bulk (BS 812: Part 2:1995) y vacíos del llenante seco compactado (BS 812: Part 2: 1995 - Numeral 6.5) •Ensayos para verificación de la mezcla: 3 muestras por lote para contenido de asfalto (ASTM D2172/D2172M-11); granulometria de los agregados (ASTM D5444-08); 2 muestras por lote para determinar la gravedad especifica bulk (ASTM D2726-11 o ASTM D6752/6752M-11), estabilidad y flujo en el ensayo Marshall (ASTM D6926-10 y ASTM D6927-06 o ASTM D5581-07a) ; 2 muestras para determinar la resistencia por medio de inmersión - compresión (NLT-389/00). -Ensayo de modulo resiliente solo para mezclas de alto módulo, tomando 2 muestras a 20°C y 10Hz (ASTM D7369-11), 4 muestras para el módulo completo (UNE-EN 12697-26 anexo D) y 2 muestras para leyes de fatiga (AASHTO T321-07 o UNE-EN 12697-24:2006+A1) •De la capa terminada se realizan 5 ensayos de densidad para control de compactación (ASTM D3665-07); 3 por lote y 1 por curva para resistencia al deslizamiento (ASTM E 2340/E 2340M-11).	-Cada carrotanque de emulsión se realizan 2 muestras para comprobar todas sus especificaciones. -Los ensayos de revisión pueden reducirse a la mitad si se aprueba. -En caso que en las verificaciones periódicas de material no se den resultados satisfactorios, se realizan 2 pruebas más, si no cumplen igual no se usa el material. -Lote se define como la menor área entre 500m de capa terminada, 3500 m2, obra ejecutada en una jornada de trabajo, obra ejecutada con el mismo material. -La cantidad de ensayos se podrán reducir a la mitad si el material es homogéneo o si en control de recibido se tienen 10 lotes sin objeciones. -Si alguna prueba en los agregados o llenante es insatisfactorio se realizan 2 pruebas, donde deberán ser satisfactorios ambos, caso contrario se rechaza.
Perú	-Para el cemento asfáltico: Penetración (ASTM D5); punto de inflamación (ASTM D3143); Ductilidad (ASTM D133-99); solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042 y AASHTO T44); de manera opcional índice de penetración (ASTM D5); de manera opcional, el ensayo de la Mancha (AASHTO M20); pérdida de masa (ASTM D1754); penetración retenida después del ensayo de la película fina (ASTM D5) y ductilidad de residuo (ASTM D133-99) -Para asfaltos según viscosidad se realizan los presentados en la ASTM D3381: Viscosidad absoluta (ASTM D2171/D2171M); viscosidad cinemática (ASTM D2170/D2170M); penetración (ASTM D5/D5M); punto de inflamación (ASTM D92); solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042); Para el residuo del ensayo de película fina (ASTM D1754), ensayos de viscosidad absoluta (ASTM D2171/D2171M) y ductilidad (ASTM D113); valor de los solventes en ensayo de la mancha (AASHTO T102). -Ensayos a emulsión asfáltica para riego de liga de acuerdo a lo indicado en la ASTM D 2397: Asfalto de residual y destilación en aceite (ASTM D6997); viscosidad 25°C (ASTM D244); estabilidad de almacenamiento (ASTM D6930); demulsibilidad (ASTM D6936); revestimiento y resistencia al agua (ASTM D244); carga de la partículas (ASTM D244); prueba del tamiz (ASTM D6933); contenido de cemento (ASTM D6935); penetración , ductilidad y solubilidad en tricloroetileno (ASTM D244) -Ensayos para agregados gruesos: Abrasión Los Ángeles (ASTM C131:2006); Durabilidad al Sulfato de Magnesio (ASTM C88); adherencia (AASHTO T182); índice de durabilidad (ASTM D3744); partículas chatas y alargadas (ASTM 4791); Caras fracturadas (ASTM D 5821); sales solubles (Manual de carreteras de chile Vol.N°8 - 8.202.1, también la 8.202.14 y 8.202.18, donde este último se basa en la NCh1444 of 2010 que a su vez se basa en la EN 1744-1:1988); absorción (ASTM C121-2012) -Ensayos para agregados finos: Equivalencia de arena(ASTM D2419-91); angularidad el agregado fino (MTC E 222 basado en la National aggregates asscociation); azul de metileno (AASTHO TP 57); índice de plasticidad (ASTM D4318-98); Durabilidad al Sulfato de Magnesio (ASTM C88); índice de durabilidad (ASTM D3744); sales solubles (Manual de carreteras de chile Vol.N°8 - 8.202.1, también la 8.202.14 y 8.202.18, donde este último se basa en la NCh1444 of 2010 que a su vez se basa en la EN 1744-1:1988); absorción (ASTM C121-2012).	•De cada procedencia de los agregados pétreos se realizan y para cualquier volumen previsto se toman 6 muestras, donde se comprobarán el desgaste de los ángeles, pérdidas en el ensayo de solidez en sulfato de sodio o de magnesio, equivalencia de arena, la plasticidad, sales solubles totales, adherencia entre el agregado y el bitumen (segùn la norma MTC E 220 / MTC E 517.) y azul de Metileno. •Para polvo mineral, 4 muestras por procedencia o volumen previsto. Donde se determina la densidad aparente (NTL 176/92 que a su vez corresponde a la BS 812 Part 2:1975) y coeficiente de emulsibilidad. -Si el polvo mineral es de incorporación independiente, se realizan ensayos de densidad aparente mínimo 1 vez a la semana y siempre que cambie de procedencia y 1 prueba por suministro de su granulometría y peso específico (ASTM C131, AASHTO T96 y ASTM C535) •Para los agregados en general se realizan los siguientes ensayos segùn la frecuencia. -Se toman cada 250 m3 para ensayos de granulometría y plasticidad. -Cada 500 m3 ensayos para determinar las partículas fracturadas, partículas planas y alargadas. -Se toman cada 1000 m3 para equivalencia de arena, desgaste los ángeles, angularidad del agregado fino, pérdida en sulfato de magnesio y azul de metileno. (se comprueban en la tolva en frío) •Se realizarán controles a asfalto para la realización de la mezcla. A cada carrotanque que llegue, se revisara su certificado y se realizaran comprobación de la curva viscosidad - temperatura y el grado de penetración del asfalto. Además, indica ensayos al material bituminoso con una frecuencia sacada de la raiz de N, donde N son el número de tancadas de 30000 L. •Ensayos a la mezcla: 2 muestras por jornada o 6 por lote para el Contenido de asfalto (AASTO TI64) y granulometria de los agregados (ASTM D546 y AASHTO T30); 2 muestras para determinar la resistencia en ensayo de Marshall junto a estabilidad media y flujo (ASTM D6926 y D6927), adherencia cada 1000 m3 (ASTM D2489), resistencia conservada a la tracción cada 1000 m3 (AASHTO T283) y prueba de Hamburgo wheel track cada 1000 m3. (AASHTO T324) •De la capa compactada se realizan ensayos para determinar la densidad cada 250 m2 (ASTM D1188, ASTM D2041 y AASHTO T209, y ASTM D2950) y espesor igualmente (ASTM D3549), resistencia al deslizamiento cada día (ASTM E 303 y AASHTO T278), adherencia cada 1000 m3 (ASTM D2489) y solidez de la estructura (ASTM D4695).	•Se comprueba la temperatura de la mezcla cada volqueta que llegue.
Chile	•Agregado grueso: Desgaste Los Ángeles (ASTM C131-69 y ASTM C535-69); Desintegración en sulfato de sodio (ASTM C88-73); particulas chancadas y particulas lajeadas (MC V8-8.202.6); adherencia por método estático (ASTM D1664-80) o método dinámico (MC V8-8.302.31) •Para el agregado fino: Índice de plasticidad (MC V8-8.102.4); Adherencia riedel-weber (MC V8-8.302.30) y desintegración por sulfato de sodio (MC V8-8.302.17) •Para el agregado combinado: Granulometría (MC V8-8.202.3); Sales solubles (MC V8-8.202.14) y equivalencia de arena (ASTM D2419-74 y AASHTO T176-70) •Para el cemento asfáltico se realizaran ensayos de Viscosidad absoluta (AASHTO T 202-80) y rotacional (MC V8-8.302.24 donde se tienen encuentra MC V8-8.301.1, 8.301.8 y 8.302.63, ,junto a la AASHTO T 316-19); penetración (ASTM D36, ASTM C670, ASTM E1 y ASTM E77); ductilidad (AASHTO T51); punto de inflamación (AASHTO T48); solubilidad (AASHTO T44-78); ensaye de la mancha (AASHTO T102-82); punto de ablandamiento (ASTM D36-76); ensaye de película delgada rotatoria (AASHTO R28-12); índice de penetración (MC V8-8.302.18) -Para cemento asfáltico modificado con polímeros los ensayos de penetración; punto de ablandamiento; ductilidad; recuperación elástica (DIN 52013); punto de quiebre Fraass (NTL 182/72 y EN 1259:2007); punto de inflamación; índice de penetración y ensaye de película delgada rotatoria. •Para riego de liga la emulsión asfáltica se realizaran ensayos son aplicables la ASTM D140 y ASTM D244. -También presenta ensayos de acuerdo al MC V8: Viscosidad por método Saybolt (AASHTO T 72-78); demulsibilidad (MC V8-8.302.5); carga de partícula (MC V8-8.302.5); cantidad de cemento, ensayo de tamizado, ensayo de destilación, capacidad de almacenamiento, ensayo para determinar capacidad de cubrimiento y resistencia al agua(MC V8-8.302.5); ensayos de residuo (MC V8-8.302.5), solubilidad en tricloroetileno (AASHTO T44-78), ductilidad(AASHTO T51), penetración (ASTM D5). Además, unos ensayos adicionales si se requieren hacer como sedimentación y de congelamiento (MC V8-8.302.5)	•Se realizaran ensayos a materiales y mezcla durante todo el proceso constructivo para comprobar sus características. •De la capa terminada: Ensayo de densidad cada 1750 m2 (MC V8-8.302.38) igual que el espesor (ASTM D3549-93a), contenido de asfalto (AASHTO T308-99), macrotextura mediante perfilometria laser (ASTM E1845-01 y UNE-EN ISO 13473-1) o mediante circulo de arena (ASTM E965-96 y NLT-335/87), resistencia al deslizamiento con SCRIM (MCV8-8.502.17 basado en la TM 032-07-A del 2008 y SCRIM Operation and Maintenance Manual Reino Unido de 1999) o con péndulo británico (TM 032-07-A del 2008, LNLT-175/98, ASTM E 303-93, MASTRAD del 2004 Mastrad Calibration Rig 5892), control de rugosidad (MC V8-8.502.8) y lisura (MC V8-8.502.4)	-Se podrán realizar remuestreos si se considera necesario (A máximo 15 días de obtenidos los resultados se podrá solicitar) -La extracción de testigos o muestras para determinación de calidad son al menos 25 por obra. Si así se solicita.
España	-Si se tiene un marcado CE, deber tener todos los datos para su identificación, se verifica que las propiedades que dice sean las correctas y las requeridas, aunque se podrán hacer los ensayos que considere oportunos si se tiene una sospecha de alguna anomalía. En el caso de áridos un marcado CE con un sistema de evaluación de la conformidad 2+ -La mezcla bituminosa deberá tener un marcado CE con un sistema de evaluación de la conformidad 2+ Caso contrario al árido se ensaya lo siguiente: -Árido grueso: Granulometría (UNE-EN 933-2); valor de absorción (UNE-EN 1097-6); ensayo de sulfato de magnesio (UNE-EN 1367-2); Porcentaje de caras fracturadas (UNE-EN 933-5); índice de lajas (UNE-EN 933-3); coeficiente los Ángeles (UNE-EN 1097-2); coeficiente de pulimiento acelerado (UNE-EN 1097-8); contenido de finos del árido grueso (UNE-EN 933-1). -Árido fino: granulometría (UNE-EN 933-2); coeficiente los ángeles (UNE-EN 1097-2). -Para el polvo mineral (4 muestras): granulometría (UNE-EN 933-10); la densidad aparente (UNE-EN 1097-3 Anexo A) -Árido combinado, incluyendo el polvo mineral se realizan los siguientes ensayos: granulometría (UNE-EN 933-1); equivalencia de arena (UNE-EN 933-8 Anexo A) y valor de azul de metileno (UNE-EN 933-9 Anexo A); densidad de los áridos de ser necesario (UNE-EN 1097-6); -Para el betún asfáltico lo siguiente: Penetración (UNE-EN 1426); punto de reblandecimiento (UNE-EN 1427); cambio de masa (UNE-EN 12607-1); penetración retenida (UNE-EN 1426); incremento de punto de reblandecimiento (UNE-EN 1427); indice de penetracion (UNE-EN 12591 y UNE-EN 13924 Anexo A); punto de fragilidad Fraass (UNE-EN 12593); punto de inflamación en vaso abierto (ISO 2592) y solubilidad (UNE-EN 12592) -Si es modificado con polímeros los siguientes: Penetración (UNE-EN 1426); punto de reblandecimiento (UNE-EN 1427); cohesión Fuerza-ductilidad (UNE-EN 13589 y UNE-EN 13703); punto de fragilidad Fraass (UNE-EN 12593); recuperación elástica (UNE-EN 13398); diferencia de punto de reblandecimiento (UNE-EN 13399 y UNE-EN 1427); diferencia de penetración (UNE-EN 13399 y UNE-EN 1426); punto de inflamación (ISO 2592); cambio de masa (UNE-EN 12607-1); penetración retenida (UNE-EN 1426); incremento y disminución del punto de reblandecimiento (UNE-EN 1427). -Para riego de imprimación la emulsión deberá cumplir los siguientes: índice de rotura (UNE-EN 13075-1); contenido de ligante (UNE-EN 1428); contenido de fluidificante (UNE-EN 1431); tiempo de fluencia (UNE-EN 12846-1); residuo de tamizado (UNE-EN 1429); tendencia a sedimentación (UNE-EN 12847); adhesividad (UNE-EN 13614); en el residuo por evaporación (UNE-EN 13074-1), ensayos de penetración (UNE-EN 1426), punto de reblandamiento (UNE-EN 1427); y en residuo por evaporación (UNE-EN 13074-1) y luego estabilización (UNE-EN 13074-2), penetración (UNE-EN 1426) y punto de reblandamiento (UNE-EN 1427) -Para riego de adherencia la emulsión deberá cumplir los mismos ensayos que para imprimación solo añadiendo los siguientes ensayos: cohesión y recuperación elástica (UNE-EN 13588)	Si se tiene un marcado CE se verifica que las propiedades que dice sean las correctas y las requeridas, aunque se podrán hacer los ensayos que considere oportunos, tomando los que consideren convenientes de cuando no tienen marcado CE. **Si no tiene marcado CE se debe verificar el cumplimiento de las especificaciones** -Para los áridos se realizan ensayos cada 150-600 ton en tráfico tipo T00 a T2 y para tráfico T3 a T4 cada 250-1000 ton de material un análisis granulométrico de cada fracción, equivalencia de arena y en su caso índice de azul de metileno. 1 vez por semana o cuando se cambie la procedencia, ensayo de índice de lajas del árido grueso, proporción de caras de fractura de las partículas de árido grueso, contenido de finos del árido grueso. 1 vez por mes o cuando se cambie la procedencia, coeficiente de los Ángeles del árido grueso, Densidad relativa del árido grueso y del árido fino y Absorción del árido grueso y del árido fino. -Polvo mineral se tomarán muestras sobre cada partida que se reciba, mediante ensayos, se determinara la densidad aparente y el Análisis granulométrico del polvo mineral. Si es polvo mineral proveniente de áridos se realiza 1 vez por día ensayos de densidad aparente y 1 vez a la semana análisis granulométrico. -Control de betún cada camión cisterna y también antes de entrar al mezclador, tomando 2 muestras; determinando penetración y punto de reblandamiento y calculando el índice de penetración. -Para la mezcla bituminosa, en su fabricación se toman 2 muestras al día (una por la mañana y otra por la tarde) con ensayos el análisis granulométrico, equivalencia de arena e índice de azul de metileno. 1 muestra de la mezcla de áridos en caliente para la granulometría. Terminada la mezcla se realiza control de humedad, se realizan cada 250-1000 ton (dependiendo del nivel de conformidad) ensayos para determinar la granulometría de áridos y contenido de ligante. además, para categorías de tráfico pesado T00 a T31 se realizaran, 1 vez al mes o menor frecuencia si se desea, ensayos de Resistencia a las deformaciones plásticas mediante el ensayo de pista de laboratorio (norma UNE-EN 12697-22), Resistencia conservada a tracción indirecta tras inmersión (norma UNE-EN 12697-12); para mezclas de alto módulo se realizan adicionalmente, el valor del módulo dinámico a 20°C (Anexo C de la norma UNE-EN 12697-26) y la resistencia a la fatiga (Anexo D de la norma UNE-EN 12697-24) -Para la emulsión de riego de imprimación se toman 2 muestras por procedencia y cualquier volumen para ensayar granulometría (UNE-EN 933-2), el equivalente de arena (SE4) (UNE-EN 933-8 anexo A), y la plasticidad (UNE 103103 y UNE 103104). -La emulsión sea para imprimación o adherencia se deberá ensayar para comprobar que esta cumple con los requisitos necesarios. (3 puntos por lote para comprobar la dotación) **Para la mezcla extendida** Se realizan al menos 1 vez por lote la determinación del contenido de huecos (UNE-EN 12697-8) y densidad aparente (UNE-EN 12697-6) por medio del ensayo UNE-EN 13108-20. Junto a esto, pero a juicio del director de obra, ensayos de comprobación de desificación de ligante (UNE-EN 12697-1) y granulometría de los áridos extraídos (UNE-EN 12697-2) **Para la capa compactada** -De cada lote se tomarán 3 muestras por lote determinando la densidad aparente y espesor (UNE-EN 1267-6), adherencia de capas (NLT-382). Cada 1000 metros largo de 24h de terminada el ensayo para control del índice de regularidad superficial (NLT-330). Cada día se realiza tomando 3 puntos por lote el método volumétrico para macrotextura (UNE-EN 13036-1). También una vez terminada y antes de puesta en servicio la resistencia al deslizamiento (UNE 41201 IN)	-De cada cisterna de betún asfáltico se toman 2 muestras de 1kg. Verificando penetración y la otra para contrastar la información. -Para control a la entrada del mezclador del betún se considera lote cada 300 ton. -Si se tiene betún modificado con polímeros que ha sido almacenado más de 15 días se toman 2 muestras de la parte superior e inferior, comprobando penetración y punto de reblandecimiento. -Lote se define como la menor entre 500m de calzada, 3500 m2 y la fracción construida en un día. -Si el ensayo de resistencia al deslizamiento no cumple se volverá a hacer luego de 1 mes de puesta en marcha.

Estados Unidos	-Para el agregado: Ensayo de abrasión Los ángeles (AASHTO T96); ensayo de resistencia a los sulfatos (AASHTO T 104); caras fracturadas (ASTM D5821); angulosidad (AASHTO T304 method A); partículas planas y alargadas (ASTM D4791); equivalencia de arena (AASHTO T176 Method 2); ensayo granulométrico(ASTM C136/AASHTO T27 y AASHTO T11); ensayo para determinar el residuo insoluble (ASTM D3042) -Ensayo para el asfalto que cumpla con la AASHTO M320, las cuales tienen los siguientes ensayos: Determinación de grado de rendimiento (AASHTO R29); solubilidad (AASHTO T44 o ASTM D5546);punto de inflamación por claveland (AASHTO T48); ensayos en película delgada (AASHTO T240); rigidez a la fluencia por deflexión método de viga de flexión (AASHTO T313); propiedades de fractura en tensión directa (AASHTO T314); propiedades reológicas mediante corte dinámico (AASHTO T315); viscosidad mediante viscosimetro rotacional (AASHTO T316) -Si es asfalto que cumpla la AASHTO M226 serán las siguientes: solubilidad (AASHTO T44); punto de inflamación (AASHTO T48); penetración (AASHTO T49); ductibilidad (AASHTO T51); ensayos en puntos de interés para nafta estándar, el solvente de nafta-xileno o el solvente de heptano-xileno (AASHTO T102); ensayos de horno en película delgada (AASHTO T179); viscosidad a 135°C (AASHTO T201) y viscosidad a 60°C (AASHTO T202); ensayos en película delgada (AAHSTO T240) -Si es asfalto que cumpla la AASHTO M20: penetración (AASHTO T49); solubilidad (AASHTO T44); ductibilidad (AASHTO T51);punto de inflamación (AASHTO T48); prueba en capa delgada (AASHTO T149) y prueba en puntos de interesa para nafta estándar, el solvente de nafta-xileno o el solvente de heptano-xileno (AASHTO T102)	•Se comprueban que todas las especificaciones cumplan con lo requerido mediante distintos ensayos. -Se comprueba el agregado con una frecuencia de uno por tipo o por fuente; calidad del asfalto (AASHTO M320); granulometría del agregado cada 2 días (AASHTO T27 y T11) -La AASHTO presenta que se deberá realizar ensayos granulométricos del material grueso y fino combinado (AASHTO R 90) Ensayos para la mezcla en la banda de control: 3 mínimo para la gradación (AASHTO T30); 3 para contenido de asfalto (AASHTO T308); 3 para huecos en agregado mineral (AASHTO R35); 5 para densidad (AASHTO T166); 3 para gravedad especifica (AASHTO T209) y por carga para conformidad. Ensayos para la mezcla en producción: contenido de asfalto (AASHTO T308), huecos en agregado mineral (AASHTO R35) y densidad (AASHTO T166) cada 700 toneladas; por cada carga la temperatura; 1 por día para gravedad especifica (AASHTO T209); calidad del asfalto (AASHTO M320); gradación salida en planta (AASTO T27 y T11); 1 cada 700 toneladas la gradación en la pavimentadora (AASHTO T30); contenido de humedad (AASHTO T255); cada 700 toneladas para ensayo de densidad para determinar conformidad(AASHTO T166) y 1 cada 150 m para control de densidad (ASTM D2950); cada 700 toneladas los huecos de aire (AASHTO T312 y T166); vacíos llenos de asfalto (AASHTO R35) Ensayos para la mezcla terminada: Rugosidad (AASHTO R56 y R57) y controles superficiales; un ejemplo de control superficial es la prueba de perfilografo realizada en capas de más de 65 mm o si a velocidad en el carril es mayor a 60km/h, realizando un perfil cada metro y paralelo cada 3.6 m (California Test 528)	-Si el material es rechazado se enviarán nuevas muestras. -Luego de compactada la capa se toman muestras aleatorias a toda su profundidad.
Sudáfrica	-Ensayos al agregado: Análisis granulométrico (SANS 3001-AG1:2009); valor de trituración (SANS 3001-AG10); solidez en magnesio (SANS 3001-5839); azul de metileno (SANS 3001-6243); índice de descamación (SANS 3001-AG4); piedra pulida (BS 812-114); caras fracturadas (SANS 3001 AG4/TMH1/ASTM D 5821); absorción de agua (SANS 3001-AG20 y AG21); equivalencia de arena (SANS 3001-AG5); dureza (SANS 3001-AG10). -Ensayos para asfalto tipos 35/50, 50/70, 70/100 y 150/200: Penetración (EN 1426); punto de ablandamiento (ASTM D36); viscosidad (ASTM D4402); en pruebas de horno en película delgada ()ASTM D2872), ensayos de cambio de masa (ASTM D2872), viscosidad (ASTM D4402), punto de ablandamiento (ASTM D36) y crecimiento de ablandamiento (ASTM D36), penetración retenida (EN 1426) y prueba de puntos (AASHTO T02). -Ensayos para asfalto Grado 58, 64 y 70: Grado de temperatura; temperatura mínima de clasificación (); viscosidad (ASTM D4402); estabilidad de almacenamiento (ASTM D2175); punto de inflamación (ASTM D92); luego del RFOT (ASTM D2872 y ASTM D7405), ensayos de porcentaje de cambio de masa (SATS 3208); módulo de relajación (ASTM D7405); relación de envejecimiento (ASTM D2872); luego de RFTO y PAV (ASTM D2872 y ASTM D6521), ensayos de riego de fluencia (ASTM D6648); cambios de temperatura (ASTM D7175) y relación de envejecimiento (ASTM D2872) -Ensayos para asfaltos tipo A-R1, S-R1, A-R2 y S-R2: punto de ablandamiento (MB-17); viscosidad dinámica (MB-13); recuperación a la compresión (MB-11); resiliencia a 25°C (MB-10) y flujo (MB-12). -Para la emulsión usada en riego en la superficie donde ira la mezcla (MC-10 y MC-30): viscosidad cinemática (ASTM D2170); viscosidad dinámica (ASTM D4402); punto de inflamación (ASTM D93); cantidad de agua (ASTM D95); destilado a 360°C (ASTM D402); en residuos de destilación, ensayos de viscosidad (ASTM D4402). -Si se usa los tipos de la SANS 4001-BT3 o BT4: Viscosidad Saybolt Furol (ASTM D7496); estabilidad de almacenamiento a 24h (ASTM D6930); demulsibilidad (ASTM D6936); prueba de carga de la partícula (ASTM D7402); capacidad de cubrimiento y resistencia del agua (ASTM D6930); prueba en mezcla con cemento (ASTM D6935); ensayo tamizado (ASTM D6933); residuo por destilación (ASTM D6997); aceite destilado por volumen de emulsión (ASTM D6997); en residuo de destilación ensayos de penetración (ASTM D5), ductibilidad (ASTM D113), solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042) y prueba de flotación.	Se realizan ensayos de manera aleatoria para comprobar que todos los parámetros cumplan con lo exigido, a continuación algunos de los ensayos mencionados: -1 ensayo al azar de 5 muestras tomadas para determinar la viscosidad y RFTO; y 1 cada 10 para punto de inflamación, relación de envejecimiento y PAV -Se realizan pruebas de tamiz, tomando 6 por lote y revisando la cantidad de vacíos (SANS 3001 AS10) -Para la capa terminada se realizan 6 ensayos por lote, determinando el contenido de asfalto (SANS 3001-AS20), granulometría del material (SANS 3001-AS20); 2 ensayos por lote para determinar la cantidad de vacíos en la mezcla (SANS 3001 AS10), 4 para la densidad y 1 por día para el grosor de capa. -También se podrán realizar ensayos de módulo dinámico (CSIR SANRAL/AASHTO TP79), fatiga (AASHTO T321), deformación permanente (AASHTO T324), trabajabilidad (ASTM D6925), durabilidad (ASTM D4897M), Resistencia a la tracción indirecta (ASTM 6931), Módulo de fluencia dinámica (CSIR RMT-004) y permeabilidad (EN 12697-19). -Se debe comprobar los parámetros necesarios del agregado, tales como: Indice de plasticidad, limite líquido, limite plástico, granulometría y demás. Ensayos para determinar la calidad de compactación por medio de densidad (SANS 3001-GR30); contenido de humedad (SANS 3001-GR20); resistencia a la tracción indirecta (TG2, Test Method BSM4)	-Lote se considera a la sección que se construye al mismo tiempo, con los mismos materiales y con el mismo método
Australia y Nueva Zelanda	•Para los agregados: Granulometría (AS 1141.11 y NZS 4407); Valores de absorción (AS 1141.6.1); abrasión Los ángeles (AS 1141.22); indice de descamación (WA 216.1); absorción de agua (AS 1141.6.1); resistencia húmeda (AS 1141.22); variación de resistencia húmeda/seca (AS 1141.22); valor de prueba de extracción (AS 1141.50); factor de degradación (AS 1141.25.2); contenido de minerales secundarios (AS 1141.26) y un examen petrográfico (AS 1141.24). -Para el agregado fino: Valor de absorción de agua (AS 1141.6.1); contracción lineal (AS 1289.3.4.1). -Para el relleno mineral: huecos en relleno seco (AS/NZS 1141.17); densidad aparente (AS/NZS 1141.7); una granulometría (AS 1141.11) -Según la NZTA M10 para el agregado grueso: Resistencia al aplastamiento (NZS 4407 Test 3.10); indice de calidad de la meteorización (NZS 4407 Test 3.11); caras fracturadas (NZS 4407 Test 3.14); gravedad especifica (ASTM C127 or AS 1141.6) y absorción (ASTM C127 or AS 1141.6). -Ensayos según la NZTA M10 para el agregado fino: Resistencia al aplastamiento (NZS 4407 Test 3.10); equivalencia de arena (NZS 4407 Test 3.6); indice de arcilla (NZS 4407 Test 3.5); densidad aparente, gravedad especifica y absorción (ASTM C128 or AS 1141.5). •Para asfaltos tipo C170, C240, C320, C450, C600, M500 y M1000: Viscosidad a 60°C (AS 2341.2) y a 135°C (AS 2341.2 o AS 2341.3 o AS 2341.4), penetración (AS 2341.12), punto de inflamación (AS 2341.14 o ASTM D92); porcentaje de materia insoluble en tolueno (AS 2341.8 or AS/NZS 2341.20); luego del tratamiento RFTO, ensayos de viscosidad a 60°C (AS/NZS 2341.10 o AS 2341.2), penetración (AS/NZS 2341.10 o ASTM D2872 y AS 2341.12), efecto a largo plazo (AS/NZS 2341.13 y/o AS/NZS 2341.5) y densidad a 15°C (AS 2341.7), cambio de masa (AS/NZS 2341.10 o ASTM D2872). •Para asfaltos A35P, AP25E, A20E, A15E, A10E: Viscosidad a 165°C (AS/NZS 2341.4 o AGPT/T11); recuperación torsional a 25°C (AGPT/T122); punto de ablandamiento (AGPT/T131); relación de tensión (AGPT/T125); consistencia y rigidez (AGPT/T121); segregación (AGPT/T108); punto de inflamación (AGPT/T112) y perdida por calentamiento (AGPT/T103). •Para asfaltos 40-50, 60-70, 80-100, 130-150 y 180-200: Penetración a 25°C (ASTM D5); densidad a 25°C (ASTM D70); viscosidad dinámica a 60°C (ASTM D2171); viscosidad cinemática a 135°C (ASTM D2170); punto de inflamabilidad (ASTM D92); solubilidad en tricloroetileno y en tolueno (ASTM D2042 o AS/NZS 2341.8); en ensayos de película delgada (ASTM D2872), ensayos de penetración retenida (ASTM D5), cambio de masa (ASTM D2872), ductilidad a 25°C (ASTM D113); durabilidad máxima (NZTA T13).	•Se debe comprobar que se cumplan todos los parámetros necesarios del agregado durante el proceso de fabricación de la mezcla así como luego de realizada; el mismo caso con el asfalto, deberá ser ensayado con frecuencia tal que se comprueben todos los parámetros necesarios. •En la mezcla ensayos de: Densidad de aglutinante; densidad aparente de relleno, agregado fino, y agregado grueso (AS 1141.5, AS 1141.6.1 o AS 1141.6.2 y AS 1141.7); distribución del tamaño de particulas (AS 1141.11); contenido de asfalto (AS 2891.2.1); módulo de resiliencia (AS 2891.13.1) •Ensayos para determinar la compactación de la mezcla por compactador Gyropac y el Servopac (AS 2891.2.2) o marshall (AS 2891.5); estabilidad y fluidez (AS 2891.5); densidad (AS2891.9 y 2891.7.1)	-
Tailandia	-Para agregado grueso: granulometría (AASHTO T27-70); ensayo de abrasión Los Ángeles (ASTM C 131 y C535); ensayo de resistencia a los sulfatos (AASHTO T 104 y ASTM C 88) -Para agregado fino: equivalencia de arena (AASHTO T176) y una perdida por desgaste con sulfato de sodio (AASHTO T104 y ASTM C88) -Para relleno mineral un ensayo de granulometría (AASHTO T27-70) -Para el asfalto los siguientes: Penetración a 25°C (AASHTO D5-06); punto de inflamación (ASTM D 92-12); punto de fragilidad (ASTM D 36/D36M-12); resistencia a la tracción a 25°C (ASTM D 113-07) ; solubilidad de tricloroetileno (ASTM D 2042-09); resistencia al corte dinámico (AASHTO T 315); en los ensayos de película fina, ensayo de peso perdido por calentamiento (ASTM D 1754/D1754M-09), penetración a 25°C (ASTM D 1754/D1754M-09 y ASTM D 5-06) y resistencia a la tracción a 25°C (ASTM D 1754/D1754M-09 y ASTM D 113-07) -Para la emulsión de imprimación tipos CRS-1 y CRS-2 o CSS-1 y CSS-1h según la ASTM D244 y lo indicado en la los siguientes es: Viscosidad Saybolt Furol (ASTM D7496); separación de capas por asentamiento (ASTM D6930); estabilidad de almacenamiento a 24h (ASTM D6930); demulsibilidad (ASTM D6936); prueba de tamizado (ASTM D6933); ensayo para cantidad de cemento (ASTM D6935); carga de la partícula (ASTM D7402); residuo (ASTM D6997); penetración (ASTM D5); ductibilidad (ASTM D113) y solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042). -Para los tipos MC-30, MC-70, RC-70 o RC-250: viscosidad cinemática (ASTM D2170); destilado a 360°C (); cantidad de agua (ASTM D95); contenido de nafta estándar, nafta-xileno o hefranoxsileno (AASHTO T102); en residuo restante de destilación, ensayos de viscosidad (ASTM D2171) o penetración (ASTM D5), ductilidad (ASTM D113), solubilidad (ASTM D2042).	•Se realizaran los ensayos con la frecuencia que se necesite, así deberá cumplir con todas las especificaciones que se indican en el diseño, a continuación las únicas pruebas que se indican a hacer, el resto serán determinados tanto por el proyecto así como el interventor: -En capa terminada se realizan el ensayo de densidad tomando 8 muestras por día (ASTM D1559) -Ensayos de densidad en capa terminada (ASTM D1559) realizando ensayos usando maquina perforadora con muestras cada 250 metros o cada 100 ton.	-De cada camión se comprueba la temperatura con un termómetro, aproximadamente en el centro del camion y a 150 mm desde el fondo.

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (aashto, 2020); (Direccion de Vialidad, 2022); (Federal Highway Administration, 2014); (Ministerio de Fomento, 2019); (Austroads, 2017); (Sabita, 2021); (Sabita, 2022); (NZ Transport Agency, 2020); (Sabita, 2019); (Sabita, 2009); (Mainroads, 2024); (Mainroads, 2023); (NZ Transport Agency, 2022); (Sabita, 2020); (Sabita, y otros, 2017); (Austroads, 2014); (Australian Standard, 1997); (South African National Standard, 2013).

De acuerdo a lo anteriormente mostrado, Estados Unidos, Sudáfrica, España, Perú y Colombia son quienes presentan de forma más detallada los ensayos realizados periódicamente para control de calidad, incluyendo información sobre la frecuencia con la que deben llevarse a cabo, aunque discrepante entre ellos, ya que algunas muestras controles por días y otros por volumen. Por otro lado, Chile, Tailandia, Australia y Nueva Zelanda proporcionan estos detalles de manera más general y no especifican con qué frecuencia deben realizarse.

Además, como ya es recurrente, la mayoría de los países basan sus ensayos en las normas ASTM o AASHTO, aunque hay algunas excepciones puntuales, como el caso de Perú que algunos ensayos no están basados en ninguna norma, sino que son propios; también está el caso en que no se tienen en cuenta las ASTM o AASHTO sino normativas como la norma británica BS o la europea EN.

Requisitos de capa terminada

La capa de rodadura, deberá cumplir unos requisitos o criterios de calidad final luego de terminada, La figura 36 o en la tabla 55 del apéndice, muestra los estándares para los diferentes países que debe alcanzar.

Figura 36

Criterios de calidad de la capa de rodadura terminada (Mezcla en caliente)

País	Criterios de Calidad terminado	Parametros adicionales
Colombia	-Tolerancia de porcentaje de asfalto residual promedio por lote de ± 0,3% respecto a la de diseño y ± 0,5% para muestras individuales. -Valor promedio de vacíos con aire no podrá variar más de 0.5% del diseño (valores normales de entre 3-5% para cualquier tipo de tránsito y de 4-6% para mezclas de alto módulo) -Estabilidad media ≥ 90% de la estabilidad presentada en la fórmula de trabajo, pero tampoco estar por encima de ella más de un 25%. (diseño preliminar de 5000N para NT1, 7500 para NT2, 9000 para NT3 y 15000N para alto módulo, si es agregado mayor a 25mm 16875N para NT2 y 20250N para NT3) -Flujo medio entre un 80-120% del valor aprobado en la fórmula de trabajo. (2-4mm para NT1 y NT2, 2-3.5mm para NT2 y 2-3mm para alto módulo, si es agregado mayor a 25mm 3-6mm para NT2 y 3-5.3mm para NT3) -La relación estabilidad/flujo deberá estar entre los límites de diseño (2-4 kN/mm para NT1, 3-5 para NT2 y 3-6 para NT3, si el agregado es mayor a 25mm serán 4.5-7.5kN/mm para NT2 y 4.5-9 para NT3) -La resistencia del grupo curado en húmedo debe ser ≥ 80% de la del grupo curado en seco. -Contenido de agua no podrá ser mayor a 0.5% -Para mezclas de alto modulo deberá tener un valor módulo resiliente ≥ 8000Mpa, módulo complejo y leyes establecidos en el proyecto. -La cota en cualquier punto no podrá variar más de 10mm de la proyectada. -Grado de compactación ≥ 94% para NT1 y NT2; y ≥ 93% para NT3 -Espesor promedio ≥ Espesor de diseño -Planicidad con variación menor a 10mm -Tolerancia de textura, no podrá tener un valor promedio menor que el mínimo admisible de los documentos, que a su vez no es inferior a 0.9 mm (valores individuales podrá ser inferior a un 20%). -Resistencia al deslizamiento no podrá ser menor que las especificadas. (tomando 3 puntos por lote luego de 30d de puesta en servicio) Si se realiza por péndulo británico debe tener un coeficiente de 50, 55 y 60 para NT1, NT2 y NT3 respectivamente cuando sean glorietas, curvas con radios menores de 200 metros, pendientes ≥ 5 % en longitudes de 100 metros o más, intersecciones, zonas de frenado frecuente. Y valores de 45, 50 y 50 para otras secciones. -Regularidad superficial con una rugosidad que dependerá del tipo de tránsito, espesor total y porcentaje de hectómetros, se expresa en Indice de rugosidad internacional con la ASTM E950 : Para % de hectómetros de 40% si e > 10 cm (NT1 < 2,4; NT2 < 1,9 y NT3 < 1,4), si e ≤ 10 cm (NT1 < 2,9; NT2 < 2,4 y NT3 < 1,9); Para 80% si e > 10 cm (NT1 < 3,0; NT2 < 2,5 y NT3 < 2,0), si e ≤ 10 cm (NT1 < 3,5; NT2 < 3,0 y NT3 < 2,5); Para 100% si e > 10 cm (NT1 < 3,5; NT2 < 3,0 y NT3 < 2,5), si e ≤ 10 cm (NT1 < 4,0; NT2 < 3,5 y NT3 < 3,0). Esta se medirá con mira y nivel y se determinara el IRI (NTL 330-98), si es con perfilómetro pivotante de alta precisión (NTL 331-98) y equipo de referencia inercial validado previamente con 1 de precisión en tramo de 200m (ASTM E950)	-Los sitios para verificación de compactación se realizan determinando la densidad seca de la capa, escogiendo un sitio al azar. Como mínimo 1 prueba por hectómetro y mínimo 5 ensayos por lote(lote el menor de 500m o 3500m2 de capa compactada, obra ejecutada por jornada, obra ejecutada con el mismo material) -Para determinar el módulo resiliente en mezclas de alto módulo se toman muestras cada 5000 m3. -En caso de no cumplir el nivel de compactación o textura se debe levantar la capa con fresado y repuesta. -5 muestras por lote para determinar control de espesor. -En caso que no se cumplan los requisitos de espesor o de resistencia al deslizamiento se levanta la capa con fresado, se remueve y se repone con el espesor adecuado (una alternativa es si no se presentan problemas de altura libre o sobrecargas se pude colocar una capa del mismo tipo de 50mm de espesor y agregando riego de liga entre capas) -Si se presentan incumplimientos en 2 lotes consecutivos se debe parar las obras hasta que se estudie una nueva fórmula de trabajo. -Para control de textura se realiza luego de 30d de compactada, se toman 3 puntos por lote (5 si uno de los 3 no cumple). Si no cumple se levanta la capa mediante fresado y se repone -Los valores de IRI se presentan en valores de m/km en tramos consecutivos de 100m, donde 5 tramos constituyen un l0te. Donde si el IRI excede el límite en no más de 20% se realiza una corrección mediante fresado a un espesor establecidos y colocando una nueva capa; si es superior al 20% se retira por completo mediante fresado y se repone la capa.
Perú	-Tolerancia de porcentaje asfalto residual promedio por lote de ± 0,2% respecto a la de diseño y ± 0,3% para muestras individuales, -Tolerancias en granulometría de los agregados será de ± 5% para tamiz N°4 y mayores, de ± 4% para el tamiz N°8, de ± 3% para tamiz N°30; de ± 2% para tamiz N°200. -La estabilidad media deberá ser ≥ 95% de la definida en la fórmula de trabajo; ≥ 90% para muestras individuales. -Flujo medio de 0.90 ≤ Fm ≤ 1.10 de la obtenida en la fórmula de trabajo. -La cota en cualquier punto no podrá variar más de 5 mm de la proyectada. -Tolerancia de compactación con una densidad promedio ≥ 98% a la de diseño y para muestras individuales ≥ 97% -El espesor promedio ≥ Espesor de diseño y en muestras individuales ≥ 95% del espesor de diseño. -Uniformidad de la superficie de máximo 5 mm -Coeficiente de resistencia al deslizamiento de como mínimo 0.45 para cada ensayo individual. -Rugosidad por medio de unidades IRI de máximo 2m/km (secciones de 100m)	-Las determinaciones para densidad se realiza por lo menos cada 250 m2 o 6 muestras por tramo -La determinación de espesor se realiza cada 250 m2 -Si es multicapa la uniformidad de capas base será de 10 mm. -Si se incumple con los requisitos de densidad o espesor se rechaza el tramo.
Chile	-Tolerancia de contenido de asfalto será de 0.3%. -Tolerancia de la banda de trabajo de tamiz N°4 y superiores será 5%, N°8 y N°16 de 4%, N°30 y N°50 de 3%, N°100 de 2% y N°200 de 1.5% -Grado de compactación con una densidad promedio ≥ 97% de la diseñada. -Superficie de textura homogénea, uniforme y exenta de segregaciones. -Tolerancia de espesor para muestras individuales deberá ser ≥ 92% del espesor requerido. También se aceptara si el promedio de 5 muestras consecutivas es mayor o igual al de diseño. -Macrotextura con una tolerancia de 0.6 mm -Tolerancia de resistencia al deslizamiento de 0.55 SFC para secciones rectas y radios ≥ 600m y de 0.65 SFC para el resto de casos (SFC es el Sideway Force Coefficient, medida con SCRIM o equipo homologado); mediante péndulo británico será de 60BPN para rectas y curvas ≥ 600m y 70BPN para los demás casos. -Tolerancia de rugosidad ≤ 2 m/km y a su vez en muestras individuales ≤ 2.8 m/km (5 tramos de 200 m) -Tolerancia de lisura, será de máximo 8mm para TMDA ≥ 1000 veh/día y de 10 mm si TMDA < 1000 veh/día	-Si es multicapa una tolerancia en contenido de asfalto de 0.5% -La macrotextura y resistencia al deslizamiento se miden en preferencia luego de 4 meses de empezado a transitar en tramos de 200 m. Con un perfilómetro láser para la macrotextura, también podrá, aunque en casos excepcionales medirse mediante ensayo del círculo de arena con 4 mediciones por km. En caso de resistencia al deslizamiento se usa el SCRIM para su medición, en casos excepcionales se controla mediante el péndulo británico con 20 mediciones cada km -Si la compactación no cumple se rehace o se aplican multas; si es mayor al 96% se aplicará 10% de multa en cualquier capa y si es mayor a 95% será de 25% para rodadura e intermedia y de 15% en capa base, pero si es menor al 94% la multa será del 100%, pero si es menor a esto se rehace. Para muestras individuales serán de mayor a 96% un 10% de multa, para 95% un 25% de multa, para un 94% un 100% y si es menor a 94% se rehace. -Si el espesor en muestras individuales no cumple se aplica 100% de multa o se rehará; en los promedio variara según la diferencia tomando una multa o rehaciendo, si es menor al contratado y ≥ 98% de ella es 5% de multa, ≥ 96% será 15%, ≥ 94% será de 25%, ≥ 92% de 35%, ≥ 90% de 100% y si es < 90% se rehace. -Contenido de asfalto para capas de rodadura en caso de ser mayor a 0.3 y menor que 0.5 se multa con un 25% y en caso de ser mayor a 0.5 será de 100% o se rehace. Para capas intermedias o base serán, si es mayor que 0.5 y menor a 0.7 de 25% y si es mayor a 0.7 de 100% o se rehace. -Si la rugosidad no cumple se realizaran correcciones y además se multara dependiendo cuan superior sea. Para 2 < IRI ≤ 2.2 una multa de 25%; 2.2 < IRI ≤ 2.5 será del 50%; 2.5 < IRI ≤ 2.8 será del 75%; 2.8 < IRI ≤ 2.9 será de 100% o se rehace y si IRI > 2.9 se rehace. -Si la lisura presenta irregularidades se multará según la irregularidad; pero si supera la máxima deberá rehacer
España	-Deberá tener una densidad luego de compactada ≥ 98% de la densidad máxima para capas de espesor ≥ 6 cm y ≥ 97% para < 6 cm. -La rasante deberá tener una textura uniforme, sin segregaciones u ondulaciones y con las pendientes adecuadas; no deberá diferir en ningún punto más de 10mm. -Un espesor que no deberá ser nunca inferior al previsto; y una anchura comprobada cada 20 m que no podrá ser inferior a la teórica. si se supera por la mínima se compensara en la capa superior, pero si demasiado se debe corregir mediante fresado. -Regularidad superficial con una rugosidad se expresa en Indice de rugosidad internacional IRI en tramos de 1000 m cada 100 m, con la NTL-330: Para % de hectómetros de 50% < 1.5; para 80% < 1.8 para calzadas de autopistas y autovías (para el resto de vías será < 2.0), para 100% < 2.0 para calzadas de autopistas y autovías (para el resto de vías será < 2.5) -Macrotextura superficial ≥ 0.7 mm (medida después de puesta en obra) y una resistencia al deslizamiento ≥ 65% (luego de 1 mes de servicio) -Tolerancias de granulometría: Para tamices superiores a 2 mm será de ± 4% respecto a la presentada en la fórmula de trabajo, tamiz de 2 mm será ± 3%; tamices entre 2 mm y 0.063 mm será de ± 2% y para tamiz de 0.063 mm será de ± 1% -Tolerancias respecto a dosificación de ligante será de ± 0.3%	-Si el valor de densidad es menor al especificado, pero ≥ 95% se penalizará con un 10%; si es menor a esto se demolerá mediante fresado. Tampoco se permiten que más de 1 individuo de muestra ensayada en el lote tenga un valor individual menor a 2% del especificado, si no se cumple se divide el lote para realizar una inspección detallada. -Si es multicapa tendrá una tolerancia en la superficie de 15 mm para capa base (para capa intermedia será igual a capa de rodadura). La anchura no podrá ser inferior a la teórica; para capa base si es superior al 80% de la teórica y no existe zonas de acumulación de agua, se deberá compensar en la capa superior, pero si es menor no se acepta. En capa intermedia aplica lo mismo solo que deberá ser superior al 90% y además se multara con un 10%. -El IRI se comprobara en tramos de 1000 metros, cada 100 m. -Regularidad superficial para capas de base e intermedia será para % de hectómetros de 50% < 2.0; para 80% < 2.5 , para 100% < 3.0. -La rasante y espesor se comprueban cada 20 metros -Si la rasante no cumple con las tolerancias en la capa base e intermedia, será decisión del director de obra si se compensa esta con la capa superior, si se rebasa en exceso se debe corregir por fresado. -En la capa de rodadura, si la regularidad superficial supera a la establecida, pero es en < 10% del tramo será corregida mediante fresado; si es ≥ 10% se extiende una nueva capa de espesor determinado. -En capa de rodadura la microtextura, si es inferior pero ≥ 90% se aplica penalización económica de 10%, pero si es < 90% se rechaza la capa, teniendo que demolerse y reponerla. Tampoco se permiten que más de 1 individuo de muestra ensayada tenga un valor individual menor a 1% del especificado, si no se cumple se divide el lote para realizar una inspección detallada. -Si la resistencia al deslizamiento es menor a la mínima, pero ≥ 90% se multa con un 10% y si es < 90% se rechaza. Además, no se permiten que más de un 5% de la longitud total presente un resultado menor en más de 5 unidades.
Estados Unidos	-Tolerancias respecto contenido de asfalto será de ± 0.4% -Tolerancia de tamices será: Para tamiz de 25mm hasta N°8 de ±3.0%; para Tamiz N°30 y N°50 de ±2.0% y para tamiz N°200 de ±1.0% -Tolerancia de huecos de aire serán de 3-5% del estipulado -Según la FHWA se deberá compactar hasta obtener una densidad ≥ 91% (AASHTO T166 y AASHTO T209); la AASHTO añade que se deberá compactar hasta obtener una densidad ≥ 92% de la densidad máxima teórica y ≥ 95% de la densidad máxima de laboratorio. -Tolerancia de superficie si se usan estacas de máximo 10mm y si no se usa serán 13mm. -Tolerancia de espesor de 13 mm máximo. -Tolerancia de planicidad según la AASHTO de máximo 5 mm -Indice de perfil promedio debe ser menor a 140mm/km	La densidad máxima se determina con la AASHTO T 180 (proctor modificado) o AASHTO T 99(proctor estándar) •Si no se cumple con alguno de los parámetros se corregirá la situación y luego de esto se podrá seguir con la construcción. •Si no cumple la planicidad se debe moler la superficie y realizar las correcciones. •Se suspende la pavimentación si el indice de perfil es mayor a 180mm/km; se corrige mediante fresado, rectificando, superponiendo o retirando y reemplazando.
Sudáfrica	-Tolerancia a contenido de asfalto de ± 0.3% -Tolerancia de los tamices será: Para tamiz 28mm a 7.1 mm de ± 5%, para tamiz de 5 mm a 0.6 mm de ± 4%, para tamiz de 0.3 mm de ± 3%; para tamiz de 0.15 mm de ± 2% y para 0.075 mm de ± 1% -Se debe compactar hasta alcanzar entre un 97% de densidad máxima. -Regularidad superficial con una tolerancia de máximo 0.8 mm e individual de 4 mm. -Se tendrá una tolerancia de nivelación de 20 mm -Tolerancia a lo ancho deberá mínimo ser igual a la especificada y nunca del borde exterior estar más adentro de 15 mm. -La tolerancia del borde exterior será de 3 mm del requerido. -Tolerancia máximo de espesor máximo 8 mm. -Tolerancia de la superficie será de máximo 6 mm para autopistas y 20 mm para otras carreteras. -Tolerancia de profundidad de huella para una longitud de 10% peor que el límite será una profundidad de 6 mm (clase 1), 8 mm (clase 2, 3 y 4) y de 10 mm (clase 3). Para un 5% peor será de 8 mm (clase 1), 10 mm (clase 2, 3 y 4) y de 15 mm (clase 3). Para un 0% peor será de 10 mm (clase 1), 15 mm (clase 2, 3 y 4) y de 20 mm (clase 3) -Tolerancia de rugosidad IRI será a una longitud de 10% peor que el valor límite de rugosidad de 1.8 mm (clase 1), 2 mm (clase 2), 2.5 mm (clase 3), 3 mm (clase 4) y 3.5 mm (clase 5). Para un 5% peor que el valor límite de rugosidad de 2.1 mm (clase 1), 2.2 mm (clase 2), 3 mm (clase 3), 3.5 mm (clase 4) y 4 mm (clase 5). Para un 0% peor que el valor límite de rugosidad de 2.3 mm (clase 1), 2.5 mm (clase 2), 3.5 mm (clase 3), 4 mm (clase 4) y 4.5 mm (clase 5). -Tolerancia de permeabilidad del agua ≤ 4 mm/s, permeabilidad del agua ≤ 1 y permeabilidad Marvil < 1 L/hora.	-Se controla el nivel de la capa cada 20m mínimo -Se controla el borde exterior cada 10 m longitudinal y cada 1 m transversal.
Australia y Nueva Zelanda	-Tolerancia a contenido de asfalto de ± 0.5% respecto al diseñado, aunque la Main Roads índice una tolerancia de ± 0.3% -Tolerancia de los tamices será: Para tamiz 13.2mm -3 a 7%, para tamiz de 9.5 mm a 4.75 mm de ± 7%, para tamiz de 2.36 a 1.18 mm de ± 5%; para tamiz de 0.6 a 0.3 mm de ± 4%; para tamiz de 0.125 de ± 2.5% y para 0.075 mm de ± 1.5% -Se deberá compactar hasta obtener una densidad ≥ 93% de la máxima. -Tolerancia de planicidad será de 3 mm longitudinalmente y 6 mm transversalmente. -Tolerancia de espesor de 5 mm. -Tolerancia a los bordes será de 25 mm.	-
Tailandia	-Tolerancia de los tamices será: Para tamiz N°8 de ± 5%, para N°16 y N°30 de ± 4%, para tamiz N°100 de ± 3% y en tamiz N°200 de ± 2% -Tolerancia a contenido de asfalto de ± 0.3% -Tolerancia de planicidad será ≤ 6 mm en dirección perpendicular y ≤ 3 mm en dirección paralela -Se deberá compactar hasta obtener una densidad ≥ 98% de la máxima para capas con espesor de al menos 25 mm. -Tolerancia de espesor de +/- 10mm -Tolerancia de superficie de +/- 10 mm -Tolerancia de planicidad de máximo 5 mm -Tolerancia de a lo ancho de 0-100mm	-El espesor se comprueba cada 8 m; si no es menor a la necesaria se aplica más concreto asfáltico. -La tolerancia de compactación en multicapa sera ≥ 97% para capa base y para capa intermedia ≥ 98%

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (aashto, 2020); (Direccion de Vialidad, 2022); (Federal Highway Administration, 2014); (Ministerio de Fomento, 2019); (Austroads, 2017); (Sabita, 2021); (Sabita, 2022); (NZ Transport Agency, 2020); (Sabita, 2019); (Sabita, 2009); (Mainroads, 2024); (Mainroads, 2023); (NZ Transport Agency, 2022); (Sabita, 2020); (Sabita, y otros, 2017); (Austroads, 2014); (Australian Standard, 1997); (South African National Standard, 2013).

De lo anterior mostrado, se encuentra como ya es frecuente que, en lo que respecta a las tolerancias, Colombia es quien presenta de forma más minuciosa las tolerancias a tener en cuenta, incluye una tolerancia para el índice de regularidad más detallado, seguido por Sudáfrica, luego Perú, Estados Unidos y Chile, pero de forma muy general. Aparte de esto, todos los países presentan una cantidad razonable de tolerancia a cumplir.

Países como Perú, España y Tailandia presentan los requisitos más exigentes con respecto al grado de compactación, con una tolerancia que deberá ser mayor igual a 98%. Les siguen Chile y Sudáfrica con 97%, Colombia con 94%, Australia y Nueva Zelanda un 93%; y por último Estados Unidos con un 92%, aunque si son respecto a valores de laboratorio será del 95%.

Otro criterio importante es el espesor, Colombia indica que debe ser mayor o igual al de diseño, Perú $\geq$ 95%, Chile $\geq$ 92%; otros países indican el valor exacto de tolerancia, Estados Unidos siendo el menos riguroso con 13 mm, Sudáfrica con 8 mm; y el más riguroso siendo el de Australia y Nueva Zelanda con 5 mm.

La tolerancia de contenido de asfalto será la misma en Colombia, Chile, España, Sudáfrica y Tailandia con una tolerancia del 0.3%. Por otra parte, Perú es quien más riguroso con una tolerancia del 0.2%, Estados Unidos con una tolerancia del 0.4%; por último, la menos rigurosa, con una tolerancia del 0.5% para Australia y Nueva Zelanda.

Chile es el único en presentar valores muy detallados sobre cómo serán las multas en caso de incumplir estos criterios.

3.3.3. Pavimento rígido

La capa de rodadura de concreto es una mezcla cuidadosamente diseñada de cemento, agregados fino y grueso, agua, aditivos y otros materiales adicionales, cuando sean necesarios. Esta composición se coloca y se consolida sobre la superficie existente para crear una capa resistente y duradera. Según sea las necesidades del proyecto y condiciones del sitio, la capa de rodadura de concreto puede requerir acero de refuerzo. Esta capa se caracteriza por su capacidad de resistir el desgaste y deformación. (Lloydminster, 2021)

Requisitos previos a la construcción

Previo al momento de la construcción de la capa de rodadura, es importante tener en cuenta ciertos parámetros relacionados con el equipo y la maquinaria. Estos requisitos se detallan en la Figura 37 o en la tabla 56 del apéndice, donde se muestran tanto los requisitos comunes como los individuales.

Figura 37

Especificaciones y requisitos antes de iniciar (Pavimento Rígido)

País	Exigencias	Parametros adicionales
Colombia		•Todo el equipo debe tener una acreditación ONAC para su calibración. •Se podrá usar una Planta externa para elaboración del concreto, con precisión de ± 3% para agregar aditivos, con temporizador de amasado y descarga del mezclador (deben estar protegidos) •Se podrá usar mezcladoras estacionarias en el lugar de la obra para mezclas en el sitio. •Silos para almacenar el cemento a granel, debe tener dispositivos de medida y seguridad, sistema de filtros, dispositivos de para toma de muestras y ademas ser herméticos. •Para almacenar el agregado se debe disponer de sistemas de drenaje apropiados. •Tolvas para pasar los materiales y contar con dispositivos automáticos de dosificación. •Según la ACI 304R un aparato de recribado para los agregados. -Tanques ventilados para almacenar los aditivos líquidos. •Camiones mezcladores o agitadores con tambor giratorio cerrado y paletas internas, junto a cuentarrevoluciones para el transporte del concreto. -Podrá ser también en volquetas para distancias cortas, debe contar con sistema de descarga basculante o por bandas o tornillos, con lona cobertora -Se podrá usar camiones agitadores, buggies u otros si son aprobados. •La colocación del concreto deberá contar con el sigtiente equipo: -Para NT1: Contar con formaleta fija, flota motorizada de magnesio o de aleación equivalente, regla vibratoria tipo cercha, rodillo extendedor sencillos, rodillo extendedor de 3 tubos con o sin vibradores (si no tiene vibradores contar con vibradores manuales externos) -Para NT2: formaleta fija, cercha con rodillo transversal sobre rieles, rodillo extendedor de 3 tubos con o sin vibraciones (si no tiene vibradores contar con vibradores manuales externos) -Para NT3: Pavimentadora de formaleta o cimbra deslizante, regla vibratoria o rodillo extendedor de 3 tubos, cercha con rodillo transversal sobre rieles, texturizador automático (alternativa del manual), equipo de aplicación de membrana de curado automático (alternativa a aspersores motorizados) -Para cualquier tránsito: Un Kit de pavimentación que incluye, engrasador o regla articulada de chequeo con rótula y extensiones suficientes (sección mínima de 10cm x 5cm x 3m); flotador o flota de magnesio o material equivalente (longitud o ancho mínimo de 3 m) con rótula y extensiones suficientes; tela o costal de microtexturado de fique, yute u otro; cepillo o peine de macrotexturizado; aspersores motorizados para aplicación de retardante de evaporación y membrana de curado; cortadora manual o autopropulsada (con disco diamantado y refrigeración por agua); hidrolavadora para retiro de masilla de corte; soplador o compresor para limpieza; aplicador para garantizar profundidad de tirilla de respaldo y aplicador del elastómero (poliuretano o silicona) •Se podrá usar bandas transportadoras con incorporación de brazos giratorios. Otro podrá ser, el camión basculante. •La ACI 304R indica tolvas para el vertimiento del concreto; podrán usarse carritos manuales o eléctricos, así como toboganes de caída. •Se podrá usar canastas para pasadores y para barras de amarre. •Tirilla o cordón de respaldo con un diámetro 25% más ancho que el ancho de la cavidad del sellado.
Perú	En el momento de la construcción esta debe siempre seguir el procedimiento, usar la maquinaria y el equipo que se indicaron en el documento del proyecto que ya haya sido aprobado y probado en tramos de experimentación o prueba, además de inspeccionar que todos estos cumplan con sus respectivas certificaciones; otro aspecto es que el traslado de material debe ser en el equipo idóneo, cubierto de ser necesario. En el caso del concreto garantizando la homogeneidad y cumpliendo con los tiempos para evitar el fraguado	•Centrales de mezcla discontinua con capacidad de manejar el número de fracciones necesarias; contara con tolvas con paredes resistentes y estancas, dispositivos para evitar intercontaminaciones; balanzas con una precisión de ± 0.3%; dosificadores ponderales aislados de vibraciones y de movimientos de otros equipos (precisión de ±1% para el cemento y agua, ±1,5% para cada fracción del agregado o ±1% para el total de las fracciones, para aditivos será de ±3%); contar con temporizador de amasado y de descarga. -Equipos de dosificación automática. -Si se alimenta el cemento con granel se necesita una balanza independiente de la utilizada para los agregados. -Mecanismo de carga protegido contra eventuales cierres y mecanismos de descarga protegidos contra una eventual apertura. •Silos para almacenar el cemento a granel •Camiones con elementos de agitación o camiones cerrados de tambor giratorios (mixer, provistos con paletas y a su vez con cuentarrevoluciones. •Encofrados fijos, encofrados deslizantes o equipo de extensión manual. -Si son encofrados fijos, deben contar con encofrados de longitud mínima 3 m y altura según el espesor, con rigidez suficiente para soportar el concreto y posible funcionamiento como rieles para el paso de equipos; deben contar con orificios a la mitad para insertar varillas de unión o anclaje. (Número de encofrados seran los suficientes para 3 horas de trabajo más el tiempo de desencofrado, es decir 16 horas desde su colocación) -Pasadores para el anclaje de encofrados fijos. •Extendedora o esparcidora para la extensión; terminadora transversal con elementos de enrase, compactación por vibración y aislado transversal y una terminadora longitudinal para el alisado. -Regla vibradoras. - Vibradores superficiales con frecuencia mayor a 3500 hz y los de inmersión a 5000 hz (capaces de generar una onda a 30 cm del vibrador) -Planchas para acabado superficial. •Pavimentadora de encofrados deslizantes, debe contar con sistema de sensores de dirección y altura; vibradores transversales o serie de unidades de vibrado longitudinal (separadas entre 50-75 cm), donde cada unidad debe tener una frecuencia de vibración mayor a 5000 hz (capaces de generar una onda a 30 cm del vibrador); contar con placa conformadora; -La separación entre unidad de vibrado externo y cara interna de encofrado debe ser menor que 15 cm. •Sierras con disco aprobado para juntas en concreto endurecido (disco de diamante u otro elemento abrasivo), con una potencia de mínimo 13428 watt. También podrán ser si el concreto es fresco se usa cuchillas vibrantes o se podrán emplear dispositivos para la inserción de tiras continuas de plástico. -Equipos de lavado, secado y sellado de juntas; bombas de agua de bajo consumo y alta presión para limpieza de la cavidad de la junta (Presión de mínimo 10 Mpa); compresores de aire para el secado (Compresores de 1 Mpa y caudal de 70 L/s) •Enrasador o flotador para acabado superficial; longitud de 3m y 15cm de ancho (podrá ser de 1.5 m y 10 cm de ancho en ciertas zonas) -Terminadora autopropulsada para la terminación. •Fibra vegetal de fique o yute y cepillo de texturizado para el acabado (cuerpo de 0.8 m de largo y dientes de 3 mm) •Equipo para dispersión del curado. -Equipos pulverizadores si es membrana de curado. •Equipo manual para extensión y compactación si no se puede emplear los demás (palas para la distribución y regla vibratoria para enrasarlo)
Chile		•Planta de fabricación o Hormigonera; con dosificadores medido en masa con tolerancia de cemento a granel de ± 1% y áridos ± 3%, el agua podrá ser en masa o en volumen con tolerancia de ± 1%. -La hormiguera debe tener una tolerancia de entrega de mezcla de ± 3%, aunque si se aprueba podrá ser ± 5%. •Camiones de tambor mezclador o agitador; podrá ser también camión tipo tolva. •Sierras de corte para las juntas y cordón para protección de junta. (Para el corte se usa sistemas autopropulsados) -Calentadores con dispositivos para control de temperatura, sistema mecánico de agitación, elemento para mantener la temperatura y boquilla de aplicación. •Moldes fijos fabricados de planchas de acero de espesor 6 mm y 3 m de largo. -Moldes deslizantes. •Vibradores con frecuencia de vibración si son de superficie ≥ 3500 ciclos por minuto, y si son de inmersión será ≥ 5000 ciclos. -El radio de acción del vibrador debe ser mínimo de 0.30 m. •Equipo autopropulsado para terminaciones, este debe tener uno o más tubos metálicos flotantes o similar giratorios. -Si se construye con moldes deslizantes podrá usarse equipo automático. -Se podrá usar regla o enrasadora, aplanadora de mango corto (terminación de areas pequeñas), bordeadora o rodón, terminador superficial o buff float (Terminación a grandes superficies de pavimento), cortador de golpe o bump cutter (Para corregir irregularidades de la regla), perfil canal de mayor alma o channel float (Aplana la superficie) -Escobillón u otro equipo para la textura final. •Se podra usar atomizador de agua para curado.
España		•Centrales de mezcla discontinua capaces de manejar, simultáneamente, el número de fracciones del árido que exija la fórmula de trabajo adoptada; y capacidad de producción para realizar alimentación del equipo de extensión de manera continua. -Dosificadores ponderales aislados de vibraciones con precisión de ± 0.5% para áridos, ± 0.3% para cemento y agua ± 1%, si se usaran aditivos una precisión de ± 3%, si era en polvo se dosifican en masa y si es en forma líquida o en pasta será en masa o volumen. Tendrá tolvas para áridos, mínimo 1 para cada fracción de árido grueso y 2 para árido, una adicional para arena; para el cemento una báscula independiente (enclavado contra un eventual cierre) y dispositivos contra la apertura; temporizador del amasado y descarga. -Si es para tránsitos T00 a T1 debe incluir un dosificador de agua computarizado con medición integrada y sistema de registro. -Si se realizara un pavimento en 2 capas o si la superficie es > 70000 m2 se tienen centrales de fabricación o amasadores independientes. •Silos aislados para almacenar el cemento; además de cisternas presurizadas y dotadas de medios neumáticos para el trasvase rápido de su contenido a los silos -Agitadores para los sitios donde se almacena aditivos líquidos. •No se podrá emplear elementos de transporte con dispositivos de agitación de la mezcla. •Se podrá usar extendedoras equipadas con trompetas para colocar la armadura. •Extendedora para el reparto del hormigón solo para tráfico T00 a T1; en el resto de casos será el especificado por el director de obra. •Pavimentadora de encofrados deslizantes capaz de extender, vibrar y enrasar el hormigón; también se incorpora la fratasadora mecánica. -Incorpora una guía por cable o sistemas de guiado tridimensional, con servomecanismos correctores (Si la pavimentadora se desvía ±3 mm en alzado o ±10 mm en planta), dotada con encofrados móviles; vibradores internos con velocidades de 7000-12000 rpm, estarán cada 350-500 mm y a una altura que quede a mitad del espesor de capa (Separación entre vibrador y cara del encofrado ≤ 150 mm) -Fratás mecánico transversal oscilante en caso de ser doble capa se usa para tráfico pesado T00 a T2 en extensión de la capa superior. -Equipo de inserción para pasadores o barras de unión; con dispositivos que señalen automáticamente su posición y tolerancia máxima de ±50 mm respecto a la real. -2 pavimentadora si se realiza un pavimento con 2 capas, 1 pavimentadora para cada capa; se adaptan para que trabajen de maneta simultanea y continua, separadas < 12 m. (Equipo de inserción de pasadores en la primera y equipos de fratasado y arpillera en la pavimentadora superior) •Sierras con potencia de 18 CV para juntas, serán tantas como sea necesarias y se tendrá 1 de reserva. •Aspillera para borrar las huellas, está conformada por paño de yute con peso ≥ 300 g/m2 y longitud de 1.5 m. (Tendrán guía de referencia para adegurar la distancia) •Dispositivos para mantener limpios los caminos. •Vibradores internos para compactación. •Equipo para distribuir el producto filmógeno. •1 barredora mecánica y 1 equipo aspirados o recogedor de mortero.

País	Exigencias	Parametros adicionales
Estados Unidos		•Planta para realización de la mezcla -Podrá ser una planta dosificadora y debe contar con tolvas individuales, tolvas de pesaje y balanzas para cada tamaño de árido; contar con un contador de lotes, equipos automáticos e interconectados de proporción para pesar áridos y cemento a granel. Con tolerancias de dosificación de cemento será de ± 1%, para áridos será de ± 2% y para agentes o aditivos será de ± 3%. -Planta central con mezcladoras para la combinación de agregados, contar con temporizador de mezclado, campana u otro dispositivo de advertencia para cuando se libere el bloqueo, contador de lotes, tolvas para agregados. •Silos para almacenar áridos lavados •Camiones mezcladores o agitadores (También se usan del tipo no agitadores) •Equipos de pavimentación por deslizamiento o podrá ser también equipos para pavimentación estacionaria. -Usar vibradores superficiales para pavimentos de hasta 200 mm de espesor; también se podrá usar vibradores internos con tubos o múltiples espadas; tendrán un límite de frecuencia de vibración de 3500 para vibradores superficiales, de 500 para vibradores de tubo y 7000 para vibradores de espadas. Los vibradores deben estar conectados a la esparcidos, máquina de acabado o montados por separado. -Reglas transversales oscilantes; flotadora manual, mecánica o de corte y alisado para acabado •Formas o encofrados metálicos como moldes, tendrán 3m de largo y un grosor de 5 mm (Su altura será dependiendo del espesor del pavimento) •Sierras de concreto para realizar las juntas. •Compresores de aire equipados con separador de aceite y agua, para evitar contaminar el agua, con capacidad de presión de 689 kPa. -Se podra usar máquina de chorro de agua a alta presión, con capacidad de 75.7-83.3 L/min y presión de 58.6 a 68.9 Mpa y capa •Fundidor de doble caldero o un aplicador para sellante en caliente. •Rociador de niebla para aplicar agua de curado; rociador mecánico atomizado, equipado con agitador de tanque y protección contra el viento.
Sudafrica	En el momento de la construcción esta debe siempre seguir el procedimiento, usar la maquinaria y el equipo que se indicaron en el documento del proyecto que ya haya sido aprobado y probado en tramos de experimentación o prueba, además de inspeccionar que todos estos cumplan con sus respectivas certificaciones; otro aspecto es que el traslado de material debe ser en el equipo idóneo, cubierto de ser necesario. En el caso del concreto garantizando la homogeneidad y cumpliendo con los tiempos para evitar el fraguado	•Planta de dosificadora de hormigón; con suministro ininterrumpido de concreto -Tolerancia de dosificación de materiales cementosos y del agua será con una precisión de 2%; para agregados será de 3%, aditivos será de 2% •Silos para almacenar materiales •Encofrados laterales, suficientes para para que no sea necesario retirarlos en menos de 12 horas. •Podrá ser usarse una pavimentadora que funcione de forma continua para encofrado lateral, tendrá: -Tolva para ingresar el concreto -Vibradores mecánicos de superficie (frecuencia ≥ 3500 rpm), vibradores internos (frecuencia para vibradores de tubo ≥ 5000 rpm, de punta ≥ 7000 rpm) y apisonadores apropiados, los vibradores deben estar contra encofrado laterales y conjunto de juntas. (Vibrador interno tipo espada debe tener una frecuencia ≥ 3500 rpm y separados a cada 750 m). El vibrador interno debe ser capaz de producir una energía de 2.5 kN por metro de ancho por 300 mm de profundidad. -Finalizador que incorpore 2 vigas de acabado oscilante oblicua, ajustables a altura e inclinación, con viga principal vibrada; estará sobre un carro de 2 ruedas de cada lado separadas a 3.5 m, donde cada viga pesa más de 170 kg/m. •Podrá usarse una pavimentadora que deba ser ajustable en cuanto a la corona y la superelevación, y capaz de dar forma y consolidar el concreto en una masa densa y estable hasta la sección transversal requerida; tendrá: -Rieles con suficiente área para poder operar; reglas oscilantes; depósitos de extrusión o una combinación de ambos; con encofrados laterales móviles; Cables guía con sensores en las 4 esquinas para niveles de alineación (Se podrá implementar tecnología 3D/GPS) •Equipo de arrastre de arpillera, esta deberá ir al frente la máquina de texturizado u otra que abarque todo el ancho del pavimento. -Dimensiones de arpillera que al menos 1 m toque la superficie a lo largo del área, 2 capas juntas donde la inferior es 150 mm más larga que la superior y cada una pesa 340g (Podrán aumentarse el número de capas) eliminando hilos transversales en la parte posterior dentro de un rango de 150-300 mm. •Máquina para texturización con púas, guiada en cuanto a nivel y dirección de rieles (Encofrado lateral) o por cables guías (Encofrado deslizante) -Púas de ranurado serán de acero plano, cada púa con 0.6mm de grosor, 3mm de ancho y 125 mm de longitud, espaciadas entre 12-25 mm y capaz de realizar texturizado de 2 m de ancho. •Aplicador de membrana de curado, deberá ser autopropulsada, capaz de agitar continuamente el compuesto y aplicarlo por rociado. -Boquillas de pulverización estarán equipadas con protectores contra el viento adecuados para garantizar una aplicación uniforme. -Se puede usar aspersión manual para aplicar el compuesto.
Australia y Nueva Zelanda		•Planta dosificadora de concreto, con espacio y acceso para el almacenamiento de materias primas, con tambor capaz de satisfacer la producción. -Equipo móvil donde sea necesario. •Camiones mezcladores para transporte de mezcla. -Mezcladora volqueta de concreto de tambor dividido de 4-6 m3 de capacidad, produciendo una carga de 10-15t. Este tipo de equipo es para zonas rurales. •Peine de acero para ranurado, sus púas son de 2-3 mm de ancho y profundidad de 2-3 mm de sección cuadrada; las púas podrán tener un espaciado aleatorio, de espaciado promedio de entre 10-30 mm. Australia recomienda un patrón aleatorio de 10, 14, 16, 11, 10, 13, 15, 16, 11, 10, 13 y 10 mm, así produciendo un ranurado promedio de 12.5 mm. •Pavimentadora de motor diesel -Si es para encofrado por deslizamiento tendrá una velocidad de 1m/minuto y capacidad de 2.5 m3/minuto (Para pavimentos de 10m de ancho y 250 mm de espesor); debe tener marcos de tractor que pueden ser miembros telescópicos hidráulicos y/o extensiones estructurales rígidas atornilladas, perfilador de material, vibradores hidráulicos tipo inmersión L, barra de compactación, bandeja de perfil, encofrado lateral, sistema de ajuste y bandeja flotante para control secundario de superficie. -Equipo de vibración de inmersión o internos y reglas vibratorias (Profundidad operativa máximo de 200 mm), en caso de compactar de forma manual. El vibrador de inmersión tendrá un diámetro de cabeza de 50-90 mm, frecuencia de vibrado de 130-200 Hz (5000-8000 rpm), amplitud de 0.6-1.3 mm, radio de acción de 180-360 mm y tasa de colocación de concreto de 4.6 a 15 m3/h por vibrador. •Tela de arpillera que pueda cubrir toto el ancho de la superficie. •Escoba de cerdas duras o rastrillos de púas para texturas gruesas y escoba de cerdas suaves para texturas medias o finas. •Hoja de sierra para realización de juntas, espesor de 3 mm. Para concreto fresco equipo de 10-150 kg y rueda de 65 mm de espesor. •Tambor de pulido de diamante convencional utilizado en superficies de pavimento, para verificar la textura (Opcional) •Rociadora motorizada con múltiples boquillas para curado.
Tailandia		•Planta de mezcla de concreto por lote estacionaria o móvil; debe incluir compartimentos para los materiales y tolvas de pesaje, o áreas separadas para almacenar materiales; balanzas para pesaje de arena, piedra y grava; dispositivos de regulación de descarga y se pueda cerrar de manera hermética; además, la mezcladora con su indicativo de capacidad del tambor y velocidad de rotación del tambor. -Si se usa cemento en silo, debe tener una balanza de peso. -Las balanzas para piedras, grava, arena y cemento deben ser tipo brazo y precisión del 0.5% (No usar balanzas de resorte); dispositivos de advertencia de llenado (Cuando falten 100 kg para alcanzar el máximo); 10 contrapesos de 25 kg para verificación de balanza. -Tolerancia de pesaje será del 1% para cemento; del 2% para piedras, grava y arena; y del 1% para el agua. -La mezcla se puede realizar en camiones mezcladores, los cuales deben contar con dispositivo para contar las revoluciones. -Para planta central un sistema de suministro de agua debe utilizar un tanque de medición con una capacidad precisa o un medidor. •Equipo de protección contra las lluvias: Lonas, toldos u otros dispositivos. (En caso de ser temporada de lluvias) •Para pavimentación fija se necesita el siguiente equipo: -Pavimentadora de concreto del tipo deslizante sobre la formaleta fija o sobre rieles instalados con esparcidor de concreto del tipo tornillo sin fin o de paletas, controladas con sistema mecánico, eléctrico o hidráulico. -Vibrador por motor vibratorio interno que irá montado en la pavimentadora o equipo de acabado en fila a lo ancho, con frecuencia de vibración de 5000 rpm y tamaño de cabeza de 50 mm (Contar con 2 vibradores adicionales de reserva); también, contar con placa vibratoria móvil -Regla de acabado móvil a lo largo del ancho. -Tubo de acero redondo o un nivelador de superficie, con una longitud mayor al ancho del pavimento (Mas de 600 mm) •Para pavimentación deslizante se necesita el siguiente equipo: -Sistema de control de velocidad -Sistema de distribución de concreto mediante tornillo sin Fin (Auger), regla oscilante y sistema de control. -Regla y sistema de control de acabado -Sistema de control de alineación y nivelación usando sensores hidráulicos u otros sistemas adecuados -Sistema para instalas barras de amarra y anclaje -Accesorio de flotación automática o placa de extrusión. •Sierra de corte para juntas •Formas (Formaletas) para encofrado, deben ser de bordes rectos, grosor ≥ 5 mm, altura según el espesor de la capa, longitud de 3 m

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); *(Committee of Transport Officials, 2020)*; (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (aashto, 2020); (Direccion de Vialidad, 2022); *(Ministerio de Fomento, 2019)*; *(Austroads, 2021)*; *(Austroads, 2019)*; *(Austroads, 2019)*.

Se puede observar que todos tienen en común el uso de la maquinaria estipulada en el proyecto y equipo idóneo de transporte para entregar una mezcla con la consistencia y temperatura adecuada, así como el uso de una planta central o móvil para elaborar la mezcla y el uso de la Pavimentadora para extender la mezcla. Colombia presenta especificaciones respecto al equipo, el cual deberá tener ciertos implementos según qué tipo de pavimentación se realice, presentando muy detalladamente los elementos que conformaran el equipo, incluso su cantidad exacta en algunos casos, incluyendo todos los requisitos de pavimentadora de encofrado deslizante. España presentando que equipo usar según cuanta área hay que cubrir, así como el tráfico al que estará expuesto; Australia y Nueva Zelanda mencionando la pavimentadora diesel, así como su velocidad y capacidad de producción.

Países como Perú también presentan de manera muy detallada, incluso presentando especificaciones del equipo como capacidades, es el caso de vibradores superficiales y de inmersión, contando con una frecuencia de 3500 y 5000 hz respectivamente y que coinciden con Chile; donde Sudáfrica presenta otro tipo de vibrador con potencia de 7000 rpm. Estados Unidos presenta el rociador de niebla para realizar el curado de la capa, también compresores de aire o maquina a chorro de agua para limpiar la junta; Australia y Nueva Zelanda siendo las únicas en presentar todas las características con un patrón aleatorio que deberá tener.

Todos tienen el uso del silo para almacenar el cemento y así protegerlo, también el uso de formaletas en caso de pavimentación fija, igualmente el uso de reglas vibratorias y vibradores internos, algunos incluyen el vibrador externo; también incluyen la cierra para corte de juntas.

Cabe resaltar que, aunque se mencionan equipos similares en todos los países, puede haber diferencias en los tipos específicos de equipos utilizados, dependiendo de los estándares y prácticas locales.

Las consideraciones del clima se encontrarán en la Tabla 16, donde muestra las especificaciones de los países respecto a los aspectos climáticos a considerar para la realización de la capa.

Tabla 16

Especificaciones del clima (Pavimento Rígido)

País	Requisitos climáticos	Especificaciones adicionales
Colombia	No se pueden iniciar procesos constructivos si está lloviendo o si existe sospecha de que llueva.	La temperatura ambiente debe ser mayor o igual a 4°C (será 5°C en sellado de juntas) La temperatura de la superficie debe ser mayor a 0°C.
Perú		La temperatura ambiente debe ser mayor o igual a 6°C (igual en sellado de juntas) La temperatura de la superficie debe ser mayor a 0°C.
Chile		La temperatura ambiente debe ser mayor a 5°C.

España	También recomendando la realización de la capa cuando haya luz solar	No se podrá realizar la puesta en obra si la superficie tiene temperatura menor a 0°C. No se podrá realizar la puesta en obra si se prevé que la temperatura ambiente en las siguientes 48h será menor a 0°C. Para sellado de juntas la temperatura debe ser mayor a 5°C
Estados Unidos		La temperatura ambiente debe ser mayor o igual a 5°C. Para sellado de juntas con sellante en caliente la temperatura debe ser mayor a 10°C
Sudáfrica		No se podrá realizar la estabilización si existen vientos de más de 14km/h, tiempo húmedo o frio cuando la temperatura ambiente sea inferior a 3°C, o con temperaturas que estén descendiendo y se situé en 7°C; tampoco si se sospecha que la capa en los siguientes 3 días tendrá una temperatura inferior a 1°C
Australia y Nueva Zelanda		Se podrá realizar cuando la temperatura del aire oscile entre 5 y 35°C
Tailandia		-

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); *(Committee of Transport Officials, 2020)*; (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (aashto, 2020); (Direccion de Vialidad, 2022); *(Ministerio de Fomento, 2019)*; *(Austroads, 2021)*; *(Austroads, 2019)*; *(Austroads, 2019)*.

Todos tienen en común el no realizar obras cuando está lloviendo y lo más recomendado realizarlas cuando haya luz solar.

Aparte de esto, Colombia tiene un requisito más flexible con respecto a temperatura ambiente, con temperatura mínima a la sombra de 4°C y si es para sellado de juntas será 5°C; a diferencia de Estados Unidos que exige un valor mínimo de temperatura ambiente de 5°C, que se

incrementa a 10°C para el sellado. Australia y Nueva Zelanda presentan un rango de 5-35°C; Chile muestra una temperatura superior a 5°C; Perú indica una temperatura ambiente superior a 6°C y para la superficie de 0°C. En España, la temperatura de la superficie debe ser superior a 0°C, además, la temperatura ambiente prevista no puede ser menor a 0°C, para el sellado de juntas se presenta el mismo requisito que en Colombia, que es 5°C. Por otro lado, Tailandia no presenta un requisito puntual; y Sudáfrica presenta un requisito según el viento que se tenga.

Especificaciones para capa de rodadura (Pavimento Rígido)

El material a emplear deberá cumplir con unos respectivos requisitos específicos. La figura 38 o en la tabla 57 del apéndice, detalla las especificaciones técnicas que estos materiales deben cumplir, abordando cada punto de acuerdo con los documentos técnicos correspondientes.

Figura 38

Especificaciones de materiales a usar (Pavimento Rígido)

País	Observaciones previas	Requisitos	Observaciones adicionales
Colombia	•La mezcla será de agregados, material cementante, adiciones suplementarias, agua, aditivos y eventualmente adiciones suplementarias. -El agregado grueso será la porción retenida en el tamiz N°4 y debe estar compuesto de grava, grava triturada o roca triturada o su combinación o concreto triturado fabricado con cemento hidráulico. (No podrá ser agregado proveniente de alto horno, debe estar exento de polvo, tierra, terrones u otros) -El agregado fino será la porción que pasa por el tamiz N°4 y debe provenir de arenas naturales o de la trituración de rocas, gravas, escorias siderúrgicas u otro producto. (Si en este hay arenas provenientes de escorias siderúrgicas se debe comprobar que no tenga silicatos inestables, compuestos ferrosos, ni algun otro que cause daño) -Se debe usar cemento hidráulico certificado y que cumpla con la NTC 121 y si es cemento blando la NTC 1362; se podrán usar bajo la denominación ASTM C150, ASTM C595 o ASTM C1157 si se demuestra que tienen un desempeño similar que la NTC121. El cemento debe ser de la misma marca, tipo y planta de fabricación (Podrá ser diferente si se tiene un diseño que lo apruebe) -La adición suplementaria podrán ser cenizas volantes y puzolanas naturales calcinadas o crudas bajo la NTC 3493 (ASTM C618) o ACI 232.1R; si es escoria de alto horno la NTC 4018 (ASTM C989-89) o ACI 233R y si es humo de sílice la ASTM C1240. -Se podrá usar aditivos reductores de agua y control de fraguado bajo la NTC 1299 (ASTM C494), inclusores de aire bajo la ASTM C260, reforzado con fibras bajo la NTC 5541 (ASTM C1116), colorantes con la ASTM C979 o cualquier aditivo que cumpla con la ACI 212.3R (presenta 18 tipos y sus normativas) •El acero a usar ya sea para elementos de amarre o transferencia en las juntas o como refuerzo de las losas deberá ser indicado en el diseño. Si son barras de acero deben estar certificados de cumplir la NTC 161 (ASTM A615), que según estas el acero deben ser fabricado por solera abierta, básico al oxígeno, horno eléctrico o por cualquier proceso aceptado. Las barras y rollos a partir de palanquillas provenientes de lingotes laminados en caliente o de procesos de colada continua. •Para las juntas se podrá usar sellos elastoméricos (ASTM D5893, EN 14188-2 y requisitos propios), sellos asfálticos aplicados en caliente (ASTM D6690) o sellos preformados (ASTM D3575). -En sellos elastométricos podrán ser siliconas, poliuretanos o material equivalente. •Para el curado se podrá usar agua, vapor de agua, mediante polietileno blanco o de papel que cumpla la ASTM C171 o también podrá ser mediante membranas de curado que cumpla la ASTM C309 •El agua para la mezcla deberá cumplir con la ASTM C1602, no podrá tener aceites, ácidos, azúcares, detergentes, sólidos disueltos, sales, materia orgánica o cualquier otra sustancia perjudicial. Además, indica que el agua potable no necesita cumplir requisitos ya que es potable.	**Para los agregados:** •Se podrá usar agregado grueso reciclado en un total de 10% del peso total del agregado grueso. Agregado fino: •Módulo de finura de 2.3 a 3.1; perdida con sulfato de sodio ≤ 10% y de magnesio ≤ 15%; contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables ≤ 3%; contenido de particulas livianas ≤ 0.5% si es importante la apariencia superficial (será ≤ 1% en el resto de casos); color permisible será el de la placa orgánica N°3 (si no cumple se acepta una resistencia relativa ≥ 95%); contenido de sulfatos ≤ 1.2%; el porcentaje de arena de trituración debe ser ≤ 15% del total del agregado fino (podrá ser ≤ 30% si se aprueba) •El agregado fino deberá cumplir una única granulometría: -PP (9.5 mm): 100; PP4: 95-100, PP8: 80-100, PP16: 50-85, PP30: 25-60, PP50: 5-30, PP100: 0-10 y PP200: 0-3 **Agregado grueso** •Se deberá cumplir las siguientes especificaciones: Desgaste los ángeles ≤ 40% (500 revoluciones) y ≤ 8% (100 revoluciones); degradación por abrasión ≤ 30%; resistencia mecánica en seco ≥ 90kN y húmedo/seco ≥ 75%; perdida con sulfato de sodio ≤ 12% y de magnesio ≤ 18%; contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables ≤ 3% y contenido de partículas livianas ≤ 0.5%; partículas fracturadas (una cara) ≥ 60%, indice de alargamiento ≤ 25% e índice de aplanamiento ≤ 25%; proporción de sulfatos del material combinado SO4 ≤ 1%. •Para el agregado grueso alguno de las siguientes granulometrías (si es tamaño nominal de 25 mm deber ser con los tipos AG-1 y AG-2): -AG-1 (2" a 1"): PP (63 mm): 100, PP (50 mm): 90-100, PP (37.5 mm): 35-70, PP (25 mm): 0-15 y PP (12.5 mm): 0-5 -AG-1 (1" a N°4): PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 95-100, PP (12.5 mm): 25-60, PP4: 0-10 y PP8: 0-5 -AG-2 (1 1/2" a 3/4"): PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 90-100, PP (25 mm): 20-55, PP (19 mm): 0-15 y PP (9.5 mm): 0-5 -AG-2 (3/4" a N°4): PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 90-100, PP (9.5 mm): 20-55, PP4: 0-10 y PP8: 0-5 -AG-3 (1" a N°4): PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 95-100, PP (12.5 mm): 25-60, PP4: 0-10 y PP8: 0-5 -AG-4 (2" a N°4): PP (63 mm): 100, PP (50 mm): 95-100, PP (25 mm): 35-70, PP (12.5 mm): 10-30 y PP4: 0-5 -AG-5 (1 1/2" a N°4): PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 95-100, PP (19 mm): 35-70, PP (9.5 mm): 10-30 y PP4: 0-5 -AG-6 (1" a 1/2"): PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 90-100, PP (19 mm): 20-55, PP (12.5 mm): 0-10 y PP (9.5 mm): 0-5 -AG-7 (1" a 3/8"): PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 90-100, PP (19 mm): 40-85, PP (12.5 mm): 10-40, PP (9.5 mm): 0-15 y PP4: 0-5. -AG-8 (3/4" a 3/8"): PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 90-100, PP (12.5 mm): 20-55, PP (9.5 mm): 0-15 y PP4: 0-5. •Las barras de acero según la NTC 161 (ASTM A615) -Las barras serán de los siguientes diámetros: 5.5mm, 6mm, 6.35mm (1/4"), 7mm, 8mm, 9mm, 9.13mm (23/64"), 9.52mm (3/8"), 10mm, 12mm, 12.7mm (1/2"), 13mm, 14mm, 15.87mm (5/8"), 16mm, 3/4", 7/8", 1", 1 1/8", 1 1/4", 1 3/8", 1 1/2", 1 5/8", 1 3/4", 1 7/8" y 2". -Deberá tener un límite de fluencia ≥ 216 Mpa (Grado AH-22), será ≥ 235 Mpa (Grado AH-24) y ≥ 275 Mpa (Grado AH-28); resistencia a la tracción ≥ 333 Mpa (Grado AH-22), ≥ 363 Mpa (Grado AH-24) y ≥ 480 Mpa (Grado AH-28); un % de alargamiento ≥ 20% para grado AH-22, ≥ 18% para grado AH-24 y ≥ 11% para el grado AH-28. -Este acero tendrá una composición química que cumpla la NTC 243 (SAE J403:2009) -Según la ASTM A615 serán 4 tipos, Grado 40 (280 Mpa), grado 60 (420 Mpa), grado 75 (520 Mpa) y grado 80 (550 Mpa): Resistencia a la tracción para grado 40 será ≥ 420 Mpa y límite elástico ≥ 280 Mpa, Grado 60 una resistencia a tracción ≥ 620 Mpa y límite elástico ≥ 420 Mpa, para Grado 75 resistencia a tracción ≥ 690 Mpa y límite elástico ≥ 520 Mpa y para Grado 80 una resistencia a tracción ≥ 725 Mpa y límite elástico ≥ 550 Mpa •El cemento según la NTC 121 será el denominado portland, y los tipos son los tipo 1, tipo 1M, tipo 2, tipo 3, tipo 4 o tipo 5 (si no se tiene cual usar, se especifica usar el tipo 1): -Todos deberán tener una Finura ≥ 280 m2/kg en superficie especifica (excepto tipo 3 que no presenta un valor de finura); estabilidad ≤ 0.8%; tiempo de fraguado por agujas de Vicat ≥ 45 minutos, tiempo final ≤ 8 horas (De manera opcional un tiempo de fraguado ≥ 60 min y tiempo final ≤ 10 horas; falso fraguado ≥ 50% de penetración final) **-Tipo 1:** Resistencia a compresión de 8 Mpa a los 3 días, de 15 Mpa a los 7 días y 24 Mpa a los 28 días; se podrá usar agua y sulfato de calcio si tiene un % de Trióxido de azufre ≤ 3.5%. **-Tipo 1M:** Resistencia a compresión de 12.5 Mpa a los 3 días y de 19.5 Mpa a los 7 días; se podrá usar agua y sulfato de calcio si tiene un % de Trióxido de azufre ≤ 3.5% y pérdida al fuego ≤ 5%. (Opcional una resistencia a la compresión de 28 Mpa a los 28 días) **-Tipo 2:** Resistencia a compresión de 10.5 Mpa a los 3 días y de 17.5 Mpa a los 7 días; se podrá usar agua y sulfato de calcio si tiene una pérdida al fuego ≤ 5%. (Opcional un calor de hidratación de 290 kJ/kg a los 7 días y de 330 kJ/kg a los 28 días; una resistencia a la compresión de 24 Mpa a los 28 días) **-Tipo 3:** Resistencia a compresión de 10 Mpa al 1 día y de 21 Mpa a los 3 días; se podrá usar agua y sulfato de calcio si tiene un % de Trióxido de azufre ≤ 4.5% y pérdida al fuego ≤ 4%. **-Tipo 4:** Resistencia a compresión de 7 Mpa a los 7 días y de 17.5 Mpa a los 28 días; se podrá usar agua y sulfato de calcio si tiene una pérdida al fuego ≤ 4%. (Opcional un calor de hidratación de 250 kJ/kg a los 7 días y de 290 kJ/kg a los 28 días) **-Tipo 5:** Resistencia a compresión de 8.5 Mpa a los 3 días, de 15.5 Mpa a los 7 días y 21 Mpa a los 28 días; se podrá usar agua y sulfato de calcio si tiene un % de Trióxido de azufre ≤ 7%. (Opcional una expansión a los sulfatos ≤ 0.045% a los 14 días) •El cemento blanco según la NTC 1362 será los tipo 1 y Tipo 1B: -Ambos deberán tener una permeabilidad de Blaine ≥ 2800 cm2/kg en promedio y ≥ 2600 cm2/kg individual; estabilidad ≤ 0.8%: tiempo de fraguado por agujas Gilmore ≥ 60 minutos el tiempo inicial, por agujas Vicat un tiempo inicial ≥ 45 minutos y final ≥ 10 horas; contenido de Óxido de magnesio ≤ 5%, anhídrido Sulfúrico ≤ 3%, residuo insoluble ≤ 2.5% y óxido férrico ≤ 0.5%. **-Tipo 1:** Resistencia a la compresión de 65 kg/cm2 a los 3 días, de 130 kg/cm2 a los 7 días y de 210 kg/cm2 a los 28 días; resistencia a la tensión de 10 kg/cm2 a los 3 días, de 19 km/cm2 a los 7 días y de 24 kg/cm2 a los 28 días. **-Tipo 1B:** Resistencia a la compresión de 85 kg/cm2 a los 3 días, de 145 kg/cm2 a los 7 días y de 245 kg/cm2 a los 28 días; resistencia a la tensión de 11 kg/cm2 a los 3 días, de 20 km/cm2 a los 7 días y de 25 kg/cm2 a los 28 días. •Las cenizas volantes según la NTC 3493 (ASTM C 618) podrán ser de 3 tipos: -Para todos los tipos los siguientes requisitos físicos: Finura a una cantidad retenida al tamiz N°325 ≤ 34%; índice de actividad de resistencia con cemento a los 7d y 28d ≥ 75%, con cal a los 7d ≥ 5500 kPa (Excepto clase C); Contracción o expansión en el autoclave ≤ 0.8%; gravedad especifica ≤ 5% y retenido en el tamiz N°325 ≤ 5%. (Opcional un incremento en la contracción a 28d ≤ 0.03%; requisito de uniformidad al concreto con aire ≤ 20%; expansión de mortero 14d ≤ 0.020%) **-Clase N** (Puzolanas naturales, calcinadas o crudas): En requisitos químicos una cantidad de (Dióxido de sílice + óxido de aluminio + óxido de hierro) ≥ 70%, trióxido de azufre ≤ 4%, contenido de humedad ≤ 3% y pérdida al fuego ≤ 10% (Opcional un contenido de álcalis disponible ≤ 1.5%); requisitos físicos un porcentaje de agua requerida ≤ 115%, (Opcional un requisito de uniformidad con una reducción de la expansión a 14d ≥ 75%). **-Clase F** (Producidas en la quema del carbón antracítico o bituminoso): En requisitos químicos una cantidad de (Dióxido de sílice + óxido de aluminio + óxido de hierro) ≥ 70%, trióxido de azufre ≤ 5%, contenido de humedad ≤ 3% y pérdida al fuego ≤ 6% (Opcional un contenido de álcalis disponible ≤ 1.5%); requisitos físicos un porcentaje de agua requerida ≤ 105%, (Opcional un requisito de factor múltiple ≤ 255%). **-Clase C** (A partir de carbón lignítico o sub bituminoso): En requisitos químicos una cantidad de (Dióxido de sílice + óxido de aluminio + óxido de hierro) ≥ 50%, trióxido de azufre ≤ 5%, contenido de humedad ≤ 3% y pérdida al fuego ≤ 6% (Opcional un contenido de álcalis disponible ≤ 1.5%); requisitos físicos un porcentaje de agua requerida ≤ 105%. •La escoria de alto horno según la NTC 4018 deberá cumplir lo siguiente según el grado (Grado 80, grado 100 o grado 120): Para requisitos físicos una finura retenida en tamiz N°325 ≤ 20%, superficie específica (determinar pero no hay exigencia), contenido de aire ≤ 12%, para grado 80 un índice de actividad a los 28d ≥ 75%, para grado 100 a los 28d será ≥ 95%, para grado 120 a los 28d ≥ 115% (muestra individual para grado 80, 100 y 120 será 70, 90% y 110 para 28d); en requisitos químicos un contenido de azufre en sulfuro ≤ 2.5% e Ion sulfato ≤ 4% (si se requiere para determinar la actividad de la escoria un total de álcalis de 0.6-0.9% y resistencia a compresión 28d de 35Mpa). •Para humo de sílice según la ASTM C1240 se deberá cumplir lo siguiente: Para los requisitos químicos un contenido de sílica ≥ 85%, contenido de humedad ≤ 3% y perdida por ignición ≤ 6%; requisitos físicos con un porcentaje retenido en tamiz N°325 ≤ 10% (variación de máximo 5%), índice de actividad de fuerza puzolánica acelerada con cemento a los 7d ≥ 105%, superficie específica ≥ 15 m2/g (Opcional, un requisito de reactividad con álcalis del cemento ≥ 80%, expansión de resistencia al sulfato ≤ 0.10% y una uniformidad si se incluye aire ≤ 20%) •El agua deberá cumplir según la ASTM C1602 el agua no potable deberá cumplir con lo siguiente: concentración de cloruro ≤ 500 ppm, sulfato ≤ 3000 ppm, alcalinos ≤ 600 ppm y un total de solidos ≤ 50000 ppm por masa. -La normativa colombiana añade un pH ≥ 6.5; resistencia a la compresión a los 7d ≥ 90% (cubo de mortero) y tiempo de fraguado respecto al de control de 1:00 inicial y 1:30 final (horas: minutos); contenido de Ion Cloro ≤ 500 ppm (concreto pretensado) y ≤ 1000 ppm (concreto reforzado); contenido de sulfatos ≤ 3000 ppm; contenido álcalis ≤ 600 pmm; solidos solubles ≤ 50000 pmm. •Si se usan aditivos bajo la NTC1299 (ASTM C494) podrán ser Tipo A (reductor de agua), tipo B (retardantes), tipo C (acelerantes), tipo D (reductores de agua y retardantes), tipo E (reductores de agua y acelerantes), tipo F (reductor de agua de alto rango) y tipo G (reductores de agua de alto rango y retardantes) -Todas tienen en común los siguientes requisitos: Porcentaje del control de 135% y aumento sobre el control de 0.010, un factor de durabilidad relativa ≥ 80 para concreto con aire. -Contenido de agua ≤ 95% en tipo A, D y E; para tipos F y G ≤ 88%. -Para tipo A y F un fraguado inicial y final de 1:00 antes ni 1:30 después; para tipo B, D y G un fraguado inicial de 1:00 despues-3:30 después y fraguado final de 3:30 después; para tipo C y E un fraguado inicial de 1:00 antes-3:30 antes y fraguado final de 1:00 antes. -Resistencia a compresión a los 28 días será ≥ 110% para tipos C, E, F y G; será ≥ 100% para tipos A, D y ≥ 90% para tipo B. Resistencia a la flexión a los 3 días será ≥ 110% para tipos A, D, E, F y G; será ≥ 100% para tipo C y ≥ 90% para tipo B. -Resistencia a la compresión a 1 año al igual que resistencia a la flexión a los 28 días respecto a la de control ≥ 100% para tipos A, D, E, F y G; y ≥ 90% para B y C. •Si se usan aditivos con incorporación de aire deberá tener lo siguiente: -Tiempo de fraguado inicial de 1:15 antes ni 1:15 después y final de 1:15 antes ni 1:15 después. -Resistencia a la compresión así como flexión a los 28 días ≥ 90% del de control; porcentaje del de control será 120%, aumento sobre el control de 0.006, factor de durabilidad ≥ 80 y exudación de cantidad neta de agua ≤ 2%. •Si se usa fibra, podrán ser tipo I (Fibra de acero), tipo II (fibra de vidrio) o tipo III (fibra sintética). •Si se usan colorantes deberán cumplir lo siguiente: Debe ser humectable con agua, pigmento tratado con hidróxido de sodio no deberá mostrar ningún cambio de color; sulfatos totales ≤ 5%; solubilidad en agua ≤ 2% en masa.	•El tamaño máximo nominal del agregado no podrá superar 1/3 del espesor de diseño de capa. •En la etapa de diseño se escogerá la franja granulométrica para agregado grueso que se necesite usar. -La combinación de las 2 franjas (agregado fino y grueso) deberá asemejarse a la formulada Fuller o Bolomey. •Las membranas a usar podrán ser Tipo 1 (claro y traslucido), Tipo 1-D (claro y traslucido con tinte fugitivo y distinguibles a las 4 horas e imperceptible a los 7dias) o tipo 2 (pigmento blanco) -Deben tener una pérdida de agua ≤ 0.55 kg/m2 a 72h; reflectancia diurna ≥ 60% (solo tipo 2) y secado ≤ 4 horas. •Para curado mediante polietileno blanco o de papel de curado según la ASTM C171 deben: Ser materiales resistentes, fuertes, resilientes y capaces de resistir el uso normal; tasa de transmisión de vapor de agua ≤ 10 g/m2 en 24 horas; reflectancia a la luz del día del lado blanco del papel de curado ≥ 50% y para polietileno blanca del lado del polietileno ≥ 70%; resistencia a la tracción ≥ 5.25 kN/m de ancho en dirección de la maquina y ≥ 2.62 en la dirección transversal. -Las láminas de polietileno tienen un grosor nominal ≥ 0.10 mm y en ningún punto menor a 0.075 mm, donde según la ASTM D4397 tendrá resistencia a la tracción ≥ 11.7 Mpa en dirección longitudinal y ≥ 8.3 Mpa en dirección transversal; alargamiento ≥ 225% en dirección longitudinal y ≥ 350% en dirección transversal. También una resistencia al impacto ≥ 165 g (0.10 mm), ≥ 205 g (0.125 mm), ≥ 260 g (0.15 mm), ≥ 315 g (0.175 mm), ≥ 370 g (0.20 mm), ≥ 420 g (0.225 mm) y ≥ 475 g (0.25 mm) •Para selladores elastométricos de silicona la ASTM D5893 indica los tipos NS (sin hundimiento) y SL (autonivelante): Curado total a los 21 días; sellador NS no podrá hundirse más de 7.6 mm, tasa de extrusión en S ≥ 50mL/min; no podrán estar pegajosos luego de 5 h; perdida por envejecimiento ≤ 10%; en adhesión no presenten grietas, separaciones u otros; dureza ≤ 25 (podrá ser ≤ 30); no debe haber flujo luego de 72 h; alargamiento final ≥ 600%, tensión de tracción ≤ 310 kPa; luego de 500 h no puede mostrar ningún cambio físico; resiliencia del sellante ≥ 75%. •Sellos elastométricos de poliuretano: contenido de sólidos ≥ 98%; gravedad específica ≥ 1.30; dureza de 40 ± 5; formación de piel ≤ 2 horas; adherencia al concreto ≥ 5.4 kN/m; adherencia al concreto luego de inmersión ≥ 4.9 kN/m y adherencia al concreto húmedo > 2.6 kN/m (solo para concreto húmedo o menos de 28d de curado); pasa la prueba de envejecimiento acelerado; resistencia a la tensión ≥ 1720 kPa; elongación ≥ 600%; inclinación de aplicación máximo 5%; resistencia al rasgado ≥ 240 kPa y capacidad de movimiento ≥ ± 35%. •Para sellos en caliente podrán ser el Tipo I (para climas moderados), Tipo II (para mayoría de climas), tipo III (para mayoría de climas) y tipo IV (para climas muy fríos); estos deberán cumplir lo siguiente: -Penetración a 25°C ≤ 90 (para tipos I, II y III) y 90-150 (para tipos IV); punto de ablandamiento ≥ 80°C; adhesión no inmersa con 50% de extensión (Tipo I, II y III) y 200% de extensión (Tipo IV), además una adhesión e inmersión con 50% de extensión (solo para tipo III); resiliencia ≥ 60% (para tipos II, III y IV) y resiliencia luego de envejecimiento ≥ 60% (solo para tipo III); una compatibilidad con asfalto aprobado. •Para sellos preformados: elongación de rotura ≥ 357%; resistencia a la tensión ≥ 372 kPa; compresión set ≥ 40% (para 1/2 hora) y ≥ 13% (para 24 horas); resistencia al desgarro ≥ 2.2 N/mm; densidad de 32 kg/m3; absorción de agua ≤ 1% en volumen y dureza shore de 0-48. •Para espumas de poliuretano de alta densidad para juntas de expansión, los siguientes requisitos: Elongación a rotura ≥ 150%; resistencia a la tensión ≥ 0.124 Mpa o 18 psi y capacidad térmica de movimiento a 500 ciclos de +60 a -60%. -La ASTM D944 añade una absorción de agua ≤ 2.5% para un espesor de 25 mm, ≤ 3% para espesor de 20 mm, ≤ 4% para 15 mm y ≤ 5% para espesores de 10 mm; deflexión ≤ 25 mm.
Perú	•El agregado grueso provendrá de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas (sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables); esta es la porción retenida en el tamiz N°4. •El agregado fino provendrá de arenas naturales o de la trituración de rocas, gravas, escorias siderúrgicas u otro producto que resulte adecuados; será el porcentaje que pasa por tamiz N°4. •El cemento a usar deberá ser especificado en el diseño, sino se especifica, será el presentado en las norma NTP 334.009 como tipo 1; si tiene adiciones será respecto a la NTP 334.090 (ASTM C 595); si es con cenizas volantes o puzolanas crudas o calcinadas seran las clase C, F ó N de la especificación NTP 334.104 (ASTM C-618); si es escoria de alto horno molida y granulada será según la ASTM C989 para los grados 100 o 120. •Se podrá usar aditivos reductores de agua y control de fraguado bajo la ASTM C494 o inclusores de aire bajo la ASTM C260. •El acero a usar deberá cumplir con la ASTM A615 -Las barras deben tener un marcaje para envío y almacenamiento con la MIL-STD-129 y para envío la Fed. Std. No. 123. •El agua deberá ser potable, si no es potable deberá cumplir ciertas especificaciones. •El curado se podrá hacer con productos químicos, el cual deberá tener un certificado de calidad cumpliendo con la ASTM C309 (si la base es de parafina los tipos tipo 2, clase B, o clase A); o también podrá ser mediante láminas de curado de polietileno blanco o de papel de curado que cumpla la ASTM C171 (papel de curado que deberá ser claro libre de defectos visibles y tendrá un aspecto uniforme, tendrá al menos una superficie blanca) •Para la separación de la capa base de rodadura si se requiere, se usa una membrana de polietileno blanco o de papel de curado que cumpla la ASTM C171 •Para sello de juntas se podrá usar sello de silicona o sello de aplicación en caliente (ASTM D3405) -Tirilla de cordón de respaldo deberá ser espuma de polietileno extruida de celda cerrada y cumpla la ASTM D5249 -Material de relleno para juntas de expansión (ASTM D 994, ASTM D 1751 o ASTM D 1752)	**•Para el agregado fino:** -Perdidas de solidez en sulfatos para ≥ 3 000 msnm con sulfato de sodio ≤ 10% y sulfato de magnesio ≤ 15%; índice de plasticidad no plástico; equivalencia de arena para f'c ≤ 21 MPa será ≥ 65% y para f'c > 21 MPa será ≥ 75%; contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables ≤ 3%; contenido de carbón y lignito ≤ 0.5%; material que pasa por tamiz N°200 ≤ 3%; en contenido de materia orgánica el color más oscuro permisible será igual a muestra patrón; contenido de sulfatos ≤ 1.2%; contenido de cloruros ≤ 0.1%; absorción de agua ≤ 4%. -Porcentaje de arena de trituración ≤ 30% y módulo de finura de 2.3-3.1; deberá cumplir con una franja granulométrica especifica donde no se podrá tener el 45% del material retenido en 2 tamices adyacentes, a continuación la franja granulométrica: PP (9.5 mm): 100, PP4: 95-100, PP8: 80-100, PP16: 50-85, PP30: 25-60, PP50: 10-30 y PP100: 2-10 **•Para el agregado grueso:** -Desgaste Los ángeles ≤ 40%; perdidas de solidez en sulfatos para ≥ 3 000 msnm con sulfato de sodio ≤ 12% y sulfato de magnesio ≤ 18%; contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables ≤ 3%; contenido de carbón y lignito ≤ 0.5%; partículas fracturadas mecánicamente con (una cara) ≥ 60%; cantidad de partículas chatas y alargadas (relación 5:1) ≤ 15%; contenido de sulfatos ≤ 1% y contenido de cloruros ≤ 0.1%. Se deberá cumplir con una de las 15 franjas que se podrán usar, dependiendo a su vez del uso y tamaño nominal: -Tipo 1 (90-37.5 mm): PP (100 mm): 100, PP (90 mm): 90-100, PP (63 mm): 25-60, PP (37.5 mm): 0-15 y PP (19 mm): 0-5. -Tipo 2 (63-37.5 mm): PP (75 mm): 100, PP (63 mm): 90-100, PP (50 mm): 35-70, PP (37.5 mm): 0-15, PP (19 mm): 0-5. -Tipo 3 (50-25 mm): PP (63 mm): 100, PP (50 mm): 90-100, PP (37.5 mm): 35-70, PP (25 mm): 0-15, PP (12.5 mm): 0-5. -Tipo 357 (50-4.75 mm): PP (63 mm): 100, PP (50 mm): 95-100, PP (25 mm): 35-70, PP (12.5 mm): 10-30, PP4: 0-5. -Tipo 4 (37.5-19 mm): PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 90-100, PP (25 mm): 20-55, PP (19 mm): 0-15, PP (9.5 mm): 0-5. -Tipo 467 (37.5-4.75 mm): PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 95-100, PP (19 mm): 35-70, PP (9.5 mm): 10-30, PP4: 0-5. -Tipo 5 (25-12.5 mm): PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 90-100, PP (19 mm): 20-55, PP (12.5 mm): 0-10, PP (9.5 mm): 0-5. -Tipo 56 (25-9.5 mm): PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 90-100, PP (19 mm): 40-85, PP (12.5 mm): 10-40, PP (9.5 mm): 0-15, PP4: 0-5. -Tipo 57 (25-4.75 mm): PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 95-100, PP (12.5 mm): 25-60, PP4: 0-10, PP8: 0-5. -Tipo 6 (19-9.5 mm): PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 90-100, PP (12.5 mm): 20-55, PP (9.5 mm): 0-15, PP4: 0-5. -Tipo 67 (19-4.75 mm): PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 90-100, PP (9.5 mm): 20-55, PP4: 0-10, PP8: 0-5. -Tipo 7 (12.5-4.75 mm): PP (19 mm): 100, PP (12.5 mm): 90-100, PP (9.5 mm): 40-70, PP4: 0-15, PP8: 0-5. -Tipo 8 (9.5-2.36 mm): PP (12.5 mm): 100, PP (9.5 mm): 85-100, PP4: 10-30, PP8: 0-10, PP16: 0-5. -Tipo 89 (9.5-1.18 mm): PP (12.5 mm): 100, PP (9.5 mm): 90-100, PP4: 20-55, PP8: 5-30, PP16: 0-10, PP50: 0-5. -Tipo 9A (4.75-1.18 mm): PP (9.5 mm): 100, PP4: 85-100, PP8: 10-40, PP16: 0-10, PP50: 0-5. •Las barras de acero según la ASTM A615 serán los denominados como Grado 40 (280 Mpa), grado 60 (420 Mpa), grado 75 (520 Mpa) y grado 80 (550 Mpa) -Las barras serán de los siguientes diámetros: 3/8" (10 mm), 1/2" (13 mm), 5/8" (16 mm), 3/4" (19 mm), 7/8" (22 mm), 1" (25 mm), 9/8" (29 mm), 5/4" (32 mm), 11/8" (36 mm), 7/4" (43 mm) y 9/4" (57 mm). -El contenido de fosforo debe ser ≤ 0.06%. -Resistencia a la tracción para grado 40 será ≥ 420 Mpa y límite elástico ≥ 280 Mpa, Grado 60 una resistencia a tracción ≥ 620 Mpa y límite elástico ≥ 420 Mpa, para Grado 75 resistencia a tracción ≥ 690 Mpa y límite elástico ≥ 520 Mpa y para Grado 80 una resistencia a tracción ≥ 725 Mpa y límite elástico ≥ 550 Mpa -Alargamiento (A una longitud de 200 mm) para grado 40 será ≥ 11% para barras de 3/8" y ≥ 12 para barras de 1/2", 5/8" y 3/4". Para grado 60 será ≥ 9% para barras desde 3/8" hasta 3/4", será ≥ 8% para barras de 7/8" y 1" y ≥ 7% para barras desde 9/8" hasta 9/4". Para grado 75 y 80 será ≥ 7% para barras desde 3/8" hasta 1" y ≥ 6% para barras desde 9/8" hasta 9/4". •El tipo de cemento a usar será el tipo I (Para uso general) de los tipos de cemento presentados en la NTP 334.009: **-Tipo I:** Contenido de óxido de magnesio ≤ 6%; contenido de trióxido de azufre cuando el Silicato Tricálcico ≤ 8% será ≤ 3% y cuando el Silicato Tricálcico > 8% será ≤ 3.5%; pérdida por ignición ≤ 3% y residuo insoluble ≤ 0.75% (Opcional un contenido de álcalis equivalente ≤ 0.6%); contenido de aire en el mortero ≤ 12%; finura de la superficie especifica por turbidímetro ≥ 160 m2/kg y por permeabilidad ≥ 280 m2/kg; expansión en autoclave ≤ 0.80%; Resistencia a compresión de 12 Mpa a los 3 días y 19 Mpa a los 7 días; tiempo de fraguado por Gilmore con un inicial no menor que 60 min y final no mayor que 600 minutos, por vicat será inicial de 45 y final de 375 minutos. (Opcional un falso fraguado ≥ 50%, resistencia a la compresión de 28 Mpa a los 28 días) •Los tipos presentados en la NTP 334.090 (ASTM C 595) son los IS (con escoria de alto horno), IP (puzolánico), tipo I (PM, puzolánico modificado), tipo IT (adicionado terniario) y tipo ICo (compuesto); donde podrán ir acompañado de un número que indica el porcentaje de material o donde estos podrán ir acompañados de las letras MS (Moderada resistencia a sulfatos), HS (alta resistencia a sulfatos), MH (moderado calor de hidratación), LH (bajo calor de hidratación) y A (incorporación de aire). -La puzolana a usar en cemento adicionales y escoria en cemento portland IS (< 25) e IT (S<25) deben cumplir lo siguiente: Finura (retenido en tamiz N°325) ≤ 20%; reactividad alcalina de la puzolana en tipos I (PM)(<15), IT (P<15) e I(PM)(<15)-A será ≤ 0.05%; índice de actividad con cemento portland a 28días ≥ 75%. **-Requisitos químicos** (la P es puzolana y la S es escoria): Contenido de magnesio será ≤ 6% para IP, I (PM), IT (P > S) e ICo; contenido de azufre como trióxido de azufre ≤ 3% para IS (<70) e IT (P<S<70) y ≤ 4% para los tipos IS (≥70), IT (S≥70), IP, I (PM), IT (P > S) e ICo; un contenido de azufre ≤ 2% y residuo insoluble ≤ 1%,ambos para IS (<70), IT (P<S<70), IS (≥70) e IT (S≥70); pérdida por ignición ≤ 3% para IS (<70) e IT (P<S<70), ≤ 4% para los tipos IS (≥70) e IT (S≥70) y ≤ 5% para los tipos IP, I (PM) e IT (P > S). Para los tipos **IS (<70), IP, IT (P<S<70), IT (P>S), ICo, IS (<70)(MS), IP (MS), IT (P<S<70)(MS), IT (P>S) (MS), IS (<70)(HS), IT (P<S<70)(HS), IP (HS), IT (P>S)(HS), IS(≥70), IT (S≥70), IP (LH) e IT (P>S)(LH)**, tendrán las siguientes especificaciones: -Expansión en autoclave ≤ 0.80%; contracción autoclave ≤ 0.20%; tiempo de fraguado vicat no menos que 45 minutos y no más que 7 horas; contenido de aire del mortero ≤ 12%; expansión del mortero a los 14 días ≤ 0.2% y a las 8 semanas ≤ 0.060%. -Resistencia a la compresión de 13Mpa a los 3 días, 20 a los 7 días y 25 Mpa a los 28 días para los tipos IS (<70), IP, IT (P<S<70), IT (P>S), ICo; resistencia a la compresión de 11Mpa a los 3 días, 18 a los 7 días y 25 Mpa a los 28 días para los tipos IS (<70)(MS), IP (MS), IT (P<S<70)(MS), IT (P>S) (MS), IS (<70)(HS), IT (P<S<70)(HS), IP (HS), IT (P>S)(HS); resistencia a la compresión de 5Mpa a los 7 días y 11 Mpa a los 28 días para los tipos IS(≥70), IT (S≥70) y resistencia a la compresión de 11 Mpa a los 7 días y 21 Mpa a los 28 días para los tipos IP (LH) e IT (P>S)(LH). -Calor de hidratación de 290 kJ/kg a los 7d y 330 kJ/kg a los 28d para los tipos IS (<70), IP, IT (P<S<70), IT (P>S), ICo, IS (<70)(MS), IP (MS), IT (P<S<70)(MS), IT (P>S) (MS), IS (<70)(HS), IT (P<S<70)(HS), IP (HS), IT (P>S)(HS); Calor de hidratación de 250 kJ/kg a los 7d y 290 kJ/kg junto a un contenido de agua ≤ 64% de peso del cemento y contracción por secado ≤ 0.15% para los tipos IP (LH) e IT (P>S)(LH). -Resistencia a los sulfatos con una expansión a los 180 días (si no cumple se revisa que los cumpla al año) ≤ 0.10% para los tipos IS (<70), IP, IT (P<S<70), IT (P>S), ICo, IS (<70)(MS), IP (MS), IT (P<S<70)(MS), IT (P>S) (MS); expansión a los 180 días ≤ 0.05% y a 1 año ≤ 0.10% para los tipos IS (<70)(HS), IT (P<S<70)(HS), IP (HS), IT (P>S)(HS). •Los tipos presentados en la NTP 334.104 (ASTM C618) a usar será los clases C, F ó N, que deben cumplir lo siguiente: -Todos deben cumplir los siguientes requisitos: Fineza (retenida en tamiz N°325) ≤ 34%; índice de actividad resistente a 7 y 28 días ≥ 75%; demanda de agua ≤ 115% de control; estabilidad en expansión o contracción en autoclave ≤ 0.8%; densidad con una variación del promedio ≤ 5% para el porcentaje retenido en tamiz N°325 ≤ 5%. -De manera opcional los siguientes: incremento de la contracción por secado de las barras de mortero a 28 días ≤ 0.03% (diferencia sobre el control); uniformidad cuando especifica concreto con aire ≤ 20%; efectividad en control de reacción sílice-álcali en expansión de la mezcla a 14d ≤ 100%; efectividad de resistencia a los sulfatosa los 6 meses con exposición moderada ≤ 0.10% y ≤ 0.05 en exposiciones altas de sulfatos, si es por medio de porcentaje cemento resistente a sulfatos después de 6 meses ≤ 100% de expansión. -Tipo N: Contenido de dióxido de silicio + óxido de aluminio + óxido de fierro ≥ 70%; Trióxido de azufre ≤ 4%; contenido de humedad ≤ 3%; pérdidas por calcinación ≤ 10%. -Tipo F: Contenido de dióxido de silicio + óxido de aluminio + óxido de fierro ≥ 70%; Trióxido de azufre ≤ 5%; contenido de humedad ≤ 3%; pérdida por calcinación ≤ 6%. -Tipo C: Contenido de dióxido de silicio + óxido de aluminio + óxido de fierro ≥ 50%; Trióxido de azufre ≤ 5%; contenido de humedad ≤ 3%; pérdida por calcinación ≤ 6%. •Escoria de alto horno molida y granulada será según la ASTM C989 serán las clases 100 y 120, que cumplirán lo siguiente: Finura (retenida en tamiz N°325) ≤ 20%; contenido de aire ≤ 12%; índice de actividad resistente a 28 días ≥ 95% promedio para clase 100 y ≥ 115% para clase 120; además deberán tener un contenido de sulfuro de azufre ≤ 2.5% (Todo con un cemento de referencia que tenga una resistencia a la compresión a 28 días ≥ 35 Mpa, con contenido de alcalis de 0.60-0.90%) •Si se usan aditivos podrán reductores de agua y control de fraguado podrá ser Tipo A (reductor de agua), tipo B (retardantes), tipo C (acelerantes), tipo D (reductores de agua y retardantes), tipo E (reductores de agua y acelerantes), tipo F (reductor de agua de alto rango) y tipo G (reductores de agua de alto rango y retardantes) -Todas tienen en común los siguientes requisitos: Porcentaje del control de 135% y aumento sobre el control de 0.010, un factor de durabilidad relativa ≥ 80 para concreto con aire. -Contenido de agua ≤ 95% en tipo A, D y E; para tipos F y G ≤ 88%. -Para tipo A y F un fraguado inicial y final de 1:00 antes-1:30 después; para tipo B, D y G un fraguado inicial de 1:00 antes-3:30 después y fraguado final de 3:30 después; para tipo C y E un fraguado inicial de 1:00-3:30 antes y fraguado final de 1:00 antes. -Resistencia a la compresión respecto a la de control a los 28 días ≥ 110% para tipos A, D, E, F y G; ≥ 90% para B y ≥ 100% para C. Al año serán ≥ 100% para tipos A, D, E, F y G; y ≥ 90% para B y C. -Resistencia a la flexión respecto a la de control a los 28 días ≥ 100% para tipos A, D, E, F y G; y ≥ 90% para B y C. •Si se usan aditivos con incorporación de aire deberá tener lo siguiente: -Tiempo de fraguado inicial de 1:15 antes ni 1:15 después y final de 1:15 antes ni 1:15 después. -Resistencia a la compresión así como flexión a los 28 días ≥ 90% del de control; porcentaje del de control será 120%, aumento sobre el control de 0.006, factor de durabilidad ≥ 80 y exudación de cantidad neta de agua ≤ 2%. •El agua deberá ser limpia y libre de álcalis u otras sustancias deletéreas, además, deberá cumplir lo siguiente: pH de 5.5-8.5; contenido de sulfatos SO4 ≤ 3000 ppm. -El concreto con esta agua deberá tener una resistencia a compresión a los 7d de 90% y tiempo de fraguado con una desviación de 1h más temprano a 1.5h más tarde respecto al control. -De manera opcional los siguientes límites químicos para el agua de mezclado: Contenido de cloruro ≤ 500 ppm; sulfatos SO4 ≤ 3000 ppm; álcalis ≤ 600 ppm; solidos totales ≤ 50000 ppm por masa. •Para la mezcla un contenido de cemento por m3 ≥ 300 kg, relación agua cemento ≤ 0.5 y asentamiento de 50-75 mm.	•Si no cumple con la materia orgánica se podrá aceptar si se obtendrá en el mortero una resistencia relativa a 7 días ≥ 95% •La granulométrica para el agregado grueso se deberá escoger en la etapa de diseño entre las 15 franjas granulométricas presentadas. •La mezcla de agregado grueso y fino debe ser continua y asemejarse a las fórmulas de Fuller o Bolomey •Para tanto agregado grueso como fino no podrán tener reactividad potencial con los álcalis del cemento. •Las membranas para el curado según la ASTM C309 a usar podrán ser Tipo 1 (claro y traslucido), Tipo 1-D (claro y traslucido con tinte fugitivo y distinguibles a las 4 horas e imperceptible a los 7dias) o tipo 2 (pigmento blanco), Clase A (No restricciones) y clase B (debe ser resina) -Deben tener una pérdida de agua ≤ 0.55 kg/m2 a 72h; reflectancia diurna ≥ 60% (solo tipo 2) y secado ≤ 4 horas. •Para curado mediante polietileno blanco o de papel de curado según la ASTM C171 deben: Ser materiales resistentes, fuertes, resilientes y capaces de resistir el uso normal; tasa de transmisión de vapor de agua ≤ 10 g/m2 en 24 horas; reflectancia a la luz del día del lado blanco del papel de curado ≥ 50% y para polietileno blanca del lado del polietileno ≥ 70%; resistencia a la tracción ≥ 5.25 kN/m de ancho en dirección de la maquina y ≥ 2.62 en la dirección transversal. -Las láminas de polietileno tienen un grosor nominal ≥ 0.10 mm y en ningún punto menor a 0.075 mm, donde según la ASTM D4397 tendrá resistencia a la tracción ≥ 11.7 Mpa en dirección longitudinal y ≥ 8.3 Mpa en dirección transversal; alargamiento ≥ 225% en dirección longitudinal y ≥ 350% en dirección transversal. También una resistencia al impacto ≥ 165 g (0.10 mm), ≥ 205 g (0.125 mm), ≥ 260 g (0.15 mm), ≥ 315 g (0.175 mm), ≥ 370 g (0.20 mm), ≥ 420 g (0.225 mm) y ≥ 475 g (0.25 mm) •Sello de silicona para juntas deberá cumplir lo siguiente: -Esfuerzo de tensión a 150% de elongación (7 días de curado a 25°C± 5°C y 45% a 55% de humedad relativa) ≤ 310 kPa; flujo a 25°C (±5°C) no deberá fluir del canal; tasa de extrusión a 25°C (±5°C) de 75-250 gm/min; gravedad especifica de 1.01-1.51; dureza a -18°C (7 días de curado a 25°C ±5°C) de 10-25; una resistencia a intemperismo después de 5000 horas donde no presente agrietamientos, pérdida de adherencia o superficies polvorientas por desintegración; superficie seca (25°C ± 5°C y 45% a 55% de humedad relativa) ≤ 75 minutos; elongación a la rotura a 21 días ≥ 750%; fraguado al tacto (25°C ± 5°C y 45% a 55% de humedad relativa) ≤ 75 minutos; vida en contenedor ≥ 6 meses; adhesión a bloques de mortero ≥ 345 kPa; capacidad de movimiento y adhesión con una extensión de 100% a 18°C (7 días de curado al aire y 7 en agua, a 25°C ± 5°C) donde no presenta ninguna falla por adhesión o cohesión después de 5 ciclos. •Sello en caliente para juntas según la ASTM D3405: Penetración del cono ≤ 90; flujo ≤ 3 mm; desarrollo de grietas, separaciones o aberturas ≤ 6.4 mm (prueba de sellador a -29°C); resiliencia con una recuperación ≥ 60%. •Para tirillas o cordón de acuerdo a la ASTM D5249 serán los Tipo 1 (Varillas redondas para selladores en frío y caliente), tipo 2 (Láminas o tiras para selladores en frío y caliente) y tipo 3(Varillas redondas solo para selladores en frío) y deberán cumplir lo siguiente: -Densidad ≤ 96.1 kg/m3 para tipo 1 y 3, y ≤ 64.1 kg/m3 para tipo 2; resistencia a la tracción ≥ 20 psi (solo tipo 1 y 3); absorción de agua ≤ 0.5% en volumen; Fuerza de deflexión por compresión del 25 % ≤ 15 psi; recuperación de compresión ≥ 90%; resistencia al calor de 200 ± 2.8°C (solo para tipo 1 y 2) y contracción máxima de 10% (solo tipo 1 y 2). •Para espumas de poliuretano de alta densidad para juntas de expansión según la ASTM D994, los siguientes requisitos: Absorción de agua ≤ 2.5% para un espesor de 25 mm, ≤ 3% para espesor de 20 mm, ≤ 4% para 15 mm y ≤ 5% para espesores de 10 mm; deflexión ≤ 25 mm. -La ASTM D1751 añade que los tipos no exudantes y bituminosos resilientes deben tener una pérdida de peso por compresión ≤ 3%; extrusión ≤ 6.4 mm; recuperación de grosor ≥ 70%; absorción de agua ≤ 15% del volumen en 24 horas para grosor nominal de 13 mm y ≤ 20% para el resto de grosores; contenido de asfalto deberá ser al menos del 35%. -La ASTM D1752 añade que si son rellenos preformados de caucho esponjoso, corcho y PVC reciclado podrán ser Tipo I (Caucho esponjoso), Tipo II (Corcho), Tipo III (Corcho autoexpandible) y Tipo IV (PVC reciclado), los cuales deben cumplir con lo siguiente: Recuperación ≥ 90% de su grosor; extrusión ≤ 6.4 mm; expansión ≥ 140% de su grosor (solo Tipo III); los tipo I y II no deberán presentar evidencias de desintegración grave con ebullición en ácido clorhídrico; La densidad ≥ 480 kg/m3 (Tipo 1) y ≥ 801 kg/m3 (Tipo 4).

Chile	•Los agregados a usar son: -El agregado grueso: Árido retenido en el tamiz de 4.75 mm -Agregado fino: Árido que pasa por el tamiz de 4.75 mm y retenido en el tamiz de 0.075 mm -Filler de árido es aquel que pasa por el tamiz de 0.075 mm (N°200) •El cemento a usar deberá cumplir con la NCh 148 y ser de alta resistencia, junto a un certificado del proveedor; estos podrán ser: -Cemento portland: Compuesto de clinquer y yeso -Cemento siderúrgico: Podrá ser a su vez cemento portland siderúrgico (Con máximo 30% de escoria básica granulada de alto horno) o cemento siderúrgico (Entre 30-75% de escoria básica granulada de alto horno) -Cemento con agregado tipo A: Podrá ser cemento portland con agregado tipo A (Máximo 30% de este agregado) o cemento con agregado tipo A (30-50% en peso de este agregado). El agregado tipo A es un material calcáreo-arcilloso (calcinado a más de 900°C) y otros materiales a base de óxidos de silicio, aluminio y fierro, además un contenido de calcio de 5-30%. -Cemento puzolánico: Podrá ser cemento portland puzolánico (Máximo 30% de puzolana) o cemento puzolánico (30-50% de puzolana). La puzolana es un material silíceo-aluminoso. -Cemento con fines especiales: Serán aquellos que cumplirán las especificaciones que el diseño presente. •Se podrán usar aditivos bajo la NCh 2182 (ASTM C494-08, ASTM C260-06 y UNE-EN 934-2:2002) •Solo se pueden usar retardadores de evaporación si son a base de alcoholes alifáticos, demostrando su eficacia y que no provoque efectos adversos al hormigón, debe ser ensayado y certificado con laboratorios acreditados por la INN. •Se podrá incorporar fibra estructural ya sea de sintética bajo la ASTM D7508 o de acero bajo la ASTM A820. -Las fibras de acero deberán ser inoxidables si el hormigón tiene exposición a agentes corrosivos. •Se usaran barras de acero serán de grado A630-420H o A440-280H, se podrán usar aceros extranjeros como aceros de la ASTM A706 debe acreditar que cumpla los requisitos. Debe estar marcado y certificado. •Los sellantes para juntas deben cumplir con la MC V5-5.410.204 y se clasifican en: -Aplicación en frío bajo la MC V8-8.701.1 (ASTM D1850-74) -Elastomérico aplicado en caliente bajo la MC V8-8.701.3 (ASTM D3406-78) -Elástico aplicado en caliente bajo la MC V8-8.701.2 (ASTM D1190-74) -De aplicación en caliente bajo la MC V8-8.701.4 (ASTM D3405-78) •Para el curado será el uso de compuestos líquidos formadores de membranas bajo el MC V8-8.401.2 (AASHTO M148) •El agua deberá ser limpia y exenta de sustancias perjudiciales y satisfacer los requisitos necesarios.	**•Para el agregado grueso:** -Requisitos físicos: Contenido de finos ≤ 1%; absorción de agua ≤ 2%; resistencia al desgaste Los ángeles ≤ 35%; coeficiente de forma del árido grueso ≥ 80%; partículas desmenuzables ≤ 3%; resistencia al desgaste con sulfato de sodio ≤ 10% y magnesio ≤ 15%; índice de trituración para hormigón sometido a desgaste ≤ 20% y para otro tipo de hormigón ≤ 15%; contenido de partículas chancadas ≥ 50%; contenido de lajas ≤ 2% (cuando sea para mezclas de más de 5000 m3); contenido de carbón y lignito para hormigón a la vista ≤ 0.5% y para otro tipo de hormigón ≤ 1%. -Requisitos químicos: Contenido de cloruros Cl≤ 0.0005 kg Cl/Kg árido; contenido de sulfatos solubles en agua ≤ 0.003 kg SO_4/Kg árido; reacción de álcali-árido cuando el Rc > 70 mmol/L se considera reactivo si Sc > Rc, si Rc < 70 mmol/L si Sc > 35±0.5Rc (Sc es sílice soluble y Rc es reducción alcalinidad) -Este deberá cumplir con 1 de las 9 franjas granulométricas: **-Grado 63-37.5 mm:** PP (75 mm): 100, PP (63 mm): 90-100, PP (50 mm): 35-70, PP (37.5 mm): 0-15 y PP (19 mm): 0-5. **-Grado 50-25 mm:** PP (63 mm): 100, PP (50 mm): 90-100, PP (37.5 mm): 35-70, PP (25 mm): 0-15 y PP (12.5 mm): 0-5. **-Grado 50-4.75 mm:** PP (63 mm): 100, PP (50 mm): 90-100, PP (25 mm): 35-70, PP (12.5 mm): 10-30 y PP (4.75 mm): 0-5. **-Grado 37.5-19 mm:** PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 90-100, PP (25 mm): 20-55, PP (19 mm): 0-15 y PP (9.5 mm): 0-5. **-Grado 37.5-4.75 mm:** PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 90-100, PP (19 mm): 35-70, PP (9.5 mm): 10-30 y PP (4.75 mm): 0-5. **-Grado 25-4.75 mm:** PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 90-100, PP (12.5 mm): 25-60, PP (4.75 mm): 0-10 y PP (2.36 mm): 0-5. **-Grado 19-4.75 mm:** PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 90-100, PP (9.5 mm): 20-55, PP (4.75 mm): 0-10 y PP (2.36 mm): 0-5. **-Grado 12.5-4.75 mm:** PP (19 mm): 100, PP (12.5 mm): 90-100, PP (9.5 mm): 40-70, PP (4.75 mm): 0-15 y PP (2.36 mm): 0-5. **-Grado 9.5-2.36 mm:** PP (12.5 mm): 100, PP (9.5 mm): 90-100, PP (4.75 mm): 10-30, PP (2.36 mm): 0-10 y PP (1.18 mm): 0-5. **•Para el agregado fino:** -Requisitos físicos: Contenido de finos ≤ 5% para áridos naturales; equivalencia de arena ≥ 75%; absorción de agua ≤ 3%; partículas desmenuzables ≤ 3%; resistencia al desgaste con sulfato de sodio ≤ 10% y magnesio ≤ 15%; índice de trituración para hormigón sometido a desgaste ≤ 4% y para otro tipo de hormigón ≤ 5%; contenido de carbón y lignito para hormigón a la vista ≤ 0.5% y para otro tipo de hormigón ≤ 1%. (Si no cumple el contenido de finos o la equivalencia de arena se podrá aceptar si tiene un valor azul ≤ 0.30g para exposición severa y ≤ 60g para otros casos) -Requisitos químicos: Impurezas químicas medida desde más claro a más oscuro deberá ser igual, si es por vidrios de color ≤ 3; Contenido de cloruros Cl≤ 0.0005 kg Cl/Kg árido; contenido de sulfatos solubles en agua ≤ 0.003 kg SO_4/Kg árido; reacción de álcali-árido cuando el Rc > 70 mmol/L se considera reactivo si Sc > Rc, si Rc < 70 mmol/L si Sc > 35±0.5Rc (Sc es sílice soluble y Rc es reducción alcalinidad) -Este deberá cumplir la siguiente granulometría; aunque también tendrá otras 7 por si no se cumplen (se enumeran desde el 1 al 7) -PP (9.5 mm): 100, PP4: 95-100, PP8: 80-100, PP16: 50-85, PP30: 25-60, PP50: 5-30, PP100: 0-10 y módulo de finura de 3.45-2.15. -Tipo 1 (Muy gruesa): PP (10 mm): 100, PP4: 60-75, PP8: 35-55, PP16: 27-50, PP30: 15-40, PP50: 8-25, PP100: 3-10 y módulo de finura de 3.45-4.52. -Tipo 2 (Gruesa): PP (10 mm): 100, PP4: 75-90, PP8: 55-80, PP16: 35-60, PP30: 22-40, PP50: 12-25, PP100: 3-10 y módulo de finura de 2.95-3.98. -Tipo 3 (Media o normal): PP (10 mm): 100, PP4: 95-100, PP8: 80-100, PP16: 50-85, PP30: 25-60, PP50: 5-30, PP100: 0-10 y módulo de finura de 2.15-3.38. -Tipo 4 (Media gruesa): PP (10 mm): 100, PP4: 70-90, PP8: 40-80, PP16: 40-70, PP30: 40-60, PP50: 25-37, PP100: 6-13 y módulo de finura de 2.50-3.79. -Tipo 5 (Fina): PP (10 mm): 100, PP4: 90-100, PP8: 85-100, PP16: 70-90, PP30: 60-80, PP50: 37-50, PP100: 12-20 y módulo de finura de 2.46-3.60. -Tipo 6 (Muy fina): PP (10 mm): 100, PP4: 95-100, PP8: 90-100, PP16: 85-100, PP30: 80-100, PP50: 50-62, PP100: 15-20 y módulo de finura de 1.13-1.80. -Tipo 7 (Discontinua): PP (10 mm): 100, PP4: 30-60, PP8: 30-40, PP16: 30-40, PP30: 17-40, PP50: 9-25, PP100: 4-10 y módulo de finura de 3.85-4.80. •El Filler deberá tener la siguiente granulometría: -PP10: 100, PP125: 85-100 y PP200: 70-100. **Para el cemento:** -Cualquiera de los tipos de cemento podrán contener máximo un 3% de materias extrañas y sodio equivalente (contenido total de álcalis solubles en agua) ≤ 0.6%; expansión o contracción en autoclave ≤ 1%; peso específico ≥ 3 kg/m3 -Para que sea un cemento de alta resistencia deberá tener: Tiempo de fraguado inicial ≥ 45 minutos y final ≤ 10 horas; resistencia a la compresión a los 7 días ≥ 250 kg/cm2 y a los 28 días ≥ 350 kg/cm2; resistencia a la flexión a los 7 días ≥ 45 kg/cm2 y a los 28 días ≥ 55 kg/cm2 -Cemento portland: Pérdida con calcinación ≤ 3%; residuo insoluble ≤ 1.5%; Contenido de SO_3 ≤ 4%; contenido de óxido de magnesio MgO ≤ 5%. -Cementos siderúrgicos: Pérdida con calcinación ≤ 5%; residuo insoluble ≤ 3% para portland siderúrgico y ≤ 4% para siderúrgico; Contenido de óxido de azufre SO_3 ≤ 4%; contenido de óxido de manganeso Mn_2O_3 ≤ 2%. -Cementos puzolánicos: Pérdida con calcinación ≤ 4% para portland puzolánico y ≤ 5% para puzolánico; residuo insoluble ≤ 30% para portland puzolánico y ≤ 50% para puzolánico; Contenido de SO_3 ≤ 4%. -Cementos con agregado tipo A: Pérdida con calcinación ≤ 7% para portland con agregado tipo A y ≤ 9% con agregado tipo A; residuo insoluble ≤ 21% para portland con agregado tipo A y ≤ 35% con agregado tipo A; Contenido de SO_3 ≤ 4%. •La fibra sintética estructural bajo la ASTM D7508 (Debe cumplir también la ASTM C1116) indica que se podrán usar la fibra macro de poliolefina (Densidad lineal ≥ 580 deniers, diámetro equivalente ≥ 0.3 mm), fibra micro de poliolefina (Densidad lineal < 580 deniers, diámetro equivalente < 0.3 mm), fibra híbrida (Combinación de fibras macro de poliolefina y fibras micro de poliolefina), fibras de longitud múltiple (Hebras cortadas de diversas longitudes de fibra) o fibra graduada (gradación de múltiples longitudes y deniers de fibra); estas deberán cumplir lo siguiente: -Para fibras cortadas microscópicas un Denier ≤ 580, contenido de acabado ≤ 1.5% y largo de corte de 3-50 mm. Para fibras macroscópicas un Denier ≤ 580, contenido de acabado ≤ 1%, resistencia a tracción ≥ 344.4 Mpa y un largo de corte de 12-65 mm. Para Hebras Cortadas Híbridas un contenido de acabado ≤ 1.5% para microporciones y ≤ 1% para macroporciones, resistencia a tracción ≥ 344.4 Mpa (Solo microporciones) •La fibra de acero estructural bajo la ASTM A820 podrá ser Tipo I (Alambre estirado en frío), tipo II (Lamina cortada), tipo III (Extraído de fusión) o tipo IV (Otras fibras) y deberán cumplir lo siguiente: -Podrán ser rectas o deformadas; resistencia a la tracción promedio ≥ 345 Mpa; Resistencia a ser dobladas alrededor de un pasador de 3.18 mm de diámetro hasta un ángulo de 90° a temperaturas no inferiores a 16°C sin romperse. •Si se usan aditivos podrán reductores de agua y control de fraguado podrá ser Tipo A (plastificantes), tipo B (retardantes), tipo C (acelerantes), tipo D (plastificantes y retardantes), tipo E (plastificantes y acelerantes), tipo F (superplastificantes), tipo G (superplastificantes y retardantes) y tipo H (incorporadores de aire) -Contenido de agua ≤ 95% en tipo A, D y E; para tipos F y G ≤ 88%. -Para tipo A y F un fraguado inicial de máximo 1:00-2:00 más; para tipo B, D y G un fraguado inicial mínimo 1:00 y máximo 6:00; para tipo C y E un fraguado inicial de mínimo 1:00 y máximo 3:30 menos; para tipo H un fraguado inicial máximo de 1:15-1:15 más. -Resistencia a la compresión respecto a la de control a los 3 días ≥ 110% para tipos A y D; ≥ 90% para B y H; ≥ 125% para C, E, F y G. A los 28 días ≥ 110% para tipos A, D, E, F y G; ≥ 90% para B y H, y ≥ 95% para C. -Resistencia a la flexión respecto a la de control a los 28 días ≥ 100% para tipos A, D, E, F y G; y ≥ 90% para B, C y H. -Para el Tipo H una durabilidad a 50 ciclos de congelación/deshielo con una expansión ≤ 0.05% **Para el acero:** **-Acero grado A630-420H según la NCh 3334 (ASTM A706/A706M-13):** Acero al carbono; tensión ≥ 630 Mpa; límite de fluencia ≥ 420 Mpa (Máximo 580 Mpa); relación resistencia ultima y resistencia a tracción Fu/Fy ≥ 1.25; alargamiento (% probeta con longitud de 200 mm) será 7000/Fu -K (K es un coeficiente de alargamiento según el diámetro); contenido de carbono ≤ 0.3%, manganeso ≤ 1.5%, fósforo ≤ 0.035%, azufre ≤ 0.045% y silicio ≤ 050%. Los diámetros de acero son: 8 mm, 10 mm, 12 mm, 14 mm, 16 mm, 18 mm, 20 mm, 22 mm, 25 mm, 28 mm, 32 mm, 36 mm y 40 mm. **-Acero grado A440-280H según la NCh 204 (NBR 7480:1996, IRAM-IAS U500-528:2004 y ASTM C615/A615M-04):** Acero al carbono; tensión de fluencia Fy ≥ 280 Mpa; resistencia a tracción ≥ 440 Mpa; relación resistencia ultima y resistencia a tracción Fu/Fy ≥ 1.25; alargamiento (% probeta con longitud de 200 mm) será 16; contenido de carbono ≤ 0.3%, manganeso ≤ 1.5%, fósforo ≤ 0.035%, azufre ≤ 0.045% y silicio ≤ 050%. Los diámetros de acero son: 6mm, 8 mm, 10 mm, 12 mm, 14 mm, 16 mm, 18 mm, 20 mm, 22 mm, 25 mm, 28 mm, 32 mm, 36 mm y 40 mm. **Para la mezcla:** -El hormigón podrá tener un contenido de sulfatos SO_4 ≤ 2% del peso del cemento; relación agua/cemento máxima de 0.40 y profundidad de penetración del agua ≤ 20 mm (Solo si está expuesto a sales fundentes); contenido de aire de 6% para tamaño nominal de árido de 19 mm y de 5.5% para tamaño nominal de 37.5 mm (Hormigón sometido a congelación y deshielo) -Resistencia a la compresión a los 90 días ≥ 35 Mpa; contenido de cemento ≥ 300 kg/m3 de hormigón elaborado	•La franja granulométrica deberá ser escogida entre las presentadas, este proceso se realiza en la etapa de diseño. •El agregado tipo A para el cemento según la NCh 160 tiene un índice de resistencia mecánica IR ≥ 4 •La puzolana para el cemento puzolánico Según la NCh 161 (ASTM C340-66) debe tener una resistencia a la compresión a los 7 días ≥ 42 kg/cm2 •Se podrá usar cemento con un sodio equivalente mayor al indicado si se demuestra que no tendrá reacción con los áridos. •Para la membrana del curado bajo la MC V8-8.401.2 podrán ser los tipo 1 (Claros o traslúcidos), tipo 1D (Claros o traslúcidos con tinte fugitivo) o tipo 2 (con pigmentación blanca) -Deben tener una pérdida de agua ≤ 0.65 kg/m2 a 72h y secado ≤ 4 horas. •Para sellantes de aplicación en frío bajo la MC V8-8.701.1 (ASTM D1850-74) deberá cumplir lo siguiente: Penetración ≤ 235; flujo luego de curado ≤ 5 mm; ligazón (5 ciclos de elongación y compresión) se considera que falla si produce grietas mayores a 6.5 mm. -Elastomérico aplicado en caliente bajo la MC V8-8.701.3 (ASTM D3406-78): Penetración ≤ 130; No deberá fluir a 70°c ± 1°C; ligazón (3 ciclos de elongación y compresión) se considera que falla si produce grietas mayores a 6.5 mm; resiliencia con recuperación ≥ 60%; tensión de adhesión debe ser ≥ 500% de elongación; el sellante no puede fluir, ser pegajoso, no generar cambios físicos en la superficie. -Elástico aplicado en caliente bajo la MC V8-8.701.2 (ASTM D1190-74): Penetración ≤ 90; flujo a 60°c ≤ 5 mm; ligazón (5 ciclos de elongación y compresión) se considera que falla si produce grietas mayores a 6.5 mm. -De aplicación en caliente bajo la MC V8-8.701.4 (ASTM D3405-78): Penetración ≤ 90; flujo a 60°c ≤ 3 mm; ligazón (3 ciclos de elongación y compresión) se considera que falla si produce grietas mayores a 6.5 mm; resiliencia con recuperación ≥ 60%; no podrá tener falla por adhesión.
España	•El material a usar debe ser áridos que no serán susceptibles a ningún tipo de meteorización o alteración fisicoquímica apreciable bajo las condiciones más desfavorables. No podrán ser reactivos con el cemento, ni contendrán sulfuros oxidables, sulfato cálcico o compuestos ferrosos inestables, que puedan originar fenómenos expansivos en la masa del hormigón (si son reactivos requiere de un estudio). -Estos serán árido grueso (material retenido en el tamiz 4 mm) y el árido fino (Pasa por el tamiz de 4 mm) El árido fino es en general una arena natural rodada. -Se podrá usar material reciclado solo para la capa inferior cuando se construya el pavimento en 2 capas. -No se podrán emplear áridos procedentes de canteras de naturaleza caliza, obtenidos mediante la trituración de gravas procedentes de yacimientos granulares, salvo en el caso de que fueran a utilizarse en la capa de hormigón inferior. •El cemento debe ser salvo justificación de 32.5N o 42.5N. -Podrán ser los tipos CEM I, CEM II, CEM III, CEM IV y CEM V -Se podrá usar cemento portland con caliza (CEM II/A-L, CEM II/B-L, CEM II/A-LL y CEM II/B-LL) solo para la capa inferior cuando se construya el pavimento en 2 capas. -Para épocas frías podrá usarse clase resistente 42.5R. -Los CEM I son cemento portland, CEM II son cementos portland con diferentes componentes, CEM III son cementos con escorias de horno alto, CEM IV son cemento puzolánico y CEM IV son cementos compuestos •Se podrán usar aditivos, los cuales deberán cumplir con la UNE-EN 934-2, donde se encuentran los tipos: -Reductores de agua / Plastificantes -Reductores de agua de alta actividad / Superplastificantes -Modificadores de fraguado / Aceleradores, retardadores -Inclusores de aire o Multifuncionales •Se usan membranas para separación de capas o para curado. •Para el curado se usan productos filmógenos para reducir la perdida de humedad y elevación de temperatura; este producto deberán tener documentación donde se indiquen instrucciones de uso, dotación óptima y tiempo máximo de almacenamiento. •Para sellado de juntas se usa sellado aplicado en caliente (UNE-EN 14188-1), aplicados en frío (UNE-EN 14188-2) y juntas preformadas (UNE-EN 14188-3). -Si se realiza riego de imprimación será bajo la UNE-EN 14188-4 -Para juntas de dilatación se usa material de relleno compresible y no perjudicial para el hormigón. •El agua a usar deberá ser según la Instrucción de Hormigón Estructural. •Las barras de acero deberán cumplir con la EHE -Para juntas se usar acero o alambres corrugados •Todos los materiales deberán tener un marcado CE que permitan deducir el cumplimiento de las especificaciones contempladas. •El hormigón a obtener dependerá de la resistencia, podrá ser HF-5.0 (5 Mpa), HF-4.5 (4.5 Mpa), HF-4.0 (4 Mpa) o HF-3.5 (3.5 Mpa)	**Para áridos:** **Para árido grueso:** -Si la carretera será sometida a heladas y frecuentes tratamientos de vialidad invernal, si el valor de la absorción > 1% debe tener un valor bajo el sulfato de magnesio MS < 15%. -Tamaño máximo será de 40 mm y ≤ 1/4 del espesor de capa (Si es pavimento de hormigón armado continuo ≤ 1/4 de la distancia libre entre armaduras longitudinales) -Coeficiente Los ángeles LA < 35 (Si es para capa inferior con materiales reciclados que alcancen una resistencia a compresión > 35 Mpa se acepta un LA < 40); índice de lajas FI < 35. -Cuando el tráfico es T00 a T1, expuesto directo al tráfico y será para pavimento en 2 capas, un tamaño máximo de agregado ≤ 12 mm; LA < 20 para T00 y LA < 25 para T0 y T1; FI < 20 para T00 y FI < 25 para T0 y T1; proporción de partículas total y parcialmente trituradas ≥ 90% y partículas totalmente redondeadas < 1%; coeficiente de pulimento acelerado PSV ≥ 56 para T00 y T0, y PSV ≥ 50 para T1. **Para árido fino:** -Proporción mínima de partículas silíceas ≥ 30%; proceda de árido grueso con PSV > 44. (Si será para construir pavimento en 1 capa: Proporción mínima de partículas silíceas ≥ 35%; proceda de árido grueso con PSV > 50) -Equivalencia de arena SE4 ≥ 70% y ≥ 75% para invierno a heladas y frecuentes tratamientos de vialidad invernal. -PP (0.063 mm): 0-6 para áridos redondeados o áridos de machaqueo no calizos sometidos a corrosión por cloruros o ataque químico; PP (0.063 mm): 0-10 para áridos de machaqueo calizos expuestos a ataque químico y áridos de machaqueo no calizos expuestos a hielo-deshielo, erosión o corrosión; y PP (0.063 mm): 0-16 para áridos de machaqueo calizos que podrán estar expuestos a nada o a corrosión. -Si es categoría de tráfico T00 a T2 se deberá cumplir la siguiente curva granulométrica: PP (4 mm): 81-100, PP (2 mm): 58-85, PP (1 mm): 39-68, PP (0.5 mm): 21-46, PP (0.250 mm): 7-22, PP (0.125 mm): 1-8 y PP (0.063 mm): 0-4 (Podrá ser de 0-6 si es tráfico T3 y T4) **Para el cemento** -Todos los tipos podrán tener un principio de fraguado deber tener lugar después de los 100 minutos; contenido de cromo soluble en cemento ≤ 2 ppm; componentes minoritarios será de 0-5; contenido de cloruros ≤ 0.10%.; contenido de óxido de sodio equivalente ≤ 0.6% Requisitos a la compresión: Para 32.5 una resistencia inicial a 7 días ≥ 16 Mpa y a los 28 días ≥ 32.5 Mpa y ≤ 52.5 Mpa. Para 42.5 N una resistencia inicial a 2 días ≥ 10 Mpa y a los 28 días ≥ 42.5 Mpa y ≤ 62.5 Mpa -En exigencias químicas: Una perdida por calcinación ≤ 5% y residuo insoluble ≤ 5%; Contenido de sulfatos SO_3 si es de 32.5 N ≤ 3.5% (Para CEM I, CEM, II, CEM IV y CEM V). y si es de 42.5N debe ser ≤ 4% (Para CEM I, CEM, II, CEM IV, CEM V); para CEM III debe ser ≤ 4% para todas; puzolanicidad aplica para todos los tipos de la CEM IV. **-CEM I:** Contenido de Clinker de 95-100% **-CEM II** se clasifican en: -Cemento portland con escoria CEM II/A-S (Clinker de 80-94% y escoria de alto horno de 6-20%) y CEM II/B-S (Clinker de 65-79% y escoria de alto horno de 21-35%); con humo de sílice CEM II/A-D (Clinker de 90-94% y humo de sílice de 6-10%). -Con puzolana los CEM II/A-P (Clinker de 80-94% y puzolana natural de 6-20%), CEM II/B-P (Clinker de 65-79% y puzolana natural de 21-35%), CEM II/A-Q (Clinker de 80-94% y puzolana natural calcinada de 6-20%) y CEM II/B-Q (Clinker de 65-79% y puzolana natural calcinada de 21-35%) -Con ceniza volante los CEM II/A-V (Clinker de 80-94% y cenizas silícea de 6-20%), CEM II/B-V (Clinker de 65-79% y cenizas silícea de 21-35%), CEM II/A-W (Clinker de 80-94% y cenizas calcáreas de 6-20%), CEM II/B-W (Clinker de 65-79% y puzolana natural de 21-35%) -Con esquisto calcinado los CEM II/A-T (Clinker de 80-94% y esquistos calcinados de 6-20%), CEM II/B-T (Clinker de 65-79% y esquistos calcinados de 21-35%) -Con caliza CEM II/A-L (Clinker de 80-94% y caliza L de 6-20%), CEM II/B-L (Clinker de 65-79% y caliza L de 21-35%), CEM II/A-LL (Clinker de 80-94% y caliza LL de 6-20%) y CEM II/B-LL (Clinker de 65-79% y caliza LL de 21-35%) -Mixto los CEM II/A-M (Clinker de 80-94% y la mezcla de componentes será de 6-20%), CEM II/B-M (Clinker de 65-79% y la mezcla de componentes será de 21-35%) **-CEM III los CEM III/A** (Clinker de 35-64% y escoria de alto horno de 35-65%), CEM III/B (Clinker de 20-34% y la mezcla de componentes sera de 66-80%) y EM III/C (Clinker de 5-19% y escoria de alto horno de 81-95%) **-CEM IV son los CEM IV/A** (Clinker de 65-89% y humo de sílice, puzolana y cenizas volantes de 11-35%), CEM IV/B (Clinker de 45-64% y humo de sílice, puzolana y cenizas volantes de 36-55%) **-CEM V son los CEM V/A** (Clinker de 40-64%, escoria de alto horno de 18-30% y puzolanas con cenizas volantes de 18-30%), CEM V/B (Escoria de escoria de alto horno 31-50% y puzolanas con cenizas volantes de 31-50%) **Para el acero:** •Las armaduras para el pavimento de armado continuo deberán cumplir con la EHE, donde para elementos longitudinales serán barras corrugadas de acero B500S o B500SD (cuyo diámetro nominal sea ≥ 20 mm para pavimentos con espesor ≥ 22 cm, y el resto de casos sera diametro nominal ≥ 16 mm); los elementos transversales, podrán estar constituidos por barras o alambres corrugados, en todos los casos de 12 mm de diámetro nominal. •Si son barras de acero corrugado podran ser los siguientes tipos: **-B 400 S:** límite elástico Fy ≥ 400 N/mm2; carga unitaria de rotura Fs ≥ 440 N/mm2; alargamiento de rotura ≥ 14%; alargamiento total ≥ 5%; relación Fs/Fy ≥ 1.05. **-B 500 S:** límite elástico Fy ≥ 500 N/mm2; carga unitaria de rotura Fs ≥ 550 N/mm2; alargamiento de rotura ≥ 12%; alargamiento total ≥ 5%; relación Fs/Fy ≥ 1.05. **-B 400 SD:** límite elástico Fy ≥ 400 N/mm2; carga unitaria de rotura Fs ≥ 480 N/mm2; alargamiento de rotura ≥ 20%; alargamiento total ≥ 7.5%; 1.20 ≤ relación Fs/Fy ≤ 1.35; relación Fy real/ Fy nominal ≤ 1.20; valores respecto a ensayo de fatiga serán **-B 500 BS:** límite elástico Fy ≥ 500 N/mm2; carga unitaria de rotura Fs ≥ 575 N/mm2; alargamiento de rotura ≥ 16%; alargamiento total ≥ 7.5%; 1.15 ≤ relación Fs/Fy ≤ 1.35; relación Fy real/ Fy nominal ≤ 1.25. •Si es alambre corrugado podrán ser los siguientes tipos: **-Acero tipo B500T** tiene un Límite elástico Fy de 500 N/mm2; carga unitaria de rotura Fs de 550 N/mm2; alargamiento de rotura de 8%; relación Fs/Fy de 1.03; y un resultado de doblado-desdoblado de 5d (Diámetro nominal del alambre) •Si son barras de acero corrugado para juntas deben ser de 12 mm de diámetro y 80 cm de longitud, podrán ser los tipos B400S, B500S, B400SD o B500SD •Si es alambre corrugado para juntas deben ser de 12 mm de diámetro y 80 cm de longitud, y ser el tipos B500T. •Los pasadores son barras lisas de acero de 25 mm de diámetro y 50 cm de longitud, usando acero tipo S-275-JR. **Para el agua** -El agua a usar deberá tener según la Instrucción de Hormigón Estructural un pH ≥ 5, Sustancia disueltas ≤ 15 gramos por litro, sulfatos SO_4 ≤ 1 gramo por litro. **Para aditivos según la UNE-EN 934-2 (Todos los requisitos son de hormigón con aditivo):** -Reductores de agua / Plastificantes: Reducción de agua ≥ 5% con relación a la del hormigón testigo; resistencia a compresión a 7 y 28 días ≥ 110% que la del hormigón testigo; contenido de aire en el hormigón fresco ≤ 2% en volumen encima del hormigón testigo. -Reductores de agua de alta actividad/ superplastificantes: Reducción de agua ≥ 12%, resistencia a compresión ≥ 140% a los 7 días y ≥ 115% a los 28 días, contenido de aire ≤ 2%; aumento de consistencia con un aumento del asentamiento ≥ 120 mm y aumento de escurrimiento ≥ 160 mm respecto a los iniciales; 30 minutos después de la adición no puede tener una consistencia menor a la inicial; resistencia a compresión a 28 días ≥ 90%; contenido de aire en el hormigón fresco ≤ 2% en volumen encima del hormigón testigo. -Retenedores de agua: Exudación ≤ 50%; resistencia a la compresión a los 28 días ≥ 80%; contenido de aire en hormigón fresco ≤ 2%. -Inclusores de aire: contenido de aire en hormigón fresco (aire incluido) ≥ 2.5% en volumen encima del hormigón testigo; huecos de aire un factor de espaciado ≤ 0.200 mm; resistencia a compresión a 28 días ≥ 75% -Aceleradores de fraguado: Tiempo de inicio de fraguado a 20°C ≥ 30 minutos y a 5°C será ≤ 60% del correspondiente mortero testigo; resistencia a compresión a 28 días ≥ 80% y a 90 días debe ser mayor que a 28 días; contenido de aire en hormigón fresco ≤ 2%. -Aceleradores de endurecimiento: Resistencia a compresión a 20°C y 24h será ≥ 120%, a 20°C y 28d será ≥ 90% y a 5°C y 48h será ≥ 130%; contenido de aire en hormigón fresco ≤ 2%. -Retardadores de fraguado: Tiempos de fraguado inicial ≥ que el testigo + 90 min y final ≤ que el testigo + 360 minutos; Resistencia a compresión a 7 días ≥ 80% y a 28 días ≥ 90%; contenido de aire en hormigón fresco ≤ 2%. -Hidrófugos: Absorción capilar a 7 días después de 7 días de curado ≤ 50% y a 28 días después de 90 días de curado ≤ 60%; resistencia a compresión a 28 días ≥ 85%; contenido de aire en hormigón fresco ≤ 2%. -Retardadores de fraguado/reductores de agua/plastificantes: Resistencia a compresión a 28 días ≥ 100%; Tiempos de fraguado inicial ≥ que el testigo + 90 min y final ≤ que el testigo + 360 minutos; reducción de agua ≥ 5%; contenido de aire en hormigón fresco ≤ 2%. -Retardadores de fraguado/reductores de agua de alta actividad/superplastificantes: Resistencia a la compresión a 7 días ≥ 100% y a 28 días ≥ 125%; Tiempos de fraguado inicial ≥ que el testigo + 90 min y final ≤ que el testigo + 360 minutos; reducción de agua ≥ 12% y contenido de aire en hormigón fresco ≤ 2%. -Aceleradores de fraguado/reductores de agua/plastificantes: 60 minutos después de la adición no puede tener una consistencia menor a la inicial; resistencia a la compresión a 28 días ≥ 90% (Podrá ser ≥ 100%) y contenido de aire en hormigón fresco ≤ 2%; tiempo de principio de fraguado a 20°C ≥ 30 minutos y a 5°C ≤ 60% del correspondiente mortero testigo; reducción de agua ≥ 5% y contenido de aire en hormigón fresco ≤ 2%.	•Para la franja granulométrica de agregado fino se podrá exigir un módulo de finura donde no se experimente una variación superior a 5% de la franja necesaria. •La mezcla del cemento y áridos debe generar una masa unitaria total donde las partículas que pasa por tamiz 0.125 debe ser menor a 450 kg/m3 (si es en 2 capas, la superior podrá ser menor a 500 kg/m3) -Para capas doble un contenido de finos en que se requiere un Porcentaje de partículas cernidas por tamiz 0.063 mm que será: Para capa superior el árido grueso < 0,5 % y árido fino < 10 %; para capa inferior < 1,5 % y < 10%. •La membrana para curado o separación de capas, debe ser resistente a la alcalinidad del cemento en estado fresco y no perjudicarlo; además: -Resistencia a tracción en rotura > 15 Mpa; alargamiento en rotura > 250%; en caso de usar láminas de plástico un espesor ≥ 0.1 mm •Los productos filmógeno de curado y sus características se presentaran en el diseño. Serán compuestos líquidos integrados por una base y un disolvente volátil; constara con un pigmento blanco y vehículo compuesto de ceras naturales o sintéticas, o bien de resinas. (Vehículo es la parte de una pintura que no es pigmento y que sirve como agente portador). Debe cumplir lo siguiente: -No permanecerá viscoso luego de 12h de aplicado e índice de eficacia del curado ≥ 60%. •Los sellantes de tipo caliente bajo la UNE EN 14188-1, podrán ser del tipo N1 (Elástico-alta tensión), N2 (Normal-extensión baja), F1 (Resistente al combustible de alta tensión) y F2 (Resistente al combustible de baja tensión); estos deberán cumplir lo siguiente: **-N1 y N2** (No resistente al combustible): Punto de reblandecimiento ≥ 85°C; penetración de 40-130 dmm (Para N1) y de 40-100 dmm (Para N2); penetración y resiliencia ≥ 60% (Para N1) y de ≤ 60% (Para N2); Estabilidad térmica tendrá los mismos valores de penetración y penetración y resiliencia; resistencia al flujo, inicial y degradación por calor (+60°C, 5h, ángulo de 75°) ≤ 2 mm (Para N1) y de ≤ 3 mm (Para N2); resistencia a la adhesión una extensión total en 5h ≥ 5 mm, tensión ≤ 1 N/mm2 y tensión final ≤ 0.15 N/m2; ningún fallo de adherencia o fallo de cohesión. **-F1 y F2** (Resistente al combustible): Punto de reblandecimiento ≥ 85°C (Para F1) y ≥ 75°C (Para F2); penetración de 40-130 dmm (Para F1) y de 40-100 dmm (Para F2); penetración y resiliencia ≥ 60% (Para F1) y de ≤ 60% (Para F2); Estabilidad térmica tendrá los mismos valores de penetración y penetración y resiliencia; resistencia al flujo, inicial y degradación por calor ≤ 5 mm (Para F1) y de ≤ 10 mm (Para F2); solubilidad (50°C y 24 h) ≤ 2% cambio de masa (solo para F1) y solubilidad (35°C y 24 h) ≤ 2%; resistencia a la adhesión una extensión total en 5h ≥ 5 mm; adherencia con caras de bloque completamente separados < 50 mm, y profundidad de separación < 3 mm; fallo de cohesión un área superficial total de las grietas < 20 mm y profundidad de grietas < 3 mm. •Los sellantes de tipo frío bajo la UNE EN 14188-2, podrán ser Clase A (Sin requisitos de resistencia química), Clase B (Utilizado en contacto con combustible para aviones y productos químicos para deshielo), Clase C (Utilizado en contacto con gasolina, diésel y productos químicos para deshielo) y Clase D (Productos químicos líquidos según sea necesario); estos deberán cumplir lo siguiente: -Extrudabilidad ≥ 70 mL/min; resistencia al flujo con inclinación vertical y horizontal ≤ 2 mm; perdida de volumen ≤ 5 % por volumen; Cambio en masa y volumen después de la inmersión será ≤ – 25 % por masa y ≤ ± 30 % por volumen; resistencia a la hidrólisis un cambio de dureza ≤ ± 50 %; deberá tener resistencia al fuego; sin falla a cohesión (a -20°C será ≤0.6 MPa); sin falla en cohesión en zonas frías (a -20°C será ≤1.0 MPa); fuerza de adhesión Módulo de tracción al 100% elongación) a 23°C ≥ 0,15 MPa y a -20 °C ≤ 0,6 MPa; recuperación elástica ≥ 70%; meteorización artificial por irradiación UV ≤ ± 20 %; sin fallas por adhesión/cohesión después de la inmersión en productos químicos líquidos. •Sellantes para juntas preformadas bajo la UNE-EN 14188-3 seran la clase 40, 50, 60, 70 y 80; deberán cumplir lo siguiente: -Para todos: Tolerancia a la dureza ≤ 5 IRHD; resistencia a tracción ≥ 9 Mpa; compresión establecida a +70°C ≤ 20% y a -25°C ≤ 60°C; envejecimiento acelerado en el aire un cambio de dureza de -5 a +8 IRHD, cambio de resistencia a tracción de -20 a +40% y cambio en alargamiento de rotura de -30 a +10% (excepto para la clase 80 que es de -40 a +10%); recuperación a -25°C ≥ 65% y a +70°C ≥ 80%; presentar resistencia al ozono que no presente grietas; protección contra la sobreextensión con una elongación en el primer efecto de la fibra ≤ 2%, elongación a una fuerza de tracción de 300 N ≤ 5% y fuerza de tracción en la primera rotura de la fibra ≥ 300; fuerza a compresión mínima en zonas de clima frío ≥ 0.03. -Clase 40: Dureza de 36-45 IRHD; elongación de rotura ≥ 400%; relajación del estrés en compresión de 50% -Clase 50: Dureza de 46-55 IRHD; elongación de rotura ≥ 375%; relajación del estrés en compresión de 50% -Clase 60: Dureza de 56-65 IRHD; elongación de rotura ≥ 300%; relajación del estrés en compresión de 50% -Clase 70: Dureza de 66-75 IRHD; elongación de rotura ≥ 200%; relajación del estrés en compresión de 55% -Clase 80: Dureza de 76-85 IRHD; elongación de rotura ≥ 125%; relajación del estrés en compresión de 55% •Para riegos de imprimación bajo la UNE-EN 14188-4 serán la clase PBH (aplicados en caliente a base de asfalto), PRH (aplicados en caliente a base de resina), PRC-s (aplicados en frío a base de resina, un solo componente) y PRC-m (aplicados en frío a base de resina, varios componente); deberá cumplir lo siguiente: -Deberá ser homogéneo; resistente contra los álcalis; comportamiento de secado después de 60 minutos ≥ 90% en masa y después de 90 minutos ≥ 95% en masa; punto de inflamación ≥ 21°C; punto de reblandamiento de 53-63°C (solo para PBH)

Estados Unidos

•El agregado fino consiste en arena natural o arena fabricada, o combinaciones de ambos, que tengan partículas duras, firmes y duraderas. Libre de cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas.
•El agregado grueso consiste en grava, grava triturada, escoria de alto horno enfriada al aire triturada o concreto triturado, o una combinación de estos materiales.
- Se podrá usar agregado reciclado que cumpla con los requisitos necesarios.

•El cemento a usar deberá cumplir con la ASSHTO M85 podrá ser:
- Tipo I: Uso cuando no se requiere propiedades especiales
- Tipo IA: Cemento con aireación para mismo uso que el tipo I
- Tipo II: Uso general, resistencia moderada al sulfato
- Tipo IIA: Cemento con aireación para mismo uso que el tipo II
- Tipo II (MH): Uso general, moderada generación de calor de hidratación y moderada resistencia a sulfatos
- Tipo II (MH) A: Cemento con aireación para mismo uso que el tipo II (MH)
- Tipo III: Cuando se desea alta resistencia temprana
- Tipo IIIA: Con aireación para mismo uso que el tipo III
- Tipo IV: Cuando se desea baja generación de calor de hidratación
- Tipo V: Cuando se desea alta resistencia al sulfato.
•No podrán incluir en la mezcla materiales como:
- Cenizas volantes y puzolanas naturales crudas o calcinadas (AASHTO M295)
- Escoria granulada de alto horno molido (AASHTO M302)

•Las barras de acero deberán cumplir con la AASHTO M31/M31 (ASTM A615/A615M) y la ASTM 706/706M (Baja aleación)
- Los elementos de transferencia de carga serán bajo la AASHTO M31/M31 (ASTM A615/A615M)
- Las barras deben tener un marcaje para venta y almacenamiento con la MIL-STD-129 y para venta la Fed. Std. No. 123.
- Se podrán presentar barras recubiertas con epoxi que cumpla ASTM A775, deberá estar marcada con toda la información necesaria y certificada resol proceso de revestimiento con epoxi.
- También los pasadores podrán estar recubiertos contra corrosión bajo la AASHTO M254, siendo tipo A que genera una resistencia de sales con el concreto sin necesidad de separador de adherencia; o tipo B que genera una resistencia de sales con el concreto tal que necesita de separador de adherencia.

•El sellado de juntas podrá ser por medio de:
- Sellante tipo elastomérico en caliente (ASTM D3406)
- Sellante en caliente (ASTM D6690)
- Sellante Elastomérico de Polichloropreno (ASTM D2628 y D2835)
- Sellante de silicona en frio (ASTM D5893/D5893M)
•Materiales de relleno podrán ser:
- Relleno prefabricado para juntas de expansión de concreto, tipo bituminoso (ASTM M33)
- Relleno prefabricado de espuma de caucho y corcho para juntas de expansión (ASTM M153)
- Relleno prefabricado para juntas de dilatación, tipos bituminosos resistentes y no extrusibles (ASTM M213)
- Relleno de tableros de poliestireno (ASTM C203)

•Para el curado se podrán usar:
- Tela de arpillera hecha de yute o kenaf (AASHTO M182)
- Materiales en láminas para el curado del concreto (ASTM C171)
- Compuestos líquidos formadores de membrana para el curado del concreto (ASTM C309)

•Los aditivos que se podrán usar son:
- Aditivos con incorporación de aire (AASHTO M154)
- Aditivo bajo la AASHTO M194 (ASTM C494)

•El agua a usar según AASHTO M157 debe ser clara y estar libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácido, álcali, materia orgánica u otras sustancias perjudiciales y no debe ser salada o salobre. Si la calidad es cuestionable se realizarán ensayos de aceptación.

Para el agregado fino (AASHTO M6):
- Deberá cumplir la siguiente granulometría: PP (9.5 mm) 100, PP4 95-100, PP8 80-100, PP16: 50-85, PP30: 25-60, PP50: 10-30 y PP100: 2-10.
El PP50 y PP 100 podrá reducirse a 5 y 0, si el agregado se usa en concreto con aire incluido con más de 237 kg/m3 de cemento o sin aire con 295kg/m3, o si se usa aditivo mineral
- Módulo de fineza de 2.3-3.1, y no deberá tener más del 45% podrá pasar por cualquier tamiz y se retenga en el tamiz consecutivo.
- Deberá cumplir estos límites de sustancias nocivas, que son Clase A y Clase B, deberá cumplir con Cantidad de trozos de arcilla y partículas friables ≤ 3%, contenido de carbón y lignito ≤ 0.25% para clase A y ≤ 1% para clase B, material más fino que el tamiz 200 en concreto sujeto a abrasión superficial ≤ 2% para clase A y ≤ 4% para clase B, para todas las demás clases de hormigón ≤ 3% para clase A y ≤ 5% para clase B, contenido de otras sustancias nocivas (Esquisto, álcali, mica, granos recubiertos, partículas blandas y escarimoso) según su especifique, cantidad de impurezas orgánicas debe producir un color estándar y no más oscuro que este (Podrá aceptarse sin causa de decoloración/otra presencia de materiales que lo causen o si se obtiene una resistencia relativa en mortero a 7d ≥ 95%)
- Solidez en sulfato de sodio ≤ 10% y magnesio ≤ 15%. (Si no cumple se puede aceptar si se comprueba que brindara un servicio satisfactorio)

Para el agregado grueso (AASHTO M80):
•Cuando este sea usado para concreto que estará expuesto a humedecimiento, no podrán contener materiales que reaccionen de manera perjudicial con el álcali en el cemento en cantidad suficiente que cause expansión excesiva (Se podrá usar si el contenido líenos menos de 0.6% en álcali)
- Se dividen en varios tipos según su exposición, Clase B (Severo), Clase C (Moderado) y Clase D (Despreciable); estos deberán cumplir los siguientes requisitos: Abrasión (Ángeles Los Ángeles) ≤ 50%; solidez en sulfato de sodio ≤ 12%; material más fino que el tamiz 200 ≤ 1%; contenido de carbón y lignito ≤ 0.5%; Contenido de terrones de arcilla y partículas friables ≤ 3% para clase B) y ≤ 5% para clase C y D; si se considera contaminante un contenido de chert (lisca alta en sílice) ≤ 3% para clase B; ≤ 5% para clase C y ≤ 8% para clase D; suma de terrones de arcilla, partículas friables y chert ≤ 5% para clase B; ≤ 7% para clase C y ≤ 10% para clase D.

•Se deberá cumplir según la AASHTO M43 con una de las 19 llanjas que se podrán usar, dependiendo a su vez del uso y tamaño nominal
- Tipo 1 (90-37.5 mm): PP (100 mm): 100, PP (90 mm): 90-100, PP (63 mm): 25-60, PP (37.5 mm): 0-15 y PP (19 mm): 0-5.
- Tipo 2 (63-37.5 mm): PP (75 mm): 100, PP (63 mm): 90-100, PP (37.5 mm): 35-70, PP (25 mm): 0-15, PP (19 mm): 0-5.
- Tipo 24 (63-19 mm): PP (75 mm): 100, PP (63 mm): 90-100, PP (37.5 mm): 25-60, PP (19 mm):0-10, PP (12.5 mm): 0-5.
- Tipo 3 (50-25 mm): PP (63 mm): 100, PP (50 mm): 90-100, PP (37.5 mm): 35-70, PP (25 mm): 0-15, PP (12.5 mm): 0-5.
- Tipo 357 (50-4.75 mm): PP (63 mm): 100, PP (50 mm): 95-100, PP (25 mm): 35-70, PP (12.5 mm): 10-30, PP4: 0-5.
- Tipo 4 (37.5-19 mm): PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 90-100, PP (25 mm): 20-55, PP (19 mm):0-15, PP (12.5 mm): 0-5.
- Tipo 467 (37.5-4.75 mm): PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 95-100, PP (19 mm): 35-70, PP (9.5 mm): 10-30, PP4: 0-5.
- Tipo 5 (25-12.5 mm): PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 90-100, PP (19 mm): 20-55, PP (12.5 mm): 0-10, PP (9.5 mm):0-5.
- Tipo 56 (25-9.5 mm): PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 90-100, PP (19 mm): 40-85, PP (12.5 mm): 10-40, PP (9.5 mm): 0-15, PP4: 0-5.
- Tipo 57 (25-4.75 mm): PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 95-100, PP (12.5 mm): 25-60, PP4: 0-10, PP8: 0-5.
- Tipo 6 (19-9.5 mm): PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 90-100, PP (12.5 mm): 20-55, PP (9.5 mm):0-15, PP4: 0-5.
- Tipo 67 (19-4.75 mm): PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 90-100, PP (9.5 mm): 20-55, PP4: 0-10, PP8: 0-5.
- Tipo 6d (19-2.36 mm): PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 90-100, PP (9.5 mm): 30-65, PP4: 5-25, PP8: 0-10, PP16: 0-5.
- Tipo 7 (12.5-4.75 mm): PP (19 mm): 100, PP (12.5 mm): 90-100, PP (9.5 mm): 40-70, PP4: 0-15, PP8: 0-5.
- Tipo 78 (12.5-2.36 mm): PP (19 mm): 100, PP (12.5 mm): 90-100, PP (9.5 mm): 40-75, PP4: 5-25, PP8: 0-10, PP16: 0-5.
- Tipo 8 (9.5-2.36 mm): PP (12.5 mm): 100, PP (9.5 mm): 85-100, PP4: 10-30, PP8: 0-10, PP16: 0-5.
- Tipo 89 (9.5-1.18 mm): PP (12.5 mm): 100, PP (9.5 mm): 90-100, PP4:20-55, PP8: 5-30, PP16:0-10, PP30:0-5.
- Tipo 9 (4.75-1.18 mm): PP (9.5 mm): 100, PP4: 85-100, PP8: 10-40, PP16:0-10, PP30: 0-5.
- Tipo 10 (#4-#8 (9.5 mm): 100, PP4: 85-100, PP8:0- 10, PP16: 0-30.

Para Agregado de hormigón reciclado (ASTM C33):
•Se deberá cumplir con los requisitos podrá ser de 3 diferentes tipos, clase 4S (Temperaturiza Severa), clase 4M (Temperaturiza Moderada), clase 1N (Temperatiza Despreciable). Sus propiedades son casi idénticas a las clase B, C y D de la AASHTO M80, solo cambian los aspectos de contenido de chert, también el contenido permisible de la suma de terrones de arcilla, partículas friables y chert, por último la solidez de sulfato de sodio; a continuación sus especificaciones: Contenido de chert ≤ 3% para clase 4S y 4M (No presenta para 1N); suma de terrones de arcilla, partículas friables y chert ≤ 10% para clase 4S y 4M (No presenta para 1N)
- La granulometría gruesa para reciclado será casi la misma encontrada en la AASHTO M43, pero quitando las fracciones tipo 24, 6d, 78 y 10; entonces para este quedarán las siguientes tipo 1, 2, 3, 357, 4, 467, 5, 56, 57, 6, 67, 7, 8, 89 y 9.
•Cuando este sea usado para concreto que estará expuesto a humedecimiento, no podrán contener materiales que reaccionen de manera perjudicial con el álcali en el cemento en cantidad suficiente que cause expansión excesiva (Se podrá usar si el contenido líenos menos de 0.6% en álcali)

•Si se usa para agregado fino deberá cumplir unos límites de sustancias nocivas: Contenido de trozos de arcilla y partículas friables ≤ 3%; material más fino que el tamiz 200 para concreto sujeto a abrasión ≤ 3% y para el resto de concretos ≤ 5%; contenido de carbón y lignito donde es importante la apariencia no ≤ 0.5% y el resto del concreto ≤ 1%; solidez con sulfato de sodio ≤ 10% y con sulfato de magnesio ≤ 15%.
- Deberá cumplir la siguiente granulometría PP (9.5 mm) 100, PP4 95-100, PP8 80-100, PP16: 50-85, PP30: 25-60, PP50: 5-30 y PP100: 0-10.
- Módulo de fineza de 2.3-3.1, y no deberá tener más del 45% podrá pasar por cualquier tamiz y se retenga en el tamiz consecutivo.
- Cantidad de impurezas orgánicas debe producir un color estándar y no más oscuro que este (Podrá aceptarse si la causa de decoloración es por presencia de materiales que lo causen o si se obtiene una resistencia relativa en mortero a 7d ≥ 95%) y Cuando este sea usado para concreto que estará expuesto a humedecimiento, no podrán contener materiales que reaccionen de manera perjudicial con el álcali en el cemento en cantidad suficiente que cause expansión excesiva (Se podrá usar si el contenido líenos menos de 0.6% en álcali)

Para las barras de acero según la AASHTO M31/M31 (ASTM A615/A615M):
•Las barras de acero serán los denominados como Grado 40 (280 Mpa), grado 60 (420 Mpa), grado 75 (520 Mpa) y grado 80 (550 Mpa).
- Las barras serán de los siguientes diámetros: 3/8" (10 mm), 1/2" (13 mm), 3/4" (19 mm), 7/8" (22 mm), 1" (25 mm), 9/8" (29 mm), 5/4" (32 mm), 11/8" (36 mm), 7/4" (43 mm) y 9/4" (57 mm).
•El contenido de finlero debe ser ≤ 0.06%.
- Resistencia a la tracción para grado 60 será ≥ 550 Mpa y límite elástico de 420-540 Mpa, para Grado 80 una resistencia a tracción ≥ 690 Mpa y límite elástico de 550-675 Mpa
•Alargamiento (A una longitud de 200 mm) para grado 60 será ≥ 14% para barras desde 3/8" hasta 3/4", será ≥ 12% para barras de 7/8" y 11/8" y ≥ 10% para barras desde 7/4" hasta 9/4"; para grado 80 será ≥ 12% para barras desde 3/8" hasta 11/8" y ≥ 10% para barras desde 7/4" hasta 9/4".

Para las barras de acero según la ASTM 706/706M
•Las barras de acero serán los denominados como grado 40 (420 Mpa) y grado 80 (550 Mpa)
- Las barras serán de los siguientes diámetros: 3/8" (10 mm), 1/2" (13 mm), 5/8" (16 mm), 3/4" (19 mm), 7/8" (22 mm), 1" (25 mm), 9/8" (29 mm), 5/4" (32 mm), 11/8" (36 mm), 7/4" (43 mm) y 9/4" (57 mm).
•El contenido de carbón debe ser ≤ 0.3%; contenido de manganeso ≤ 1.3%; contenido de fosforo ≤ 0.035%; contenido de azufre ≤ 0.045% y contenido silicio ≤ 0.3%
- Resistencia a la tracción para grado 40 será ≥ 420 Mpa y límite elástico ≥ 280 Mpa, Grado 60 una resistencia a tracción ≥ 620 Mpa y límite elástico ≥ 420 Mpa, para Grado 75 resistencia a tracción ≥ 690 Mpa y límite elástico ≥ 520 Mpa y para Grado 80 una resistencia a tracción ≥ 725 Mpa y límite elástico ≥ 550 Mpa
- Alargamiento (A una longitud de 200 mm) para grado 40 será ≥ 11% para barras de 3/8" y ≥ 12 para barras de 1/2", 5/8" y 3/4". Para grado 60 será ≥ 9% para barras desde 3/8" hasta 3/4", será ≥ 8% para barras de 7/8" y 1" y ≥ 7% para barras desde 9/8" hasta 9/4". Para grado 75 y 80 será ≥ 7% para barras desde 3/8" hasta 1"y ≥ 6% para barras desde 9/8" hasta 9/4".

Para el cemento según la AASHTO M85 (ASTM C150) debe cumplir lo siguiente:
•**Requisitos químicos**
- Para todos los tipos se permite una cantidad de piedra caliza ≤ 5%, adiciones de procesamiento inorgánico ≤ 5%, adiciones de procesamiento orgánico ≤ 1% e incorporación de aire.
- Tipo I: Contenido de óxido de magnesio ≤ 6%; contenido de azufre cuando C3A en 8% o menos ≤ 3%, cuando C3A es superior a 8% o menos ≤3.5% pérdida por ignición ≤ 3% (Si cuando la piedra caliza es o un ingrediente) y ≤ 3.5% (Si cuando la piedra caliza no es un ingrediente); residuo insoluble ≤ 1.5%
- Tipo IA: Contenido de óxido de aluminio ≤ 6%; contenido de óxido ferrico ≤ 6%; contenido de óxido de magnesio ≤ 6%; contenido de azufre cuando C3A en 8% o menos son ≤ 3%; pérdida por ignición ≤ 3% (Si cuando la piedra caliza no es un ingrediente) y ≤ 3.5% (Si cuando la piedra caliza es un ingrediente); residuo insoluble ≤ 1.5%; contenido de aluminato tricálcico ≤ 8%
- Tipo II y IIA: Contenido de óxido de aluminio ≤ 6%; contenido de óxido ferrico ≤ 6%; contenido de óxido de magnesio ≤ 6%; contenido de azufre cuando C3A en 8% o menos son ≤ 3%; pérdida por ignición ≤ 3% (Si cuando la piedra caliza no es un ingrediente) y ≤ 3.5% (Si cuando la piedra caliza es un ingrediente); residuo insoluble ≤ 1.5%; contenido de aluminato tricálcico ≤ 8% y cantidad de C3S + 4.75C3A ≤ 100%
- Tipo II(MH) y II(MH) A: Contenido de óxido de aluminio ≤ 6%; contenido de óxido ferrico ≤ 6%; contenido de óxido de magnesio ≤ 6%; contenido de azufre cuando C3A en 8% o menos son ≤ 3%; pérdida por ignición ≤ 3% (Si cuando la piedra caliza no es un ingrediente) y ≤ 3.5% (Si cuando la piedra caliza es un ingrediente); residuo insoluble ≤ 1.5%; contenido de aluminato tricálcico ≤ 8% y aluminato tricálcico + 3.95 ferrito ≤ 15%; contenido de aluminato tricálcico ≤ 10%
- Tipo III y IIIA: Contenido de óxido de magnesio ≤ 6%; contenido de azufre cuando C3A en 8% o menos ≤ 3.5%, cuando C3A es superior a 8% o menos ≤4.5%; pérdida por ignición ≤ 3% (Si cuando la piedra caliza no es un ingrediente) y ≤ 3.5% (Si cuando la piedra caliza es un ingrediente); residuo insoluble ≤ 1.5%; contenido de aluminato tricálcico ≤ 15% (Opcional no contenido de aluminato tricálcico ≤ 8% y aluminato tricálcico + 5% ferrito ≤ 25%
- Tipo IV: Contenido de óxido de aluminio ≤ 7%; contenido de óxido ferrico ≤ 6%; contenido de óxido de magnesio ≤ 6%; contenido de azufre cuando C3A en 8% o menos son ≤ 2.3%; pérdida por ignición ≤ 2.5% (Si cuando la piedra caliza no es un ingrediente) y ≤ 3.5% (Si cuando la piedra caliza es un ingrediente); residuo insoluble ≤ 1.5%; contenido de aluminato tricálcico ≤ 7%
- Tipo V: Contenido de óxido de magnesio ≤ 6%; contenido de azufre cuando C3A en 8% o menos son ≤ 2.3%; pérdida por ignición ≤ 3% (Si cuando la piedra caliza no es un ingrediente) y ≤ 3.5% (Si cuando la piedra caliza es un ingrediente); residuo insoluble ≤ 1.5%; contenido de aluminato tricálcico ≤ 5%; aluminoferrita tetracálcica más el doble de aluminato tricálcico (C4F + 2(C.A)), o solución sólida (C.AF + C2F) ≤ 25%.
•**Requisitos físicos**
- Para todos: Expansión del autoclave ≤ 0.8%; Tiempo de fraguado (Gilmore) inicial ≥ 60 minutos y final ≤ 600 minutos; Tiempo de fraguado (Vicat) inicial ≥ 45 minutos y final≤ 375 minutos. (Opcional:una rápido temprana con penetración final ≥ 50%)
- Una permeabilidad al aire ≥ 260 para tipo I, IA, II, IIA, II (MH), II (MH) A, IV y V, los tipos II (MH), II (MH) A y IV alcanza que debe ser ≤ 430.
- Tipo I: Resistencia a la compresión a los 3 días ≥ 12 Mpa, a los 7d ≥ 19 Mpa. (Opcional una resistencia a compresión a los 28d será ≥ 28Mpa)
- Tipo IA: Resistencia a la compresión a los 3 días ≥ 10 Mpa, a los 7d ≥ 16 Mpa. (Opcional una resistencia a compresión a los 28d será ≥ 25Mpa)
- Tipo II: Resistencia a la compresión a los 3 días ≥ 10 Mpa, a los 7d ≥ 17 Mpa. (Opcional una resistencia a compresión a los 28d será ≥ 28Mpa)
- Tipo IIA: Resistencia a la compresión a los 3 días ≥ 8 Mpa, a los 7d ≥ 14 Mpa. (Opcional una resistencia a compresión a los 28d será ≥ 28Mpa)
- Tipo II (MH): Resistencia a la compresión a los 3 días ≥ 10 Mpa, a los 7d ≥ 17 Mpa. (Opcional una conducción isotérmica calorimetría a 3 días ≤ 335 kJ/g, una resistencia a compresión a los 28d será ≥ 28Mpa)
- Tipo II (MH) A: Resistencia a la compresión a los 3 días ≥ 8 Mpa, a los 7d ≥ 14 Mpa. (Opcional una conducción isotérmica calorimetría a 3 días ≤ 335 kJ/g, una resistencia a compresión a los 28d son ≥ 28Mpa)
- Tipo III: Resistencia a la compresión a 1 día ≥ 12 Mpa, a los 3d ≥ 24 Mpa.
- Tipo IIIA: Resistencia a la compresión a 1 día ≥ 10 Mpa, a los 3d ≥ 19 Mpa.
- Tipo IV: Resistencia a la compresión a 7 días ≥ 7 Mpa, a los 28d ≥ 17 Mpa. (Opcional una conducción isotérmica calorimetría a 3 días ≤ 200 kJ/g y a 7 días ≤ 225 kJ/kg)
- Tipo V: Resistencia a la compresión a los 3 días ≥ 8 Mpa, a los 7d ≥ 15 Mpa. y a los 28d ≥ 21 Mpa. (Opcional una resistencia a sulfatos a 14 días ≤ 0.04% de expansión)

•Las cenizas volantes y puzolanas naturales según la AASHTO M295 (ASTM C 618) podrán ser de 3 tipos:
- Para todos los tipos los siguientes requisitos físicos: Finura a una cantidad retenida al tamiz N°325 ≤ 34%, índice de actividad de resistencia con cemento a los 7d y 28d ≥ 75%; expansión o contracción de la autoclave ≤ 0.08%; densidad con una variedad ≤ 5% y retenido en el tamiz N°325 ≤ 5%. (Opcional:un incremento en la contracción a 28d ≤ 0.03%; requisito de uniformidad al concreto con aire ≥ 20%; expansión/de mortero 14d ≤ 100%; resistencia al sulfato bajo de 6 meses para exposición moderada ser ≤5.10 y para exposición alta ≤ 8-05%; resistencia a los sulfatos por porcentaje de control podrá también ser ≤ 100%)
- Clase N (Puzolanas naturales, calcinadas o crudas): En requisitos químicos una cantidad de (Dióxido de silico + óxido de aluminio + óxido de hierro) ≥ 70%, máximo de azufre ≤ 4%, contenido de humedad ≤ 3% y pérdida al fuego ≤ 5% (Opcional un contenido de álcalis disponible ≤ 1.5%); requisitos físicos un porcentaje de agua requerida ≤ 115%, (Opcional:un requisito de uniformidad con una reducción de la expansión a 14d ≥ 75%).
- Clase F (Puzolanas de la quema del carbón antracita o bituminoso): En requisitos químicos una cantidad de (Dióxido de silico + óxido de aluminio + óxido de hierro) ≥ 70%, máximo de azufre ≤ 5%, contenido de humedad ≤ 3% y pérdida al fuego ≤ 5% (Opcional:un contenido de álcalis disponible ≤ 1.5%); requisitos físicos un porcentaje de agua requerida ≤ 105%, (Opcional:un requisito de factor múltiple ≥ 255%).
- Clase C (A partir de carbón lignítico o sub bituminoso): En requisitos químicos una cantidad de (Dióxido de silico + óxido de aluminio + óxido de hierro) ≥ 50%, máximo de azufre ≤ 5%, contenido de humedad ≤ 3% y pérdida al fuego ≤ 5% (Opcional:un contenido de álcalis disponible ≤ 1.5%); requisitos físicos un porcentaje de agua requerida ≤ 105%.

•La escoria de alto horno según la AASHTO M302 (ASTM C989) deberá cumplir lo siguiente según el grado, y son Grado 80, grado 100 o grado 120 Para requisitos físicos una finura retenida en tamiz N°325 ≥ 20%, superficie específica (determinar pero no hay exigencia), contenido de aire ≤ 12%, para grado 80 un índice de actividad a los 28d ≥ 75%, para grado 100 a los 28d será ≥ 95%, para grado 120 a los 28d ≥ 115% (muestra individual será 70, 90 y 110% para grado 80, 100 y 120), en requisitos químicos un contenido de azufre en sulfato ≤ 2.5% a los sulfato ≤ 4% (esto requiere para determinar la actividad de la escoria un total de dicido de 0 to 4-8% y resistencia a compresión 28d de 35Mpa).

•Si se usan aditivos con incorporación de aire según la AASHTO M154 (ASTM C260) deberá tener lo siguiente:
- Tiempo de fraguado inicial de 1.15 antes al 1.15 después y final de 1.15 antes ni 1.15 después.
- Resistencia a la compresión así como flexión a los 28 días ≥ 90% del de control; porcentaje del de control será 120%, aumento sobre el control de 0.006, factor de durabilidad ≥ 80 y exudación de cantidad neta de agua ≤ 2%.

•Si se usan aditivos bajo la AASHTO M194 (ASTM C494) podrán ser Tipo A (reductor de agua), tipo B (retardante), tipo C (acelerante), tipo D (reductores de agua y retardante), tipo E (reductores de agua y acelerantes), tipo F (reductor de agua de alto rango) y tipo G (reductores de agua de alto rango y retardantes)
- Todos tienen en común los siguientes requisitos: Porcentaje del control de 115% y aumento sobre el control de 0.010, un factor de durabilidad relativa ≥ 80 para concreto con aire.
- Contenido de agua ≤ 95% en tipo A, D y E; para tipo F y G ≤ 88%.
- Para tipo A y F un fraguado inicial y final de 100 antes al 120 después; para tipo B, D y G un fraguado inicial de 100 después 3:00 después y fraguado final de 330 después; para tipo C y E un fraguado inicial de 100 antes-3:30 antes y fraguado final de 1:00 antes.
- Resistencia a compresión a los 2h días será ≥ 110% para tipo C, E, F y G; será ≥ 180% para tipo A, D y ≥ 90% para tipo B.
- Resistencia a la flexión a los 3 días será ≥ 110% para tipo A, D, E, F y G; será ≥ 180% para tipo C y ≥ 90% para tipo B.
- Resistencia a la compresión a 1 año al igual que resistencia a la flexión a los 28 días respecto a la de control ≥ 100% para tipo A, D, E, F y G; y ≥ 90% para B y C.

•El agua según la AASHTO M157 deberá cumplir la siguiente: Resistencia a compresión a los 7d ≥ 90%; tiempo de fraguado de 1:00 antes a 1:30 después; en cuanto a requisitos químicos, una concentración de cloruro ≤ 0.06% para hormigón pretensado , seco ≤ 0.10% para hormigón armado en ambiente húmedo y expuesto a cloruros, y ≤ 0.15% si no está expuesto a cloruros; contenido de sulfato de 3000 ppm; contenido de álcalis de 600 ppmy contenido total de sólidos de 50000 ppm.

•El cemento a usar deberá ser escogido en la etapa de diseño, se escogerá entre los 10 tipos mencionados.

•Requisitos para barras de acero recubiertas con protector epoxi:
- Deposi se aplica en polvo a la barra limpiada por chorro (Abrasiva por chorro), luego mediante fusión el polvo se derrite y adhiere a la barra, formando un recubrimiento. (Aplicado en líquido solo para reparar recubrimiento dañados o ocultar zonas no recubiertas)
- Material en polvo que deberá ser orgánico y pigmento inorgánico
- Recubrimientos de 175 a 300 µm de grosor para barras entre 3/8" a 5/8" y de 175 a 400 µm para barras de 3/4" a 9/4"
- Los pasadores recubiertos con material tipo A o B para evitar la corrosión deben tener un recubrimiento de 0.64 ± 0.13 mm para clase A y de 0.18 ± 0.05 mm para clase B.

•Cordón para juntas según la ASTM D5249 podrá ser tipo 1 (llamas redondas de varios diámetros para usar con sellantes en filo o caliente), tipo 2 (Tiras o láminas de varios espesores para usar con sellantes en filo o caliente) o tipo 3 (llamas redondas de varios diámetros fundadas solo para filo) y deberán cumplir con lo siguiente:
- Densidad ≤ 64.1 kg/m3 para tipo 2 y ≤ 96.1 kg/m3 para tipo 1 y 3; resistencia a la tracción ≥ 20 psi (solo tipo 1 y 3); absorción de agua ≤ 10.5%; 25% de fuerza de deflexión por compresión ≤ 15 psi; recuperación de compresión ≤ 90%; resistencia al calor de 200 ± 2.8 °C (Solo para tipo 1 y 2); contracción ≤ 10% (Solo para tipo 1 y 2); alcanzar el escudo a los 8 minutos.

•Lubricante según la ASTM D2835 para instalar hules sellos de compresión prefabricados deberá cumplir lo siguiente Debe ser uniforme y no contener grumos ni aglomerados; contenido no volátil del lubricante ≥ 24% en peso; Viscosidad tipo 1 de 3000-80000 cP (para aplicación manual o con embalaje) y tipo 2 de 8000-15000 cP (Aplicación con máquina)

•Relleno prefabricado para juntas de expansión de concreto, tipo bituminoso (ASTM M33): Composición de mastic bituminoso (asfalto o brea), fortuada y encapsulada entre dos capas de fieltro impregnado de bitumen o dos capas de fieltro de fibra de sidrio, compuesta por relleno rotumoso y fibras de refuerzo; podrá contener otra delgadas de material de baja de refuerzo. Deberá tener:
- Porción de mastic (excluyendo las láminas rígidas) ≥ 70% de material soluble en disulfuro de carbono; en material de más de 6.4 mm) ≥ 65% para los materiales menores; deflexión ≤ 25 mm; no podrá romperse bajo el corte de prueba; absorción de agua ≤ 2.5% a el expuesto de junta en de 25 mm, ≤ 5% para expuesto de 19 mm, ≤ 4% para expuesto de 6.5 mm; compresión a 50% será baja carga de 3.53 kPa.

•Relleno prefabricado de espuma de caucho y corcho para juntas de expansión (ASTM M153) podrán ser tipo I (Caucho espumoso), tipo II (Corcho), tipo III (corcho aninconpatible) y tipo IV (caucho reciclado unido con poliuretano) deberán cumplir lo siguiente:
- Rango de espesores de 6, 9.5, 13, 19 y 25 mm, un ancho de 600 o 1200 mm y longitudes de 900, 1500, 1800, 3000 o 3700 mm.
- Recuperación ≥ 90%; carga necesaria para compresión del 50% será de 340- 10350 kPa; extrusión del borde Bxe; ≤ 6 mm; expansión no debe tener un espesor ≥ 140% del espesor original (Solo para tipo III); no deberá mostrar evidencia de disintegración geve al ser expuesto a hervido en ácido clorhídrico; densidad de relleno seco al ante ≥ 480 kg/m3 (Solo para tipo I).

•Relleno prefabricado para juntas de dilatación, tipos bituminoso resistentes y no extrusivos (ASTM M213): compuesta de 699-5200 kPa para compresión 50%; extrusivo ≤ 50%; recuperación ≥ 70%; densidad secado al ante ≥ 304 kg/m3; absorción de agua en 24 h ≤ 15% para exposer de 13 mm y ≤ 20% para demás exposores; contenido de asfalto ≥ 35% en masa.

•Rellenos de tableros de poliestileno bajo la ASTM C203: Resistencia mínima a la flexión de 0.25 MPa y una resistencia a la compresión que varía entre 0.1 a 0.3 MPa al 5 por ciento de compresión.

•Sellante para juntas tipo elastomérico en caliente (ASTM D3406) deberá cumplir lo siguiente:
- Penetración ≤ 150; no debe haber flujo luego de 72 horas a 70 ± 1°C; deberá cumplir con los valores de adherencia especificados; no podrá presentar ninguna grieta en ensayos rodillados; resilencia con una recuperación ≥ 60% (Mínimo valor para resilencia después de envejecimiento); el sellante no debe fluir, mostrar viscosidad, la presencia de una película similar al aceite o valore y una natureza tipo marilla, formar ampollas ovala superficie (fracturas o rotas), formar cordeados internos, tener cuarteaduras, grietas, enfurecimiento o pérdida de propiedades tipo goma.

•Sellante con cubeta para juntas (ASTM D6690) podrán ser el Tipo I (para climas moderados), Tipo II (para mayoría de climas), tipo III (para mayoría de climas) y tipo IV (para climas muy fríos); estos deberán cumplir lo siguiente:
- Penetración a 25°C ≥ 90 (para tipo I, II y III) y 90-150 (para tipo IV); punto de ablandamiento ≥ 80°C, adhesión no inmersa con 50% de extensión (Tipo I, II y III) ≥ 200% de extensión (Tipo IV), además una adhesión e inmersión con 50% de extensión (solo para tipo III); resiliencia ≥ 60% (para tipos II, III y IV) y resiliencia luego de envejecimiento ≥ 60% (solo para tipo III), una compatibilidad con asfalto aprobado.

•Sellante Elastomérico de Policloropropeno según la ASTM D2628 deberá cumplir lo siguiente: Resistencia a la tracción ≥ 13.8 Mpa; elongación de rotura ≥ 250%; dureza de 55 ± 5, por envejecimiento una pérdida de resistencia a la tracción ≤ 20%, pueda por elongación ≤ 20% y cambio de dureza de 0 a 10; hinchazón de petróleo en cambio de peso ≤ 45%, resistencia al ozono con 20% de tensión donde no presente grietas; rigidez a baja temperatura un cambio de dureza de 0-15, recuperación a baja temperatura con 50% de deflexión ≤ 88%; recuperación a baja temperatura (22 ha -29°c y 50% de deflexión) ≤ 83%; recuperación a alta temperatura (70 ha 100°C y 50% recuperación) ≤ 85%; compresión-deflexión (80% de ancho nominal) ≤ 613 N/m.

•Sellante de silicona en frio según la ASTM 5893 indica los tipos NS (uso handmixer) y SL (autonivelante), deberán cumplir lo siguiente: Curado total a los 21 días; sellador NS no podrá hundirse más de 7.6 mm(No presentar burbujeo), tasa de extrusión es 5 ≥ 50mL/min; no podrán estar pegajosos luego de 5 h; podrán ser precipitados ≤ 10%; no deberán no presentes grietas, separaciones o otros; dureza ≥ 25 (podrá ser ≤ 30); no debe haber flujo luego de 72 h; alargamiento final ≥ 600%, tensión de tracción ≤ 310 kPa; luego de 500 h no puede mostrar ningún cambio físico; resiliencia del sellante ≥ 75%.

•Tela de arpillera hecha de yute o kenaf (AASHTO M182), indica 1 tipo de arpillera y podrán ser los clase 1 (masa de 233 g/m), tipo 2 (masa de 240 g/m), tipo 3 (masa de 310 g/m) y tipo 4 (masa de 372 g/m)
- Siendo yute una fibra del liber obtenida con varios especies de cuerbeas y kenaf es fibra del liber obtenida de hibiscus cannabinus
- Requisitos físicos: Hilos por metro de urdimbre será de 315-433 para clase 1, de 354-472 para clase 2, de 433-512 para clase 3 y 4; hilos por metro de relleno sera de 315-433 para clase 1, de 354-433 para clase 2, de 394-472 para clase 3, de 433-512 para clase 4.

•Para curado con láminas podrá ser mediante polietileno blanco, polietileno o de papel de curado según la ASTM C171 deberá: Ser materiales resistentes, fuertes, resilientes y capaces de resistir el uso normal, tasa de transmisión de vapor de agua ≤ 10 g/m2 en 24 horas; reflectancia a la luz del día del lado blanco del papel de curado ≥ 50% y para polietileno blanco del lado del polietileno ≥ 70%.
- Para papel de curado una resistencia a la tracción ≥ 5.25 kN/m de ancho en dirección de la maquina y ≥ 2.62 en dirección transversal.
- Las láminas de polietileno tienen un grosor nominal ≥ 0.10 mm y en ningún punto menor a 0.075 mm, donde según la ASTM D4397 tendrá resistencia a la tracción ≥ 11.7 Mpa en dirección longitudinal y ≥ 8.3 Mpa en dirección transversal, alargamiento ≥ 225% en dirección longitudinal y ≥ 350% en dirección transversal. También una resistencia al impacto ≥ 165 g (0.10 mm), ≥ 205 g (0.125 mm), ≥ 260 g (0.15 mm), ≥ 315 g (0.175 mm), ≥ 370 g (0.20 mm), ≥ 420 g (0.225 mm) y ≥ 475 g (0.25 mm).
- Para láminas de polietileno blanco consiste en arpillera con un peso de 305 g/m2 recubierta por extrusión con polietileno opaco blanco de grosor de 0.10 mm; y cumplirá las mismas especificaciones que láminas de polietileno.

•Las membranas bajo la ASTM C309 a usar podrán ser Tipo 1 (claro y traslucido), Tipo 1-D (claro y traslucido con tinte fugitivo y distinguibles a las 4 horas e imperceptible a los 7días) o tipo 2 (pigmento blanco), los sólidos deberán en el vehículo son clase A (un resina) o B (resina)
- Deben tener una pérdida de agua ≤ 0.55 kg/m2 a 72h; reflectancia diaria ≥ 60% (solo tipo 2) y secado ≤ 4 horas.

Sudáfrica	•El agregado deberá ser agregado formado por la desintegración natural de roca; agregado producido por la trituración mecánica o molienda de roca; o agregado derivado de una combinación de ambos tipos, deberán cumplir la SANS 1083 •El agregado grueso será todo aquel material: > 5 mm •El agregado fino será todo los fracciones de agregado: ≤ 5 mm •El cemento a usar deberá cumplir con la SANS 50197-1 (EN 197-1), en otros encontramos los CEM I, II, III, IV y V. Además de estar certificado. -Los CEM I son cemento portland, CEM II son cementos portland con diferentes componentes, CEM III son cementos con escorias de horno alto, CEM IV son cemento puzolánico y CEM IV son cementos compuestos •Adicionales podrán ser la escoria de alto horno granulada molida bajo la SANS 55167-1 (EN 15167-1) y ceniza volante según la SANS 50450-1 (EN 450-1) •Aditivos deberán cumplir con la SANS 50934 (EN 934), ASTM C494 o AASHTO M194. También podrá ser con la ASTM C260 o AASHTO M154. Además, de tener sus respectivas certificación. •El acero será el siguiente: -Acero de refuerzo y barras de unión bajo la SABS 920 -Malla de acero soldadas bajo la SABS 1024 -Pasadores en juntas transversales será según la DIN 1013 •El agua deberá cumplir con los requisitos presentados en la SANS 51008 (IN 1008) •Para rellenos de juntas -Rellenos para juntas de dilatación será según la AASHTO M153 -Rellenos para juntas de aislamiento debe ser preformado y cumplir la ASTM D994 -Para sellado de juntas de ranurado deberá ser reparte de polielieno extruida de celda cerrada y cumple la ASTM D5249 -Para sellado de juntas -El sellante deberá ser sellador de silicona, no podrá ser de curado ácido, ser compatible con la superficie a la que se aplica y tener las propiedades necesarias. •Para el curado deberá ser a base de resina pigmentada de color blanco que no contenga agua y cumpla la ASTM C309. Deben tener un certificado no más antiguo que 3 meses.	**Para agregado fino** -Deberá cumplir con la siguiente granulometría PF (5 mm)/92-100, PF (4.75 mm) 90-100 y PF (0.15 mm)/ 5-25. -Contenido de polvo (Equivalencia de arena) ≥ 5% para los derivados de desintegración natural de roca, ≥ ≤ 10% para los trituración mecánica o molienda de roca. Si no excedes los valores, se debe tener un valor de absorción de azul de metileno ≤ 0.7. -Contenido de arcilla ≤ 2%, módulo de finura de 1.2-3.3; contenido de cloruro para hormigón pretensado ≤ 0.01% en masa, para hormigón armado normal y no armado ≤ 0.03%, inactividad ácido ≤ 40%. -Para los derivados de desintegración natural de roca, deben cumplir adicionalmente lo siguiente: Contenido de impurezas donde el color del líquido sobre el agregado fino no debe ser más oscuro que el color de la solución de referencia; Bm de azúcar (A menos que cumpla con el requisito para impurezas nocivas solubles); para impurezas nocivas solubles una resistencia de la muestra ≥ 85% de las lavadas. **Para el agregado grueso** -Contenido de polvo ≤ 2%; Valor de Trituración del Agregado (Trituración desde 13.2 mm a 9.5 mm) ≥ 29% en masa; valor de trituración del 10% del agregado fino será ≥10 kN); índice de aplanamiento ≤ 35; dureza en seco ≥ 210 kN y húmedo ≥ 160 kN; tamaño nominal de 37.5 mm para exposure de loss > 175 mm, de 28 mm para exposures > 150 mm y de 14 mm para exposures < 100 mm. Deberá cumplir con uno de las 8 franjas granulométricas, según el tamaño del agregado: -75 mm PF (75 mm)/ 100, PF (53 mm)/ 0-50, PF (20 mm)/ 0-43, PF (37.5 mm)/ 0-25, PF (20 mm)/ 0-7 y PF (26.5 mm)/ 0-5. -53 mm PF (75 mm)/ 100, PF (53 mm)/ 85-100, PF (20 mm)/ 70-85, PF (37.5 mm)/ 0-20, PF (20 mm)/ 0-20, PF (26.5 mm)/ 0-25, PF (20 mm)/ 0-7 y PF (19 mm)/ 0-5. -37.5 mm PF (53 mm)/ 100, PF (20 mm)/ 90-100, PF (37.5 mm)/ 85-100, PF (20 mm)/ 35-55, PF (26.5 mm)/ 0-20, PF (20 mm)/ 0-28, PF (19 mm)/ 0-25, PF (14 mm)/ 0-7 y PF (13.2 mm)/ 0-5 -26.5 mm PF (37.5 mm)/ 100, PF (20 mm)/ 90-100, PF (26.5 mm)/ 85-100, PF (20 mm)/ 55-70, PF (19 mm)/ 0-20, PF (14 mm)/ 0-28, PF (13.2 mm)/ 0-25, PF (10 mm)/ 0-7 y PF (9.5 mm)/ 0-5. -19 mm PF (26.5 mm)/ 100, PF (20 mm)/ 100, PF (19 mm)/ 85-100, PF (14 mm)/ 55-85, PF (13.2 mm)/ 0-20, PF (10 mm)/ 0-28, PF (9.5 mm)/ 0-25, PF (7.1 mm)/ 0-9 y PF (6.7 mm)/ 0-5. -13.2 mm PF (19 mm)/ 100, PF (14 mm)/ 90-100, PF (13.2 mm)/ 85-100, PF (10 mm)/ 55-75, PF (9.5 mm)/ 0-20, PF (7.1 mm)/ 0-30, PF (6.7 mm)/ 0-25, PF (5 mm)/ 0-7 y PF (4.75 mm)/ 0-5 -9.5 mm PF (13.2 mm)/ 100, PF (10 mm)/ 90-100, PF (9.5 mm)/ 85-100, PF (7.1 mm)/ 25-58, PF (6.7 mm)/ 0-55, PF (5 mm)/ 0-28, PF (4.75 mm)/ 0-25, PF (2.36 mm)/ 0-5 y PF (2 mm)/ 0-4. -6.7 mm PF (9.5 mm)/ 100, PF (7.1 mm)/ 92-100, PF (6.7 mm)/ 85-100, PF (5 mm)/ 15-55, PF (4.75 mm)/ 0-55, PF (2.36 mm)/ 0-25, PF (2 mm)/ 0-4, PF (1.18 mm)/ 0-5 y PF (1 mm)/ 0-4. **Para el acero** **•Acero de refuerzo y barras de unión bajo la SABS 920 (SANS 920)** podrá ser de diámetro de 6, 8, 10, 16, 20, 25, 32 o 40 mm; deberán cumplir lo siguiente: -La resistencia última a la tracción de la barra debe ser al menos un 15 % mayor que el límite elástico o el límite de proporcionalidad del 0.20 %; si es acero nuevo un límite elástico ≤ 400 Mpa -Resistencia a la tracción ≥ 250 Mpa si es acero liso y ≥ 450 Mpa si es de alto rendimiento; dependiendo por extinción será ≥ 0.2 mm. **•Malla de acero soldadas bajo la SABS 1024** deberá cumplir lo siguiente: La malla no podrá tener óxido suelto, aceite, grasa o cualquier otro contaminante; el alambre de la malla debe ser alambre de acero estirado en frío de sección transversal redonda, con una superficie lisa, dentada o deformada de otra manera; diámetro nominal ≥ 6.3 mm; el tolle de malla tendrá un tamaño nominal de 60 mm x 2.4 m y las hojas serán de 6 m x 2.4 m; soldada con soldadura a tope por resistencia; esfuerzo de cadencia ≥ 485 Mpa y resistencia a tracción ≥ 510 Mpa (Resistencia a tracción debe ser almenos 5% mayor que la de cadencia); alargamiento ≥ 12%; no presentar fiscturas cuando se prueba a flexión. **•Pasadores en juntas transversales será según la DIN 1013** podrá ser de diámetro de 16.5 o 165 mm. **Para el cemento** •Se podrán usar 5 tipos de cemento, que serán CEM I, II, III, IV y IV: -Valor pronedio dérodo de carbono debe ser ≤ 925 kg CO2e. -Requiere a la compresión Para 12.5 mn resistencia inicial a 7 días ≥ 16 Mpa y a los 28 días ≥ 32.5 Mpa y ≤ 52.5 Mpa. Para 42.5 N mn resistencia inicial a 2 días ≥ 10 Mpa y a los 28 días ≤ 42.5 Mpa y ≤ 62.5 Mpa -Requiere también un principio de fraguado ≥ 75 minutos para cemento de 32.5 Mpa, este ≥ 60 minutos para cemento de 42.5 Mpa. -En exigencias químicas Una perdida por calcinación ≤ 5% y residuo insoluble ≤ 5%; Contenido de sulfitos SO3 es de 32.5 N ≥ 3.5% (Para CEM I, CEM, II, CEM IV y CEM V), y si es de 42.5N debe ser ≤ 4% (Para CEM I, CEM, II, CEM IV, CEM V), para CEM III debe ser ≤ 4% para todos; contenido de cloro ≤ 10% y puzolanicidad que cumple con ensayos. •Composición que debestar tener **-CEM I:** Contenido de Clinker de 95- 100% **-CEM II** se clasifica en: -Cemento portland con escoria CEM II/A-S (Clinker de 80-94% y escoria de alto horno de 6-20%) y CEM II/B-S (Clinker de 65- 79% y escoria de alto horno de 21-35%); con humo de sílice CEM II/A-D (Clinker de 90-94% y humo de sílice de 6-10%). -Cemento portland puzolánico CEM II/A-P (Clinker de 80-94% y puzolana natural de 6-20%), CEM II/B-P (Clinker de 65- 79% y puzolana natural de 21- 35%), CEM II/A-Q (Clinker de 80-94% y puzolana natural calcinada de 6-20%) y CEM II/B-Q (Clinker de 65-79% y puzolana natural calcinada de 21- 35%) -Con cenizas volantes CEM II/A-V (Clinker de 80-94% y cenizas silíceo de 6-20%), CEM II/B-V (Clinker de 65- 79% y cenizas silíceo de 21- 35%), CEM II/A-W (Clinker de 80-94% y cenizas calcáreo de 6-20%), CEM II/B-W (Clinker de 65- 79% y puzolana natural de 21- 35%) -Con esquisto calcinado los CEM II/A-T (Clinker de 80-94% y esquisto calcinados de 6-20%), CEM II/B-T (Clinker de 65- 79% y esquisto calcinados de 21- 35%) -Con caliza CEM II/A-L (Clinker de 80-94% y caliza L de 6-20%), CEM II/B-L (Clinker de 65-79% y caliza L de 21-35%), CEM II/A-LL (Clinker de 80-94% y caliza LL de 6-20%) y CEM II/B-LL (Clinker de 65- 79% y caliza LL de 21- 35%) -Mixto los CEM II/A-M (Clinker de 80-94% y la mezcla de componentes será de 6- 20%), CEM II/B-M (Clinker de 65-79% y la mezcla de componentes será de 21- 35%). **-CEM III** los CEM III/A (Clinker de 35-64% y escoria de alto horno de 35-65%), CEM III/B (Clinker de 20-34% y la mezcla de componentes será de 66-80%) y CEM III/C (Clinker de 5-19% y escoria de alto horno de 81-95%) **-CEM IV** non los CEM IV/A (Clinker de 65-89% y humo de sílice, puzolana y cenizas volantes de 11-35%), CEM IV/B (Clinker de 45-64% y humo de sílice, puzolana y cenizas volantes de 36-52%) **-CEM V** non los CEM V/A (Clinker de 60-64%, escoria de alto horno de 18-30% y puzolanas cenizas volantes de 18-30%), CEM V/B (Escoria de escoria de alto horno de 31-50% y puzolanas con cenizas volantes de 31-49%) -Su podrán tener contenido con resistencia al sulfato, donde solo cambia su contenido de aluminato tricálcico (CA), entre ellos están CEM I-SR-0 (CA- =0), CEM I-SR 3 (CA ≤ 3%), CEM I-SR 5 (CA ≤ 5%), CEM III/B-SR y CEM III/B-SR no presentan requisito, CEM IV/A-SR y CEM IV/B-SR (CA ≤ 9%)	•Los agregados en caso de presentarse no podrán tener una reacción alcalino-agregado dañina. •Si se mezclan aditivos no podrán exceder la dosis mínima recomendada por el fabricante de aditivos y tampoco debe exceder el 5 % en masa del ligante cementante total. •Las membranas bajo la ASTM C309 a usar en curado podrán ser Tipo 1 (claro y traslucido), Tipo 1-D (claro y traslucido con tinte fugitivo y distinguibles a las 4 horas e imperceptible a los 7días) o tipo 2 (pigmento blanco); los sólidos deuchos en el vehículo son clase A (de resina cloro) y B (resina) - Deben tener un índice de eficiencia ≥ 90%; debe ser capaz de endurecerse en un plazo de 30 minutos.; reflectancia diarna ≥ 60% (solo tipo 2) y secado ≤ 4 horas. •Material de relleno según la ASTM D994, serán espumas de poliuretano de alta densidad para juntas de expansión, deberá cumplir los siguientes requisitos: Absorción de agua ≤ 2.5% para un espesor de 25 mm, ≤ 3% para espesor de 20 mm, ≤ 4% para 15 mm y ≤ 5% para espesores de 10 mm; deflexión ≤ 25 mm. -La ASTM D1751 añadá que los tipos no cruladores y bituminosos resilientes deben tener una pérdida de peso por compresión ≤ 3%; extrusión ≤ 6.4 mm; recuperación de grosor ≥ 70%; absorción de agua ≤ 15% del volumen en 24 horas para grosor nominal de 13 mm y ≤ 20% para el resto de grosores; contenido de sólido deberá ser almenos del 35%. •Material de relleno según la ASTM M115 que será del tipo prefabricado de espuma de caucho y corcho podrán ser tipo I (Caucho-corpotipos), tipo II (Corcho), tipo III (corcho autocompatible) y clase IV (caucho reciclado unido con poliuretano) deberán cumplir lo siguiente: -Rango de espesores de 6, 9,1, 13, 19 y 25 mm, un ancho de 900 o 1200 mm y longitudes de 900, 1500, 1800, 3000 o 3700 mm. -Recuperación ≥ 90%; carga necesaria para compresión del 50% será de 340-1030 kPa; extrusión del borde 3mm ≤ 6 mm; expansión no debe tener un espesor ≥ 140% del espesor original (Solo para tipo III); no deberá mostrar evidencia de desintegración grave al ser expuesto a hervido en ácido clorhídrico; densidad de relleno seco al aire ≥ 480 kg/m3 (Solo para tipo I)
Australia y Nueva Zelanda	•Los agregados podrán ser producidos a partir de productos de canteo trituradas y tamizados, arenas y gravas naturales o productos manufacturados o reciclados; se clasifican en: -El agregado grueso: Árido retenido en el tamiz de 4.75 mm -Agregado fino: Árido que pasa por el tamiz de 4.75 mm -Los agregados no podrán contener partículas dúctiles, frables o laminadas. -Los productos de canteo trituradas procesados no podrá usar rocas ígneas o rocas metamórficas. Las arenas y gravas naturales pueden ser trituradas, lavadas y tamizadas, o ellos podrán ser cantidades y se requiere de sido enseyos para evaluar su rendimiento. •El cemento a usar será cemento portland bajo la AS 3972 •Existen ligantes geopoliméricos, donde algunos están compuestos por sílice y aluminio, los cuales tienen potencial de remplazar el cemento portland, aunque, si es patentado, no ha sido probado en carretera y se requiere de más ensayos para evaluar su rendimiento. •Se podrán usar materiales adicionales a la mezcla como: -Cenizas volantes como material adicional, cumplirá con la AS/NZS 3582.1 y ser tipo fine; las cenizas se producen por quema de carbón, donde el carbón negro es el más adecuado para productivo y que funcionen para el concreto. -Escoria de alto horno granulada molida, cumplirá con la AS 3582.2; debido a la baja producción de acero de Australia y Nueva Zelanda, este producto es importado. •El acero cumplirá con la AS 4671; su podrá usar según la circunferencia, barras corrugadas, malla electrosoldada y/o rollacros de fibra de acero. -El acero no podrá revestir, aunque se recomienda galvanizar del acero de refuerzo. •El agua a usar debe estar libre de materiales nocivos para el hormigón, no debe ser salada ni salobre; además, debe cumplir con la AS 1379 •Los aditivos a usar no incluyen acelerandores debido a sus posibles efectos negativos sobre la contracción, la corrosión del refuerzo, la durabilidad, etc. Los más comunes son: -Retardante de fraguado -Reductores de agua -Reductores de agua y retardadores de fraguado -Inclusores de aire •Para el curado se realiza tale cuidamente con membranas impermeables pulverizadas -Para PCP, CRCP y SRCP se usa estándar de cera -Para JRCP se usa estándar de cera o resina de hidrocarburos	**Para los agregados** -Densidad de partículas ≥ 2.1 t/m3, absorción de agua ≤ 2.5%, contenido de azufre ≤ 2%; contenido de azúcar será de 1 parte por 10000; contenido de partículas ligeras ≤ 1%. -No incluir sustancias solubles como la sal, que retardes el fraguado como yeso y compuestos orgánicos, que no reaccionen con el álcali del cemento como materiales altamente silíceos(lipalo, calcedonia y tridamita) y calizas dolomíticas. -En Australia en cuanto que la grava tenga presencia de madera y carbón;pero no alteran la mezcla, solo provocan manchas antiestéticas; también considera clave tener una estudio en diseño del coeficiente de expansión térmica. -Deberá cumplir lo siguiente granulometría de agregados combinado: PF (10 mm)/ 95-100, PF (13.2 mm)/ 75-90, PF (4.75 mm)/ 35-75, PF (4.75 mm)/ 38-48, PF (2.36 mm)/ 30-42, PF (1.18 mm)/ 22-34, PF (0.6 mm)/ 16-27, PF (0.3 mm)/ 11-22, PF (0.15 mm)/ 0-3 y PF (0.075 mm)/ 0-2. **Para el agregado fino** -Si tienes 1/3 del agregado deberá ser compuesto por cuarzo o mezcla cuarzo-sílice; además, el 50% del contenido de arena debe ser de fuentes naturales, de los cuales el 70% son particulas de cuarzo o sílex (preferral) -Soldeo de sulfatos de 12-15%. -No se incluyen las concentraciones a fricción, ya que se encontró que el uso de arenas naturales con alto contenido de sílice proporciona los mejores resultados respecto a este, y si se incorpora fines de basaltic calcinada produce los valores más altos de resistencia al desliamiento. Según la AS 2758/1 debe cumplir lo granulometría que le corresponda, para agregados fino que no ha sido sometido a trituración o el agregado fino triturado mezclado tiene: -Para material retenido PF (9.5 mm)/ 100, PF (4.75 mm)/ 90-100, PF (2.36 mm)/ 60-100, PF (1.18 mm)/ 30-100, PF (0.6 mm)/ 15-80, PF (0.3 mm)/ 5-50, PF (0.15 mm)/ 0-20 y PF (0.075 mm)/ 0-5. -Para material triturado PF (9.5 mm)/ 100, PF (4.75 mm)/ 90-100, PF (2.36 mm)/ 60-100, PF (1.18 mm)/ 30-100, PF (0.6 mm)/ 15-80, PF (0.3 mm)/ 5-40, PF (0.15 mm)/ 0-25 y PF (0.075 mm)/ 0-20. **Para el agregado grueso** -Soldeo de sulfatos de 9-12%, resistencia en hidratado ≥ 80 kN y variación máxima de resistencia hámedo/seco ≤ 35%; contenido de particulas sólidas ≤ 5%; proporción particulas planas o delformes en tamiz de 4.75 mm ≤ 10% para proporción 3:1 y ≤ 25% para proporción 2:1; cantidad de particulas con 2 caras fracturadas ≥ 80% (Particulas retenidas en tamiz de 4.75 mm); índice de descomunción o descamación ≤ 35%; valor Los Angeles ≤ 40% para roca gruesa y ≤ 35% para otros tipos de roca Debe cumplir con la granulometría del agregado graduado (40, 28, 20 y 14 mm) o en caso de estricto control elagregado de un solo tamaño (40, 28, 20, 14, 10, 7, 5). - 40 mm PF (75 mm)/ 100, PF (37.5 mm)/ 85-100, PF (19 mm)/ 30- 70, PF (9.5 mm)/ 0-25, PF (4.75 mm)/ 0-5 y PF (0.075 mm)/ 0-2. - 28 mm PF (37.5 mm)/ 100, PF (26.5 mm)/ 90-100, PF (19 mm)/ 60-85, PF (9.5 mm)/ 0-30, PF (4.75 mm)/ 0-10, PF (2.36 mm)/ 0-5 y PF (0.075 mm)/ 0-2. - 20 mm PF (26.5 mm)/ 100, PF (19 mm)/ 85- 100, PF (13.2 mm)/ 55-85, PF (9.5 mm)/ 20-40, PF (4.75 mm)/ 0-15, PF (2.36 mm)/ 0-5 y PF (0.075 mm)/ 0-2. - 14 mm PF (19 mm)/ 100, PF (13.2 mm)/ 85-100, PF (6.7 mm)/ 25-55, PF (2.36 mm)/ 0-10 y PF (0.075 mm)/ 0-2. - 10 mm PF(Particulas de un tamaño) PF (75 mm)/ 100, PF (27.5 mm)/ 85-100, PF (19 mm)/ 0-20, PF (9.5 mm)/ 0-5 y PF (0.075 mm)/ 0-2. - 28 mm PF (37.5 mm)/ 100, PF (26.5 mm)/ 65-100, PF (13.2 mm)/ 0-20, PF (4.75 mm)/ 0-5 y PF (0.075 mm)/ 0-2. - 20 mm PF(Lisos) mm/ 100, PF (19 mm)/ 85- 100, PF (9.5 mm)/ 0-20, PF (4.75 mm)/ 0-5 y PF (0.075 mm)/ 0-2. - 14 mm PF (19 mm)/ 100, PF (13.2 mm)/ 85-100, PF (6.7 mm)/ 0-20, PF (2.36 mm)/ 0-5 y PF (0.075 mm)/ 0-2. - 10 mm PF (13.2 mm)/ 100, PF (6.7 mm)/ 85-100, PF (4.75 mm)/ 0-20, PF (2.36 mm)/ 0-5 y PF (0.075 mm)/ 0-2. - 7 mm PF (9.5 mm)/ 100, PF (6.7 mm)/ 85-100, PF (2.36 mm)/ 0-20 y PF (0.075 mm)/ 0-2. - 5 mm PF (6.7 mm)/ 100, PF (4.75 mm)/ 85-100, PF (2.36 mm)/ 0-40 y PF (0.075 mm)/ 0-2. **Para el acero bajo la AS/NZS 4671:** •Podrán ser los siguientes grados: 250N, 300E, 500L, 500N y 500E - Todolo un límite elástico para 250N ≥ 250 Mpa, para 300E ≥ 300 Mpa, para 500L ≥ 500 Mpa, para 500N ≥ 500 Mpa y para 500E ≥ 500; los 500N y 500L se usan para barras de refuerzo y malla. Alargamiento para 250N y 500N ≥ 5%, para 500L ≥ 1.5%, para 500E ≥ 16% y para 300E será ≥ 15% si es corrugada y ≥ 12% para barra simple. -Módulo de elasticidad será de 2 x 10^5 Mpa; coeficiente de expansión térmica es 12 x 10^-6/ºC - Para el acero de refuerzo en Australia podrán ser los siguientes diámetros: 10, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 50 mm. Para Nueva Zelanda se añaden los diámetros de 6 y 8 mm respecto a Australia. •Las mallas podrán ser: -Rectangulares (100 x 200 mm) podrán ser RL4218 (Área transversal para barra longitudinal de 1112 mm2/m y transversal de 227 mm2/m), RL4018 (área transversal para barra longitudinal de 709 mm2/m y transversal de 227 mm2/m) o RL 818 (área transversal para barra longitudinal de 454 mm2/m y transversal de 227 mm2/m) -Cuadradas (200 x 200 mm) podrán ser SL102 (área transversal para barra longitudinal y transversal de 354 mm2/m), SL92 (área transversal para barra longitudinal y transversal de 290 mm2/m), SL82 (área transversal para barra longitudinal y transversal de 227 mm2/m), SL72 (área transversal para barra longitudinal y transversal de 179 mm2/m) y SL62 (área transversal para barra longitudinal y transversal de 141 mm2/m) **Para el cemento** -Existen varios tipos como: GP (Uso general), GB (cemento mezclado), GL (Cemento de piedra caliza de uso general), HE (Alta resistencia temprana), LH (cemento de bajo temperatura) y SL (cemento de contracción limitada); deberán cumplir lo siguiente: -GP: Contenido de cemento de 92.5-100%; en adiciones mineralos en contenido de cenizas volantes o escorias y contenido de caliza ser de 0-7.5%, contenido de componentes adicionales de 0-5% (Combinado de adiciones y componentes adicionales ≤ 7.5%); tiempo de fraguado mínimo de 45 minutos y máximo de 6 horas; sólido≤ 5%; contenido de cloro ≤ 0.10%; contenido de óxido de azufre ≤ 3.5%; resistencia a la compresión ≥ 35 Mpa a los 7 días y ≤ 45 Mpa a los 28 días. -GB: Contenido de cemento de 92.5-100%; en adiciones mineralos en contenido de caliza de 0-20%, contenido de componentes adicionales de 0-5% (Combinado de adiciones y componentes adicionales ≤ 20%); tiempo de fraguado mínimo de 45 minutos y máximo de 10 horas; sólido≤ 5%; contenido de cloro ≤ 0.10%; contenido de óxido de azufre ≤ 3.5%; resistencia a la compresión ≥ 20 Mpa a los 7 días y ≤ 35 Mpa a los 28 días. -GL: Contenido de cemento de GP + 92%; en materiales cementosos suplementarios (SCM) en contenido de cenizas volantes y/o escorias = 7.5% y de caliza de 0-10%; tiempo de fraguado mínimo de 45 minutos y máximo de 10 horas; sólido≤ 5%; contenido de cloro ≤ 0.10%; contenido de óxido de azufre ≤ 3.5%; resistencia a la compresión ≥ 20 Mpa a los 7 días y ≤ 35 Mpa a los 28 días. -HE: Tiempo de fraguado mínimo de 45 minutos y máximo de 6 horas; sólido≤ 5%; contenido de cloro ≤ 0.10%; contenido de óxido de azufre ≤ 3.5%; resistencia a la compresión ≥ 25 Mpa a los 3 días y ≤ 40 Mpa a los 7 días. -LH: Tiempo de fraguado mínimo de 45 minutos y máximo de 10 horas; sólido≤ 5%; contenido de cloro ≤ 0.10%; contenido de óxido de azufre ≤ 3.5%; resistencia a la compresión será igual a la GP o GB; pico de aumento de temperatura ≤ 23°C; expansión ≤ 750 microdeformaciones a las 16 semanas. -SL: Tiempo de fraguado mínimo de 45 minutos y máximo de 10 horas; sólido≤ 5%; contenido de cloro ≤ 0.10%; contenido de óxido de azufre ≤ 3.5%; resistencia a la compresión será igual a la GP o GR; contracción ≤ 750 microdeformaciones a los 28 días. •Las Cenizas volantes a usar serán de tipo flue deberá cumplir con la AS/NZ 3582.1: -Material con mínimo 75% que pase por el tamiz de 0.045 mm y sus pozolidos por ignición ≤ 4%; contenido de humedad ≤ 0.5%; contenido de óxido de azufre ≤ 3%, contenido de loss ≤ 0.1 e índice de fuerza ≥ 75%; se podrá usar de 0-70 kg/m3 (Donde el contenido total junto al cemento será entre los 2 da 300-330 kg/m3); fluccción-soluble en agua ≤ 20%. •Escoria de alto horno granulada molida bajo la AS 3582.2 debe cumplir con: -Contenido de azufre sulfúreo ≤ 1.5%; contenido de magnesio ≤ 15%; contenido de alumina ≤ 18%, contenido de cloruro de loss ≤ 0.1%. •El agua deberá cumplir con: Contenido de azúcar ≤ 100 mg/L; contenido de aceite y grasa ≤ 50 mg/L, pH > 5; contenido o los cloruros ≤ 300 ppm o los sulfitos ≤ 400 ppm; también se deberá tener en cuenta el contenido sólidos disueltos totales, cloruro, sulfito y equivalencia de acido. **Aditivos** **•Retardante de fraguado:** -Sin aditivo será un tiempo de fraguado inicial de 4h y final 6.5h -Si se usa calcio y concentración de 0.18% en el concreto, un tiempo de fraguado inicial de 6.5 h y final de 10 h -Con lignosulfonato podrá tener un tiempo de fraguado inicial de 11 h y final de 15 h (Concentración de 0.25%); inicial de 22.5 h y final de 28 h (Concentración de 0.5%), o inicial 76 h y final de 120h (Concentración de 1%) -Si se usa sacarosa podrá tener un tiempo de fraguado inicial de 9 h y final de 15 h (Concentración de 0.05%), inicial de 17 h y final de 28 h (Concentración de 0.1%), o inicial de 149-200 h y final de 480h (Concentración de 0.25%). La sacarosa aumenta la resistencia a compresión de 10-15%. -Con gluconato de sodio podrá tener un tiempo de fraguado inicial de 10 h y final de 22 h (Concentración de 0.05%) o inicial de 38 h y final de 42 h (Concentración de 0.10%) -Si es calcio podrá tener un tiempo de fraguado inicial de 11 h y final de 12.5 h(concentración de 0.05%), inicial de 18 h y final de 21 h.(Concentración de 0.1%), o inicial de 65 h y final de 50 h (Concentración de 0.25%) **•Reductores de agua:** -Sin aditivo el concreto presenta una resistencia a compresión a los 7 días de 38 Mpa, a los 28 días de 48.1 Mpa; relación agua cemento de 0.45; deformación vertical de 50 mm; exudación de 0.081 ml.cm2; % de agua en la mezcla es 1.56%. -Si se usa ácido hidrocálico, el concreto presenta una resistencia a compresión a los 7 días de 43.1 Mpa, a los 28 días de 52.2 Mpa; relación agua cemento de 0.4, deformación vertical de 75 mm; exudación de 0.130 ml.cm2; % de agua en la mezcla es 2.58%. Se usan para concretos de 50 Mpa. -Si se usa lignin, el concreto presenta una resistencia a compresión a los 7 días de 39.4 Mpa, a los 28 días de 48 Mpa; relación agua cemento de 0.45; deformación vertical de 75 mm; exudación de 0.039 ml.cm2; % de agua en la mezcla es 0.88%. **•Inclusores de aire:** -El aire incorporado es de 1-2 mm darán al concreto una reducción de la segregación y el sangrado, aumento de la homogeneidad y cohesión, y mejoramiento de la trabajabilidad y la formabilidad en desliamiento; cada aumento en porcentaje de aire, reduce la resistencia a compresión a los 28 días de un 5-10%; en zonas de congelación descongelación será aplicado en una de 5-6%.

Tailandia	•Agregado fino está constituido de arena natural o de piedra que sean redondas o angulares, no planas ni escamosas, con una superficie ásperas y partículas duras, resistentes, limpias y libres de recubrimientos de polvo -No contener suelo, arcilla, materia orgánica, inorgánicos degradables u otras impurezas. •Agregado grueso consiste en piedra triturada, grava o piedra partida que tenga características de ser de forma angular o redondeada, compacta, no friable, sin ningun planos o alargados excesivos, limpia, sin polvo o cualquier otro recubrimiento en su superficie. •El cemento a usar deberá cumplir los estándares de producto industrial encontrados en la ASTM C150 (AASHTO M85), donde podrán usar los tipos I, III o V, donde el tipo I por lo general es el más usado. -Tipo I: Uso cuando no se requiere propiedades especiales -Tipo III: Cuando se desea alta resistencia temprana -Tipo V: Cuando se desea alta resistencia al sulfato. •El acero a usar deberá estar marcado, podrá ser: -Barras de acero -Malla de alambre de acero debe cumplir •Los aditivos a usar son para reducir la cantidad de agua utilizada en la mezcla de concreto, mejorar la trabajabilidad, reducir la segregación, o minimizar la contracción del concreto. Deberá cumplir con la norm. 733 (ASTM C494) •El agua para la mezcla y para el curado debe ser limpia y libre de aceite, álcalis, ácido, sal, azúcar, vegetación u otras sustancias que puedan ser perjudiciales para el concreto o el acero de refuerzo. •Los sellantes para juntas será sellante en caliente y cumplir la norm. 479 (ASTM D6690) •Material para relleno de juntas deberá cumplir con la **rm.** -n. 301 (AASHTO M213-91 o ASTM D1751-83) •Para imprimación de juntas cumplirá con la norm. 479 (ASTM D6690) •Para el curado se podrán usar: -Tela de arpillera hecha de yute o lonaf (AASHTO M182) -Compuestos líquidos formadores de membrana para el curado del concreto cumpliendo la norm. 841 (ASTM C309)	**Agregado fino** •Cantidad de trozos de tierra y polvo ≤ 1%; cantidad de carbón y esquis ≤ 1%; árido que pasa por tamiz 200 ≥ 3% y contenido de sal de cloruro ≤ 0.1%, no incorporar contaminantes, como esquisto, álcalis, mica, granos recubiertos, partículas blandas y escamosas, que reducen la resistencia del concreto en más del 5% •Perfilla por vallitos de scala ≤ 9% •Deberá cumplir la siguiente granulometría: PP (9,5 mm): 100, PP#4: 95–100, PP#16: 45–85, PP50: 5–30 y PP#100: 0–10 **Agregado grueso** -Absorción no Angulos < 40%; -Desgaste a grava de rotatus nasse-que al ser sumergida en agua aumente más de 10% •Cantidad de trozos de tierra y polvo ≤ 2%; cantidad de carbón y esquis ≤ 0.5%; en partículas que pasan por tamiz 200 un contenido de nuds ≤ 1% y partículas de roca ≤ 1.5% contenido de sal de cloruro ≤ 0.05%. Deberá cumplir con una de las 5 franjas granulométricas según el tamaño de partículas: -37.5–4.75 mm PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 95–100, PP (19 mm): 35–70, PP (9.5 mm): 10–30 y PP (4.75 mm): 0–5. -25–4.75 mm PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm):95–100, PP (12.5 mm): 25–60, PP (4.75 mm): 0–10 y PP (2.36 mm): 0–5. -19–4.75 mm PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 90–100, PP (9.5 mm): 20–55, PP (4.75 mm): 0–10 y PP (2.36 mm): 0–5. -12.5–4.75 mm PP (19 mm): 100, PP (12.5 mm): 90–100, PP (9.5 mm): 40–70, PP (4.75 mm): 0–15 y PP (2.36 mm): 0–5. -9.5–2.36 mm PP (12.5 mm): 100, PP (9.5 mm): 85–100, PP (4.75 mm): 10–30, PP (2.36 mm): 0–10 y PP (1.18 mm): 0–5. **Para el acero** •La rejilla podrá ser de alambre de acero endurecido y estirado, alambre de acero de alta resistencia a la tracción estirado, barras de refuerzo lisas calidad SR24 o barras de acero corrugadas calidad SD30, SD40 o SD50 -Hoy 2 tipos de rejillas de alambre único o alambre doble. Deberán tener un contenido de carbón ≥ 0.20%, azufre ≤ 0.0600% y fósforo ≤ 0.0600%. -La rejilla de acero endurecido y estirado podrán ser de calidad SW3B5, SW4S0, SW4B5, SW5S0, SW5G15, SW5J3 y SW5G0. Los SW3B5 podrán ser de 2, 2.3, 2.6 y 3 mm y los SW4S0, SW4B5, SW5B0, SW5G, SW5J3 y SW5S0 podrán ser de 3.3, 3.6, 4, 4.3, 4.6, 5, 5.3, 5.6, 6.5, 7, 7.5, 8, 8.5, 9, 9.5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 y 19 mm. Deberán tener lo siguiente: Para SW3B5 resistencia a la tracción ≥ 485 Mpa, para SW4S0 ≥ 515 Mpa, SW4B5 ≥ 550 Mpa, SW5B0 ≥ 564 Mpa, SW5J3 ≥ 585, SW5J3 ≥ 603 Mpa y para SW5S0 ≥ 620 Mpa. Para SW3B5 un esfuerzo último a tracción ≥ 385 Mpa, para SW4S0 ≥ 450 Mpa, SW4B5 ≥ 485 Mpa, SW5B0 ≥ 500 Mpa, SW5J3 ≥ 515, SW5J3 ≥ 531 Mpa y para SW5S0 ≥ 550 Mpa. Reducción de área ≥ 50% -La rejilla de acero de alta resistencia a la tracción estirado podrán ser los tipos SW4B5, SW5B0, SW5G15, SW5J3 y SW5G0, y tendrán de 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8, 8.5, 9, 9.5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 y 19 mm. Además, deberá tener una resistencia a la tracción y un esfuerzo último a tracción que será la misma que la rejilla de acero endurecido y estirado. -Las barras de acero liso serán de diámetros de 6, 8, 9, 10, 12, 15, 19, 22, 25, 28, 32, 36 y 40 mm. Para acero corrugado será de 6, 8, 10, 12, 16, 20, 22, 25, 28, 32, 36 y 40 mm. Y 6 en para mallas será de máximo 3.15 mm. -Barras SD30 Contenido de carbón ≤ 0.27%; contenido de fósforo ≤ 0.050%, contenido de azufre ≤ 0.050%, carbono + manganeso ≤ 0.50%. Resistencia a la tracción de 480 Mpa, resistencia a la tracción en el límite elástico de 295 Mpa y elongación de 17% ángulo de flexión de 180° -Barras SD40 Contenido de manganeso ≤ 1.80%; contenido de fósforo ≤ 0.050%; contenido de azufre ≤ 0.050%, carbono + manganeso ≤ 0.55%. Resistencia a la tracción de 560 Mpa, resistencia a la tracción en el límite elástico de 390 Mpa y elongación de 15%; ángulo de flexión de 180° -Barras SD50 Contenido de manganeso ≤ 1.80%; contenido de fósforo ≤ 0.050%; contenido de azufre ≤ 0.050%, carbono + manganeso ≤ 0.60%. Resistencia a la tracción de 620 Mpa, resistencia a la tracción en el límite elástico de 490 Mpa y elongación de 13%; ángulo de flexión de 90° •Para pasadores de unión se usaran barras lisas y para los pasadores de transferencia de carga será barras corrugadas, cumpliendo las mismas especificaciones que las de refuerzo. **Para el cemento** según la ASTM C150 (AASHTO M85) debe cumplir lo siguiente: •Requisitos químicos -Para todos los tipos no portente una cantidad de piedra caliza ≤ 5%, aditivos de procesamiento inorgánico ≤ 1% o incorporación de aire. **-Tipo I:** Contenido de óxido de magnesio ≤ 6%; contenido de azufre cuando C3A en 8% o menos ≤ 3%, cuando C3A es superior a 8% o menos ≤ 3.5% pérdida por ignición ≤ 3% (Cuando la piedra caliza no es un ingrediente) y ≤ 3.5% (Cuando la piedra caliza es un ingrediente); residuo insoluble ≤ 1.5%; contenido de aluminato tricálcico ≤ 15%. (Opcional un contenido de aluminato tricálcico ≤ 8% y aluminato tricálcico ≤ 5%) **-Tipo III:** Contenido de óxido de magnesio ≤ 6%; contenido de azufre cuando C3A en 8% o menos ≤ 3.5%, cuando C3A es superior a 8% o menos ≤ 4.5%; pérdida por ignición ≤ 3% (Cuando la piedra caliza no es un ingrediente) y ≤ 3.5% (Cuando la piedra caliza es un ingrediente); residuo insoluble ≤ 1.5%; contenido de aluminato tricálcico ≤ 15%. (Opcional un contenido de aluminato tricálcico ≤ 8% y aluminato tricálcico ≤ 5%) **-Tipo V:** Contenido de óxido de magnesio ≤ 6%; contenido de azufre cuando C3A en 8% o menos será ≤ 2.3%; pérdida por ignición ≤ 3%;(Cuando la piedra caliza no es un ingrediente) y ≤ 3.5% (Cuando la piedra caliza es un ingrediente); residuo insoluble ≤ 1.5%; cantidad de y contenido de aluminato tricálcico ≤ 5%; aluminoferrita tetracálcica más el doble de aluminato tricálcico (C AF + 2(C.A)), o solución sólida (C AF + C3f) ≤ 25%. •Requisitos físico -Para todos: Expansión del autoclave ≤ 0.8%; Tiempo de fraguado (Gilmore) inicial ≥ 60 minutos y final ≤ 600 minutos; Tiempo de fraguado (Vicat) inicial ≥ 45 minutos y final ≤ 375 minutos. (Opcional una rápido temprana con penetración final ≥ 50%) -Una parmeabilidad al aire ≥ 260 para tipos I,IA, II, IIA, II (MH), II (MH) A, IV y V, los tipos II (MH), II (MH) A y IV alcalos que debe ser ≤ 430. -Tipo I Resistencia a la compresión a los 3 días ≥ 12 Mpa, a los 7d ≥ 19 Mpa. (Opcional una resistencia a compresión a los 28d será ≥ 28Mpa) -Tipo III Resistencia a la compresión a 1 día ≥ 12 Mpa, a los 3d ≥ 24 Mpa. -Tipo V: Resistencia a la compresión a los 3 días ≥ 8 Mpa, a los 7d ≥ 15 Mpa. y a los 28d ≥ 21 Mpa. (Opcional una resistencia a sulfatos a 14 días ≤ 0.04% de expansión) •Los aditivos deberán tener un contenido de cloruro ≤ 0.5% (No podrá tener cloruro de calcio) y una proporción a la mezcla que no provoque una retención de aire en la mezcla superior a 3%. Según la ASTM C494 podrán ser Tipo A (reductor de agua), tipo B (retardantes), tipo C (aceleantes), tipo D (reductores de agua y retardantes), tipo E (reductores de agua y aceleantes), tipo F (reductor de agua de alto rango) y tipo G (reductores de agua de alto rango y retardantes) -Todos hacen un cumplen los siguientes requisitos: Porcentaje del control de 115% y aumento sobre el control de 0.010, un factor de durabilidad relativo ≥ 80 para concreto con aire. -Contenido de agua ≤ 95% en tipo A, D y E; para tipos F y G ≤ 88%. -Para tipo A y F un fraguado inicial y final de 1:00 antes al 1:30 después; para tipo B, D y G un fraguado inicialde 1:00 después 3:30 después y fraguado final de 3:30 después; para tipo C y E un fraguado inicial de 1:00 antes 3:30 antes y fraguado final de 1:00 antes. -Resistencia a compresión a los 28 días será ≥ 110% para tipos C, E, F y G; será ≥ 100% para tipos A, D y ≥ 90% para tipo B. -Resistencia a la flexión a los 7 días será ≥ 110% para tipos A, D, E, F y G; será ≥ 100% para tipo C; y ≥ 90% para tipo B. -Resistencia a la compresión a 1 año al igual que resistencia a la flexión a los 28 días respecto a la de control ≥ 100% para tipos A, D, E, F y G; y ≥ 90% para B y C. •El agua de diferente fuentes deberá cumplir lo siguiente: -Cantidad de sustancias disueltas en agua: Contenido de cloruro de sodio para concreto simple ≤ 2000 ppm y para concreto reforzado ≤ 1000 ppm; contenido de sulfato para concreto simple ≤ 1500 ppm y para concreto reforzado ≤ 1000 ppm; Otras disoluciones ≤ 2000 ppm. -Si el agua es turbia deberá ser precipitada y ser turbiedad ≤ 2000 ppm. -Si el agua no cumple ningún requisito, se ensaya según la AASHTO T106 y que se obtenga un mortero con resistencia a compresión a los 7 y 28 días se sitse al menos un 90% de resistencia a compresión con agua destilada.	•Relleno predilebidado para juntas de expansión, tipos bituminosos resistentes y no extrusivos (ASTM M213): resistencia a la compresión para esperesor: ≥ 12.5 mm será de 689–5171 kPa para comprimirle 50%, si es < 12.5 mm de espesor será una resistencia de 689–861.8 kPa; posible luego de comprimido ≤ 5%; extrusión ≤ 50%; recuperación ≥ 70%; densidad secado al aire ≥ 244 kg/m3; absorción de agua en 24 h ≤ 15% para espesor ≥ 12.5 mm y ≤ 20% para donde espesores; contenido de asfalto ≥ 35% en masa. •Para sellos en caliente podrán ser el Tipo I (para climas moderados), Tipo II (para mayoría de climas), tipo III (para mayoría de climas) y tipo IV (para climas muy fríos); estos deberán cumplir lo siguiente: -Penetración a 25°C ≤ 90 (para tipos I, II y III) y 90–150 (para tipo IV); punto de ablandecimiento ≥ 80°C; adhesión no inmerso con 50% de extensión (Tipo I, II y III) ≥ 200% de extensión (Tipo IV), además una adhesión e inmersión con 50% de extensión (solo para tipo III); resiliencia ≥ 60% (para tipos II, III y IV) y resiliencia luego de envejecimiento ≥ 60% (solo para tipo III), una compatibilidad con asfalto aprobado. •Tela de arpillera hecha de yute o lonaf (AASHTO M182), indica 1 tipo de arpillera y podrán ser los clase 1 (masa de 233 g/m), tipo 2 (masa de 248 g/m), tipo 3 (masa de 310 g/m) y tipo 4 (masa de 372 g/m): -Ianalo pute una fibra del fiber obtenidas con tanto especies de cuticlase y lonaf es fibra del fiber obtenida de fibra:cac cumatinea -Requisitos físicos: Hilos por metro de urdimbre será de 315–433 para clase 1, de 354–472 para clase 2, de 433–512 para clase 3 y 4; hilos por metro de relleno sera de 315–433 para clase 1, de 354–433 para clase 2, de 394–472 para clase 3, de 433–512 para clase 4. •Las membranas bajo la ASTM C309 a usar podrán ser Tipo 1 (clara y traslucida), Tipo 1-D (clara y traslucida con tinte fugitivo y distinguibles a las 4 horas e imperceptible a las 7dias) o tipo 2 (pigmento blanco), los sólidos diseados en el vehicule non clase A (sin restriccionen) o B (tintas) -Deben tener una pérdidas de agua ≤ 0.55 kg/m2 a 72h; reflectancia diarna ≥ 60% (solo tipo 2) y secado ≤ 4 horas.

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Committee of Transport Officials, 2020); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (aashto, 2020); (Direccion de Vialidad, 2022); (Ministerio de Fomento, 2019); (Austroads, 2021); (Austroads, 2019); (Austroads, 2019); (Astm, 2001); (ACI Committee, 2000); (Astm, 2005); (Astm, 2018); (Astm, 2009); (Astm , 2005); (Astm, 2016); (Astm, 2007); (Astm, 2007); (Astm, 2006); (Astm, 1996); (Norma técnica Colombiana, 2007); (ACI Committee, 2010); (Norma tecnica Colombiana, 2013); (Norma técnica colombiana, 1995); (Norma Tecnica Colombiana, 2013); (Astm, 1999); (Astm, 2022); (Astm, 2006); (Norma técnia colombiana, 2008); (Norma técnica colombiana, 1982); (Norma técnica colombiana, 1993); (Norma técnica colombiana, 1982); (Norma Técnica colombiana, 1977); (Astm, 2000); (Astm, 2007); (Astm, 2008); (Astm, 1997); (Astm, 1995); (Norma técnica peruana, 2011); (Astm, 2018); (Astm, 1999); (Norma técnica peruana, 2001); (Astm, 1994); (Astm, 1994); (Astm, 2001); (Astm, 2010); (Astm , 1972);

(Norma Europea, 2006); (Hormigón estructural EHE, 2008); (European Standard, 2004); (European Standard, 2005); (European Standard, 2006); (European Standard, 2006); (European Standards, 2001); (European Standards, 2010); (Aashto , 2011); (Aashto, 2007); (Aashto , 1999); (Astm, 2009); (Astm, 2022); (Astm , 2021); (Astm, 2008); (Astm, 2005); (Astm, 1998); (Astm, 1995); (Astm, 1995); (Aashto, 2019); (Aashto, 2013); (Aashto, 2017); (Astm, 1998); (Aashto, 2017); (Aashto, 2020); (Aashto , 1993); (Aashto , 2003); (Australian Standards, 2007); (Australian Standards, 2019); (Australian Standards, 2000); (Australian Standards, 2010); (Australian Standards, 1998); (Deutsches Institut für Normung DIN, 1976); (European standard, 2007); (European standard, 2006); (South African Standards, 2012); (South African National Standard, 2011); (South African National Standard, 2012); (South African National Standard, 2006); (South African National Standard, 2011).

De lo anterior, se evidencia que con respecto a gradación del agregado grueso se presentan varias disparidades, Estados Unidos siendo el que más variedad presenta con un total de 19 tipos, Perú un total de 15 tipos los cuales concuerdan exactamente con los de Estados Unidos, Australia y Nueva Zelanda con 11 tipos, Colombia presenta 10 tipos de curvas que se podrán usar, Chile con 9 tipos, Sudáfrica con 8 tipos y Tailandia con 5 tipos; por último, España que no presenta ninguna curva guía.

Ahora, el agregado fino no presenta unas diferencias tan grandes. Estados Unidos, Australia y Nueva Zelanda presentan 2 tipos de franjas a usar, el resto de países muestra solo una, de estas destaca Chile ya que muestra las 7 curvas alternativas en caso de no cumplir esa única franja.

Respecto al cemento, Estados Unidos tiene 10 tipos, Colombia presenta 6 tipos y 2 tipos adicionales para cemento blanco, Australia y Nueva Zelanda con 6 tipos, España y Sudáfrica con 5 tipos de los cuales se subdivide en otros por lo mínimo 30 tipos, Tailandia con 5 tipos, Chile con 4 tipos, Perú muestra 1 solo tipo como recomendación.

Se tiene también que, en el uso de aditivos para la mezcla, en su mayoría se basa en la ASTM C260 y ASTM 494, las únicas excepciones son España, Australia y Nueva Zelanda, otra excepción es Tailandia, ya que no incluye los 2 tipos de aditivos, solo uno de esos.

Requisitos para construcción de la capa de rodadura (Pavimento Rígido)

El proceso de construcción se presenta en la figura 39 o en la tabla 58 del apéndice, donde además muestra los diferentes requisitos en los procesos de construcción según cada país, además de algunos requisitos especificaciones adicionales.

Figura 39

Especificaciones de proceso constructivo (Pavimento Rígido)

País	Construcción	Especificaciones adicionales
Colombia	•Para la mezcla el concreto podrá ser a granel o en bolsas. Entre su llenada desde su almacenamiento hasta la zona de mezclado (si es en bolsas debe haber sido un artículo, cubiertos con material impermeabilizante y almacenado máximo de 60 días, equespecíficos con 12 sacos o que tenga 7 m de alturas máximo). •Si se usa pigmentos este debe ser en una dosificación que no aceleve el fraguado inicial o finalcon más de 1 hora o retrasar en más de 1.5 horas. •Agregando se pesa por los tolvas alfuga de mezclado, este material echa almacenado evitando la segregación, retiros de agregados o excesivo variación en granulometría y contenimiento, además de mantenimiento de humedad necesaria (si es almacen en patios no se usan los 15 cm inferiores y estar cubiertos) •El concreto podrá ser elaborado en el sitio o también en planta externa, si se usanos aditivos será realizada con la dosificación adecuada ya sea en la planta o en la mezcladora estacionaria; y además, se deberá aplicar la dosificación de agua requerida para realizar una mezcla homogénea y además tener una temperatura uniforme, las fibras que podrán ser agregadas en cualquier momento del mezclado •Según la ACI 304R, si la mezcla se realiza en planta central el tiempo de mezclado se hara en la capacidad del mezclador, presentando un máximo de 1 min de mezclado por 3/4 m3 de material; si se realiza mezclado en camión deberá ser a 70–100 revoluciones y la ASTM C94 lo restringe hasta 300 revoluciones. •El concreto deberá tener una resistencia ≥ 28 MPa y una durabilidad según sus criterios de exposición (ya realiza en etapa de diseño) •Para la colocación del concreto se debe tener en cuenta la capacidad de la mezcladora, el tiempo de mezclado, la distancia entre los elementos que se colocan se podrán regular con el concreto. •Antes de colocar debe ser cuidado que este en sus alrededores no contenga material suelto que pueda deformarse en la colocación. •Zonas de acero deben ser cuidado que este en sus alrededores no contenga material suelto que pueda deformarse en la colocación. •Las barras a suministrar serán de longitudes de 6 m, hiico 12 m (podría ser diferentes con previa autorización). •Las barras deben tener todo la información básica de los sitemas. •En la realización de sitemas de transferencia se podrá usar juntas transversales y se deben colocar pasadores; estos realizan deslice se debe tener una suficiente resistencia a la corrosión, aplicando una película antiadherencia del tipo epoxi-tinc (Tipo A o B) y cumplir la AASHTO M254) o equivalente. Entre su colocación de acuerdo al documento del proyecto. •Ver unas pasadores con pasadores entre 4) y dirige de la cilindra. Además deberán ser limpios antes del retirado del concreto. •Estas barras de transferencia deberán tener un fijarlo anti adherencia aprobado. •Se colocan barras de anuero sesta donde se aplique y de forma perpendicular a la junta longitudinal (no podrán ser deformadas y endurecidas en la posible), con barras corrugadas con límite de fluencia f_y = 480 MPa •Se podrá instalar de forma manual, mediante canastas usadas para pasadores (dimensiones que cumplan con la ACI 302) esta se podrá hacer con equipo automático. Deben quedar a mitad de espesor y paralela a la superficie. •El transporte del concreto ci es descargado por mezcladoras estacionarias debe mantener la consistencia, trabajabilidad y uniformidad; ni es por camiones mezcladores o agitadores, el transporte, entrega y la colocación deberá ser en máximo 1.5 horas; y si se transporta en volquetas de debe completar la entrega en máximo 45 minutos. •Previo a la colocación del concreto se deberá humedecer la superficie donde sea, este debe estar a más de 10°C y menos de 35°C, si el concreto está en estado plástico pero previo al fraguado se podrá realizar ligeramente con agua sin afectar la relación agua/cemento; y durante la colocación esta deberá ser homogénea y tener una distribución de mínimo 10 meses los ejes de un pasador, descargando de manera adecuada este sitema, comenzando de un extremo a la large del pavimento, descargando contra el exterior colocado, 2 cuerdas a la vez y evitando la caída vertical directa sin restricciones de más de 1 m, además, con la velocidad adecuada evitando el fraguado. (si se realiza con camiones hormigoneros se realiza en una sola pasada) •El concreto se debe colocar, vibrar y acabar antes de 90 minutos (podrá aumentar este tiempo si es aprobado) •Se debe colocar con formaletas fijas (deben estar limpias, sin deyecciones mayores a 10 mm y sin deformación de más de 3 mm), no distribuye uniformemente con regla vibratoria y luego se compacta por vibración, teniendo una superficie lisa y libre de irregularidades; en cuellos si es tipo arriado se realiza el vaciado en 2 capas la segunda sobre la anterior, donde esta puesta de anclas cajas será en máximo 1 hora. •Se podrá colocar una o dos capellos de refuerzo, acero de refuerzo primario con un fy = 420 Mpa, para el secundario podrá ser menos Bona sintéticas (cumplen la ASTM C1116) pero deben comprobarse que la dosis cumplirá la capacidad del original acero de refuerzo. •La unión de vaciño mediante soldadura a topo será instalando en 2 mallas de forma longitudinal y 1 malla de manera transversal. Como las vaciño transversales van sobre las longitudinales deberá tener un recubrimiento de 60-80 mm. •Para las juntas a no podrá usar sellos elastoméricos (ASTM D5893 y DS 19 HS 2), sellos asfálticos aplicados en caliente (ASTM D6690) o sellos preformados (ASTM D1575). Se usa también una lulla como soporte para su colocación (debe estar limpia previo a la aplicación de la lulla). Entre sellos se aplican cuando el concreto haya menos de 24 días o este húmedo. Y la temperatura este a más de 5°C. •El acabado luego de extendido y compactado, se debe redondear los bordes con una llana especial de 12 mm y también las juntas transversales, pero con llana de 6 mm. •Se realiza un obtenido de irregularidades y luego realizar la microtextura de la capa mediante la tela de yute humedecida. Se aplica un retardante de fraguado (máximo 11 minutos luego de puesta en obra) y luego la membrana impermeable (se realiza antes de 2 h de transcurrido). Finalmente, antes del fraguado se realiza el macrotexturizado por peine de dientes. •Se debe proteger la capa durante el tiempo de fraguado contra cualquier alteración en su humedad. •Las formaletas ci son fijas se pueden retirar 16 horas después de la colocación del pavimento. •Las juntas se realizan de 3 mm de ancho y a 1/3 de espesor de la losa, este corte se hace cuando el concreto alcance la resistencia suficiente, ni muy temprano ni muy tarde. (las juntas transversales son cada 5 m o 24 veces el espesor de capa) •Podrá circular el tránsito luego de 3 días de terminado. •El curado se podrá realizar mediante el uso de agua que cumpla lo requerido y no más fría que 11°C. -También se podrá hacer mediante vapor de agua. -Se podrá hacer mediante polietileno blanco o de papel que cumpla la ASTM C171 (tasa de transmisión de vapor ≤ 10g/cm2, reflectancia de 50% para el lado de papel y 70% del polietileno), o también podrá ser mediante membranas de curado que cumpla la ASTM C309 (Podrá ser tipo 1, tipo 1-D o tipo 2, con pérdidas de agua ≤ 0.55 kg/m2 en 72 horas y secado en ≤ 4 horas)	•Siempre se realiza un tramo de prueba para comprobar que el equipo y procesos constructivos sea el adecuado. (Puede ser de 100 m en dos carriles), si se ve tienen los resultados esperados se modificará hasta obtener los resultados necesarios. •Según ACI 304R las mezclas y los pastelones se almacenan de la misma forma que el concreto. A diferencia de los fibras que son en arenosa de 50 lb normalmente. •Para la mezcla ci el concreto tiene un fraguado parcial o tiempo del producto endurecido no se puede usar, tampoco el adhesión de días anteriores. Si los paquetes de aditivos implementarían tienen una variación de 5% respecto a lo declarado, se incluya el material. •Todo material almacenado que presente deterioro o este contaminado debe ser desartado. •El acero presenta escamas, óxido superficial o superficies irregulares no serán causas de rechazo. •El acero tendrá una tolerancia en diámetro de ± 0.2 mm hasta ± 0.8 mm dependiendo del diámetro nominal. Y tolerancia de longitud de 0-100 mm •El concreto incluido presenta endurecimiento inicial, entregado fluye del tiempo límite o no tenga el asentamiento necesario será reclamado y retirado de la obra. •Para sitemas de transferencia no podrá usar sistemas deslizantes, usar fibras de refuerzo de polipropileno que cumplan el manual técnico del proveedor. -Sirve una barra de acero se debe proporcionar memorias de cálculo contemplando todos los requisitos para poderla usar. •No podrán realizar juntas de anchuentos para disminuir esfuerzos en el pavimento, o juntas de expansión cuando la temperatura es menor a 4°C o si los materiales para las losas son expansivos. •Si los barras de anuero son dobladas y endurecidas no debe contemplar en el realizado; estas barras no limite de flexión de 240 Mpa. •Si la losa está endurecido se ancho perforado de manera horizontal (barrenos horizontales) a mitad del espesor y perfectamente igual a la mitad de la longitud de los vaciño; si usa sistas poliméricas y cumpla con la ASTM C881 •Los agiero se puede usar material de separación para la capa base de la de resbaladas, normalmente cuando se base en concreto. Podrán ser plásticos, membranas, antiadherentes, emulsiones, mezcla asfálticas, papel, lonetas de saque o otros. •Para juntas de expansión ci usa de espumas de poliuretano que cumplan la ASTM D994 y ASTM D1575 ci necesario, además de cumple los requisitos presentados por INVIAS. •Con la colocación se debe empezado más de 121 horas se prolonga el pavimento con llana helando. Y ccu espesor el tiempo máximo se coloca una junta transversal. •La compactación ci ha con formaletas fijas se puede hacer manualmente con regla pulot. •Cuelgue de curado un aceptable para láminas NTD será elaborado con tela de fique o algodón, arena o otros productos de alta retención de humedad; estos deben ser aprobados. •No podrá aplicar retardantes de evaporación ci es expandido, que en la mayoría de casos es cuando la temperatura es mayor a los 30°C.
Perú	•La mezcla será de concreto, agua, agregado fino, agregado grueso y aditivo de ser necesario, donde la dosificación del concreto o agregado se podrá variar ±1% de la especificada. •En la fabricación de la mezcla, si es pavi control discontinua se deberá tener una capacidad de producción y suministro en el que no se interrumpa la alimentación de la pavimentadora. •Se realiza en la dosificación adecuada, donde los agregados tendrán una humedad adecuada, se agrega el cemento, luego el agua y finalmente con el mezclado. (si el aditivo es en polvo se añade con el cemento, pero si es líquido se añade ya mezclado con el agua). •No se permite almacenar agregados de forma que cause segregación, degradación, mezcla de distintos tamaños o contaminación con el suelo o otros materiales. •El cemento no cacar, se almacena en zonas de no más de 8 bolsas; si es a granel se almacena en silos. •El agua debe ser potable, libre de materia orgánica y sola contaminación Si es en cacos: será bajo cubierta (sitemas requisitos que el cemento), pero si es líquido es almacenado en recipientes de retances. •El transporte del concreto ci realiza de la forma más rápida posible, pero que el concreto no pierda las características necesarias. •La superficie donde se el pavimento debe cumplir todas las especificaciones necesarias. Deberá tener una temperatura de mayor a 4°C. •Se aplicara agua para humedecer la superficie. •Se podrá aplicar una membrana de separación con burlaque; y 15 cm (ASTM C171) para evitar la adherencia entre el concreto y la base o evitar fisuras de la base. Y se recomienda que el colocado tome muy en cuenta las juntas de la capa para que no coincidan con la de soladas. •Se instala los encofrados que a su vez se los aplicara un líquido antiadherente en sus caras internas. Ncos por encofrado deslizante se colocaran los cuellos de fijación para el lado (antes de 12 m), estos lados se se pueden deslizar más de 12 mm de la teórica. •La realización de las juntas transversales se colocan pasadores (fuertes lisos de barra) con límite de fluencia f_y = 420 Mpa, se ubicaran entre la mitad y 1/4 de longitud con algún producto que evite la adherencia. Si estos van en juntas de dilatación se protegerán con una capuda de longitud mínima 5 cm. Además, estos deberán revestirse con una capa de grasa o este material para su libre movimiento e impedir la oxidación. •Las pasadores irán cada 1 m como máximo y al menos uno en cada extremo o unido; se colocaran paralelos este ci y dirige de calzada; estos irán antes del vertido del concreto, a menos que se coloque por vibración del pavimento. •Las losas podrán requerir un refuerzo de acero, puede requerir mallas de 2 paralelos de refuerzo en todos o algunos de las losas. Ncos acero con f_y= 420 Mpa. •Estas armaduras irán en el caso de encofrado fijo se insertarán dentro del encofrado (mitad de ella este dentro de la otra). •Gres en encofrado deslizante se realiza a mano en el pavimento fresco. Aunque la más adecuado es utilizando dispositivos separados para colocarlas. •Las varillas transversales irán debajo de las longitudinales y estarán en el centro de la losa. •La extensión del concreto se hace a una velocidad adecuada y sus cada libre de la mezcla f_c) no, la temperatura de la masa debe ser ≥ 4°C, en el exposy dimensiones necesarias, evitando las segregaciones. Luego de colocado se vibrará para eliminar el aire; se finaliza realizando la compactación y luego el acabado superficial; así obtener un pavimento homogéneo. •Si el concreto ci es concreto armado será en una sola tarcada alcanzar las dimensiones especificas. •Si el concreto ci es concreto simple se realizará en dos tarcadas (la primera de forma manual y la segunda colocarla y extraerá con elementos adecuados, (si se usa regla vibratoria, se completa la compactación con vibrador de inmersión) •La extensión con pavimentadora de orden se realiza con el espesor de diseño, luego se compacta y retrasa ligeramente. •Se las juntas se podrá ci es se realiza colocar las barras de anuero para evitar el desplazamiento de las losas y aberturas de juntas; se usan barras corrugadas con f_y ≥ 420 Mpa; estas barras se colocan de manera perpendicular a la junta longitudinal y a mitad del espesor del espesor de la losa y paralela a la superficie del pavimento. Si es encofrado fijo, se colocaran de manera que mitad de ellas este entre la llenga de concreto que recién colocada; si es encofrado deslizante se hacen de manera manual a mitad de espesor y si el concreto esta endurecido se colocaran por medio de barrenos y se calzaba con resina epóxica. •El acabado superficial se realiza con la misma pavimentadora, aunque se podrá mediante la regla vibratoria, así la superficie queda lisa y nivelada (se podrá hacer en las juntas luego de 8 horas de realizadas) •El tiempo desde la colocación de la mezcla hasta empezar a desencofrar será de 16 horas mínimo. •Luego de alisado se pasara la fibra vegetal de fique o yute de manera longitudinal. -Luego se realiza el tratamiento mediante el cepillo de texturizado que podrá ser manual o sobre la maquina pavimentadora; la huella que debe dejar el peine será de 3-6 mm. •En la construcción de la capa de rodadura, cuando se realicen juntas, estas podrán sellarse con cilla de silicona o sello de aplicación en caliente. -Luego del sello se aplica la lulla o cuello de seguridad (ASTM D5249) que deberá ser aproximadamente 25% mayor que el ancho de la junta; y si es junta de expansión, se finaliza con el material de sellene, que se podrá aplicar en 2 pieras para completar el llago (ASTM D 994, ASTM D 1751 o ASTM D 1752). Todo el proceso de sellado se realiza pasados 21 a 28 días de edad del concreto, estos sellos quedan listo debajo de los hombre de la junta.	•La dosificación de la mezcla debe presentarse 45 días antes. •Se realiza una cancha de calibración donde se realizan todos los ajustes constructivos, será una sección lineal de 100 m (primeros 100 mcda le cancelen) •Se realiza una sección de prueba usando hormigón de planta de al menos 120 L en la planta de hormigón. •Para la realización de la mezcla no se podrá usar cemento almacenado más de 3 meses (Podrá almacenar objetos si se comprueba cumple con las especificaciones), tampoco si presenta signos de meteorización. -Material de cazado podrá almacenarse 6 meses sin deterioarse. -El cemento más se podrá almacenar en pilas de 10 sacos y separados de la pared 15 cm. -Los agregados gruesos y fino se acopiaran de manera separada -Las fibras se transportan en sacos, cajas o otro. •No podrán hacer juntas transversales de dilatación de la forma y cuando ya especifique. •Durante todo el proceso de la pavimentación ci el clima no permite el uso del equipo adecuado, se podrá usar otros equipos que funcionen en el sitio. •El proceso de construcción ci no aprueba se podrá realizar una procedimientos alternativos, casi siempre esto pasa en casos especiales. •Si la temperatura es menor a 5°C y dicción menor a 10°C en los siguientes 3 días, se podrá colocar el hormigón a 13°C para exposures ≤ 30 mm y 18°C si es > 30 cm. -La elaboración del hormigón dependerá de la temperatura de colocación, nunca será 11°C inclusive en días calurosos, que es 32°C y 38°C. Para temperaturas ambiente de 0-5°C una fabricación de 16° ti se coloca a 13°C y 13°C si se coloca a 10°C; si la temperatura es de +28°C-0°C será 38°C y 16°C, y para menores a +28°C será de 21°C y +10°C. -La etapa de protección se debe hacer protegerlos de cambios de temperatura, humedad, factores externos como viento, lluvia o nieve; se protege calafaccionarse hasta que tenga una resistencia Resistencia de 0.1 Mpa, ti hormigón no se puede congelar y descongelar hasta no alcanzar la resistencia Resistencia de 3 Mpa. Y además alcanzar un porcentaje de resistencia respecto a la del proyecto, será del 65% para temperaturas sobre 0°C, de 65% si es de 0 a -4°C, de 85% para -1 a -4°C y del 65% para menores a -9°C. Se protegen con aislantes térmicos. Se finaliza enfriando el hormigón donde la superficie no debe exceder a 20°C las primeras 24 horas.
Chile	•La fabricación de la mezcla se realiza a la dosificación especificada y con un control de esta. -Se debe realizar una optimización de la granulometría se debió desfilcar hacialenor-en el método Shilstone para la trabajabilidad. -Se podrá incluir fibra en la mezcla. -Se incluirá aditivos según las recomendaciones establecidas por el fabricante. -La mezcla se hace cargando parte del agua al principio, luego los agregados, finalmente el cemento y el agua (si es necesario los fibras y/o aditivos), el tiempo de mezclado dentro de la hormigonera debe ser superior a los 1.5 minutos y menos a 5 minutos. •La mezcla se transporta al sitio para su extensión (velocidad de sustano 20 km/h) •Si se transporta en camiones con tambores mezcladores y se requiere agregar agua para ajustar la mezcla, se realiza en un plazo máximo de 15 minutos y girar el número de revoluciones necesarias. •Si se transporta en camiones tolva debe ser en un plazo máximo de 30 minutos hasta la colocación. •Previo a la colocación, la superficie que servirá de apoyo deberá estar limpia y tener las características necesarias. (Si la capa es subyacente es una subbase granular, se humedece antes de colocarla) •Se preparación moldes fijos o deslizantes; los fijos deben tener un líquido desmoldante, que normalmente es aceite mineral o este compuesto ajeobado que no manche el hormigón. •La colocación del hormigón se realiza de manera continua, evitando segregaciones, con una cantidad de 2 a 60 hormigoneros de espesor. (No se podrá colocar si este tiene una temperatura mayor a 35°C) •En el proceso de la colocación, si se detiene este proceso más de 45 minutos se realiza inmediatamente una junta. •Se realiza una compactación con vibrador de inmersión y de superficie. •Si es concreto ya no será fresco, la junta se realiza extendió el concreto con el equipo sólidos, cortando las juntas para un día de trabajo en 8 horas. •Se limpiara la junta realizada mediante riego y secado, luego se coloca el sello por media del equipo autorizado. •Si cuando del concreto se podrá realizar mas agua, productos químicos (ASTM C309) o láminas para cubrir el concreto (ASTM C171). •Si se realiza con agua deberá cumplir los requisitos necesarios. •Si el curado se realiza por papel, se podrá realizar con papel de curado longitudinal alrededor 20 cm, sesta 2 bajas de papel anden con material bituminoso con cuelloses o hilos de fibra incrustados en ambas direcciones y no separados más de 32 mm. Sirve una láminas de polietileno será una sola baja y traslapada al menos 20 cm. •Se obtuvo el hitendo cuando se alcance una resistencia del 80% de la especificada a los 28 días. Se podrá abrir el tránsito solo luego de 10 días de la colocación del concreto o si la resistencia a flexión es menor a 3.86 Mpa.	•Se realiza un tramo de prueba ≥ 200 m, donde se prebara la llenada de trabajo (Todos los procesos constructivos junto al equipo a usar), donde se determinara si es aceptable y no cumple lo buscado. •El cemento se recomienda no almacenarlo más de 3 meses para clase de resistencia 32.5N y de 2 meses para clase de resistencia 2 meses. -El cemento podrá venir ensacado, debe tener el marcado correspondiente y con tolerancia de sumistro de -2 a 4% (Máximo 1kg por sitema) -Exposibre ilhotgaso no se podrá almacenar más de 6 meses -Los aditivos no secs se almacenaran en sitios secos y ventilados; si es líquido o pulverulentos ilidos en agua se almacenaran en depósitos estancos y protegidos de las heladas. •En la realización de la mezcla, si la temperatura ambiente es pute más de 30 minutos se debe limpiar perfectamente. •Para el cuelo de grande no pavimentadora de encofrado deslizante no usa pieras ni cuelo encima. Si dispones sobre una cama metálica sólida y con sistema solidado, la cual se fija a la superficie de apoyo. •En la construcción de la capa, si la temperatura ambiente es mayor a 30°C se controla la temperatura del hormigón, que se podrá pesar los 35°C. Si es un hormigón fibr la temperatura de la masa no podrá ser menor a 5°C. •Los juntas irán siempre aserque se debe botar que quedara con juntas a una de construcción o dilatación. -Sirve juntamos de hormigonado continuo se evitan las juntas transversales.

Estados Unidos	•La mezcla se realiza de forma que proporcionen un asentamiento continuo. •El material debe ser debe aceptar reglas de sólidos 1 m •En la realización se descarta ámbito mezclados con cemento que no se han descargado en 1.5 horas •En la realización de la mezcla en un planta central, se debe mezclar al menos 50 segundos •La mezcla se realiza primero con los agregados ingresando, luego el cemento, aditivos y material adicional, por último el agua y se mezcla (Se añade un poco de agua al principio igualmente) •La mezcla será colocada en la pavimentadora, verificando que el concreto tenga una temperatura de entre 10-30°C, además este debería estar húmeda o se podrá aplicar una capa de curbeteo impermeable, se buscara que se deposite de la manera más continua posible. •La superficie debe cumplir todas las especificaciones necesarias, se instalara el encofrado y también los refuerzos de acero •El transporte de la mezcla tendrá un tiempo para realizarse, utilizado agregar agua o aditivos para respetar la mezcla •Si se transporta en camiones no agitadores, desde que se añadió el agua hasta la colocación deben pasar máximo 45 minutos •Si en camiones agitadores o mezcladores usó un tiempo de 90 minutos. Se podrá añadir agua si se conserva la relación agua/cemento y se entrega en 45 minutos desde añadido el agua. •La mezcla será colocada en la pavimentadora, verificando que el concreto tenga una temperatura de entre 10-30°C, además este debería estar húmeda o se podrá aplicar una capa de curbeteo impermeable, se buscara que se deposite de la manera más continua posible. •Luego, por medio de la pavimentadora o en deslizante se esparce, consolida, regla y se realiza el acabado. •Si en por pavimentadora estacionaria se realiza todo el proceso con la misma, todo que el acabado se realiza con las reglas transversales oscilantes; además, se deberá vibrar con un tiempo máximo de 5 segundos en cualquier punto para consolidar la capa. •La colocación se podrá realizar en 2 capas, sintiendo y consolidando la primera y colocando el acero de refuerzo, luego se coloca la capa superior que deberá ser en máximo 30 minutos luego de la primera capa (Si no cumple esto se retira la capa) •Los pasadores deben estar libres de deterioraron, se les aplica una capa protectora o compuestos propiciadores	•En la realización de la mezcla se revisa las mezcladoras, que deben estar limpias y operativas, separando o reemplazando las cuchillas cuando muestren 20 mm de desgaste. •Las formas o encofrado debe tener una tolerancia máxima de 3mm en 3 m •Previa extensión de la mezcla se debe verificar que la superficie no esta congelada. •La membrana para el curado se podrá almacenar máximo 8 meses. •Se podrá usar equipo manual cuando se los distintas condiciones luego de esta necesario.
	•Se realizan las juntas se realiza cuando el concreto está en estado plástico cortando la capa, colocando las bases y luego vibrando el concreto de nuevo. •Se realizan las juntas hasta 1/3 de la profundidad de la capa, colinque hasta de aserre de grado 60 de una longitud de 750 mm y espaciadas cada 750 mm(Asegurarse que las barras de aserre no se muevan). -Todas las juntas se realizan dentro de los 6-24h de colocado el concreto. -Luego de las juntas transversales se realizan las longitudinales -Se finaliza con las juntas de contracción, donde se instalan barras a mitad de espesor, separadas cada 3 m, paralelas a la superficie y aseguradas con una cesta de alambre e implantadas mecánicamente. (Alineación con una tolerancia de ±5 mm) •Se realizan juntas de expansión será de 20 mm de ancho	
	•Las juntas deberán estar limpias y libre de cualquier tipo de material, se limpia con aire a presión o con agua a presión, las juntas deben estar secas. Luego se colocará la varilla de respaldo o cordón y se finaliza aplicando el sellante. (la varilla de respaldo debe ser capaz de soportar incluso la aplicación de sellante sin colorete) •Se realiza un reservorio luego de 72 horas de hecha la junta, donde irá el sellante. •Si se aplica el sellante en caliente mediante un fundidor de doble cilíndrico se aplicador (La temperatura ambiente sea mayor a 10°C) -Cuando se utilicen sellos elastoméricos preformados, aplique un lubricante- adhesivo en las caras y lados de las juntas de los sellos para facilitar la instalación y asegurar el sellado en la junta -El sellante debe quedar 3 a 6 mm por debajo del nivel del pavimento. -En las juntas de expansión se hace rellenando con material preformado continuo.	
	•Se realiza el acabado final realizando la textura sin desgarrada , proporcionando surcos de 1.5- 3 mm de ancho y 3-5 mm de profundidad, cada 10-20 mm.	
	•El curado se realiza por rociado de niebla, se aplica agua a la superficie de manera provisional y luego en el tratamiento final. •Se prolonga la superficie con mantos o otro material cuando la temperatura sea ≤ 2°C. •Será cuando ya por poderlema se cubrirán luchas los bordes con este mismo, realizando trasligos de 450 mm. •Si en por membrana se aplicara en una tasa de 3 mL. •Se realiza el curado durante al menos 3 días, prolongando el concreto al menos 10 días o alcance una resistencia a compresión de 15 Mpa. •Se permite el tránsito luego de 14 días.	

Sudafrica	•La mezcla tendrá un asentamiento uniformemente, además se realizara con la dosificación adecuada, evitando manipular lo menos posible el material •La mezcla podrá ser proveniente de un proveedor comercial de concreto premezclado (Debería ser auditados por la ISO 9002, ISO 14001, ISO 39001, OHSAS 18001 y SANS SI206) •Para la mezcla una relación agua/cemente de 0.1 •Si la mezcla tiene un contenido de aire esta deberá ser de 2-4%. •El aditivo incluso de aire es obligatorio existe aquella encofrado deslizante y evitar el sangrado. (No se muy usado debido a que requiere un muy alto control de producción) •El aditivo retardante de fraguado, así como el reductor de agua se usan en verano. Los retardadores de fraguado en bueno añadido unos minutos después que el cemento tuvo contacto con el agua, así presenta tiempos de fraguado más largos. Reductores de agua cuota la lágia presentan un efecto en la cohesión ya que atrapa entre 1.5-2% de aire. •Si se añaden fibras de acero, estas cerda de 15-50 mm de longitud, añadiendo normalmente de 35-55 kg/m3 de concreto. •No se producen pigmentos para colorear el concreto.	•Se realiza un tiante de prueba donde se simde el proceso constructivo para comprobar que todo cumple con lo especificado, se realizan cambios donde sea necesario. •Se debe curar con las operaciones de la temperatura predominante sea ≥ 5 kg/m2A •Todos los materiales consistentes deben protegerse de la humedad y no almacenan a temperaturas inferiores a 45°C -La malla deberá tener un tricido intersecciones soldadas oscilidas ≥ 96% y ≥ 98% del número de intersecciones soldadas a lo largo de cualquier alambre. •Durante la mezcla, vivo para por más de 30 minutos se deberá limpiar a fondo la mezcladora. •Los pasadores también se podrán colocar en concreto plástico pero con equipo que coloque estos pasadores en la posición correcta. •El hidratando se podrá hacer con escoba o palas de mano sin casi de no poder usar el equipo aéreo. •Para el curado podrá ser mediante equipo manual cuando no se pueda usar el autopropulsado.
	•La mezcla podrá ser transportada en camiones o mezcladoras, se realizara en tiempo máximo de 2 horas •Si se transporta mediante camiones mezcladores recién un tiempo de 90 minutos, y si en por soluguna será de 45 minutos •Se podrá remezclar el concreto justo antes de entregado si es necesario. •El transportado se realiza dentro de los 30 minutos (+ 25°C) y 60 minutos (≤ 25°C) desde el momento de mezclado, ya sea en planta o mixil. El tiempo de retrasplado es de mínimo 2 minutos.	
	•La superficie donde debe ir la mezcla deberá cumplir todas las especificaciones necesarias, incluso se podrá colocar algún producto desvinculante. •El refuerzo se colocara preestablecido una colocadas de 70 mm (para autopistas, podrá ser menor en los otros casos) •Se colocaran los refuerzos de acero de ser necesarios, donde el refuerzo longitudinal se realiza para inducir grietas transversales (Grietas cada 0.5- 2.5 m) con un ancho de 0.1 mm máximo. Usando barras de 16 mm de diámetro para barras longitudinales, instigadas a una distancia de 450 mm y a 2m de zonas de alto tensión (Una forma es trasligando escalonado cada 3 barra y con una distancia de trasligue de 1500 mm) -Cuando sea de concreto simple y las losas sean de longitudes más largas que las que deberán, se colocaran malla electrosoldadas en el tercio superior de la capa para evitar agrietamientos transversales. Los mismo para cuando será concreto reforzado con juntas, pero así se contenía que no se abrasa las grietas.	•Se realiza una mezcla de prueba donde se verifique que cumple con todas las especificaciones necesarias, esto podrá realizarse en el sitio; con esto se certifica no solo la calidad de la mezcla sino todo el proceso constructivo, incluyendo el equipo y componentes usados. Experiencia de sitio será de 30-40 años. •Se recomienda una subbase de concreto ligado o mezcla pobre y una base de concreto. •Se indujo otro tipo de pavimento, el cual está constituido por adoquines prefabricados de cemento, aunque solo pues uso en subdivisiones industriales, subdivisiones residenciales y áreas comerciales. •Se realizan ensayos de resistencia a la flexión. •Se deberá proteger el concreto de agua y temperaturas bajas cuando debajo de 5°C en las primeras 24 horas, usando o no equipos, lonas o alfombras asoladas. •El vibrado se puede realizar inmediatamente sobre todo en zonas de transición, aunque considerando que la regla vibratoria no compacta eficientemente los bordes, por eso se usa en conjunto con vibrados internos; la regla vibratoria solo es eficaz con 2 pasadas a una profundidad de 0.3-1 metrados. •El tratamiento si se realiza por aserrado de aspillera (Tele) mojada, se podrá realizar tanto longitudinal como horizontalmente y así formas espacios de ondas. •Se realiza en capas terminadas un antes de aserre temporal para que cesión el equipo, este aspa es de 300 mm de espesor y un orden ejecutando
Australia y Nueva Zelanda	•La colocación del concreto no podrá hacerse si se tiene una tasa de evaporación ≥ 1 kg/m2h •Previo a la colocación del concreto se podrá realizar un proceso de reintroducir (1 minuto) -El espesor de la losa es aproximadamente de 250 mm. •Si es por encofrado deslizante, se realiza a una velocidad de 1mm/minuto, donde la pavimentadora deberá estar alineada, a una profundidad máxima de pavimentación de 450 mm, con vibradores cada 400-450 mm. La pavimentadora realizará todo el proceso de extensión, vibrado, nivelación y acabado de la capa (El proceso de vibrado será de 10 a 20 segundos). Se usa pavimentadoras de 2 carriles o 4 carriles si en una calzada o multicalzada. •La vida constructiva del concreto en clima con temperaturas cálidas (Temperatura ambiente de 20-32°C), donde se tienen tiempo de fraguado cortos y endurecimiento temprano, perdida de lluvia y mayor tendencia al agrietamiento, peligro por formación de juntas frías y grietas no planificadas. Se debe tomar precauciones para estos posibles problemas, enfriando la mezcla, realizar el proceso lentos rápido posible, secúar con alcohol difícil o sobre la superficie, realizar el curado para producir hidratación e simplemente realizar las obras en la noche.	•Se realizan una mezcla de prueba donde se verifique que cumple con todas las especificaciones necesarias, esto podrá realizarse en el sitio; con esto se certifica no solo la calidad de la mezcla sino todo el proceso constructivo, incluyendo el equipo y componentes usados. Experiencia de sitio será de 30-40 años. •Se recomienda una subbase de concreto ligado o mezcla pobre y una base de concreto. •Se indujo otro tipo de pavimento, el cual está constituido por adoquines prefabricados de cemento, aunque solo pues uso en subdivisiones industriales, subdivisiones residenciales y áreas comerciales. •Se realizan ensayos de resistencia a la flexión. •Se deberá proteger el concreto de agua y temperaturas bajas cuando debajo de 5°C en las primeras 24 horas, usando o no equipos, lonas o alfombras asoladas. •El vibrado se puede realizar inmediatamente sobre todo en zonas de transición, aunque considerando que la regla vibratoria no compacta eficientemente los bordes, por eso se usa en conjunto con vibrados internos; la regla vibratoria solo es eficaz con 2 pasadas a una profundidad de 0.3-1 metrados. •El tratamiento si se realiza por aserrado de aspillera (Tele) mojada, se podrá realizar tanto longitudinal como horizontalmente y así formas espacios de ondas. •Se realiza en capas terminadas un antes de aserre temporal para que cesión el equipo, este aspa es de 300 mm de espesor y un orden ejecutando
	•Se realiza el acabado final mediante un terminado (Nos es necesario terminado si la velocidad de trimdo es menos a 70 km/h) -Para autopistas la textura final se realiza por rasurado o arrastre de arpillera y rasurado. -Para carreteras principales es por rasurado, arrastre de arpillera y granulado -Para calles residenciales podrá ser por arrastre de arpillera, flotando con madera, burrido, plantilla, estampado y respectando los agregados •Si se realiza por rasurado se logra arrastrando un peine de acero de manera transversal (Podrá ser longitudinal), si es por arrastre de arpillera se usa una tela mojada que se arrastra para generar la textura; otro método es el burrido donde se realizan texturas gruesas en zonas de pendientes pronunciadas o mucho tráfico, en cambio una textura suave o lisa para zonas de bajo tráfico; el método de exposición de agregados es mediante la eliminación del mortero de superficie (Agregado queda expuesto); el texturizado por llaneado de madera es para tráficos bajos, se realizando líneas con el mismo; otra forma es mediante el estampado, donde se puede hacer patrones de rejilla simples, como adoquines de piedra azul y se finalizando con harido. -Todas las superficies pueden ser coloreadas, donde se ve recomienda usar pinturas debido a la dicoración debido, a menudo se colores mediante la adición de un óxido mineral al diseño de la mezcla. •El curando transversal será de 0.6 mm de profundidad y 3 mm de ancho, separados cada 10 a 21 mm, se realizan de forma aleatoria. -De forma opcional se podrá realizar el texturado mediante rectificación con diamante de bajo costo.	
	•El curado se podrá realizar luego de 20-60 minutos de realizado el texturizado, el curado se mediante agua (Prevenir o contrarrestar la evaporación), mudos impermeables (Para minimizar la pérdida de agua de los poros) o aplicando sobre mientras el concreto esta húmedo. También, para reducir la velocidad de exposición se usa arena, arpillera y estopa. •Si en usa una lámina, se instalación cuando se alcance un endurecido de la superficie. Este podrá mantener la humedad por al menos 7 días. •Si se usa membrana de cera para PCP y CRCP se realiza un tratamiento desvinculante con relleno bituminoso con ángulo de 7 mm. •Si se usa membrana de cera o resina de hidrocarburo para JRCP será un tratamiento con tratamiento desvinculante. •Similado de cera esta sellado y con relleno bituminoso con ángulo de 7 mm. Todos se terminan con relleno bituminoso con ángulo de 7 mm •La tasa de aplicación será de 0.2 a 0.4 L/m2 (2 aplicaciones separadas cada 15-30 minutos con cada una 0.2 L/m2) -El curado debe durar entre 3 a 10 días.	
	•Se realizan las juntas cortando la capa a una profundidad de 25-30 mm o con juntas transversales o longitudinales, y los anchos será de 3-6 mm para juntas longitudinales y de contracción; longitudinal, cortando una tira de cuacho o cordón con ancho ligeramente mayor que el corte de sierra, y aplicando un sellante de silicona. •La realización de corte de juntas para un corte de 400 -6 mm en pavimento de un curado se realiza más de 6 horas en hacerlo, (Este corte se podrá hacer justo terminados los acabados cuando el concreto esta aun fresco) •La limpieza de la junta se realiza con aire comprimido, se podrá realizar a chorro libre solo si no deja rastrojos nocivos o dude las juntas •Se podrán usar rellenos realizando que se vierten o inyectan con pistola en un depósito de reflujo o rellenos en caliente, aunque estos últimos no son tan usados. Otro tipo de sellante que fue reemplazado por el silicona son los sellantes preformados como sellos elastoméricos de neoprene precomprimidos y cuchu autoexpandible. •Las juntas al final tendrán un ancho de 6 mm para losas de ≤ 4 m, 10 mm para losas de 5 m, 15 mm para losas de 7.5-10 m, 20 mm para losas de 12-15 m. Y una profundidad de 15 mm para losas de 4.2-10 m y de 20 mm para losas de 12 y 15 m.	

Tailandia	•La mezcla se realiza de manera homogénea de manera consistente dentro del tiempo requerido y sin separación. •Cantidad de cemento será de 350 kg/m3, proporción de poro agregados- cemento será mínimo 7:1 y relación de agua/cemento ≤ 0.55 •Previo a verter los materiales para realizar la mezcla, se agregado un poco de agua. Luego se agregan los materiales como agregados, cemento, aditivos y agua para realizar la mezcla. Será mezclador tiene capacidad de 1 m3 será un tiempo de mezclado de 50-70 segundos; si es de 2-3 m3 será > 90 segundos y si es para capacidad > 6 m3 será un tiempo > 120 segundos. •En la realización de la mezcla se no podrá sobrepasar la capacidad de la mezcladora en más de 10% •La mezcla si se realiza con camiones mezcladores, este se realiza a una capacidad máxima del 60% mezclando el concreto por no menos de 70 revoluciones y no más de 100 revoluciones (Podrán reducirse pero nunca menos de 50 revoluciones); deberá ser a una velocidad de mezclado de 2-6 rpm •La mezcla si es en una planta, se debe realizar el mezclado mínimo 30 minutos después de añadidos los materiales y terminado en 45 minutos. (Para cuando mezclador se debe iniciar la mezcla mínimo 30 minutos después de agregados los materiales) •Se transporta la mezcla hasta el sitio de construcción, esta deberá mantener su homogeneidad hasta llegar al sitio. •Si se transporta en camiones mezcladores se debe descargar dentro de 30 minutos luego de que en la mezcla se añadiera agua. Si es en camiones con mezclador será dentro de 45 minutos.	
	•La superficie donde se realizara la construcción de la capa, deberá cumplir todas las especificaciones necesarias, además deberá estar húmeda (No formar pozos de agua) •Se colocara el refuerzo de acero, que podrá ser con barras de acero o malla, alejándolo de los bordes del panel ≥ 50 mm. -También se instalan los pasadores de refuerzo o también llamadas barras de anclaje, la cual se colen mitad con cemilla o pintura a base de aceite, luego se cubre con esta en otra capa adicional. •Se instalan los pasadores de ánido o llamadas barras de ánido. Para instalarlos se usa una llanda que podrá ser de metal o material sintético, el cual queda a una profundidad ≥ 50 mm; se colocaran máximo 3 cada 3 metros. •En realiza la instalación del encofrado o en realiza la pavimentación de forma fija, donde se preparan el menos los 100 m del de siguiente.	•Se realizan un tiante de prueba donde se realizan todos los procesos constructivos, equipos y especificaciones. Donde si no se cumplen se rediseña. Un ejemplo es cuando reddido de llanas de la arena varía más de 0.20. •Para la mezcla se debe limpiar diariamente la mezcladora, si las cuchillas deben reemplazarse si se desgastan más del 10% •Para el curado se podrá usar membrana de cera. -Los rellos deberán tener un máximo de 5% de redondeo cruza en un área de 64 m2. •Para la construcción de la capa, si se usó un temporadas de lluvia se deberá proteger la zona de construcción con el equipo adecuado. •Si luego de desencofrado se presenta algún pequeño imperfección, se rendera con mortero (1 cemento y 2 de arena) •Se mantendrán cerrado y cerrar para no permitir el paso vehículos por la capa recién construida.
	•En realiza la pavimentación de forma fija, donde se realizara el proceso de vibrado. •Si es por forma fija deberán realizar una distribución del concreto de manera uniforme, si es por tornillo se distribuye a la derecha e izquierda, si es por palmas se desplazadoras hacia adelante. Se realiza la vibración del concreto cuidando no golpear los bordes de la forma fija, los juntas, los refuerzos de acero o otros componentes perpendiculares; luego se pasara la regla de acabado para eliminar los vasíos causados por el vibrado (Inclinada hacia atrás máximo 1.5 mm) y se finaliza pasando con un tubo de acero o un extrusor de superficie para ajustar el nivel del concreto. •Si es por forma deslizante, el equipo podrá moverse por sí mismo, distribuir el concreto, compactarlo, y regla lo especificado, terminar el concreto (Ahuy y dar forma al concreto para lograr la nanidad y la forma deseada del pavimento de concreto) •Cuando se realiza reforma en 2 capas, igualmente será en 2 capas la construcción de la capa de pavimento, donde el refuerzo (es sobre la capa inferior, luego el concreto de la capa superior debe ser vertido antes de que el concreto de la capa inferior comience a fraguar, pero no más de 30 minutos •No se permite retirar el encofrado antes de que haya transcurrido mínimo 12 horas del vertido del concreto. •En realiza la terminación del pavimento, haciendo el concreto antes de que empiece a fraguar y generando marcos por burido de 2-3 mm de profundidad; se realizaran 5 surcos hondos de las juntas	
	•Inmediatamente se termine el burido se empieza con el curado, que se podrá realizar por filadies de arpillera o jute; por membrana se aplicara en una tasa de 5 m2/L o por agua -Se podrán usar bolsas para calor la loza, se permanece así al menos 72 horas; otra alternativa es mantener el agua en la loza durante esos mismas 72 horas.	
	•En realizan las juntas de expansión, dentro de ella los huecos de refuerzo deben estar mínimo cada 25 mm -Previo al sellado de las juntas, se limpiarán de polvo, grava, arena y rovarcos de mortero; y luego regulado con aire. -Para el relleno de juntas de expansión se usara material preformado, con un ancho de 2.5 mm y deberá quedar 5 mm bajo la superficie. •En en juntas de expansión que permiten contracción se podrán realizar luego de 6h de verter el concreto, estos deben estar a 30 m de distancia entre sí. Las ranuras deberán estar a 1/4 del espesor y un ancho de junta ≥ 10 mm. •Se finaliza aplicando el sellante en caliente con recipiente de hasta poca podrán hacer.	
	•No se podrá abrir el tráfico hasta alcanzar 14 días de terminado el pavimento.	

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); *(Committee of Transport Officials, 2020)*; (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (aashto, 2020); (Direccion de Vialidad, 2022); *(Ministerio de Fomento, 2019)*; *(Austroads, 2021)*; *(Austroads, 2019)*; *(Austroads, 2019)*.

Se puede notar que todos llevan un proceso de manera general muy parecido, consiste en que la mezcla se realiza en una planta central, aunque Colombia habla de la posibilidad de realizarlo en el sitio. luego se transporta hasta el sitio de obra donde la capa inferior debe cumplir con lo necesario, se instalará el acero de refuerzo, así como los pasadores y barras de amarre, luego se procede a realizar la extensión por medio de la pavimentadora, podrá ser por encofrado fijo o por medio deslizante.

Los puntos de diferencia irán en partes concisas como el aditivo a usar, diámetro de varilla o temas que ya cada país tiene de una forma diferente.

En cuanto al espesor, ninguno presenta un valor de espesor concreto.

Ensayos y controles de calidad

Se realiza un respectivo control de calidad para comprobar se cumplan con todas las especificaciones presentadas en la etapa de diseño, a continuación, la figura 40 o en la tabla 59 del apéndice, muestra los ensayos que se realizan preliminarmente y periódicas en la construcción capa de rodadura:

Figura 40

Ensayos preliminares y periódicos en la construcción del pavimento rígido.

País	Ensayos preliminares	Ensayos para verificaciones periódicas	Observaciones adicionales
Colombia	•Ensayos en el agregado fino: Granulometría (ASTM C136-06 y ASTM C117-04); módulo de finura y perdida con sulfato (ASTM C88-05); contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables (ASTM C142/142M-10); contenido de partículas livianas (ASTM C123/C123M-12); color permisible (ASTM C40/C40M-11); contenido de sulfatos (UNE-EN 1744-1 Parte 1: Capítulo 11). •Ensayos para el agregado grueso: Granulometría (ASTM C136-06); desgaste los Ángeles (ASTM C131-06); degradación por abrasión (ASTM D6928-10); resistencia mecánica en seco y húmedo/seco (BS 812 Part 110-1990 y SABS Method 842); perdida con sulfato (ASTM C88-05); contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables (ASTM C142/C142M-10) y contenido de partículas livianas (ASTM C123/C123M-12); partículas fracturadas (ASTM D5821-01), índice de alargamiento e índice de aplanamiento (BS 812-105.1:1989 y BS 812-105.2:1990); proporción de sulfatos del material combinado (UNE-EN 1744-1 Parte 1: Capítulo 11). •Ensayos al acero (debe ser certificado): Ensayo de doblamiento (ASTM A 370) y ensayo de tracción (BS EN 10002-1). •Ensayos al cemento serán: La superficie específica (ASTM C 204 ó la ASTM C 115-70); la estabilidad (ASTM C151); tiempos de fraguado por las agujas de Vicat (ASTM C191-08); resistencia a la compresión (ASTM C109/C109M-20b); ensayos opcionales, el falso fraguado (ASTM C451-08), calor de hidratación (ASTM C186), expansión a la acción de los sulfatos (ASTM C 452-89), tiempo de fraguado por medio de las agujas de Gillmore (ASTM C266-89), ensayos de propiedades químicas (ASTM C114) -Para cemento blanco serán los mismos que para cemento normal, pero añadiendo los siguientes: ensayos para tiempos de fraguado (ASTM C266-89) y ensayo de resistencia a la tensión (NTC 119) •Los ensayos para las cenizas volantes y puzolanas naturales calcinadas o crudas serán bajo los métodos de la ASTM C311. •Los ensayos para la escoria de alto horno serán: ensayo de finura (ASTM C204); contenido de aire (ASTM C185), indice de actividad (ASTM C989-89); en requisitos químicos un contenido de anúfre en sulfuro (ASTM C114); si se requiere ensayos de escoria total de álcalis (ASTM C1778) y resistencia a compresión (ASTM C109/C109M) •Para humo de silice serán realizados: ensayos para análisis químico (ASTM C114); porcentaje retenido en tamiz (ASTM C430); fuerza puzolánica (ASTM C311); superficie especifica (ASTM C1069); expansión de resistencia (ASTM C1012); si es requierido prueba para contenido de aire (ASTM C185), reducción de la expansión del mortero (ASTM C441) y resistencia a los sulfatos (ASTM C1012). •Ensayos para aditivos bajo la NTC 1299: Contenido de agua (ASTM C494); tiempo de fraguado (ASTM C403/C403M); resistencia a la compresión (ASTM C39/C39M); resistencia a la flexión (ASTM C78); cambio de longitud (ASTM C157/C157M); durabilidad relativa (ASTM C260). -Los ensayos para los aditivos bajo la ASTM C260 serán los encontrados en la ASTM C233: Tiempo de fraguado (ASTM C403/C403M); resistencia a la compresión (ASTM C39/C39M); resistencia a la flexión (ASTM C78); cambio de longitud (ASTM C157/C157M) y exudación de cantidad neta de agua (ASTM C232). -Para fibras bajo la NTC 5541 (ASTM C1116) serán los encontrados en esta misma norma. -Para colorantes bajo la ASTM C979: Ensayos para análisis químico de pigmentos amarillos, naranjas, rojos y marrones (ASTM D50); propiedades comunes de los pigmentos (ASTM D1208); especificación de color mediante sistema Munsell (ASTM D1535) , Estabilidad de curado atmosférico (ASTM C33) •Ensayos para membranas según la ASTM C309-07 son: Prueba de retención de agua (ASTM C156); Prueba de reflectancia (ASTM E 1347); Prueba de sedimentación a largo plazo (ASTM D1309 o ASTM D869); Prueba de contenido no volátil (ASTM D2369). •Ensayos para sellantes elastoméricos de silicona según la ASTM D5893: Propiedades reológicas (ASTM D2202); Tasa de extrusión (ASTM C1183); tiempo libre pegajoso (ASTM C679); efectos de ensejecimiento por calor (ASTM C792); dureza (ASTM C661); Elongación máxima (ASTM D412); efectos de meteorización acelerada (ASTM C793) -Ensayos para sellantes elastoméricos de poliuretano: Contenido de sólidos; gravedad especifica; dureza (ASTM C661); formación de piel (ASTM C679); adherencia al concreto (ASTM C794); envejecimiento acelerado (ASTM C793); resistencia a la tensión y elongación (ASTM D412); resistencia al rasgado (ASTM D412) y capacidad de movimiento (ASTM C719) -Para sellantes preformados: Elongación de rotura, resistencia a la tensión, compresión set, resistencia al desgarro y densidad (ASTM D3575); absorción de agua (DIN 53428) y dureza shore (ASTM D2240) -Para sellantes en caliente según la ASTM D6690-21: Penetración (ASTM D5329); punto de ablandamiento (ASTM D36/D36M); adhesión no inmersa (ASTM D5329); resiliencia, resiliencia luego de envejecimiento y compatibilidad con asfalto (ASTM D5329) •Ensayos para material de curado mediante polietileno blanco o de papel según ASTM C171: Prueba de transmisión de vapor de agua de materiales (ASTM E96/E96M); prueba de reflectancia (ASTM E1347); prueba de resistencia a la rotura por tracción en húmedo de papel y productos de papel (ASTM D829); resistencia al impacto (ASTM D4397); prueba de retención de agua (ASTM C156); prueba de resistencia a la tracción (ASTM D882) y resistencia al impacto (ASTM D1709) -Para membranas de curado según la ASTM C309: Prueba de retención de agua (ASTM C156); prueba de reflectancia (ASTM E1347); Prueba de sedimentación a largo plazo (ASTM D1309 o ASTM D869); prueba de contenido no volátil (ASTM D2369). •Ensayos al agua no potable según la ASTM C1602: concentración de cloruro, sulfato y alcalinos (ASTM C114) y ensayo para total de solidos (ASTM C1603) -Según la normativa colombiana: pH (ASTM D1293); resistencia a la compresión en cubo de mortero (ASTM C109) y tiempo de fraguado respecto al de control (ASTM C403); contenido de Ion Cloro, sulfatos y álcalis (ASTM C114); solidos solubles (ASTM C1603).	•Para el cemento y adiciones suplementarias se realizan 1 ensayo cada mes (3 veces en intervalos normales si dura menos de 3 meses) o cada se modifique el material. •Se realizan 4 muestras de agregados de cada fuente que llegue. -Se realizan 1 por jornada para granulometría, módulo de finura. -Se realizan 1 vez por semana ensayos de cantidad de terrones de arcilla y partículas deleznables, material que pasa el tamiz N°200, índice de alargamiento e índice de aplanamiento. -Se realizan 1 vez por mes ensayos de desgaste en la máquina de Los Ángeles, pérdidas de solidez en sulfatos. -Se realiza ensayo para partículas livianas 1 al inicio, 1 cada cambio de fuente y 1 cada 2.5 meses. -Ensayos para determinar reactividad de los agregados (ASTM C1778), al inicio, cada cambio de fuente, cada 3 o 6 meses si hay o no riesgos. •Se realizan ensayos del agua si no es potable verificando su calidad •Se verifica la calidad del acero cuando se crea conveniente, además deben presentarse certificados de manera periódica con antigüedad de máximo 30 días. •Igualmente verificaciones periódicas de los materiales para sellado de juntas. •Control del concreto: -Durabilidad respecto a penetración del ion cloruro, permeabilidad y contracción (1 al inicio y 1 cada máximo 30 lotes). También se comprueba la dosificación. -1 muestra antes de colocación y comprobar el asentamiento (ASTM C143/C143M-10a); control de contenido de aire en cada uno de los 3 primeros camiones que lleguen. -Al concreto fresco control de peso unitario (ASTM C138/C138M-10b) y densidad (ASTM C642); control de temperatura (ASTM C1064); control del módulo elástico (ASTM C469-C469M-10) -6 vigas prismáticas para resistencia a flexión, 2 a los 7d, 2 a los 28d y 2 de testigos (ASTM C78/C78M-10); y 6 cilindros para ensayos a compresión, 2 a los 7d, 2 a los 28d y 2 de testigos (ASTM C39/C39M-12). •Capa terminada se comprueba la irregularidad superficial (NTL 334-8); se comprueba el espesor con 2 testigos por cada uno de los 3 sublotes (ASTM C174/C174M-06, AASHTO T 148-07 y Hazel Aaari documento 165 del 2010) -En sitios aleatorios que no coincidan con las juntas se realiza control de textura tomando 3 puntos por lote (ASTM D3665-07). -El día antes de puesta en servicio se realiza ensayos de resistencia al deslizamiento por péndulo británico en puntos determinados por el interventor, 3 puntos por lote en zona tangente y 1 en zonas de frenado frecuente (ASTM E303-93, ASTM E501-08 y BS 7976-1:2002) o por dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (NTL 331-98) -Indice de rugosidad IRI con mira y nivel (NTL 330-98 y NTL 331-98) o con equipo de referencia inercial (ASTM R950)	-Se considera lote la obra ejecutada en 1 jornada de trabajo. -Sublote para espesor será cada uno de máximo 365 m2. -Si el cemento se almacena más de 2 meses almacenado en saco o 3 meses en silos deben evaluarse sus características. -Si en la compactación se considera deficiente se toma 1 muestra cada 350 m3 determinando la densidad (ASTM C642) -Se podrá reducir a 3 ensayos para resistencia a compresión si es un concreto de baja resistencia. -Se considera adecuado cuando 3 resultados consecutivos de resistencia a compresión es igual o excede a la necesaria. (Ningún resultado puede estar debajo del requerido) -El número de punto en control de textura se puede ampliar a 5 si uno de los 3 es insatisfactorio. Y si 10 consecutivos son aceptados se puede reducir la frecuencia de ensayos.
Perú	•Ensayos para el agregado fino: Perdidas de solidez en sulfatos (ASTM C88-2005); indice de plasticidad (ASTM D4318-93); equivalencia de arena (ASTM 4318-93); contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables (ASTM C142); contenido de carbón y lignito (ASTM C123); material que pasa por tamiz (ASTM C117-2013); contenido de materia orgánica (ASTM C40-2004); contenido de sulfatos y de cloruros (AASHTO T260, T290 y T291); absorción de agua (ASTM C128-2012); granulometría (ASTM C163-96a). •Para el agregado grueso: Desgaste Los Ángeles (ASTM C131-06); perdidas de solidez en sulfatos(ASTM C88-2005); contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables (ASTM C142); contenido de carbón y lignito (ASTM C123); particulas fracturadas (ASTM D5821); cantidad de partículas chatas y alargadas (ASTM D4791); contenido de sulfatos y de cloruros (AASHTO T260, T290 y T291). •Ensayos para el cemento bajo la NTP 334.009 (ASTM C150): Composición química (ASTM C114); contenido de aire (ASTM C185); Finura por turbidimetro (ASTM C115) o permeabilidad (ASTM C204); expansión en autoclave (ASTM C151); Resistencia a compresión (ASTM C109/C109M); tiempo de fraguado por Gilmore (ASTM C266) o por vicat (ASTM C191); de manera opcional, ensayo de falso fraguado (ASTM C451), calor de hidratación (ASTM C186), resistencia a la compresión (ASTM C109/C109M), resistencia a sulfatos (ASTM C452). -Cementos bajo la NTP 334.090 (ASTM C595): Composición química (ASTM C114); finura (ASTM C204 y C430); expansión y contracción en autoclave (ASTM C151); tiempo de fraguado vicat (ASTM C191); contenido de aire del mortero (ASTM C185); expansión del mortero (opcional); resistencia a la compresión (ASTM C109/C109M); calor de hidratación (ASTM C186); resistencia a los sulfatos (ASTM C1012). •Ensayos para cenizas volantes y puzolana natural cruda o calcinada para uso en concreto segón la NTP 334.104 (ASTM C618), se especifican en la ASTM C311: Composición química (ASTM C114); Fineza (ASTM C430); indice de actividad resistente (ASTM C109/C109M); demanda de agua (ASTM C311); estabilidad en expansión o contracción en autoclave (ASTM C151); densidad (ASTM C188); Opcionalmente, ensayos de incremento de la contracción por secado de las barras de mortero (ASTM C157/C157M); uniformidad (ASTM C185); ensayos de expansión (ASTM C1012). -Ensayos para escoria de alto horno molida y granulada será según la ASTM C989: Finura retenida en tamiz N°325 (ASTM C430) y por contenido de aire (ASTM C204); contenido de aire (ASTM C185); indice de actividad resistente (ASTM C109/C109M); contenido de sulfuro de azufre (ASTM C114). •Los ensayos para los aditivos bajo la ASTM C260 serán los encontrados en la ASTM C233: Tiempo de fraguado (ASTM C403/C403M); resistencia a la compresión (ASTM C39/C39M); resistencia a la flexión (ASTM C78); cambio de longitud (ASTM C157/C157M) y exudación de cantidad neta de agua (ASTM C232). •Ensayos para aditivos bajo la ASTM C494: Contenido de agua (ASTM C494); tiempo de fraguado (ASTM C403/C403M); resistencia a la compresión (ASTM C39/C39M); resistencia a la flexión (ASTM C78); cambio de longitud (ASTM C157/C157M); durabilidad relativa (ASTM C260). •Ensayos para material de curado mediante polietileno blanco o de papel segón ASTM C171: Prueba de transmisión de vapor de agua de materiales (ASTM E96/E96M); prueba de reflectancia (ASTM E1347); prueba de resistencia a la rotura por tracción en húmedo de papel y productos de papel (ASTM D829); resistencia al impacto (ASTM D4397); prueba de retención de agua (ASTM C156); prueba de resistencia a la tracción (ASTM D882) y resistencia al impacto (ASTM D1709) -Para membranas de curado segón la ASTM C309: Prueba de retención de agua (ASTM C156); prueba de reflectancia (ASTM E1347); Prueba de sedimentación a largo plazo (ASTM D1309 o ASTM D869); prueba de contenido no volátil (ASTM D2369). •Ensayos para sello de silicona: Esfuerzo de tensión (ASTM D412); flujo (ASTM C639); tasa de extrusión (ASTM C603); gravedad específica (ASTM D792); dureza (ASTM C2240); resistencia a intemperismo (ASTM C793); superficie seca (ASTM C679); elongación a la rotura (ASTM D412); fraguado al tacto (ASTM D1640); adhesión a bloques de mortero (AASHTO T132); capacidad de movimiento y adhesión (ASTM C719). -Para sellos en caliente bajo la ASTM D3405: Penetración del cono, flujo, adherencia no sumergida y resiliencia (ASTM D5329) -Para tirilla segón la ASTM D5249: Densidad (ASTM D1622); resistencia a la tracción (ASTM D1623); absorción de agua (ASTM D1016 y ASTM D545); Fuerza de deflexión por compresión y recuperación de compresión (ASTM D545); resistencia al calor y contracción máxima (ASTM D5249). -Para material de relleno en juntas de expansión segón la ASTM D994, ASTM D1751 o ASTM D752: Sus ensayos son o encontrados en el mismo documento o se encuentran en la ASTM D545. •Ensayos que se deben hacer al agua: Ph (NTP 339.073) y contenido de sulfatos (NTP 339.074)	•Se realizan de manera frecuente controles de calidad del cemento y agua y que este cumpla todas las especificaciones necesarias. •Se realizaran las pruebas necesarias que requiera el supervisor, donde se podrá verificar la calidad del pasadores, varillas de unión y mallas; igualmente con compuestos para el curado y sellado de juntas. -Se presentaran certificaciones periódicas de los fabricantes y proveedores de productos a usar en el sellado. •Se toman 4 muestras de cada procedencia del agregado empleado, donde se ensayara el desgaste en la máquina de Los Ángeles; pérdidas en el ensayo de solidez (durabilidad) en sulfato de magnesio, principalmente en climas con ciclos de hielo y deshielo; equivalencia de arena del agregado fino, contenido de materia orgánica del agregado fino mediante el ensayo colorimétrico; Además, cuando no existan antecedentes sobre los agregados por emplear, se efectuarán las pruebas de detección de sustancias perjudiciales. •Ensayos a la mezcla: Se toma una muestra donde se determina el asentamiento del concreto; cada 50 m3 se toman 4 especimenes para ensayos de resistencia a flexotracción, donde se fallaran 2 a 7 días para control de regularidad de la calidad de producción y 2 a los 28 días para comprobar la resistencia (ASTM C78 y AASHTO T97); control de contenido de aire en cada uno de los 3 primeros camiones tanto en llegar como después de interrupción (ASTM C231 y AASHTO T152) •En la capa terminada: -Luego de 15 días de terminada se verificara el espesor en zonas ya subdivididas de 350 m2 extrayendo 2 testigos cilíndricos mediante brocas rotativas. -Verificación de textura tomando al menos 10 puntos aleatoriamente (ASTM E965) y además el coeficiente de resistencia al deslizamiento (ASTM E303 y AASHTO T278) -Verificación de la rugosidad superficial en unidades IRI. -Determinación de la densidad del concreto (ASTM C642) -Ensayos tomando 5 vigas prismáticas para resistencia a flexión (ASTM C42 y AASHTO T24) y 5 núcleos cilíndricos para resistencia a compresión (ASTM C42 y AASHTO T24) y módulo elástico del concreto (ASTM C469). - Verificación de pasadores en juntas mediante tomografía magnética con un MIT Scan 2 u otro equipo aprobado -Se comprueba la transferencia de carga en las juntas.	•Si en los ensayos de resistencia, las 4 muestras no cumplen lo necesario se podrá por parte del constructor volver a tomar muestras, separándolas máximo cada 7m entre sí y a 0.5 m de cualquier junta, esto se harán de preferencia antes de los 54 días antes de puesta en obra y a flexión luego de 56 días. •La superficie de pavimento en zonas con un área de 3500 m2 cada una, se subdividirá cada zona en sectores de 350 m2 y de allí se verifica el espesor.
Chile	•Para los agregados: Granulometría (ASTM C3:2007 y ASTM C136:2006); material fino (ASTM C117-74); absorción de agua (ASTM C127-68 y ASTM C128-73); equivalencia de arena (ASTM D2419-74 y AASHTO Ti 76-70); resistencia al desgaste Los Ángeles (ASTM C131-69); coeficiente de forma del árido grueso (NCh 3240); partículas desmenuzables (ASTM C142-71); resistencia al desgaste con sulfato (ASTM C88-73); índice de trituración (BS-812-75); contenido de partículas chancadas (MC V8-8.202.6); contenido de carbón y lignito (ASTM C123); impurezas orgánicas (ASTM C40-04); contenido de cloruros y contenido de sulfatos solubles en agua (EN 1744-1:1998); reacción de álcali-árido (ASTM C289) que si no cumple se realizan los ensayos de primas con mortero (ASTM C227), expansión a 3 y 6 meses (ASTM C1260) y medido petrográfico (ASTM C295) •Ensayos al cemento: Ensayo de expansión en autoclave (ASTM C151-64); análisis químico (ASTM C114-67); tiempo de fraguado (ASTM C187-64 y ASTM C191-65); resistencia mecánica (NCh 158); peso específico (ASTM C188-44); se podrán realizar de manera adicional el ensayo de superficie específica (ASTM C115-70), finura (ASTM C184-66) e deformabilidad (NCh 156) •Ensayos para aditivos bajo la NCh 2182 (ASTM C494, ASTM C260 y UNE-EN 934-2:2002): Contenido de agua (ASTM C494); tiempo de fraguado (ASTM C403/C403M); resistencia a la compresión (ASTM C39/C39M); resistencia a la flexión (ASTM C78); durabilidad (ASTM C260). -Para fibras sintéticas bajo la ASTM D7508: Denier (ASTM D1577 y ASTM D1907); contenido de acabado (ASTM D2257); propiedades a tracción (ASTM D2256). -Para fibras de acero serán los encontrados en la misma ASTM A820 •Ensayos para llenantes en frío basados en la MC V8-8.701.1 (ASTM D1850-74) serán los encontrados en la MC V8-8.702.1 (ASTM D1851-67). -Ensayos para llenantes elásticos aplicados en caliente bajo la MC V8-8.701.2 (ASTM D1190-74) serán los encontrados en la MC V8-8.702.2 (ASTM D1191-76): Penetración (ASTM D217); ligarón y flujo. -Ensayos para llenante elastomérico aplicado en caliente bajo la MC V8-8.701.3 (ASTM D3406-78) serán los encontrados en la MC V8-8.702.3 (ASTM D3408-78): Penetración (ASTM D217); ligarón, flujo, resiliencia y tensión adhesión. -Ensayos para llenantes de aplicación en caliente bajo la MC V8-8.701.4 (ASTM D3405-78) serán los encontrados en la MC V8-8.702.4 (ASTM D3407-78): Penetración (ASTM D217); ligarón, flujo, resiliencia y tensión adhesión. •Ensayos al acero (debe ser certificado y marcado): ensayo de tracción (ISO R82, R86, R205, R282 y R783); ensayo de doblado (ISO R85, COPANT R1 y ASTM A370, BS 1639:1964) y análisis químico (ASTM A751).	•Para la mezcla se realizaran ensayos: Cada al menos 5000 m3 la cantidad de sulfatos (EN 1744-1:1998); ensayo de penetración de agua bajo presión (UNE-EN 12390-8:2001) -Se realizan 4 muestras para resistencia a compresión a los 7 y 28 días (ASTM C39/C39M-05e2); 4 para resistencia a tracción a los 7 y 28 días (ASTM C78-08) -Si contiene fibra son 6 muestras a 28 días (ASTM C1609) -3 veces al día la ductilidad (ASTM C143-05a), 1 cada 200 m3 densidad y rendimiento (ISO 1920-2:2005 y ASTM C138/C138M-07), 1 cada 200 m3 dosis de fibra (MC V5-5.410.314), 1 cada 50 m3 el contenido de aire (ASTM C231). - También se realizan ensayos de asentamiento de cono (ASTM C143-05a), uniformidad (NCh 1789). •Para la capa terminada se realiza in ensayo cada 30000 m2 para tomar testigos (MC V8-8.402.8) -Si es pavimento continuo mínimo cada 1750 m2. -De la capa terminada son mínimo 25 testigos. -Determinación del IRI (Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements, Publicación Técnica N° 46 del Banco Mundial, 1986.) -Cada 5000 m3 la lisura (MC-V8-8.502.4)	•En la mezcla se realiza la caracterización de la misma, esto es cada 5000 m3 de mezcla producida.

España	•Si se tiene un marcado CE, se verifica que las propiedades que dice sean las correctas y las requeridas, aunque se podrán hacer los ensayos que considere oportunos. En el caso de áridos un marcado CE con un sistema de evaluación de la conformidad 2+ •Para el árido grueso: Granulometría (UNE-EN 933-1); absorción (UNE-EN 1097-6) y ensayo de sulfato de magnesio (UNE-EN 1367-2); coeficiente los Ángeles (UNE-EN 1097-2); índice de lajas (UNE-EN 933-3); propiedades geométricas del árido (UNE-EN 933-5); coeficiente de pulimento acelerado (UNE-EN 1097-8) Para el árido fino: Granulometría (UNE-EN 933-1); proporción de partículas silíceas (UNE-EN 932-3 o NLT-371); equivalencia de arena (UNE-EN 933-8 Anexo A); de manera opcional módulo de finura (UNE-EN 933-1). •Ensayos a cemento: Resistencia a compresión y resistencia inicial (EN 196-1); tiempo de fraguado y estabilidad (EN 193-3); pérdida por calcinación, residuo insoluble y sulfato SO3 (EN 196-2); Cloruros (EN 196-21) y puzolanicidad (EN 195-1) •Para los aditivos bajo la EN 934-2:2009 serán: Reducción de agua (EN 12350-2 o 12350-5); resistencia a compresión (EN 12390-3); contenido de aire en el hormigón fresco (EN 12350-7); aumento del asentamiento y mantenimiento de consistencia (EN 12350-2 o EN 12350-5); exudación (EN 480-4); tiempo de fraguado (EN 480-2); características de huecos (EN 480-11); absorción capilar (EN 480-5). •Para el acero solo se verifica su marcado y especificaciones •Para membranas serán ensayos de: Resistencia a tracción en rotura y alargamiento en rotura (UNE-EN ISO 527-1 y UNE-EN ISO 527-3); se realizan los demás ensayos pertinentes respecto a los requisitos presentados en sus prescripciones técnicas. •Para productos filmógenos de curado se realizaran los ensayos necesarios, el principal será el ensayo para determinar el indice de eficacia (UNE 83299) •Para sellantes en caliente bajo la UNE-EN 14188-1: Punto de reblandecimiento (EN 1427); densidad (EN 13880-1); penetración (EN 13880-2); penetración y resiliencia (EN 13880-3); Estabilidad térmica (EN 13880-4); resistencia al flujo (EN 13880-5); resistencia a la inmersión en combustible (EN 13880-8); resistencia a la adhesión (EN 13880-13) •Para sellantes en frío bajo la UNE-EN 14188-2: Extrudabilidad (EN 28394 o EN 29048); tasa de curación (EN 14187-1); tiempo de secado al tacto (EN 14187-2); propiedades autonivelantes (EN 14187-3); resistencia al flujo (EN ISO 7390); perdida de volumen (EN ISO 10563); Cambio en masa y volumen después de la inmersión (EN 14187-4 clase B, C y D); resistencia a la hidrólisis (EN 14187-5); resistencia al fuego (EN 14187-7); cohesión (en ISO 9047); cohesión en zonas frías (EN 14187-9); fuerza de adhesión (EN 28340); recuperación elástica (EN ISO 7389); meteorización artificial por irradiación UV (EN 14187-8); adhesión/cohesión después de la inmersión en productos químicos líquidos (EN 14187-6 clase B, C y D) •Bellantes para juntas preformadas bajo la UNE-EN 14188-3: Tolerancia a la dureza (ISO 48); resistencia a tracción (EN 14840); compresión establecida (EN 14840); envejecimiento acelerado en el aire, ensayo de recuperación y resistencia al ozono (EN 14840); protección contra la sobreextensión (EN 14840); fuerza a compresión mínima en zonas de clima frío (EN 14840); dureza (ISO 48); elongación de rotura y relajación del esfuerzo en compresión (EN 14840). •Para riegos de imprimación bajo la UNE-EN 14188-4: Homogeneidad (EN 15466-1); densidad (EN ISO 2811-2); viscosidad (EN ISO 2431); resistencia contra los álcalis (EN 15466-2); comportamiento de secado (EN 15466-3); contenido de solidos (EN 15466-3); punto de inflamación (EN ISO 2719); punto de reblandamiento (EN 1427).	Si se tiene un marcado CE se verifica que las propiedades que dice sean las correctas y las requeridas, aunque se podran hacer los ensayos que considere oportunos, tomando los que consideren convenientes de cuando no tienen marcado CE. **Si no tiene marcado CE se debe verificar el cumplimiento de las especificaciones** -Para los áridos se realizan ensayos 2 veces al día (por la mañana y por la tarde) de granulometría, proporción de fino (UNE-EN 933-2). 1 vez a la semana el índice de lajas del árido grueso y equivalencia de arena del agregado fino. 1 vez al mes el coeficiente de los ángeles del árido grueso, coeficiente de pulimiento acelerado, contenido ponderal de compuestos totales de azufre (S) y sulfatos solubles en ácido (UNE-EN 1744-1), compuestos orgánicos que afectan al fraguado y endurecimiento del cemento (UNE-EN 1744-1), comprobar que no existe reactividad álcali-árido y álcali-carbonato, absorción de agua (UNE-EN 1097-6) y en su caso ensayo de sulfato de magnesio (UNE-EN 1367-2). -Para las armaduras se realizan las establecidas **•Para la mezcla**: 2 veces al día (en la mañana y en la tarde) se realizan ensayos de consistencia del hormigón (UNE-EN 12350-2), contenido de aire (UNE-EN 12350-7). También se ensaya la masa unitaria total de particulas cernidas (UNE-EN 933-2). -Para colocación de la mezcla se verifican la temperatura y humedad relativa del ambiente mediante un termohigrógrafo registrador. **•Para unidad terminada:** Ensayos de resistencia a flexotracción a los 28 dias (UNE-EN 12390-1, 12390-2 y 12390-5); regularidad superficial en tramos de 1000 m (NTL-330); resistencia al deslizamiento antes de puesta en obra (UNE 41201 IN). -Se toman 3 puntos por lote para determinar la macrotextura superficial (UNE-EN 13036-1); 2 puntos para comprobar el espesor; cada 20 metros los perfiles transversales.	-Lote se define como la menor entre 500m de calzada, 3500 m2 y la fracción construida en un dia. -En macrotextura si se los 3 puntos 2 no cumplen se amplia a 5 punto por tomar; y si 10 lotes cumplen consecutivamente se podrá reducir la frecuencia de ensayos. -En el espesor si uno de los 2 puntos no cumple, se ampliaran a tomar 5 puntos. -En el caso de ensayos de información se toman 6 testigos de forma aleatoria, cada uno a mínimo 7 m del otro y 50 cm de juntas o bordes; se ensayan a tracción indirecta a 35 días y conservado 48 horas (UNE-EN 12390-6)
Estados Unidos	•Ensayos para el agregado grueso: Granulometría (AASHTO T27); desgaste Los Ángeles (AASHTO T96); solidez en sulfatos (AASHTO T104); contenido de carbón y lignito (AASHTO Tl 13); cantidad de material más fino (AASHTO Tl 1); contenido de terrones de arcilla y partículas friables (AASHTO T112); masa unitaria de escoria (AASHTO T19). •Ensayos para agregado fino: Granulometría y módulo de fineza (AASHTO T27); cantidad de trozos de arcilla y partículas friables (AASHTO T112); contenido de carbón y lignito (AASHTO Tl 13); material más fino (AASHTO Tl 1); cantidad de impurezas orgánicas (AASHTO T21); solidez en sulfatos (AASHTO T104), solidez por congelación y descongelación (AASHTO Tl 03). •Para agregado reciclado: Granulometría y módulo de fineza (ASTM C136); desgaste Los Ángeles (ASTM C131 o C535); solidez en sulfatos (ASTM C88); contenido de carbón y lignito (ASTM C123); cantidad de material más fino (ASTM C117); contenido de terrones de arcilla y partículas friables (ASTM C142); cantidad de impurezas orgánicas (ASTM C40); reactividad de los agregados (ASTM C33/C33M-08); solidez por congelación y descongelación (ASTM C666); contenido de chert (ASTM C123 y ASTM C295) •Para el cemento según la AASHTO M85 (ASTM C150/C150M-20): Análisis químico (AASHTO T105) y composición potencial (AASHTO M85-20); contenido de aire (AASHTO T137); permeabilidad del aire (AASHTO 153); expansión autoclave (AASHTO T107M/T107); resistencia a compresión (AASHTO T106M/T106); tiempo de fraguado por ensayo Gillmore (AASHTO T154) o ensayo Vicat (AASHTO T131); rigidez temprana (AASHTO 186); de manera opcional conducción isotenal calorimétrica (ASTM C1702), resistencia a compresión (AASHTO T106M/T106) y resistencia a sulfatos (ASTM C452) • En el acero se verifica su marcaje y especificaciones, todo según la AASHTO M31/M31 (ASTM A615/A615M) y la ASTM 706/706M; ensayos para propiedades mecánicas de acero (AASHTO T244) y químicos (ASTM A751) •Cenizas volantes y puzolanas naturales crudas o calcinadas (AASHTO M295) serán los presentados bajo los métodos de la ASTM C311. -Escoria granulada de alto horno molido (AASHTO.M302): Ensayo de finura (AASHTO T153); contenido de aire (AASHTO T137), índice de actividad (AASHTO M295); en requisitos químicos un contenido de azufre en sulfuro (AASHTO T105); si se requiere ensayos de escoria total de alcalis (ASTM C441) y resistencia a compresión (AASHTO T106) •Ensayos para sellante tipo elastomérico en caliente (ASTM D3406) serán los presentados en la ASTM D5329 •Ensayos para sellante en caliente (ASTM D6690): Punto de ablandamiento (ASTM D36/36M); los ensayos de Penetración, adhesión no inmersa, resiliencia y resiliencia luego de envejecimiento, compatibilidad con asfalto (ASTM D5359). •Ensayos para sellante Elastomérico de Policloropreno (ASTM D2628) serán los encontrados en el documento ASTM D2628. •Ensayos para sellante de silicona en frío (ASTM D5893/D5893M): Curado total (ASTM D5893); prueba para determinar el asentamiento de los selladores (ASTM D2202 o ASTM C639), tasa de extrusión (ASTM C1183); Tiempo sin pegajosidad (ASTM C679); perdida por envejecimiento (ASTM C792); adhesión (ASTM D5329); dureza (ASTM C661); flujo (ASTM D5329); alargamiento final (ASTM D412); tensión de tracción (ASTM D5893); efectos de la meteorización acelerada (ASTM C793); resiliencia (ASTM D5329) •Ensayos para relleno prefabricado para juntas de expansión de concreto, tipo bituminoso (ASTM M33) serán los encontrados en el mismo documento, excepto el ensayo a compresión (ASTM D545) •Ensayos para relleno prefabricado de esponja de caucho y corcho para juntas de expansión (ASTM M153) serán encontrados en la AASHTO T42 o ASTM 545 •Ensayos para relleno prefabricado para juntas de dilatación, tipos bituminosos resistentes y no extrusivos (ASTM M213) serán encontrados en la AASHTO T42 o ASTM 545 •Ensayos para rellenos de tablero de poliestireno serán los encontrados en la ASTM C203. •Ensayo para tela de arpillera hecha de yute o kenaf para curado (AASHTO M182) serán los encontrados en este mismo documento. •Ensayo para materiales en lamina para el curado del concreto (ASTM C171): Prueba de transmisión de vapor de agua de materiales (ASTM E96/E96M); prueba de reflectancia (ASTM E1347); prueba de resistencia a la rotura por tracción en húmedo de papel y productos de papel (ASTM D829); resistencia al impacto (ASTM D4357); prueba de retención de agua (ASTM C156); prueba de resistencia a la tracción (ASTM D882) y resistencia al impacto (ASTM D1709). •Ensayo para compuestos líquidos formadores de membrana para el curado del concreto (ASTM C309): Perdida de agua (ASTM C156); reflectancia diurna (ASTM E1347); secado (ASTM C309); asentamiento a largo plazo (ASTM D869) y contenido no volátil (ASTM D2369). •Ensayos para aditivos con incorporación de aire (AASHTO M154) serán encontrados en la AASHTO T157 •Ensayos para aditivos bajo la AASHTO M194 (ASTM C494): Contenido de agua (ASTM C494); tiempo de fraguado (ASTM C403/C403M); resistencia a la compresión (ASTM C39/C39M); resistencia a la flexión (ASTM C78); cambio de longitud (ASTM C157/C157M); durabilidad relativa (ASTM C260). •Ensayos para el agua según la AASHTO M157: Resistencia a compresión (AASHTO T106); análisis químico (AASHTO T105); fineza (AASHTO T153); contenido de aire (AASHTO T137); autoclave expansión (AASHTO T107M/T107); tiempo de fraguado de (AASHTO T131 o T154); concentración de cloruro (ASTM D512); contenido de sulfato (AASHTO T290); contenido de álcalis (AASHTO T105) y contenido total de solidos (AASHTO T26 o ASTM C1603)	•Se comprueban que todas las especificaciones cumplan con lo requerido mediante distintos ensayos. •La FHWA presenta los siguientes ensayos a realizar: - Al concreto se realizan por cada carga ensayos de densidad (AASHTO T121), contenido de aire (AASHTO T152 o T196), hundimiento (AASHTO T119), temperatura; cada 170 m2 o 1 por día la resistencia a la compresión (AASHTO T23 y T22) -1 vez por día se ensaya al agregado su granulometría (AASHTO T27 y T11) y humedad (AASHTO T255) -Luego de terminada se realiza ensayos de tolerancia de la superficie para el concreto; espesor de capa (AASHTO Tl 48)	-
Sudáfrica	•Ensayos al agregado fino: Análisis granulométrico (SANS 3001-AG1); contenido de polvo (SANS 3001-AG1); absorción de azul de metileno (SANS 6243); contenido de arcilla (SANS 6244); contenido de cloruro (SANS 202); impurezas orgánicas (SANS 5832); presencia de azucares (SANS 5833); impurezas nocivas solubles (SANS 5834) •Ensayos para agregado grueso: Análisis granulométrico (SANS 3001-AG1); contenido de polvo (SANS 3001-AG1); valor de trituración del agregado (SANS 3001-AG10); valor de trituración del agregado fino (SANS 3001-AG10); índice de aplanamiento (SANS 5847). •Ensayos para el cemento bajo la SANS 50197-1 (EN 197-1) el cual podrá tener certificado CE: Resistencia a a compresión y resistencia inicial (EN 196-1); tiempo de fraguado y estabilidad (EN 193-3); pérdida por calcinación, residuo insoluble y sulfato SO3 (EN 196-2); Cloruros (EN 196-21) y puzolanicidad (EN 196-5) •Ensayos para aditivos bajo la SANS 50934 (EN 934): Reducción de agua (EN 12350-2 o 12350-5), resistencia a compresión (EN 12390-3); contenido de aire en el hormigón fresco (EN 12350-7); aumento del asentamiento y mantenimiento de consistencia (EN 12350-2 o EN 12350-5); exudación (EN 480-4); tiempo de fraguado (EN 480-2); características de huecos (EN 480-11); absorción capilar (EN 480-5). •Ensayos para aditivos bajo ASTM C494 (AASHTO M194): Contenido de agua (ASTM C494); tiempo de fraguado (ASTM C403/C403M); resistencia a la compresión (ASTM C39/C39M); resistencia a la flexión (ASTM C78); cambio de longitud (ASTM C157/C157M); durabilidad relativa (ASTM C260). •Ensayos para aditivos bajo la ASTM C260 (AASHTO M154) serán los encontrados en la ASTM C233: Tiempo de fraguado (ASTM C403/C403M); resistencia a la compresión (ASTM C39/C39M); resistencia a la flexión (ASTM C78); cambio de longitud (ASTM C157/C157M) y exudación de cantidad neta de agua (ASTM C232). •Para el acero solo se verifica el certificado y que cumpla las especificaciones (SABS 920:2011) así como el marcado CE •Ensayos para el agua bajo la SANS 51008:2006 (EN 1008:2002): -Aceite y grasas, detergente, color, olor, pH, materia sólida y materia húmica (EN 1008); contenido de sulfuro (EN 196-21, EN 192-2 e ISO 7890-1); contenido de sulfatos (EN 196-2); contenido de álcalis (EN 196-21); contenido de azucares; contenido de fosfatos; contenido de nitratos (ISO 7890-1); plomo y zinc; tiempo de fraguado (EN 196-3); resistencia media a compresión (EN 123090-3) •Ensayo para material de relleno para juntas de dilatación bajo la AASHTO M153 serán encontrados en la AASHTO T42 o ASTM 545. •Ensayo para material de relleno para juntas de aislamiento bajo ASTM D994 son encontrados en el mismo documento o se encuentran en la ASTM D545. •Ensayo para material de relleno para Tirilla de cordón de respaldo bajo la ASTM D5249: Densidad (ASTM D1622); resistencia a la tracción (ASTM D1623); absorción de agua (ASTM D1016 y ASTM D545); Fuerza de deflexión por compresión y recuperación de compresión (ASTM D545); resistencia al calor y contracción máxima (ASTM D5249). •Ensayos para el sellante: Esfuerzo a tracción (ASTM D412); fluencia (ASTM C639); tasa de extrusión (ASTM C603); densidad relativa/gravedad específica (ASTM D792); dureza durométrica (ASTM C661); resistencia al ozono y a los rayos UV (ASTM C793); pegajosidad (ASTM C679); elongación (ASTM D412); ensayo para secado, curado o formación de película de recubrimientos orgánicos (ASTM D1640); adherencia (AASHTO T132); capacidad de movimiento y adherencia (ASTM C719). •Ensayos para el material de curado bajo la ASTM C309: Perdida de agua (ASTM C156); reflectancia diurna (ASTM E1347); secado (ASTM C309); asentamiento a largo plazo (ASTM D869) y contenido no volátil (ASTM D2369).	En la mezcla se comprueba 1 vez por semana la dosificación del concreto para un lote de 6 m3. •Terminada la capa -Se realiza a los 28 dias un control de resistencia a compresión -Control de nivel y elevación -4 muestras de espesor de capa -Control de ancho, juntas, planicidad, regularidad superficial (TMH 13 - Part C)	-

Australia y Nueva Zelanda	•Ensayos para los agregados: Granulometría (AS 1141.11); solidez del agregado (AS 1141.24); inocuidad del hierro (AS 1141.37); factor de degradación (AS 1141.25.1, AS 1141.25.2 y AS 1141.25.3); variación de resistencia en húmedo/seco (AS 1141.22) y contenido de minerales secundarios en rocas ígneas (AS 1141.26); partículas no sólidas (AS 1141.30.1 y AS 1141.37) o partículas débiles (AS 1141.32); densidad (AS 1141.6.1 y AS 1141.6.2); absorción de agua (AS 1141.6.1 y AS 1141.6.2); forma de la partícula para agregado grueso (AS 1141.15) o prueba de caída libre (AS 1141.14);uniformidad por prueba Vebe (AS 1012.3.3) o por asentamiento (AS 1012.3.1); índice de descamación del agregado grueso (AS 1141.15); sedimentación (AS 1141.33); contenido de azúcar (AS 1141.35); impurezas orgánicas (AS 1141.34); partículas ligeras (AS 1141.31) •Ensayos para el cemento bajo la AS 3972: Composición química (AS 2350.2); determinación de aumento de temperatura durante hidratación (AS 2350.7); residuo en tamiz (AS 2350.9); contracción por secado (2350.13); longitud para cemento expuesto a solución de sulfato (AS 2350.14); prueba para materiales cementosos suplementarios (AS 3583); contenido de iones cloruro (AS 3583.13); tiempo de fraguado (AS/NZS 2350.4); resistencia a compresión (AS/NZS 2350.11); propiedades geométricas de áridos (EN 933); evaluación de finos-prueba de azul de metileno; determinación de carbono orgánico total en calizas (EN 13639) •Para cenizas volantes (AS 3582.1): Finura (AS 3583.1); contenido de humedad (AS 3583.2); pérdida por ignición (AS 3583.3); densidad relativa (AS 3583.5); determinación de requisito relativo de agua y resistencia relativa (AS 3583.6); contenido de anhídrido sulfúrico (AS 3583.8); determinación de álcali disponible (AS 3583.12); contenido de iones cloruro (AS 3583.13). •Para escoria de alto horno granulada molida (AS 3582.2): Finura (AS 3583.1 o AS 2350.9); residuo insoluble (AS 3583.14); pérdida por ignición (AS 3583.3); contenido de sulfato (AS 3583.3 o AS 2350.2), azufre sulfuroso (AS 3583.7), magnesia (AS 3583.9 o AS 2350.2), aluminia (AS 3583.10 o AS 2350.2), hierro total (AS 3583.10 o AS 2350.2), manganeso (AS 3583.11 o AS 2350.2); contenido de cloruro de ion (AS 3583.13 o AS 2350.2), álcali total (AS 2350.2), densidad relativa (AS 3583.5), necesidad relativa de agua (AS 3583.6) e índice de dureza (AS 3583.6) •Para el acero solo se verifica el certificado y que cumpla las especificaciones (AS 4671), donde algunos ensayos que se realizan son: Ensayos de tracción (AS 1391 o ISO 6892-1); análisis de hierro y acero (AS/NZS 1050.1); ensayos para acero de refuerzo (ISO 15630-1) •Ensayos para aditivos serán de acuerdo a la AS 1478.1 •Para el curado mediante líquidos formadores de membranas deberán cumplir con los encontrados en la AS 3799-1998. •Ensayos para el agua (AS 1379-2007): Contenido de azúcar (AS 1141.35); contenido de aceite y grasa (APHA 5520); pH (AS/NZS 1580.505.1); total de solidos disueltos (AS 3550.4); contenido de cloruro (APHA 4500), sulfato (AS 1289.4.2.1) y equivalencia de sodio (APHA 3500).	•Para la mezcla -Se realizan controles en la mezcla son dosificación. -Se realizan controles de transporte y descarga, inspección y verificación despues del fraguado así como largo del endurecimiento. •Para la capa terminada -Control de grietas, compactación a estandares uniformes de densidad (Roads and Maritime Test Method T304 o T368), resistencia a compresión (AS 3600), espesor y niveles de la capa.	-
Tailandia	•Ensayos para el agregado fino: Granulometría (AASHTO T27-70); solidez con sulfato (AASHTO T104 o ASTM C88); impurezas orgánicas en arena (AASHTO T21) •Ensayos para el agregado grueso: Granulometría (AASHTO T27-70); abrasión los ángeles (ASTM C131 y C535); solidez con sulfato (AASHTO T104 o ASTM C88) •Para el cemento bajo la ASTM C150 serán los siguientes: Resistencia a compresión (ASTM C109/C109M); análisis químico (ASTM C114); fineza (ASTM C151 o C204); autoclave expansión (ASTM C151); contenido de aire (ASTM C185); calor de hidratación (ASTM C186); tiempo de fraguado de (ASTM 191); concentración de cloruro (ASTM D512); contenido de sulfato (AASHTO T290); contenido de álcalis (AASHTO Ti05) y contenido total de solidos (AASHTO T26 o ASTM C1603) •Ensayos para relleno prefabricado para juntas de dilatación, tipos bituminosos resistentes y no extrusivos (ASTM M213) seran encontrados en la AASHTO T42 o ASTM 545 •Ensayos para sellante en caliente (ASTM D6690): Punto de ablandamiento (ASTM D36/36M); los ensayos de Penetración, adhesión no inmersa, resiliencia y resiliencia luego de envejecimiento, compatibilidad con asfalto (ASTM D3559). •Ensayo para tela de arpillera hecha de yute o kenaf para curado (AASHTO M182) serán los encontrados en este mismo documento. •Ensayo para compuestos líquidos formadores de membrana para el curado del concreto (ASTM C309): Perdida de agua (ASTM C156); reflectancia diurna (ASTM E1347); secado (ASTM C309); acentamiento a largo plazo (ASTM D869) y contenido no volátil (ASTM D2369). •Los ensayos para el agua deberan ser los presentados en la AASHTO T26	•Para agua de fuentes naturales, se realizan mínimo 2 ensayos al año para control de calidad. •Para el concreto: -Capacidad de flujo mediante método para determinar la retracción del concreto (**NB. -N**. 304) -Se realizan al menos 1 muestra cada 100 m3 ensayos de resistencia a compresión a los 28 días con 3 cubos de concreto de 150x150x150 mm (ASTM C39-72, ASTM C42-68, ISO/DIS 2736.2, ISO 1920-1976 y JIS A 1132-1976) -Se realizan al menos 1 muestra cada 100 m3 ensayos de resistencia a tracción a los 28 días con 3 vigas de concreto de 150x150x600 mm (AASHTO T97)	-

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); *(Committee of Transport Officials, 2020)*; (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (aashto, 2020); (Direccion de Vialidad, 2022); *(Ministerio de Fomento, 2019)*; *(Austroads, 2021)*; *(Austroads, 2019)*; *(Austroads, 2019)*.

De acuerdo a lo anteriormente mostrado, Colombia nuevamente es la más completa de todas, seguida por España, Perú, Chile y Tailandia, aunque discrepan en muchos entre ellas, ya que algunas muestras controles por días y otros por volumen. Por otro lado, Estados Unidos y Australia con Nueva Zelanda proporcionan estos detalles de manera más general; Sudáfrica presenta un pequeño conjunto de ensayos periódicos, aunque nada comparado con los otros.

Además, como ya es recurrente, la mayoría de los países basan sus ensayos en las normas ASTM o AASHTO, aunque hay algunas excepciones puntuales, como el caso de Perú que algunos ensayos no están basados en ninguna norma, sino que son propios; también está el caso en que no se tienen en cuenta las ASTM o AASHTO sino normativas como la norma británica BS o la europea NE, lo cual ocurre muy pocas veces.

Requisitos de capa terminada

La capa de rodadura, deberá cumplir unos requisitos o criterios de calidad final luego de terminada, La figura 41 o en la tabla 60 del apéndice, muestra estándares para los diferentes países que debe alcanzar.

Figura 41

Criterios de calidad de la capa de rodadura terminada (Pavimento Rígido)

País	Criterios de Calidad terminado	Requisitos Adicionales
Colombia	-Tolerancia de cualquier punto de capa terminada no podrá variar más de 5 mm, depresiones mayores a 3 mm -No se permiten losas agrietadas. -No se permite que el espesor promedio de 2 testigos de un Sublote sea inferior en más de 10 mm al necesario y en 15 mm para cada testigo. Pero si el espesor promedio del lote es inferior en más de 2 mm hasta 7 mm se acepta con descuento por deficiencia. Si es inferior en más de 7 mm tampoco se acepta. -Tolerancia de textura superficial con una profundidad promedio debe ser de 0.6-1.0 mm y ningún valor individual podrá estar debajo de 0.4 mm. -Valores mínimos de coeficiente de resistencia al deslizamiento de 0.5 para NT1, 0.55 para NT2 y de 0.6 para NT3 (Valores para glorietas, curvas con radios < 200 m, pendientes ≥ 5 %, en longitudes de 100 o más, intersecciones, zonas de frenado frecuente); y de 0.45 para NT1, de 0.50 para NT2 y NT3 (Valores para otras secciones) -El IRI (índice de rugosidad internacional) deberá tener los siguientes valores mínimos en m/km y según él % de hectómetros: Para % de hectómetros de 40% será 2.4 (NT1), 1.9 (NT2) y 1.4 (NT3); de 80% será 3.0 (NT1), 2.5 (NT2) y 2.0 (NT3); de 100% será 3.5 (NT1), 3.0 (NT2) y 2.5 (NT3). Esta se medirá con mira y nivel y se determinara el IRI (NTL 330-98), si es con perfilómetro pivotante de alta precisión (NTL 331-98) y equipo de referencia inercial validado previamente con 1 de precisión en tramo de 200m(ASTM E950) -Densidad promedio ≥ 97% de la densidad máxima hallada en el tramo de prueba. -Irregularidades de la capa aun en estado plástico será de máximo 5 mm. -Tolerancia granulométrica de ± 4 en tamices de 9.5 mm a N°4; de ± 3 para tamices 8 a 100 y de ± 1 para tamiz 200. -Tolerancia de contenido de aire de + 1,8% y de asentamiento ± 25 mm para flota motorizada y regla vibratoria (resto de casos es 0) -Si en la mezcla se usa fibra tiene una tolerancia de asentamiento de 40 mm para menores a 75 mm y de 0-65 mm para mayores a 75 mm; tolerancia de flujo de 0-5 segundos si es un flujo de menos de 15s y de 0-10s si es un flujo de más de 15s. -Si es concreto pigmentado deberá alcanzar a los 28 días un 90% de la resistencia a la compresión necesaria. -Los pasadores no se podrán desplazar más de 10 mm de la teórica, y si se introdujeron por vibración no podrá ser más de 0.5% de su longitud.	-Un lote es la obra ejecutada en 1 jornada de trabajo y un Sublote es un lote dividido en 3 partes, donde cada uno es de máximo 365 m2. -Se comprueba el espesor luego de 15 d de colocado el concreto. -Si el espesor en un Sublote no cumple se retira todo el Sublote. -Si en textura se incumple uno de los requisitos se rechaza el tramo, hasta que se realicen las correcciones necesarias. -Para el IRI un lote serán 5 tramos consecutivos de 100 m por carril -Si la porción donde el IRI excede el límite en menos de 20% se podrá corregir; pero si es más de 20% se toda la longitud debe ser demolida. -Si hay grietas se podrá corregir si es única, mediante pasadores o barras de unión si la junta más cercana no ha sido construida; o mediante resina epóxica si la junta más cercana ya está construida.
Perú	-La cota en cualquier punto no podrá variar en más de 5 mm de la proyectada. -Tolerancia de planicidad será con variaciones no mayores a 5 mm. -Tolerancia de espesor, donde en promedio este no podrá ser menor a 1.5 cm del teórico y de manera individual no podrá ser menor a 2 cm del teórico. -Textura con profundidad ≥ 0.8 mm y valores individuales ≥ 0.6 mm. -Coeficiente de resistencia al deslizamiento ≥ 45 centésimas -La rugosidad superficial debe ser ≤ 3 m/km -La resistencia no podrá estar a más de 0.2 Mpa por debajo de la resistencia a la flexión especificada. -Tolerancia de asentamiento de +25 mm a -38 mm en encofrados fijos y de +13 mm a -38 mm para encofrados deslizantes -Tolerancia de contenido de aire será de +1.8% para cualquier tipo de encofrado.	•Si se presenta una fisura paralela o perpendicular a una de las juntas, se deberá sellar. Si es una fisura en los bordes se realiza la demolición y reconstrucción. •La densidad también es un requisito, pero no presenta un criterio, solo que deberá ser reportado. •La superficie de pavimento en zonas con un área de 3500 m2 cada una, se subdividirá cada zona en sectores de 350 m2 y de allí se verifica el espesor. •Si el espesor promedio de la zona es inferior al teórico en más de 2 mm hasta 10 mm se aceptara, pero con descuento por deficiencia.
Chile	-Tolerancia de planicidad ≤ 8 mm para TMDA ≥ 1000 veh/día; y ≤ 10 mm para TMDA < 1000 veh/día -Tolerancia de contenido de aire será de ±1.5% para cualquier tipo de encofrado. (Podrá ser diferente si se demuestra por ensayos de comportamiento del hormigón que la expansión sea ≤ 0.05%) -Tolerancia de distancias entre juntas de ± 50 mm respecto al especificado. -Tolerancia granulométrica de ± 5% en tamices mayores a N°4; de ± 4% para tamices N°8 a N°30 y de ± 3% para tamiz N°50 y ± 2% para tamiz 100. -Tener una resistencia a compresión individual (Fi) ≥ Resistencia mínima individual (Fo). Fo = Fc - 5.5 (Fc es resistencia a compresión); o tener una resistencia a la compresión media (Fm) ≥ Fc + s (desviación de compresión) x t (Factor estadístico) -Tener una resistencia a tracción individual (Fi) ≥ Resistencia mínima individual (Fo). Fo = Ft - 0.7 (Ft es resistencia a tracción); o tener una resistencia a la tracción media (Fm) ≥ Ft + s (desviación de compresión) x t (Factor estadístico) -Para el espesor se debe tener una Altura equivalente (A) = √(Fk/Ft) (Fk es resistencia a tracción y Ft es resistencia a tracción. Entonces el espesor de la capa por el factor A debe ser ≥ ec (espesor necesario) -El IRI debe ser en cualquiera de las fracciones ≤ 2.8 m/km y en promedio ≤ 2 m/km (Promedios de 5 tramos de 200 m) -Para la mezcla asentamiento ≤ 40 mm, de 40-90 mm y ≥ 100 mm tendrán una tolerancia de ±10mm, ±20mm y ±30mm respectivamente. -Tolerancia de densidad aparente ± 3%; tolerancia de rendimiento de amasado ± 3%; contenido de aire ± 1.5%; dosis de fibra ± 3% y contenido de sulfato de máximo 2%.	-Si presenta deficiencias en la resistencia mecánica, espesor, rugosidad o lisura se aplica multa por cada uno del 100%. Aunque dependiendo la deficiencia podrá ser una multa de 20-30% (Para el espesor varían de 5-15% en algunos casos) -Si no cumple el valor de IRI se realizan las reparaciones necesarias para que cumpla. Además se aplican multas desde 25% hasta el 100% que es cuando se supera a 2.8 m/km -Irregularidades por lisura o planicidad tendrán multas de entre 10% y 100% para MDA ≥ 1000 veh/día; y desde 2% a 100% para TMDA < 1000 veh/día
España	-Las losas no podrán presentar grietas (solo se aceptan pequeñas fisuras) -El hormigón deberá tener una resistencia a flexotracción dependerá, si es HF-5.0 ≥ 5 Mpa, HF-4.5 ≥ 4.5 Mpa, HF-4.0 ≥ 4 Mpa y HF-3.5 ≥ 3.5 Mpa -Desviación en planta ≤ 3 cm respecto a la alineación del necesaria; y una tolerancia para la rasante de ± 10mm. -El espesor no podrá ser en ningún punto menor al especificado en el diseño. -Regularidad superficial (IRI) será según el porcentaje de hectómetros: Para calzadas de autopistas y autovías (Carreteras con calzadas separadas) será < 1.5, < 1.8 y < 2.0 dm/hm para porcentaje de hectómetros de 50, 80 y 100% respectivamente. Para el resto de vías será < 1.5, < 2.0 y < 2.5 dm/hm para porcentaje de hectómetros de 50, 80 y 100% respectivamente -Macrotextura superficial > 0,9 mm y resistencia al deslizamiento > 75%. -Tolerancia de posición de los pasadores o barras de unión medidos de los extremos será de ± 10 mm si fue por vibración (± 5 mm antes del vertido de hormigón) y medido de los ejes será ± 20 mm. Pasadores de los bordes a máximo 25 cm de un borde. -Tolerancia de espaciamiento entre armaduras será de ± 2 cm. -Tolerancia de asentamiento será de 1-6 cm -Contenido de cemento ≥ 300 kg/m3 y relación agua/cemento ≤ 0.46. (Si es doble capa, la superior tendrá un contenido de cemento ≥ 450 kg/m3) -Proporción de aire ≤ 6% en volumen y si es sometido a heladas o nevadas debe ser ≥ 4.5% en volumen.	-Si la resistencia mecánica estimada con flexotracción es ≥ 90% de la necesaria se sanciona o se realizan ensayos de información. Pero si es < 90% de la exigida se realizan ensayos de información. Si estos ensayos de información presentan que es ≥ 90% se sanciona, si es < 90% pero > 70% se podrá sancionar o demoler, y si es < 70% se demolerá y se reconstruirá. (Los ensayos de información son antes de que pasen 33 días de puesta en obra, se toman 6 testigos cada 7 m uno del otro y de forma aleatoria) -En el espesor si la diferencia promedio entre el espesor medido y el prescrito es positiva y solo un individuo de la muestra tiene una diferencia negativa mayor a 10 mm, se aplica una penalización del 0.75% por cada mm. Si la diferencia promedio es igual o menor a 10 mm, y solo un individuo tiene una diferencia mayor a 20 mm, se aplica una penalización del 1,5% por cada mm. Y para el resto de casos se demuele y reconstruye -Si en la regularidad superficial se excede el límite pero en es menos del 10% de la longitud del tramo se corrigen los defectos; si es ≥ 10% de la longitud se demolerá el lote y se reconstruirá. -La profundidad de macrotextura es inferior al límite se corrige con fresado de pequeño espesor (< 1 cm), siempre que no se reduzca el espesor de la capa más de 1 cm del previsto y el coeficiente de pulimento acelerado cumpla. -Si la ubicación de los pasadores están fuera de la tolerancia deberá ser corregido. - Los bordes de las losas y de las juntas que presenten desconchados serán reparados con productos episódicos que garanticen la durabilidad de la aplicación.
Estados Unidos	-Tolerancia de planicidad será con variaciones no mayores a 5 mm. -Indice de perfil diario debe ser ≤ 180 mm/km -El espesor no podrá varias más de 25 mm del especificado. -Si es concreto con aire incluido tendrá un contenido de aire ≥ 3.5% -Contenido de cemento de 280 - 310 kg/m3 si se usa puzolana y relación agua/cemento ≤ 0.46. -Resistencia a la flexión no puede exceder los 4.5 Mpa a los 90 días.	-Si no cumplen los requisitos se deberán corregir de la manera más adecuada.
Sudafrica	-Resistencia a la compresión deberá alcanzar la necesaria luego de 28 días. Si es un cemento de 32.5 debe ser ≥ 32.5 Mpa y ≤ 52.5 Mpa; si es de 42.5 será ≥ 42.5 Mpa y ≤ 62.5 Mpa -Contenido de cemento debe ser ≥ 320 kg/m3 -Resistencia a la flexión de 4.5 Mpa a los 90 días. -Tolerancia de asentamiento no debe desviarse más de 20mm del óptimo. -Tolerancia de contenido de aire será de ± 1 % y debe ser ≤ 1.5%. -Tolerancia de nivel y elevación, donde al menos el 90% este dentro de 15 mm de la necesaria y para cada punto individual será 20 mm. -Tolerancia de espesor donde más del 90% debe estar con grosor promedio con diferencia máxima 1 mm respecto a la especificada, tolerancia en muestras individuales será máximo 18 mm debajo y los del percentil 90 será 14 mm. -Ancho promedio no podrá desviarse más de 25 mm. -Tolerancia de desviación de juntas en cualquier posición será de 10 mm y de ancho de ranura será de ± 0.5 mm -Tolerancia de planicidad será de 6 mm -Índice de regularidad superficial tendrá que: El número de irregularidades que exceden un ajuste de 3,0 mm no debe exceder las 8 por secciones de 100 m y no debe exceder un número promedio de 5 por cada 100 m tomados en secciones de 300 a 600 metros. -Tolerancia de colocación de los pasadores sera: Para profundidad de ± 10 mm del requerido, para aquellos que tienen soportes, una alineación de ± 2 mm e individual sera ± 3 mm por cada barras de 300 mm (Sera de ± 6 mm para individuales colocados mecánicamente). De manera general estar de manera uniforme con una tolerancia de ± 25 mm de la línea de la junta planificada.	-Se controla el IRI (Indice de regularidad superficial) cada 100 m
Australia y Nueva Zelanda	-Compactación relativa ≥ 98% -Resistencia a la flexión a los 28 días será de 4-5 Mpa, para tráfico moderado (> 10^6 ejes de vehículos pesados) sera 4.5 Mpa; si es reforzado con fibras de acero sera de 5-5.5 Mpa. -Contenido de cemento debe ser ≥ 280-300 kg/m3 y huecos de aire atrapado ≤ 1 mm. -Resistencia a compresión a los 28 días ≥ 32 Mpa -Tolerancia de asentamiento de 20-40 mm para construcción por encofrado deslizante y de 35-50 mm para construcción por encofrado fijo mecanizada; asentamiento de 55-65 mm para construcción por encofrado fijo manual. -El concreto deberá tener un alto nivel de durabilidad para resistir el deterioro y el desgaste en condiciones de servicio -Límite superior de contracción a los 21 días será de 450 microdeformaciones y a los 56 días de 580 microdeformaciones.	
Tailandia	-Tolerancia de planicidad ≤ 3.5 mm de la línea medida -Resistencia a compresión a los 28 días ≥ 32 Mpa. Se permite que al menos una muestra individual este por debajo del valor, pero no menor al 85% del requerido. -Resistencia a tracción a los 28 días ≥ 4.2 Mpa. Se permite que al menos una muestra individual este por debajo del valor, pero no menor al 85% del requerido. -Se permite que la losa tenga pequeñas imperfecciones ocasionadas por el desencofrado	-Si se superan las tolerancias de planicidad, es decir mayor a 3.5 mm, pero ≤ 7 mm es aceptable, aunque se corrige mediante una llana para que este quede menor a 3.5 mm. Pero, si es mayor a 7 mm se retira la losa -Si no se cumple con la resistencia a compresión se podrán solicitar nuevas muestras para realizar nuevas pruebas; si no cumplen se debe demoler y volver a construir. -Si no se cumple con la resistencia a tracción se podrán solicitar nuevas muestras para realizar nuevas pruebas, donde si no cumple con ser al menos mayor al 85% del valor requerido no cumple (Muestras de 150x150x500) si no cumplen se debe demoler y volver a construir. -Si hay muchas imperfecciones se rechaza, retirando la losa y volviéndola a construir..

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); *(Committee of Transport Officials, 2020)*; (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019); (aashto, 2020); (Direccion de Vialidad, 2022); *(Ministerio de Fomento, 2019)*; *(Austroads, 2021)*; *(Austroads, 2019)*; *(Austroads, 2019)*.

De lo anterior mostrado, se encuentra como ya es frecuente que, en lo que respecta a las tolerancias, Colombia es quien presenta de forma más minuciosa las tolerancias a tener en cuenta, incluye una tolerancia para el índice de regularidad más detallado, índice de tolerancia que España también presenta. Aparte de esto, todos los países presentan una cantidad razonable de tolerancia a cumplir.

Países como Colombia y Perú presentan la misma tolerancia de cota de 5 mm.

En cuanto a la planicidad. Chile presenta un valor menos riguroso el cual se basa en el tráfico diario, presentando una tolerancia ≤ 8 mm para tráfico pesado o ≤ 10 mm para el resto de tráfico. Sudáfrica con tolerancia de 6 mm; Estados Unidos lo realiza de forma general con una tolerancia de 5 mm, y por último Tailandia, con una tolerancia de planicidad de máximo 3.5 mm

4. Especificaciones de Subrasante Estabilizada

La subrasante tiene un papel muy importante en los pavimentos, ya que es el soporte de todas las capas, debido a esto si la subrasante no cumple con las especificaciones técnicas denotadas en el capítulo anterior, deberá ser estabilizada; los tipos de estabilización de la subrasante más comunes son aquellos en que se involucran la mezcla con otro componente como lo puede ser el cemento o la cal.

Aunque en la actualidad se han desarrollado enfoques innovadores, como la estabilización con concreto reciclado y escoria granulada, la estabilización con polímeros orgánicos y la estabilización con polvo de mármol residual, todos ellos comparten la característica de buscar métodos más sostenibles para la estabilización de subrasantes. Sin embargo, es importante destacar que estos métodos aún no han sido incorporados en las especificaciones técnicas de ningún país. (Sosahab, Ardakani, & Hassanlourad, 2023) (Luan, y otros, 2023) (Jassim, Hassan, Mohammed, & Fattah, 2022)

4.1.Subrasante

La subrasante se refiere a la parte nivelada o preparada de una carretera que actúa como soporte para las capas de pavimento, ya sea en pavimentos flexibles o rígidos, la subrasante desempeña un papel crucial (Chu, Thom, Dawson, Qin, & Chen, 2023); por eso, es importante que esta área cumpla con ciertas características estructurales para garantizar que los materiales colocados sobre ella se distribuyan de manera uniforme en términos de espesor, y que su

resistencia sea homogénea en toda la extensión (Gutierrez, 2015). En ciertos casos, esta capa puede consistir simplemente en la superficie natural del terreno, sin embargo, cuando el material disponible en el lugar no tiene una calidad optima, podría ser necesario llevar a cabo un proceso de mejora y estabilización, que podrá ser por medio mecánico, reemplazo de material o estabilización química, para posteriormente, otorgarle el grado de compactación necesario y obtener una subrasante adecuada. (Autroads, 2018). La confiabilidad que la subrasante debe brindar es vital para poder tener un rendimiento excelente bajo las cargas del tráfico (Chu, Dawson, Junjian Zhang, Guo, & Qin, 2023).

Especificaciones técnicas preliminares

Antes de iniciar la construcción se realizan procesos de limpieza, desmonte y también demolición en los sitios donde se realizará la carretera, la Tabla 17 muestra como son las especificaciones en cada país, encontrando que todos tienen por común la obligatoriedad de la limpieza al terreno y que Colombia y Perú tienen las mismas especificaciones en esta área:

Tabla 17

Especificaciones para los procesos preliminares

País	Proceso Preliminar	Especificaciones adicionales
Colombia Perú	Antes de iniciar la construcción se realizan procesos de limpieza, desmonte y también demolición en los sitios donde se realizará la carretera, proceso	Colombia y Perú, especifican que si encuentra raíces profundizar min. 60 cm del nivel de subrasante.
Chile		En caso de que haya obras de hormigón son 90cm que hay que profundizar.
España		Raícen con diámetro mayor a 10 cm profundizar 50 cm bajo la rasante

Estados Unidos	también conocido en ciertos casos como desbroce del terreno.	Profundizar hasta donde sea necesario, en caso de retirar estructuras se llega a 90cm bajo subrasante; si hay alcantarillas se sellan y estar 120 cm abajo.
Sudáfrica		Si se encuentran tocones o raíces se eliminan a al menos 1 m de profundidad, para luego desecharlas, excepto por materiales clasificados como peligrosos.
Australia y Nueva Zelanda		-
Tailandia		Al encontrar raíces y demás se debe profundizar mínimo 30 cm

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Federal Highway Administration, 2014); (Gobierno de España, 2002); *(Direccion de Vialidad, 2022)*; *(Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019)*; (Republic of South Africa, 2012); *(Austroads, 2019)*; *(Committee of Transport Officials, 2020)*

En el momento de la construcción de la subrasante hay exigencias y parámetros, a continuación, en la Tabla 18, esta lo que siempre se debe seguir según los distintos países, donde incluso alguno no tiene más que un requisito de manera general:

Tabla 18

Especificaciones y requisitos antes de iniciar

País	Especificaciones	Parámetros adicionales
Colombia	Todas las especificaciones coinciden que en el momento de la construcción de la	-
Perú		-
Chile		-
España		-

Estados Unidos	subrasante esta debe siempre se debe seguir el procedimiento, usar la maquinaria y el equipo que se indicaron en el documento del proyecto que ya haya sido aprobado, además de inspeccionar que todos estos cumplan con sus respectivas certificaciones; otro aspecto es que el traslado de material debe ser en el equipo idóneo, cubierto de ser necesario.	La maquinaria que se utilizará y que debe ser aprobada por un oficial de contrataciones debe incluir el nombre del fabricante, el número de modelo y otra información relevante sobre el rendimiento, capacidad, naturaleza y clasificación de la maquinaria.
Sudáfrica		Materiales y productos deben cumplir con la African National Standard Specification (SANS) y que el equipo debe cumplir los requisitos junto a luces led, señal que diga vehículo de construcción y alarma de marcha atrás
Australia y Nueva Zelanda		-
Tailandia		-

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); *(Austroads, 2019)*; *(Committee of Transport Officials, 2020)*; *(Direccion de Vialidad, 2022)*; (Federal Highway Administration, 2014); *(Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019)*; (Gobierno de España, 2002).

Existen también consideraciones del clima, con los cuales se podrá o no realizar la construcción de la subrasante, la Tabla 19 muestra las especificaciones de los países respecto a la misma:

Tabla 19

Especificaciones y requisitos climáticos

País	Requisitos climáticos	Especificaciones adicionales
Colombia España	No se pueden iniciar procesos para la	Las especificaciones de Colombia y España requieren que la temperatura no puede ser menor a 2°C

Perú	construcción de la subrasante si está lloviendo o si existe sospecha de que llueva	La temperatura ambiente no puede ser menor a 6°C
Estados Unidos		No se podrá realizar si también existe sospecha de que pueda caer nieve.
Australia y Nueva Zelanda		-
Tailandia		-
Sudáfrica Chile	No presentan requisitos para este ámbito	

Nota. Datos tomados de las especificaciones de (Invias, 2022); *(Austroads, 2019)*; *(Committee of Transport Officials, 2020)*; (Gobierno de España, 2002); *(Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013)*; *(Direccion de Vialidad, 2022)*; (Federal Highway Administration, 2014); *(Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019)*

Las especificaciones de Australia y Nueva Zelanda añaden que, subrasantes de arena y arena limosa alcanzan su máxima humedad luego de unos días de que se producen fuertes lluvias y a su vez se saturan fácilmente, en cambio sí son arcilla o arcilla limosa tardan meses en alcanzarla y tardan mucho en cambiar su condición de humedad; por esa razón recalcan la buena escogencia del tipo de suelo con respecto a los factores climáticos.

Otro punto único es el detallado en las especificaciones de Perú ya que muestra que si el proyecto está a más de 1000msnm se debe evaluar el valor de las heladas, en su mayoría los limosos.

Características de la subrasante

Debido a que la subrasante al ser el que soporta todas las capas del pavimento, tiene unas condiciones que debe cumplir y según cada país, será más o menos rigurosa, en la Tabla 20 se mostraran todos los países y sus especificaciones.

Tabla 20

Características que debe tener la subrasante

País	CBR (California Bearing Ratio)	Requerimientos adicionales	Observaciones adicionales
Colombia	Mayor o igual a 5	Suelos Adecuados: MO < 1 %; SS < 0,2 %; Dmáx ≤ 100 mm; PP10 < 80 %; PP200 < 35 %; LL < 40 %; expansión libre en edómetro < 2%; Material no colapsable.	En caso que el LL > 30 % se debe tener un IP > 4 %; no se deben usar suelos tolerables, marginales, expansivos (hinchamiento libre mayor a 3% según ASTM D4546) o colapsables (asentamiento mayor a 1% de una muestra según ASTM D 698-07 y ensayado según ASTM D 5333-03)
Perú	Mayor o igual a 6(últimos 0,6m debajo de la subrasante)	-	No se aceptan suelos blandos, muy compresibles, materia orgánica, pobres o inadecuados.
Chile	Mayor o igual a 3 y en caso de ser compuesta por terraplén o relleno un CBR mayor o igual a 20 y tamaño máximo 100mm	-	No se aceptan suelos con materia orgánica mayor a 3%, ni suelos con porcentaje de expansión mayor a 3%. Esto en caso que estos estén por debajo de 0,90m no se considera, en caso contrario se remueve o se llega a la medida mínima por encima.

España	Mayor o igual a 5	Suelos Adecuados: MO < 1 %; SS < 0,2 %; Dmáx ≤ 100 mm; PP10 < 80 %; PP200 < 35 %; LL < 40 %	En caso que el LL > 30 %, tener un IP > 4 %; no se deben usar suelos colapsables (asentamiento mayor a 1% de muestra según UNE 103500 y ensayada según NLT 254), suelos expansivos (con un hinchamiento mayor a 3% según UNE 103601), suelos con yeso (mayor a 0,2% según NLT 115)
Estados Unidos	Mayor o igual a 5	-	Suelos expansivos o resilientes deben tener un cuidado especial, se puede solucionar cubriéndolo con material seleccionado a un espesor necesario, también tratamiento por medio de compactación con contenido de agua de 1 o 2 % por encima de lo óptimo.
Sudáfrica	No se presenta un dato concreto, pero muestra un valor final de relleno con CBR mayor o igual a 7, además considera un CBR mayor o igual a 15 si es arena natural.	Sales solubles≤ 0,40 en condiciones normales y ≤ 0,20 si son arenas con mal drenaje; si el material tiene conductividad eléctrica de 0,20S/m se debe cubrir a máximo 14 días; hinchamiento < 1%	No deben contener: materiales orgánicos, pasto y arbustos, virutas de madera, cortezas de árboles y raíces, plástico, basura, asbesto libre, cualquier material peligroso (acido, asbesto, cadáveres, baterías, productos químicos, desinfectantes, fertilizantes, combustibles, cilindros de gas, insecticidas y pesticidas, desechos médicos, aceites, pintura, material radiactivo)
Australia y Nueva Zelanda	Mayor o igual a 5%, también recomienda un CBR mayor a 10% para lograr una compactación adecuada de las capas de asfalto.	-	No usar suelos expansivos en la medida de lo posible, si no se puede evitar se debe construir cuando el valor de succión sea de equilibrio, igualmente para el contenido de humedad; Tampoco se recomienda usar suelos con altas cantidades de materia orgánica; también que no tenga mucho material fino; se recomienda no usar suelos susceptibles a las heladas o que tienen un alto potencial de hinchazón o contracción
Tailandia	Mayor o igual a 6 en su primera capa y mayor o igual a 10% la segunda capa	Contenido de humedad optimo ±3%; valor de expansión menor de 3%; 8%< PP200 < 30 %; PP10 < 80 %; LL<40%; IP<20%	No se puede usar materiales inadecuados, suelos blandos, si tiene grumos de arcilla deben retirarse.

Nota. Datos tomados de los siguientes documentos técnicos: (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y Comunicacion, 2014); (Direccion de Vialidad, 2022); (Gobierno de España, 2002); (aashto, 1993); *(Committee of Transport Officials, 2020)*; *(Committee of Transport Officials, 2020)*; *(Austroads, 2019)*; *(Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019)*

Con esto podemos observar que algunas especificaciones son más rigurosas o más detalladas en los criterios que se debe cumplir, todas tienen sus propios ensayos, pero estos a su vez y en su mayoría se basan principalmente en ensayos como la ASTM y la AASHTO, aunque si se puede apreciar que, aunque esas normas son las referenciadas, algunos tienen ensayos un poco más antiguos que otros.

También añadir que, todas las especificaciones tienen el mismo sistema de clasificación de suelos, ya sea la AASHTO o la SUCS, aunque en las especificaciones de Perú se hace una clasificación según el Índice de plasticidad para el tema de plasticidad, también una clasificación según el Índice de grupo, junto a esto es la única que tiene, una tabla de correlación de clasificación AASHTO y SUCS.

Especificaciones para la construcción de la subrasante

Para realizar la construcción de la subrasante primero se debe alcanzar el nivel de la subrasante, luego se realiza la escarificación o disgregación del mismo y una posterior compactación a una profundidad especificada, la Tabla 21 muestra las especificaciones respecto

a cada país y donde se puede observar que Colombia, Estados Unidos, Perú y Australia y Nueva Zelanda en esta parte:

Tabla 21

Especificaciones técnicas para escarificación y compactación de subrasante

País	Escarificación y compactación
Colombia Estados Unidos Australia y Nueva Zelanda Perú	Se debe escarificar a una profundidad mínima de 15 cm, para después compactarla mínimo 15 cm
Chile	Se debe escarificar mínimo 10 cm y luego llegar al nivel que se necesite
España	Se tiene un rango entre 15 y 30 cm de escarificación y su posterior compactación
Sudáfrica	Se debe escarificar 15 cm y compactar hasta llegar a una densidad mínima del 93%
Tailandia	Se debe escarificar 15 cm, mezclando y moliendo el material para luego compactar hasta llegar al nivel que se necesite

Nota. Datos tomados de los siguientes documentos técnicos: (Invias, 2022); (aashto, 2020); (Ministerio de Transporte y Comunicacion, 2014); (Austroads, 2019); (Direccion de Vialidad, 2022); (Gobierno de España, 2002); (Committee of Transport Officials, 2020); (Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019)

Es importante resaltar que todas las especificaciones resaltan la realización de un debido control de tránsito, donde se incluyen desvíos, señalización y obras para manejo del tráfico, las especificaciones de Tailandia dicen que el desvió debe ser capaz de soportar un camión H20-44; todas las especificaciones dicen que en la subrasante no puedan circular vehículos o maquinaria

que pueda dañarla, y solo se podrá circular con una previa autorización o que la subrasante no sea afectada.

Luego de realizarlo se realizan ensayos de verificación de compactación mediante la densidad seca y relaciones agua-peso unitario, a continuación, estos son los ensayos que se realizan de preliminares y luego de terminada:

Tabla 22

Ensayos que se realizan a la subrasante antes y luego de construida

País	Ensayos preliminares	Ensayos para verificaciones periódicas	Criterios de calidad
Colombia	CBR (ASTM D 1883 – 07); Contenido de MO (AASHTO T86-90 o UNE 103204); Contenido de sales solubles (NLT 114/99); Tamaño máximo agregado (ASTM D 422-63); Porcentaje que pasa por N°10 y N°200); Limite liquido (ASTM D 4318-10); Expansión libre en edómetro (ASTM D4546) Y Material no colapsable (ASTM D 5333-03)	Se realizan 1 vez por semana los ensayos de Granulometría, contenido de MO, Limite líquido, Índice de plasticidad, CBR de laboratorio, ensayo de expansión libre en edómetro, densidad seca máxima, contenido de sales solubles; y 1 vez por mes el de índice de colapso	Se debe garantizar un área destinada al laboratorio de calidad y disposición de muestras, libre de obstáculos, señalizado y protegido para conservar, identificar y salvaguardar los especímenes tomados para cada prueba.
Perú	California Bearing Ratio CBR (ASTM D-1883); Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422; Módulo Resiliente (AASHTO T 292); Módulo Resiliente de Materiales (AASHTO T 307); Relación Humedad-densidad Compactada (ASTM D-1557); Límite Líquido y Límite Plástico (ASTM D-4318); Contenido de humedad (ASTM D-2216);	Se realizan ensayos de compactación y además ensayo de Deflectometría sobre la subrasante terminada (cada 25 metros). Se realizan ensayos para comprobar que se cumpla lo requerido, deben hacerse por personal e instalaciones adecuados, métodos de la MTC, AASTO o ASTM	El equipo a usar para ensayos debe tener certificado de calibración, los cuales comprueban la calidad de estos, de por lo máximo 1 mes de expedido, además las áreas para realizar el ensayo son: Área de ejecución, área almacenamiento, área de gabinete, ara de

	Clasificación SUCS (ASTM D-2487), Contenido Sulfatos (ASTM D-516), Contenido Cloruros (ASTM D-512), Contenido Sales Solubles Totales (MTC E 219), Clasificación AASHTO M-145.		laboratorio de supervisión con 24m2,12m2,12m2 y 16m2 respectivamente
Chile	Ensayo CBR (NCh 1852-81 o ATSM D 1883-94, AASTO T 193-93)	Ensayo para determinar relación humedad-densidad (Proctor modificado) según el método de la Norma Nch 1534/II-79, a su vez basado en la ASTM D 1557-70 y AASHTO N° T 180. Y ensayo para determinar densidad relativa en suelos cohesivos según la ASTM D4253-06	-
España	CBR (UNE 103502); Contenido de MO (UNE 103204); Contenido de sales solubles (NLT 114); Tamaño máximo agregado; Porcentaje que pasa por N°10 y N°200; Limite liquido (UNE 103103 y UNE 103104); ensayo para determinar suelos colapsables (UNE 103500), suelos expansivos (UNE 103601) y suelo con yeso (NLT 115)	Se realizan ensayos para comprobar que se cumpla con lo requerido.	Se hace mención de ensayos de referencia como: Ensayo de compactación proctor (Proctor normal según la UNE 103500 y Proctor modificado según la UNE 103501), Ensayo de carga con placa (según la NLT 357), Ensayo de la huella (según la NLT 256)
Estados Unidos	CBR; Densidad (AASHTO T 310 o T 191), también determinar la densidad máxima (AASHTO T99-Método C) -Referencia AASHTO 2020; Modulo de resiliencia (AASHTO T274)	Antes de la colocación de la siguiente capa	Los equipos deben estar patentados con un nombre comercial, marca o número de catálogo, y con esto se considerarán que establecen un estándar de calidad.

Sudáfrica	CBR (ASTM D4833 o SANS 3001-GR40); Análisis granulométrico (SANS 3001-AG1); Análisis del tamaño de partículas de material inferior a 2 mm por método del hidrómetro (SANS 3001 GR3); Densidad seca Máxima (SANS 3001-GR30); Determinación del límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad y contracción lineal (SANS 3001); el índice de plasticidad; Modulo de contracción lineal (contracción lineal por el % pasa por tamiz 0,425mm)	Se realizan ensayos de manera aleatoria para comprobar que todos los parámetros cumplan con lo exigido.	Todos los equipos deben tener una certificación SANS, además que las muestras para los ensayos deben tener aprobación previa.
Australia y Nueva Zelanda	CBR (AS 1289.6.1.3); coeficiente de consolidación; coeficiente de permeabilidad; Limite liquido; contenido de humedad; Índice de plasticidad	Se debe comprobar que cumplan todos los parámetros que se dieron en el diseño.	Uso del cono dinámico de penetración para hallar el CBR (AS 1289.6.1.3-1998 o NZS 4402.6.5.2:1988)
Tailandia	CBR (AASHTO T193); limite liquido (AASHTO T89); índice de plasticidad (AASHTO T90); índice de durabilidad (Calif. 229-C);	Se comprueba su compactación (ทล. -ท. 107 Compaction Test, basada en la AASHTO 99), se realizan pruebas de estanquidad (cada 100 metros por carril según la ทล. -ท. 603); límites de atterberg; hinchazón; nivel de agua.	Se debe inspeccionar que todo el equipo para realizar los ensayos y comprobar su calidad.

Nota. Datos tomados de los siguientes documentos técnicos: (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y Comunicacion, 2014); (Direccion de Vialidad, 2022); (Gobierno de España, 2002); (aashto, 1993); *(Committee of Transport Officials, 2020)*; *(Austroads, 2019)*; *(Austroads, 2018)*; *(Austroads, 2019)*; *(Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019)*

La tabla 23 muestra los estándares para los diferentes países que debe alcanzar la subrasante cuando ya ha sido compactada, con esto se verifica que el proceso de compactación se realizó correctamente, la verificación se hace por medio del ensayo de densidad seca máxima:

Tabla 23

Criterios de compactación

País	Criterios de Compactación	Mínimo de ensayos
Colombia	Suelos de subrasante A-1, A-2-4 y A-3: Grado de compactación mayor o igual al 95%. (Ensayo ASTM D 1557-09) Otros materiales de suelo: Grado de compactación mayor o igual al 100%. (Ensayo ASTM D 698-07)	Los sitios para verificación de compactación se realizan determinando la densidad seca de la capa, escogiendo un sitio al azar. Como mínimo 1 prueba por hectómetro y 5 ensayos por lote (lote es la menor área de 500 m, 3500m2 y el volumen construido en una jornada de trabajo)
Perú	Densidades individuales deben ser mayor o igual al 95% de la máxima densidad del lote	Los sitios para verificación se realizan al azar, con mínimo 6 determinaciones o ensayos, con una frecuencia de cada 250m2
Chile	Se debe compactar para que los últimos 0,3m tenga como mínimo un 95% de Densidad Máxima Compactada Seca u 80% de la densidad relativa	Se ejecutan según lo establecido en los documentos del proyecto. Estos ensayos para determinar relación humedad-densidad (proctor modificado) y según el método de la Norma Nch 1534/II-79, a su vez basado en la ASTM D 1557-70 y AASHTO N° T 180
España	Su densidad seca no sea inferior a la máxima obtenida en el ensayo proctor de referencia. Y grado de saturación entre -2% y 1% del óptimo de dicho ensayo proctor de referencia	Se toman 5 puntos al azar por lote (lote es la menor área de 500 m, 3500m2, lo construido en un día, lo construido con el mismo material)
Estados Unidos	Se debe compactar hasta alcanzar el 100% de la densidad máxima.	Material a usar debe ser ensayado con mínimo 5 muestras por lote(2000m2), se debe mantener evidencia de que el material cumpla con los requisitos de calidad del contrato y una calidad del 95% (FAR 46.105(a)(4))
Sudáfrica	Se debe compactar hasta alcanzar entre un 93% a 95% de densidad máxima, dependiendo del tipo de	Los sitios para realizar los ensayos deben estar certificados por la SANAS y los de pruebas se hacen con normas SANAS, método TMH, especificaciones del Instituto británico,

	tráfico y el cual debe ser dado desde el diseño.	normas del comité europeo de normalización CEN, ASTM, AASHTO, Asociación Sudafricana de Betún, RILEM, La Academia del Asfalto; además que los ensayos se deben realizar de manera aleatoria.
Australia y Nueva Zelanda	Se debe compactar hasta alcanzar entre un 95% y 98% de densidad máxima.	Es importante realizar pruebas de campo y de laboratorio de manera precisa y confiable, además, que se utilicen equipos y procedimientos de prueba calibrados y certificados para garantizar la precisión y confiabilidad de los resultados de las pruebas. Estas pruebas deben realizarse en intervalos y con datos no sesgados.
Tailandia	Se debe compactar hasta alcanzar como mínimo un 95% de su densidad seca (ref vol 1 de libro)	Tanto los sitios como los ensayos deben ser en sitios certificados. Estos ensayos se hacen con 2 muestras aleatoriamente cada km, cada 500 metros o cada día. Todos los ensayos se hacen con los estándares de la AASHTO Guide Specifications for Highway Construction

Nota. Datos tomados de los siguientes documentos técnicos: (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y Comunicacion, 2014); (Direccion de Vialidad, 2022); (Gobierno de España, 2002); *(aashto, 2020)*; *(Committee of Transport Officials, 2020)*; *(Austroads, 2019)*; *(Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019)*

En caso de que no cumpla los parámetros del ensayo se debe volver a escarificar, homogeneizar y compactar, este proceso se repite hasta cumplir los parámetros.

Además de esto, precisar que, todos los trabajos se deben realizar teniendo en cuenta lo que se establece en los estudios ambientales del proyecto para una correcta prevención y descontaminación de ser necesaria, también los planes de manejo de personal, seguridad en el trabajo. Cabe añadir que las especificaciones técnicas de Chile muestran uno a uno los permisos que se deben tener como mínimo, incluyendo algunos como: permiso para arrojar basura,

permiso para descargar agua sometida a sustancias nocivas, permiso para corte de árboles y vida vegetal, permiso para excavaciones arqueológicas, entre otras.

Luego de verificar con ensayos que la subrasante tiene lo necesario, se procede a tener un control de calidad de la subrasante terminada, con respecto a sus variaciones de cota respecto a las establecidas en el proyecto, por ello, en la Tabla 24 están las especificaciones de cada país: (Federal Highway Administration, 2009)

Tabla 24

Calidad de la subrasante terminada

País	Control de calidad de subrasante terminada
Colombia	La subrasante final no debe presentar variaciones de cotas superiores a 30 mm en comparación con las cotas proyectadas.
Perú	Las cotas de la subrasante no pueden variar más de 10 mm con las cotas previstas.
Sudáfrica	Las cotas de la subrasante no pueden tener variaciones mayores a 10 mm y a lo ancho de 80 mm con las proyectadas
España	Las variaciones en las cotas de la subrasante no deben exceder los 15 mm en comparación con las estipuladas.
Chile	La subrasante debe ser uniforme y libre de piedras que tengan más de 10cm
Estados Unidos	La subrasante debe quedar lisa y con variaciones no mayores a 12 mm y debe quedar libre de piedras mayores a 150mm
Australia y Nueva Zelanda	La subrasante debe presentar una superficie lisa y sin partículas de más de 50mm
Tailandia	La subrasante terminada no puede tener cotas con variaciones mayores a 15 mm y sin partículas mayores a 50 mm

Nota. Datos tomados de los siguientes documentos técnicos: (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y Comunicacion, 2014); (Direccion de Vialidad, 2022); (Gobierno de España, 2002); *(aashto, 2020)*; *(Committee of Transport Officials, 2020)*; *(Austroads, 2019)*; *(Department of Highway, Ministry of transports and Communications, 2019)*.

4.2. Subrasante estabilizada por medios mecánicos

Este método de estabilización implica que, cuando la subrasante no alcanza los estándares requeridos, se procede a escarificarla y compactarla hasta alcanzar un espesor específico. La Tabla 33 muestra los valores necesarios de escarificación y compactación para lograr esta estabilización, y este proceso se repite hasta alcanzar el mínimo requerido.

4.3.Subrasante estabilizada mediante reemplazo del material

Este método de estabilización consiste en reemplazar el material con un material que cumpla con las expectativas, otra forma es mediante un reemplazo parcial, en donde se mezclan los 2 tipos de material, original de la subrasante y material traído, con esto la subrasante alcanzara a las especificaciones necesarias.

4.4.Subrasante estabilizada con cemento

Este tipo de estabilización corregirá cualquier deficiencia mecánica, además de otros beneficios, como una reducción de la susceptibilidad a la humedad, mayor resistencia a la compresión y flexión, mayor capacidad de carga, mejor compactación; Para llevar a cabo este proceso, se emplea una íntima mezcla de cemento en polvo o a granel, agua y material de suelo, que puede provenir de material de afirmado o de la capa superficial existente después de ser escarificada. Aunque la opción de aplicar esta mezcla en forma de lechada está disponible, es importante tener en cuenta que ciertas especificaciones, como las de Perú, no la contemplan.

Una vez aplicado el cemento, se procede a mezclarlo con los materiales, compactarlo y realizar el proceso de curado necesario. La dosificación de los componentes, en particular el

cemento, se determina en un rango porcentual según las necesidades específicas del proyecto. Es relevante destacar que esta mezcla se puede preparar tanto en una planta especializada, área de acopio, o incluso directamente en la obra.

Es importante destacar que este tipo de estabilización tiene ciertas especificaciones, recomendaciones y criterios de calidad las cuales se deberán cumplir a cabalidad, desde antes de mezclarla hasta terminada la mezcla y su posterior compactación, acompañado de su respectivo curado, en la Figura 42 o en la tabla 61 del apéndice, muestra las diferentes especificaciones para cada país respecto a estabilización de la subrasante con cemento:

Figura 42

Especificaciones para subrasantes estabilizadas con cemento

Estabilizacion con Cemento						
Pais	Especificaciones	Dosificación	Criterios de calidad	Ensayos	Aspectos Climáticos	Observaciones
Colombia	•MO (Materia Orgánica) < 2% •Proporción de sulfatos (SO4) < 0.9%, en caso contrario, se debera tener una expansión < 5% y resistencia a tracción indirecta > 0.2 MPa	Aplicación en polvo o lechada •Lechada: 65% agua, 35% cemento (preparada 30 minutos antes) •Bolsa: según cantidades del diseño	•Parámetros a reportar: PP4, PP200, LL, LP, la fórmula de trabajo con granulometría y límites de Atterberg, tipo y marca de cemento •Agua con pH mínimo de 5.5 (ASTM D1293) •Contenido de sulfatos SO4 (Kg/m3) < 1 •Cemento conforme al diseño con pruebas de laboratorio y que sea fabricado segun los requisitos dados por la NTC 121, ASTM C150 y ASTM C595 •Almacenamiento adecuado del cemento(maximo 60 dias y en pilas de 12 sacos) •Compactación en máximo 2 horas •Cotas(variacion ≤ 10mm), planicidad (variación ≤ 150mm) y espesor (≥90% del proyectado)	•Ensayos de experimentación antes de iniciar •Ensayos de control durante la ejecución: Reducción de contenido de agua, plasticidad, expansión por CBR, aumento de capacidad de soporte, resistencia a compresión •Verificación de homogeneidad de la mezcla (ASTM D5982)-3 muestras de la mezcla, tolerancia de 0,3% •Ensayos de compactación (GCl (90) ≥ 98.0% o GCl (90) ≥ 95.0%)	•Temperatura ambiente > 5°C a la sombra, que no haya lluvia o indicios de lluvia •Uso de aditivos si la temperatura ambiente > 30°C	•Se da apertura de tránsito después de 7 días de curado •Ensayos a compresión inconfinada si el proyecto lo requiere
Perú	Solo para suelos A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7 y con: •LL (Límite Líquido) > 40% e IP (Índice de Plasticidad) ≥ 18% •MO (Materia Orgánica) < 1% •Sulfatos (SO4) < 0.2% •Abrasión < 50% •Durabilidad SO4 Mg: AF (Ácido Fosfórico) ≤ 15% AG (Ácido Glioxílico) ≤ 18% y Si la altitud es mayor a 3000 msnm, Durabilidad SO4 Ca: AF ≤ 10% AG ≤ 12%	Dependera del tipo de suelo: A-1-a(3-5); A-1-b(5-8%); A-2(5-9%); A-3(7-11%); A-4(7-12%); A-5(8-13%); A-6(9-15%); A-7(10-16%)	•Cementos según ASTM C150, ASTM C595 o ASTM C1157 (si tienen desempeño similar o mejor que NTC121) •No se permite el uso de cemento endurecido, fraguado o vencido •Agua con pH entre 5.5 y 8.0 (NTP 339.073) y un contenido de sulfatos < 3,000 ppm (NTP 339.072) •Humedad óptima con tolerancia ± 1.5% •Compactación en menos de 1 hora a partir del mezclado y terminada entre 2 y 4 horas •Comprobación del grado de compactación mínimo del 95% (AASHTO T180)	•Ensayos de control de calidad de cemento (cada 50 bolsas o por lote) •Ensayo de pH del agua •Ensayo de compactación •Ensayos de resistencia después de 7 días (mínimo 1.8 MPa) •Ensayo de durabilidad con pérdidas máximas entre 7 y 14% según el suelo	La temperatura ambiente no puede ser menor a 6°C y sin presencia de precipitaciones pluviales	•La superficie donde se realizará debe tener una densidad seca del 95% •Después de todo el proceso, se realiza el curado y después de 7 días se permite el paso de tránsito
Chile	-	-	-	-	-	-
España	Clasificación de suelos estabilizados en S-EST1, S-EST2 y S-EST3. •Granulometria del suelos S-EST1 y S-EST2: Tamiz 80mm pasa 100%, tamiz de 2mm > 20%, tamiz de 0,063mm < 50% S-EST3: Tamiz 80mm pasa 100%, tamiz de 2mm > 20%, el tamiz de 0,063mm < 35% •Aspectos adicionales: S-EST1: MO<2% S-EST2 y S-EST3: MO<1%, LL≤40. •Todos los suelos (S-EST1, S-EST2 y S-EST3): SS<0.7% e IP≤15. •La mezcla debera tener los siguientes requisitos: S-EST1:CBR a los 7 dias≥6 S-EST2: CBR a los 7 días ≥12 S-EST3: Resistencia a la compresión (7 días) ≥1.5	Depende el tipo de mezcla que se realizara: •S-EST1 : debe tener un porcentaje en masa de suelo seco ≥ 2% •S-EST2 y S-EST3: % en masa de suelo seco ≥ 3%	•El cemento debe cumplir con todos los requisitos, documentación y etiquetado. •No se emplearán cementos de aluminato de calcio ni mezclas de cemento con adiciones que no hayan sido realizadas en instalaciones de fabricación específicas. •Clase resistente del cemento: 32.5N para comunes, 22.5N o 32.5N para especiales tipo ESP VI1. •Almacenamiento máximo 3 meses para resistencia de 32.5. •Contenido de cromo del cemento ≤ 2ppm. •Principio de fraguado (UNE-EN 196-3) no antes de 100 min o 1h si la temperatura es >30°C. •Se hace un tramo de prueba antes de la estabilización. •Aplicación de cemento (bolsa o líquido) mezclado antes de 1h de aplicado el producto, y no más de 30 minutos para compactar. Tambien si se aplica en lechada esta debe aplicarse con camiones que tengan boquillas de inyeccion. •Durante la ejecución se comprueba espesor, humedad y temperatura. •Las cotas no deben variar más de 20mm, espesor de capa ≥90% del proyectado, sin cambios volumétricos. •El agua debera tener un pH≥5, Sustancia isueltas ≤ 15 gramos por litro, sulfatos SO4 ≤ 1 gramo por litro. •Si la mezcla es S-EST1 debe tener una densidad ≥ 95%, si es S-EST2 ≥ 97% y si es S-EST3 ≥98%	•Previamente: Granulometría por tamizado, Límite líquido e índice de plasticidad, Contenido de materia orgánica, Contenido de sulfatos solubles, Ensayo de colapso, Ensayo de hinchamiento libre (4 muestras y 1 más por cada 5000m3, de exceso sobre 20000m3). •En la ejecución: Toma de 2 muestras de suelo antes de mezclar para comprobar su humedad (por la mañana y por la tarde), 1 ensayo por hectómetro aleatorio para comprobar que todo sea como lo establecido, comprobación de la boquilla de lechada 2 veces al día. •Finalización: Comprobación 2 veces al día del CBR a los 7 días, resistencia a compresión a los 7 días, 1 ensayo de Proctor, colapso e hinchamiento cada 10000 m3 de mezcla; 1 ensayo de densidad por lote (cada 500m3).	No se puede realizar obras si la temperatura ambiente a la sombra es mayor a 35°C o si es inferior a 5°C o cuando se produzcan lluvias.	•Prohibición de circulación de vehículos livianos los primeros 3 días de curado y vehículos pesados los primeros 7 días. •Si el contenido de sulfatos solubles en el suelo a estabilizar (UNE 103201) > 5% en masa, se debe usar cemento resistente a los sulfatos (SR/SRC), con límite de sulfatos SO4: 5 g/L.
Estados Unidos	•Los suelos que se pueden estabilizar segun la Portland cement association son estos: A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7. •Si se tienen materiales arenosos y de grava debe tener entre un 10 a 35% de finos no plasticos, PP4 > 55% y PP10 > 37% •La mezcla debe tener un contenido de humedad, se debe mezclar el material hasta que el 95% de la mezcla pase por tamiz de 37,5mm o 50% por tamiz N°4.	Se realiza según lo diseñado. •La Portland Cement Association establece unos parametros de porcentaje de cemento que se debe aplicar según el tipo de suelo: A-1-a(3-5%); A-1-b(5-8%); A-2(5-9%); A-3(7-11%); A-4(7-12%); A-5(8-13%); A-6(9-15%); A-7(10-16%)	•El cemento debe cumplir con la AASHTO M85 •El diseño de mezclas debe realizarse al menos 30 días de la construccion y se deben tener certificados de produccion y comercial. •El material a usar se debe almacenar en sitios cerrados. •En la construcción de la capa, se debe utilizar un mezclador rotatorio de inyección directa para garantizar una mezcla homogénea. •El cemento se puede aplicar en seco (utilizando un esparcidor dosificado) o en suspensión (aplicado en lechada usando camiones con distribuidores aprobados o mezcladores rotativos). •La compactación de la mezcla debe completarse dentro de las 2 horas posteriores a la finalización de la mezcla. •Después de construir la capa estabilizada, esta debe tener una variabilidad de 30 mm de la línea proyectada. •La mezcla debe soportar 200 libras por pulgada cuadrada (1,4 MPa) a los 7 días de curado.	•Después de terminar la capa, se realiza el ensayo de resistencia a la compresión (ASTM D1633, Método A). •Ensayo de densidad para determinar la compactación (compactar al menos al 95% de la densidad máxima)	•No se puede aplicar cemento si las condiciones climáticas pueden causar una pérdida excesiva de material o si la temperatura en las próximas 48 horas puede caer por debajo de 0°C. •Se debe aplicar el material cuando la temperatura del mismo sea mayor a 5°C.	Se puede permitir el trafico 24 horas luego de compactado, pero con previa aprobacion.
Sudafrica	•El cemento a usar sera el comun, con una resistencia de 32,5 N; no pueden ser cemento para mamposteria o que tenfan bajo contenido de clinker o alto frafuado. •El material a usar no puede tener un valor IP mayor a 10, tamaño de particula maximo de 37,5mm.	Se aplicara según lo que se quiera lograr: •Mezcla humeda: se aplica 5% de cemento en masa •Mezcla rigida: se aplica 3% de cemento en masa	•Los materiales para la estabilización deben cumplir con la clasificación, Índice de Plasticidad (IP) y CBR especificados por el proyecto. •La mezcla se realiza con el material cementoso indicado por el proyecto, que puede variar entre cemento de 32,5 y 52,5. •La calidad del agua debe tener un pH entre 5,0 y 9,7, con una conductividad eléctrica máxima de 170 mS/m, sólidos totales disueltos máximos de 1200 mg/l y sulfato SO4 máximo de 450 mg/l. •El cemento puede aplicarse a mano y esparcido con escoba de goma o a granel. La mezcla se realiza con un mezclador rotatorio o un reciclador. •La mezcla debe completarse y compactarse dentro de las 6 horas posteriores a la aplicación del cemento. Si el material es piedra triturada, la compactación debe comenzar 1 hora después de aplicar el cemento y finalizar en 4 horas. •Antes de la construcción, se realiza una sección de prueba para verificar los requisitos necesarios. •Se comprueba la humedad y se aplica la cantidad de agua adecuada. •La capa no puede variar en su espesor más de 20 mm.	•Se realizan inspecciones de rutina y pruebas para determinar si la calidad del material y la mano de obra cumplen con los requisitos del contrato. •La estabilización se inspecciona cada kilómetro, aceptando variaciones del 5% de lo requerido. •Se verifica que la densidad seca máxima sea mayor que la aparente. •Ensayo de compactación con un valor objetivo similar al de una subrasante normal, que es del 93% al 95% de la densidad seca máxima.	No se podra realizar la estabilizacion si existen vientos de mas de 14km/h, tiempo humedo o frio cuando la temperatura ambiente sea inferior a 3°C, o con temperaturas que esten descendiendo y se situe en 7°C.	Se realiza el curado durante 7 dias
Australia y Nueva Zelanda	•Para el material a usar, se requiere un PP200 > 25%, IP ≤ 10 (si 10 < IP < 20 es material dudoso, si es ≥ 20 no se puede usar), contenido de MO ≤ 1%, sulfatos SO4 ≤ 1,9 g/L y óxido ferroso ≤ 2%. •La mezcla debe tener, después de 28 días, una resistencia a la compresión ilimitada de al menos 1 MPa. •Se observa que si el material tiene entre 10% y 35% de limo y arcilla, es favorable el uso de cemento.	•La cantidad de cemento a usar para el material no debe superar el 12%. •Se detallan rangos de contenido para diferentes tipos de suelos (SW-GC, SW de 2-4%, SC de 4-6%, CL de 6-8%, CH de 8-12%). Otros tipos también pueden estabilizarse, pero con dificultad en la compactación. •Si se utiliza un esparcidor, no se recomienda aplicar menos de 5 kg/m2 para lograr uniformidad.	•Dependiendo de la cantidad de finos en el material, se puede realizar un pretratamiento con cemento antes de la estabilización. •El agua utilizada para la mezcla no debe contener más del 0,05% de materia orgánica o sulfatos. La cantidad de agua a usar será la necesaria para obtener la densidad seca máxima.	•Antes de iniciar, se deben conocer LL, LP, IP, cantidad de materia orgánica, sulfatos y óxido férrico en el suelo o material a estabilizar. •Durante el proceso de construcción, y al finalizar, se realizan ensayos de resistencia a la flexión, contenido de humedad y densidad seca.	La temperatura puede afectar a la mezcla, ya que altas temperaturas producen secado perjudicando la resistencia ultima asi como su fatiga.	Se estableceran los tiempos de curado y apertura de transito según lo especificado en el documento del proyecto
Tailandia	-	-	-	-	-	-

Nota. Datos tomados de los siguientes documentos técnicos: (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Ministerio de Transporte y Comunicacion, 2014); (Gobierno de España, 2002); (Gobierno de España, 2010); (aashto, 2020); (Federal Highway Administration, 2014); *(Committee of Transport Officials, 2020)*; *(Committee of Transport Officials, 2020)*; *(Austroads, 2019)*; *(Austroads, 2019)*; *(Austroads, 2018)*; *(Austroads, 2019)*; (Portland Cement Association, 1992); (Asshto M85, 2017).

Se puede observar que, países como Chile y Tailandia no cuenta con ninguna especificación o parámetro respecto a este tipo de estabilización, ni siquiera son mencionados en sus documentos. tras especificaciones, como las de Colombia, presentan parámetros particulares, tales como la dosificación específica para la aplicación en lechada. Sin embargo, es la única que no incluye pautas para la aplicación en seco. Además, se destaca por sus requisitos singulares en cuanto a planicidad y por ser la más rigurosa en cuanto a la variabilidad de cota.

Uno de los documentos técnicos más destacados es el de Perú, ya que muestra los parámetros de la Portland Cement Association para dosificación de cemento, además, basado en clasificación AASHTO los tipos de suelo adecuados para esta estabilización, junto a ellos es la única que incluye requisitos para alturas de 3000msnm.

En comparación, las especificaciones de España son las más extensas y más específicas; y por otro lado, las especificaciones de Sudáfrica muestran menos parámetros y menos exigencias en algunos puntos, aunque destacan por su rigurosidad respecto a la calidad del agua.

Las especificaciones de Australia y Nueva Zelanda introducen un parámetro único al abordar la cantidad de óxido ferroso permitido. Además, presentan una dosificación basada en suelos clasificados según la SUCS, pero nulos datos para curado y requisitos de temperatura.

En el caso de los documentos técnicos de Estados Unidos, se destacan por presentar los tipos de maquinaria adecuados tanto para aplicar el cemento en seco como en lechada, así como también presentar requisitos de soporte de carga y dosificaciones basándose en la Portland Cement Association, aunque su aspecto más negativo es que, las especificaciones son muy dispersas, ya que se remiten a otros documentos y en algunos casos no se remiten a ninguno.

4.5.Subrasante estabilizada con Cal

Esta forma de estabilización desempeña un papel fundamental al reducir el contenido de agua, la plasticidad y la expansión del suelo, a la vez que mejora el soporte y aumenta la resistencia a la compresión. Este proceso implica el tratamiento, ya sea en planta o in situ, mediante la mezcla homogénea del material de subrasante con cal viva (óxido de calcio) o cal hidratada (hidróxido de calcio), a excepción de las especificaciones de Sudáfrica, que prohíben el uso de cal viva. Antes de la estabilización, se lleva a cabo el desbroce y la disgregación de la subrasante. La cal puede aplicarse en bolsas o a granel, así como en forma de lechada.

Las especificaciones técnicas de Colombia señalan que los suelos CH, CL, MH, SC, SM, GC, SW-SC, SP-SC, SM-SC, GP-GC o GM-GC exhiben un rendimiento superior en la estabilización con cal. Por su parte, las especificaciones técnicas de Australia resaltan la eficacia especialmente beneficiosa de este tipo de estabilización en suelos arcillosos, siendo igualmente adecuada para suelos cohesivos.

Es importante destacar que la estabilización con cal proporciona una ganancia de resistencia menor en que la realizada con cemento.

En la Figura 43 o en la tabla 62 del apéndice, se muestra las diferentes especificaciones para cada país respecto a estabilización de la subrasante con cal:

Figura 43

Especificaciones para subrasantes estabilizadas con cal

Estabilizacion con Cal

Pais	Especificaciones	Dosificación	Criterios de calidad	Ensayos	Aspectos climáticos	Observaciones
Colombia	**Para la subrasante:** •MO (Materia Orgánica) < 2%; se puede estabilizar si esta entre 2 % y 3 %, aunque su viabilidad debe ser demostrada. •PP200≥25%; Se podra estabilizar si 15%≤PP200≤25%, aunque su viabilidad debe ser demostrada. •IP≥12% •Proporción de sulfatos < 0.3%, se podra estabilizar en casos con porcentajes entre 0,3 % – 0,5 % realizando buenas practicas. **Para la cal(Cal hidratada, Cal viva 90 y Cal viva 85:** •Químicos: Oxido total sobre base no volátil(Para Cal viva 90≥90% y Cal viva 85≥85%), Hidróxido de calcio(Cal hidratada≥80%), Dióxido de carbono sobre base no volátil(Cal hidratada y Cal viva 90≤4, Cal 85≤7) •Fisicos: Contenido de agua libre(Cal hidratada≤2%), reactividad(Cal viva 90 y 85 ≥40°C en 6 min), Tamaño de particulas(Cal hidratada:PP70≤2% y PP170≤7%, Cal viva 90 y 85: PP70≤5% y PP170≤15%)	Aplicación en polvo o lechada •Lechada: 65% agua, 35% cal hidratada (preparada 30 minutos antes) •Bolsa o granel: según cantidades del diseño	•Realizar una fase experimental y ajustar la fórmula de trabajo si es necesario. •Parámetros a reportar: PP4, PP10, PP40, LL •Agua con pH mínimo de 5.5 •Contenido de sulfatos SO4 (Kg/m3) < 1 •Durante la aplicacion se debe controlar la variación del contenido de agua durante la aplicación de cal (± 1%). •Es necesario dejar un tiempo de maduracion de 12 a 48h antes de compactar, puede ser menor tiempo pero deben ser aprobados y mayores a 3h •Si la mezcla puede ser almacenada debe estarlo 7d antes de la colocacion y compactacion. •Comprobar que la cal cumpla con sus parámetros si está vencida o almacenada 2 meses en condiciones normales. •Se debe producir un solape transversal entre 15 y 25 cm que evite zonas estabilizadas inadecuadamente. •El porcentaje de cal no puede variar ±0,4 % de la optima, la Resistencia a compresión ≥ 92% de la de diseño, controlar las cotas(variacion ≤ 10mm), planicidad (variación ≤ 150mm) y espesor (≥90% del proyectado)	•Preliminares: Ensayos de experimentación antes de iniciar (CBR e índice de expansión) •Periodicos: Granulometria, LL, IP, Contenido de MO, proporción de sulfatos, calidad del agua, porcentaje de cal. •Finalización: Resistencia a la compresión, ensayo para control de compactación((GCI (90) ≥ 98.0% o GCI (90) ≥ 95.0%)).	•Temperatura ambiente > 5°C a la sombra, sin lluvia o indicios de lluvia.	Apertura de tránsito después de 7 días de curado; si es menor, se puede circular a un máximo de 30 km/h.
Perú	Aplicabe solo para suelos A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7 y con las siguientes condiciones: •LL<40% •10% ≤ IP ≤50% •MO (Materia Orgánica) < 3% •Sulfatos (SO4) < 0.2% •Abrasión < 50% Si los materiales a estabilizar se encuentran a una altitud ≥3.000 m.s.n.m, los agregados no pueden tener perdidas mayores a 18% y materiales finos superiores a 15%	•Suelos altamente arcillosos: 1-3% de cal en peso. •Dosificación general: 2-8%.	•Realizar un tramo de prueba para verificar que cumplan las especificaciones. •Sea cal viva o hidratada debe satisfacer los requisitos de AASHTO M-216 ó ASTM C-977 •Agua con pH entre 5.5 y 8.0 y contenido de sulfatos < 3,000 ppm. •Para la realizacion de la mezcla se aplica agua por medio de una barra de riego del camion cisterna. •Humedad óptima con tolerancia ± 1.5% Homogenización previa a la compactación: mínimo 60% del suelo pasa por la malla N°4, sino se debe dar un curado antes de compactar •Compactación en menos de 1 hora a partir del mezclado y terminada entre 2 y 4 horas •Grado de compactación mínimo del 100% de la máxima densidad seca. •Se debe curar, manteniendo una superficie humeda por 72h luego de compactada.	Ensayos •Periodicos: Granulometria, IP, relacion densidad-humedad, CBR, Compactacion, Abrasion, MO, durabilidad(si es a mas de 3.000 msnm), ensayos de control de calidad de la cal(por lote o cada 50 bolsas), control de calidad del agua	Temperatura ambiente no menor a 6°C y sin precipitaciones pluviales.	•Se puede curar mediante riego asfáltico si lo indica el proyecto. •Apertura al tránsito después del proceso de curado, primero por periodos cortos para comprobar el comportamiento.
Chile	-	-	-	-	-	-
España	Clasifica los suelos estabilizados en S-EST1, S-EST2, deben cumplir los siguientes requisitos: •Granulometria: PPTamiz de 80mm debe ser del 100% y PP230(0,063mm) ≥ 15. •Composicion quimica del suelo: S-EST1: MO<2% y para S-EST2: MO<1%, en cualquier caso se debe tener un contenido de sulfatos solubles SO4< 0,7%. •Aspectos adicionales: S-EST1: IP ≥ 12. S-EST2: 12 ≤ IP ≤ 40. •La mezcla debera tener los siguientes requisitos: S-EST1:CBR a los 7 dias≥6 S-EST2: CBR a los 7 días ≥12 **Para la Cal(Cal hidratada y Cal viva)** •Para ambas: Contenido en CaO + MgO ≥ 90%, en MgO ≤ 5%(se admite 7% si cumple estabilidad de volumen), en CO2≤ 4%, en SO3≤ 2%, Contenido cal util ≥ 80%. •Cal hidratada: Estabilidad de volumen ≤ 2mm, PP80 ≤ 2%, PP170 ≤ 7%, Contenido de agua libre < 2% •Cal viva: se debe cumplir con el ensayo de estabilidad de volumen luego de mezclarla con agua, reactividad para alcanzar los 60°C ≤ 15min, PP80 ≤ 5%, PP170 ≤ 15%	Depende el tipo de mezcla que se realizara: •S-EST1: debe tener un porcentaje en masa de suelo seco ≥ 2% •S-EST2: % en masa de suelo seco ≥ 3%	•Se hace un tramo de prueba antes de la estabilización. •La cal debe ser homogenea y estar etiquetada y con marcado CE(UNE-EN 459-1) •El agua debera tener un pH ≥ 5, Sustancia isueltas ≤ 15 gramos por litro, sulfatos SO4 ≤1 gramo por litro. •La cal se debe transportar en cisternas presurizadas y con medios neumaticos para rapido descargue. •Si la cal se almacena mas de 2 meses se debe hacer un ensayo para comprobar que aun cumpla los requisitos. •Si se tiene un suelo con IP mayor se podra hacer un tratamiento previo de mejora con cal y dotacion minima de 1% en masa del suelo seco. •Aplicación de la cal y mezclado antes de 1h de aplicado el producto; y usar equipo para una mezcla homogenea. •Si se aplica en lechada esta debe aplicarse con camiones que tengan boquillas de inyeccion. •En la construccion se debe producir un solape transversal entre 15 y 25 cm que evite zonas estabilizadas inadecuadamente. •Se deben usar compactadores autopropulsados. •Si la mezcla es S-EST1 debe tener una densidad ≥95%, si es S-EST2 ≥ 97%. •Las cotas no deben variar más de 20mm, espesor de capa ≥90% del proyectado, sin cambios volumétricos.	•Previamente: Granulometria por tamizado, Límite líquido e índice de plasticidad, Contenido de materia orgánica, Contenido de sulfatos solubles, Ensayo de colapso, Ensayo de hinchamiento libre. •En la ejecución: comprobar humedad, 1 ensayo por hectómetro aleatorio para comprobar que todo sea como lo establecido, comprobación de la boquilla de lechada 2 veces al día, tambien se comprueba espesor, humedad y temperatura. •Finalización: Comprobación 2 veces al día del CBR a los 7 días, resistencia a compresión a los 7 días, 1 ensayo de Proctor, colapso e hinchamiento cada 10000 m3 de mezcla; 1 ensayo de densidad por lote (cada 500m3).	No se puede realizar obras si la temperatura ambiente a la sombra es mayor a 35°C o si es inferior a 5°C o cuando se produzcan lluvias.	•Prohibición de circulación de vehículos livianos los primeros 3 días de curado y vehículos pesados los primeros 7 días.
Estados Unidos	•Segun la colaboracion entre American Association of State highway and Transportation Officials (AASHTO), Federal Highway Administration (FHWA), y se llevo a cabo por la National cooperative Highway Research Program (NCHRP) y administrado por la Transportation Research Board (TRB) de la National Academies; se podran estabilizar con cal los siguientes suelo: A-4, A-5, A-6, A-7 y algunos de A-2-6 y A-2-7; ademas de un IP ≥ 10 •Segun la U.S Army seran los suelos: SW-SM o SP-SM o SW-SC o SP-SC (IP ≤ 12); SM o SC o SM-SC (IP ≥ 12); GW-GM o GP-GM o GW-GC o GP-GC(IP ≥ 12); GM o GC o GM-GC (IP ≥ 12) y CH o CL o MH o ML o OH o OL o ML-CL (IP ≥ 12) •Otro dato es que se debe tener en la mezcla final, a excepcion de particulas duras, llegar a que el 95% de la mezcla pase por tamiz de 37,5mm o 50% por tamiz N°4. Ademas, la cal para la mezcla debe tener las propiedades determinadas en la AASHTO M216, que seran: •Cal hidratada: PP40 ≤ 3% y PP200 ≤ 25% •Cal viva: Las particulas deben pasar por el tamiz de 24.5 mm, alcanzar un aumento de temperatura de 30°C en 20 min. •Y segun la ASTM C977	Se realiza según lo diseñado y esta dosificacion debe haber sido determinada con la ASTM D6276 donde se muestra el proceso paso a paso para la aproximacion de suelo-cal para la estabilizacion. Según la National Lime Association la lechada se usa en proporciones de 65% agua y 35% cal.	•El diseño de mezclas debe realizarse al menos 30 días de la construccion. •Se deben tener certificados de produccion y comercial, y que la cal haya sido ensayada con la ASTM C25 y clasificada segun la ASTM C51. •El material a usar se debe almacenar en sitios cerrados. •En la construcción de la capa, se debe utilizar un mezclador rotatorio de inyección directa para garantizar una mezcla homogénea. •Se debe suavizar la mezcla durante 1 a 4 dias con un contenido de humedad del material de subrasante entre 2 y 3% encima del optimo, luego se hace la mezcla final y llegue a los PP requeridos. •La cal se puede aplicar en seco (utilizando un esparcidor dosificado) o en suspensión (aplicado en lechada usando camiones con distribuidores aprobados o mezcladores rotativos). •La compactación de la mezcla debe completarse hasta llegar al 95% de la densidad seca maxima. •Después de construir la capa estabilizada, esta debe tener una variabilidad de 30 mm de la línea proyectada, y se deben retirar materiales con mas de 19mm. •La mezcla debe soportar 200 libras por pulgada cuadrada (1,4 MPa) a los 7 días de curado.	•Ensayo ASTM C 110 para deteminar que no tenga mas de 10% de residuos. •Después de terminar la capa, se realiza el ensayo de resistencia a la compresión de 0,70MPa (ASTM D5102, Método B). •Ensayo de densidad para determinar la compactación (mayor al 95% de la densidad máxima)	•No se puede aplicar cal si las condiciones climáticas pueden causar una pérdida excesiva de material o si la temperatura en las próximas 48 horas puede caer por debajo de 0°C. •Se debe aplicar el material cuando la temperatura del mismo sea mayor a 5°C.	•Según la National Lime Association si el curado se hace con emulsion bituminosa se aplica de 0,12 a 0,30 galones por metro cuadrado •Se puede permitir el trafico 24 horas luego de compactado, pero con previa aprobacion.
Sudafrica		Se realiza según lo diseñado y dado en el proyecto, el cual se realiza haciendo pruebas del pH según la SANS 5833, con muestras de diferentes cantidades de cal (1%, 1.5%, 2% y 2.5%), se tomara la dosificacion que haga que el pH no varie mas de 0,1%	• La cal se podra almacenar maximo 6 meses y protegidos de la humedad. •La cal debera tener un certificado de garantia del fabricante, con un certificado que cumpla los requisitos. •La calidad del agua debe tener un pH entre 5,0 y 9,7, con una conductividad eléctrica máxima de 170 mS/m, sólidos totales disueltos máximos de 1200 mg/l y sulfato SO4 máximo de 450 mg/l. •Antes de la construcción, se realiza una sección de prueba para verificar los requisitos necesarios. •La mezcla debe completarse y compactarse dentro de las 10 horas posteriores a la aplicación de la cal. Si el material y debera permanecer inalterada durante 24 horas. •Para el proceso de mezclado se puede usar un mezclador rotatorio, o tambien realizarlo de manera convencional. •Se comprueba la humedad y se aplica la cantidad de agua adecuada. •La capa no puede variar en su espesor más de 20 mm.	•Se realizan inspecciones de rutina y pruebas para determinar si la calidad del material y la mano de obra cumplen con los requisitos del contrato. •La estabilización se inspecciona cada kilómetro, aceptando variaciones del 5% de lo requerido. •Se verifica que la densidad seca máxima sea mayor que la aparente. •Ensayo de compactación con un valor objetivo similar al de una subrasante normal, que es del 93% al 95% de la densidad seca máxima.	No se podra realizar la estabilizacion si existen vientos de mas de 14km/h, tiempo humedo o frio cuando la temperatura ambiente sea inferior a 3°C, o con temperaturas que esten descendiendo y se situe en 7°C.	Se realiza el curado durante 7 días, y no se permitira el trafico durante ese tiempo.
Australia y Nueva Zelanda	•Para el material a usar(material de suelo), se requiere un PP200 > 25%, 10 < PI < 20 y tambien para PI ≥ 20, contenido de MO ≤ 1% - 2%. •La cal viva sera un 30% mas efectiva que la hidratada, segun la situacion se escogera cual usar, diferenciadas en que la cal viva es mas granular y la cal hidratada muy fina o en suspension. •La cal hidratada puede ser en polvo o lechada, si es en lechada esta vendra con un contenido de agua entre 80% a 200% •La cal no tendra una pureza de 100%, en cambio normalmente esta entre 80 a 95% •Si la mezcla incluye terrones, se sugiere que el 80 al 90% de los terrones pase por el tamiz de 26.5 mm.	•Determinación del Contenido de Cal: Método A: Basado en la resistencia a la compresión no confinada, buscando valores entre 1 < UCS ≤ 2 a los 28 días. Método B: Utiliza ensayos CBR, seleccionando el contenido que cumple con los requisitos deseados. •La aplicación de cal hidratada en lechada debe debe limitarse al 3% del total del material. •Añade que, si se aplica menos del 2% de cal: El material sera más resistente y estable a la humedad. Y Más del 2%: Se considerada material ligado, resultando en mayor resistencia y rigidez.	•Se debe almacenar la cal en sitios que no este expuesto a humedad. •Se debe verificar la calidad de la cal, del agua, uniformidad de la mezcla y compactacion. •Para materiales difíciles de descomponer, la mezcla se proceso de curado humedo, que ira desde unas horas hasta 1 dia, para luego volver a mezclar y lograr mejor distribucion. •Tambien se podra agregar la cal en 2 etapas, la primera en un proceso llamado melado y la segunda se realiza entre 4 y 72 horas despues de la primera. •Si el metodo para determinar la cantidad de cal es el Metodo B se agrega 0.5% a 1% mas de lo diseñado. •Se debe compactar y llegar a la densidad seca maxima posible. •La cal viva se puede aplicar con un esparcidor mecanico, aunque con una tasa de aplicacion de 15 kg/m2, para ayudar a apagar la cal viva(aplicando agua) •El agua utilizada para la mezcla no debe contener más del 0,05% de materia orgánica o sulfatos. La cantidad de agua a usar será la necesaria para obtener la densidad seca máxima.	•Antes de iniciar, se deben conocer LL, LP, IP, cantidad de materia orgánica en el suelo o material a estabilizar. •Durante el proceso de construcción, y al finalizar, se realizan ensayos de resistencia a la flexión, contenido de humedad, temperatura (verificar el apagado de la cal viva) y densidad seca.	La temperatura puede afectar a la mezcla, ya que altas temperaturas producen secado perjudicando la resistencia ultima así como su fatiga.	Se estableceran según lo especificado en el documento del proyecto
Tailandia	-	-	-	-	-	-

Nota. Datos tomados de los siguientes documentos técnicos: (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Ministerio de Transporte y Comunicacion, 2014); (Gobierno de España, 2002); (Gobierno de España, 2010); (aashto, 2020); (Federal Highway Administration, 2014); (U.S. Army Corps of Engineers, 1994); (The National Academies, 2009); *(Committee of Transport Officials, 2020)*; *(Committee of Transport Officials, 2020)*; *(Austroads, 2019)*; *(Austroads, 2019)*; *(Austroads, 2018)*; *(Austroads, 2019)*; (Aashto and Astm, 2005)

Se evidencia que, en este tipo de estabilización tanto Tailandia como Chile tampoco tienen especificaciones. En contraste, las especificaciones de Colombia, se destacan por tener un amplio número de requisitos, destacando especificaciones de cal viva de distinta pureza, así como, dosificación para aplicación en forma de lechada y nuevamente la ausencia para aplicación en seco, también con los requisitos de maduración previa compactación, los cuales son los de más corto tiempo.

En el ámbito de las especificaciones técnicas de Perú también muestran unos parámetros muy amplios, incluyendo aspectos como la abrasión del material, la aplicación de agua y selección del equipo usar, aunque en la dosificación no son tan rigurosos como en el caso del cemento, se proporciona una dosificación general.

Por otro lado, las especificaciones de España muestran similitudes con las especificaciones para estabilización con cemento, aunque aquí se presentan solo dos tipos de mezcla y con unos parámetros adaptados a la estabilización con cal. Esto mismo ocurre en las especificaciones de Estados Unidos, con parámetros similares en algunos ámbitos y otros adaptados a la cal, también presentando el mismo problema de información dispersa, requiriendo

consultar documentos de la ASTM, AASHTO y otras asociaciones para obtener datos más completos.

Las especificaciones de Sudáfrica se centran exclusivamente en parámetros para la cal y una dosificación que se debe encontrar basándose en unos ensayos, además, imponiendo requisitos rigurosos para la calidad del agua e involucran el viento como aspecto a tener en cuenta cuando se vaya a estabilizar la subrasante.

En contraste, las especificaciones de Australia y Nueva Zelanda ofrecen un muy amplio listado de especificaciones tanto para el material de subrasante como para la cal, asimismo, presentan dos métodos para determinar dosificaciones más precisas, aunque ofrecen unas dosificaciones estándar tanto para cal aplicada en seco como en lechada.

4.6.Subrasante estabilizada con Geotextiles o Geomallas

La estabilización de la subrasante abarca diversos métodos, y uno de ellos, que no es ampliamente adoptado en todos los países e incluso no se considera en algunos, es la estabilización mediante geosintéticos, en particular, geotextiles y geomallas, utilizando ambas para estabilización en casos específicos. (Ministerio de Transporte y Comunicacion, 2014).

Las funciones de los geosintéticos para la estabilización de la subrasante son: Aumento de la capacidad portante del suelo, aumento de resistencia a tracción y disminución del ahuellamiento generado por la subrasante. (Zornberg, 2019)

Los geotextiles, tradicionalmente empleados principalmente para funciones de filtrado, también se usan para separación y refuerzo de la capa. Los geotextiles se clasifican en geotextil tejido y no tejido, ambos, se usan para proporcionar una estabilidad satisfactoria a la subrasante, la elección entre estos 2 tipos de geotextil se realiza según las características del suelo y las

especificaciones en documentos del proyecto, todo con el objetivo de cumplir con las especificaciones que la subrasante deba tener. (Austroads, 2018).

En contraste, la geomalla si es conocida por brindar una estabilización mecánica a los suelos, aunque este tipo de estabilización no se considera tan frecuentemente como el geotextil, las geomallas se definen como mallas plásticas con aberturas relativamente grandes conectadas por nervaduras y su propósito principal es actuar como refuerzo para distribuir cargas (Koerner, 1998), entre las geomallas más usadas están las extruidas, ya que dan un mejor rendimiento si las comparamos con otros tipos de geomallas. (Cancelli, Montanelli, Rimoldi, & Zhao, 1996).

Como parte del proceso previo a la construcción, se selecciona el método de estabilización que se realizara, ya sea el geotextil y la geomalla, el cual está adaptado a las condiciones del suelo y características que se le vayan a dar, ya que escoger el tipo de geosintetico para que este sea un elemento que modifica el comportamiento del sistema, debe ser compatible con la estructura del terreno para que esta resistencia esté disponible en las deformaciones de diseño. (Austroads, 2018)

Otro aspecto a considerar son las especificaciones mínimas que deban tener los geotextiles y las geomallas antes de utilizarlos en obra, estas juegan un papel crucial para que la estabilización sea la más adecuada.

La figura 44 o en la tabla 63 del apéndice, nos muestra las especificaciones que se deben tener para el uso de geotextiles y geomallas según algunos países.

Figura 44

Especificaciones para geotextiles y geomallas de algunos países

País	Especificaciones	
	Geotextil	Geomalla
Colombia	Para suelos: •Debe tener (1% ≤ CBR <3%) o Resistencia al corte Cu (30KPa - 90KPa) Para Geotextil: •95% en masa de poliolefinas o poliéster •Propiedades Mecánicas (VPMR): -Si es Tejido (Elongación<50%, Resistencia a la tensión Grab ≥ 1400N, Resistencia de la costura a la tensión Grab ≥ 1260N, Resistencia a la penetración ≥ 2750N, Resistencia al rasgado trapezoidal ≥ 500N) -Si no es tejido (Elongación ≥ 50%, Resistencia a la tensión Grab ≥ 900N, Resistencia de la costura a la tensión Grab ≥ 810N, Resistencia a la penetración ≥ 1925N, Resistencia al rasgado trapezoidal ≥ 350N) •Propiedades Hidráulicas (VMPR): Ambos tipos deberán tener una Permitividad ≥ 0.05 s-1, Tamaño de abertura aparente ≤ 0.43mm, Estabilidad ultravioleta después de 500h de exposición ≥ 50%.	Para suelos: •Debe tener (1%≤ CBR<3%) Para Geomalla: •Deber ser biaxial o multiaxial •Propiedades Mecánicas segun las condiciones de la FHWA-NHI-07-092: Se clasifica en Clase 1 (Alta), clase 2 (Moderada-1), clase 3 (Moderada-2). Propiedades de superviviencia -Resistencia ultima a la tension: Clase 1: 18 kN/m, Clase 2 y 3: 12kN/m -Resistencia de las uniones o nodos: Clase 1 y 2: 110 N, Clase 3: 35N -Las siguientes aplican a las 3 clases: Estabilidad ultravioleta: 50% Propiedades de refuerzo: Aplica para las 3 clases, debe tener: -Resistencia última a la tensión segun lo especificado en el proyecto. -Area abiera de 50% - 90% -Tamaño de abertura: 12,5mm-75mm; agregado encima de la geomalla los ≥ D50 y ≤ 2*D85
Perú	Para suelos: •A-5, A-6, A-7-5 y A-7-6 •1%≤ CBR<3%, Resistencia al corte Cu(30KPa-90KPa), MR < 30MPa y R valor < 2 •Nivel freatico alto •Sensibilidad alta S > 8(relacion entre resistencia a compresion no confinada en estado inalterado y remoldeado) Para Geotextil: •Deben ser polimeros sineticos, si son tejidos debe ser fabricado con cintas planas o con cintas fibriladas, si son no tejidos con fibras largas o fibras cortas punzonadas o termo fundidas •Se usaran geotextil clase 1, con las siguientes propiedades: -Para elongacion < 50%: Resistencia Grab ≥ 1400N, Resistencia de la costura ≥ 1260N, Resistencia punzonamiento ≥ 2750N, Resistencia al rasgado ≥ 500N -Para elongacion ≥ 50: Resistencia Grab ≥ 900N, Resistencia de la costura ≥ 810N, Resistencia punzonamiento ≥ 1925N, Resistencia al rasgado ≥ 350N. -Ambos tipos deberán tener una Permitividad ≥ 0.05 s1, Tamaño de abertura aparente ≤ 0.43mm, Estabilidad ultravioleta después de 500h de exposición ≥ 50%.	Para suelos: •A-5, A-6, A-7-5 y A-7-6 •CBR<3%, Cu < 90KPa, MR < 30MPa y R valor < 2 •Nivel freatico alto •Sensibilidad alta S > 8(relacion entre resistencia a compresion no confinada en estado inalterado y remoldeado) Para geomallas: •Las geomallas, segun la ETL 1110-1-189 del cuerpo de ingenieros del ejercito de los Estados Unidos, pueden ser extruidas y estas ser uniaxial y biaxial, deben cumplir que: •Si a su vez se instala un geotextil esta debera ir encima. •Se recomienda que si CBR ≤ 5 se recomienda usar tanto geotextil como geomalla. •La geomalla biaxial a su vez segun Webster debe tener: -Masa por unidad de superficie(oz/yd2) ≥ 9 En direccion de la maquina un tamaño de apertura ≥ 1 pulg, Resistencia al 5% de deformacion ≥700 lb/ft y Maxima resistencia ≥ 1200 lb/ft. En direccion transversal de la maquina un tamaño de apertura ≥ 1,3 pulg, Resistencia al 5% de deformacion ≥ 1200 lb/ft, Maxima resistencia ≥ 2096 lb/ft
Chile	Para Geotextil: •Deben ser de poliester, polipropileno u otros polimeros de origen vegetal que cumplan la funcionalidad, resistencia y estabilidad que deba tener. fibriladas, si son no tejidos con fibras largas o fibras cortas punzonadas o termo fundidas •Se usaran geotextil tejido o no tejido: -Tejido: Elongación < 50%: Resistencia a tracción longitudinal ≥ 1100N, Costurado ≥ 990N, Punzonamiento ≥ 2200N, Corte trapezoidal ≥ 400N. -Para elongacion ≥ 50: Resistencia a tracción longitudinal ≥ 700N, Costurado ≥ 630N, Punzonamiento ≥ 1375N, Corte trapezoidal ≥ 250N. -Ambos tipos deberán tener una Permitividad ≥ 0.05 s1, Abertura de poros ≤ 0.43mm, Estabilidad ultravioleta después de 500h de exposición ≥ 50%.	Para Geomalla: •Deben ser construidas con material polimérico o fibra de vidrio, en base a tendones fuertes y unidos en los cruces, que formen figuras de 3, 4 o 6 lados o cualquier otra teselacion. •Se debe colocar sobre un geotextil. •Debera tener los siguientes requisitos, dependiendo si es polimérico o fibra de vidrio: -Polimerico: Resistencia a tracción ≥ 30kN/m, Elongacion maxima a la malla de 15%. -Fibra de Vidrio: Resistencia a tracción ≥ 50kN/m, Elongacion maxima a la malla de 4%.
Estados Unidos	Para Suelos: •Suelos con 2.0 < CBR ≤ 4.0 se pueden estabilizar con geotextil Para Geotextil: •95% en masa de poliolefinas o poliésteres •Se usaran geotextil clase 1, con las siguientes propiedades de resistencia y durabilidad: -Tejido: Elongacion < 50%: Resistencia de agarre ≥ 1420N, Resistencia de la costura ≥ 1290N, Resistencia punzonamiento ≥ 2760N, Resistencia al rasgado ≥ 490N -No tejido: Elongacion ≥ 50: Resistencia de agarre ≥ 890N, Resistencia de la costura ≥ 800N, Resistencia punzonamiento ≥ 1910N, Resistencia al rasgado ≥ 360N -Ambos tipos deberán tener una Estabilidad ultravioleta ≥ 50% de fuerza retenida despues de 500h de exposicion. •Propiedades hidraulicas, seran en 5 tipos: -Permitividad minima(S-1): Tipo A: 0.7, Tipo B: 0.5, Tipo C: 0.2, Tipo D y E: 0.1 -Tamaño maximo de apertura aparente: Tipo A, B, D: N°40(0,425mm); Tipo C: N°60(0,250mm) y Tipo E: N°70(0,212mm)	Para Suelos: •Suelos con 2.0 < CBR ≤ 4.0 se pueden estabilizar con geomalla Para Geomalla: •La geomalla debe ser fabricada con una red regular de elementos de traccion de polimero longitudinales y transversales, compuesta de fibras o nervaduras con minimo 95% de polipropileno,polietileno o poliester. •Tamaño de apertura: 13mm-75mm •Resistencia a la traccion al 2% de tension: 5,8kN/m •Resistencia a la traccion al 5% de tension: 11,7kN/m •Resistencia ultima a la traccion: 19kN/m •Fuerza de union: 110N •Estabilidad ultravioleta: 50% luego de 500h de exposicion.
	•Segun la U.S Army corps of engineers, si los suelos tienen un CBR ≤ 0.5% se debe usar la combinacion de geotextil y geomalla; igualmente recomienda usar ambos geosinteticos si el suelo tiene valores de 0.5 < CBR ≤ 2.0. •Segun el tipo de polimero, estos requisitos aplican tanto para Geotextil y Geomalla, medidos segun la ASTM D4595 y ASTM D6637: -Polipropileno y polietileno ≥ 50% de resistencia retenida a los 28 días para el Polipropileno y 56 para polietileno. -Poliester: Peso molecular medio Numerico minimo de 25000, Grupo terminal carboxilo maximo de 30. -Todos los polimeros: Estabilidad ultravioleta ≥ 70%, Masa por unidad de area ≥ 8 oz/yd2, porcentaje de materia reciclado por consumo en masa maximo 0%. •Las especificaciones de resistencia se calsifica en 6 tipos y debe de ser: -Fuerza maxima: Tipo 1 : 29,2kN/m, Tipo 2 : 43,8kN/m, Tipo 3 : 58,4kN/m, Tipo 4: 73kN/m, Tipo 5: 87,6kN/m, Tipo 6: 116,8kN/m. -Resistencia nominal a largo plazo: Tipo 1 : 14,6kN/m, Tipo 2 : 21,9kN/m, Tipo 3 : 29,2kN/m, Tipo 4: 36,5kN/m, Tipo 5: 43,8kN/m, Tipo 6: 58,4kN/m.	
Australia y Nueva Zelanda	Para suelos con CBR<3% Para Geotextil debe ser: •Fabricado de los siguientes polimeros: Polipropileno(92%), Poliester(5%), Polietileno(2%), Poliamida(1%), otros polimeros y vidrio(1%); fabricadas con fibras de diferentes tipos: Fibras Monofilamento, multifilamento, de pelicula, fibriladas y discontinuas •Se usaran geotextil clase 1 calsificados segun la tabla AASHTO 2006 y adaptados a los ensayos y estandares australianos: Propiedades mecanicas: -Tejido: Elongacion < 50%: Resistencia de agarre ≥ 700N, Resistencia de la costura ≥ 1260N, Resistencia punzonamiento ≥ 2750N, Resistencia al rasgado ≥ 500N -No tejido: Elongacion ≥ 50: Resistencia de agarre ≥ 450N, Resistencia de la costura ≥ 810N, Resistencia punzonamiento ≥ 1925N, Resistencia al rasgado ≥ 350N	Para Malla: •Podra ser Geomalla soldada, extruida y geomalla de alta resistencia. •La malla debe ser de polipropileno, polietileno, poliamidas, poliestes y acidos polivinilicos.

Nota. Datos tomados de los siguientes documentos técnicos: *(Invias, 2022); (Holtz, Christopher, & Berg, 2008) ; (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); (Army corps of engineering, 2003); (Federal Highway Administration, 2014); (Austroads, 2018)*

En el momento de la construcción de la subrasante estabilizada, se realizará con una subrasante la cual haya sida sometida a procesos de limpieza y desmonte, así como que este en la cota necesaria, junto a esto, que tenga las cualidades necesarias para poder realizar la estabilización.

El proceso para la construcción de la subrasante estabilizada con geosintéticos una vez lista la subrasante, es la instalación de la geomalla o el geotextil, existen casos en que debido a las condiciones del suelo se hace una estabilización por medio de la utilización de ambos tipos de geosintetico, todo para proporcionar una mejor estabilización.

Luego se procede a colocar una capa de cobertura con un espesor ya determinado, para una posterior compactación; la compactación es un aspecto muy importante ya que una mala ejecución de las mismas puede hacer que el geotextil o la geomalla sufran daños, y esto a su vez llevar a procesos de retirar la parte dañada o repararla.

Debido a esto, es importante tener unos distintos criterios de calidad antes, durante y después de terminada la capa de subrasante estabilizada, todo para controlar que estén cumpliéndose todos los requisitos necesarios, en la figura 45 o en la tabla 64 del apéndice, presenta los criterios de calidad que se deben tener tanto para estabilización con geotextil como con geomalla

Figura 45

Criterios de calidad para geotextiles y geomallas de algunos países

Pais	Criterios de calidad	
	Geotextil	Geomalla
Colombia	•La subrasante debe estar preparada adecuadamente. •El geotextil debe tener Valor de confianza de 97,7 % y certificado con la ISO 9001 •El laboratorio para comprobar la calidad del geotextil debe de estar acreditado bajo la ISO/IEC 17025 o GAI-LAP •Los accesorios deben los de la ficha tecnica. •El geotextil debe segun la ASTM D4873 estar identificado con: Nombre de fabricante, numero del producto y de rollo. Almacenado horizontalmente, protegiendose del agua, luz solar, quimicos, llamas y temperaturas superiores a 70°C, piedras u otros. •El geotextil se debe extender sin arrugas o dobleces, tambien traslapado segun la ficha tecnica y como minimo 60cm o costura, aunque si es final de rollo 1m o costura.(si es costura, puntadas simples o doble hilo, y 150 a 200 puntadas por metro) •Las costuras deben ser por medio de hilos de poliéster o polipropileno que contrasten con el geotextil; hilos con fibra sintetica o natural solo si tienen menos de 10% de fibras naturales en masa. •No usar equipo que punzonen el geotextil, tambien los equipos deben ser usados a velocidades menores a 15 km/h •La capa terminada debe tener variaciones de cota inferiores a 15mm •Evaluar rollos de geotextil al azar con un area de 400 a 600m2, tomando una muestra cada metro, descartando las primeras 2 vueltas.	•La subrasante debe estar preparada adecuadamente. •La geomalla debe tener valor de confianza de 97,7 % •Laboratorio para comprobar la calidad del geotextil(ISO/IEC 17025 o GAI-LAP) •Se requiere geotextil de separacion si D85 de agregado sobre la geomalla < 5 * D85 del suelo de subrasante. •La geomalla debe cumplir con lo descrito en la ASTM D4873, igual que el geotextil. • La geomalla se debe alinear, templar manualmente y asegurar a la superficie para mantener la tensión; ademas que los traslapos se deben hacer con uniones plasticas y segun lo dicho por la ficha tecnica, teniendo como minimo que: CBR ≥ 3% : 30 cm, 1 % < CBR < 3 % : 60 cm, 0,5 % < CBR ≤ 1 % : 90 cm; si son tramos finales traslapos de 90 cm. •La capa se debe compactar con el equipo adecuado. •Terminada la capa se permite ciculacion de equipos de llantas a menos de 5 km/h. •Evaluar rollos de geomalla al azar con un area de 400 a 600m2, tomando una muestra cada metro, descartando las primeras 2 vueltas.
Perú	•Se debe tener preparada la subrasante adecuadamente antes de iniciar la colocacion del geotextil. •Se debe remover de la subrasante materiales mayores a 2" y otros que pudieran dañar el geotextil. •El geotextil debe tener nombre del fabricante, nombre del producto, composición química de los filamentos o cintas y otra información pertinente, ademas de un certificado del fabricante que muestre el cumplimiento de los requisitos, no pueden ser valores de catalogo. •El geotextil debe ser almacenado protegiendose de la humedad, luz solar, polvo, pintura y otros que puedan afectarlo. •Se debe realizar ensayos cada 1500 m2 de geotextil para poder ser usado, ensayos ASTM D4354 •Para el control de calidad del geotextil usado se escogen rollos al azar, descartando las primeras 2 vueltas del rollo y tomando una muestra cada metro, otro punto es que la muestra se debe enviar a un laboratorio especializado en medir las propiedades mecánicas e hidráulicas de los geotextiles (No se podra enviar a un laboratorio que corresponda al fabricante) •La superficie luego de la cobertura debe quedar lisa y sin protuberancias mayores a 450mm	-
Chile	•Se debera tener un suelo previamente preparado de la forma que el proyecto lo requiera(emparejada y compactada si es posible) •El geotextil debera cumplir los requisitos minimos. •Se debe colocar el geotextil según lo indicado en los documentos del proyecto. •La instalacion del geotextil debe ser sin arrugas y pliegues. •Los rollos extendidos se deben unir con costurado o traslapado si se autoriza.(Traslapo de 0,75m si CBR≤ 1% y de 0,30m para CBR≥ 3%) •Inspeccionar el geotextil colocado en busca de daños de instalacion. •No descargar el material directamente sobre el geotextil. •Luego de colocada la cobertura no se podra compactar con equipo con mas de 5 ton de peso.	•Se debera tener un suelo previamente preparado de la forma que el proyecto lo requiera(emparejada y compactada si es posible) •La geomalla debera cumplir los requisitos minimos. •Se debe colocar el geotextil según lo indicado en los documentos del proyecto. •La instalacion del geotextil se recomienda de manera transversal. •Los rollos extendidos se deben unir con costurado o traslapado(Traslapo minimo de 30cm) •Inspeccionar el geotextil colocado en busca de daños de instalacion. •No descargar el material directamente sobre el geotextil. •Luego de colocada la cobertura no se podra compactar con equipo con mas de 5 ton de peso.
Estados Unidos	•La subrasante debe estar preparada adecuadamente y una subexcavacion hasta los limites requeridos para la instalacion. •El geotextil debe segun la ASTM D4873 estar identificado con: Nombre de fabricante, numero del producto y de rollo. Almacenado protegiendose del agua, radiacion ultravioleta, quimicos, llamas y temperaturas superiores a 71°C e inferiores a 0°C, cualquier otra condicion que pueda afectarla. •Si se realizan costuras se debe seguir las recomendaciones del fabricante, estas costuras se hacen con hilo de polipropileno o poliester(no usar de nailon), este hilo debe tener proteccion contra radiacion ultravioleta y un color que contraste. •Se toman muestras de la costura de 1,8x1,5m; estas muestras son de cosidad en direccion de la maquina o transversal de la maquina. •Se debe reemplazar o retirar cualquier geotextil dañado(colocando un parche) •Se debe colocar el geotextil totalmente liso, sin arrugas, superponiendo en el sentido de la construccion 600mm en los extremos y lados de las laminas.(no hacerlo longitudinal debajo de las cargas de las ruedas) •Se tiene durante la colocacion de la capa de cobertura surcos mayores a 75mm se debe disminuir el tamaño del equipo de construccion(disminuya el peso o aumente espesor) •Se puede usar para compactacion los rodillos vibratorios hasta que se produzcan fallas,en ese caso se repara el geotextil y no se usa mas el rodillo.	•La subrasante debe estar preparada adecuadamente y una subexcavacion hasta los limites requeridos para la instalacion. •La geomalla debe cumplir con lo descrito en la ASTM D4873, igual que el geotextil. •Se debe reemplazar o retirar cualquier geomalla dañado(colocando un parche) •Se debe colocar la geomalla sobre el geotextil cuando sea necesario. •Se debe colocar la geomalla totalmente totalmente tensa y superponiendo de la misma forma que con geotextil. •Para realizar control de calidad de la geomalla se realizan por medio independientes HITEC, AASHTO, NTPEP. •Si se tiene durante la colocacion de la capa de cobertura surcos mayores a 75mm se debe disminuir el tamaño del equipo de construccion(disminuya el peso o aumente espesor) •Se puede usar para compactacion los rodillos vibratorios hasta que se produzcan fallas,en ese caso se repara la geomalla y no se usa mas el rodillo.
Australia y Nueva Zelanda	•Se debe tener preparada la subrasante adecuadamente antes de iniciar la colocacion del geotextil. •Se tomaran muestras para determinar la calidad del geotextil, revisando las caracteristicas y que cumpla con los parametros necesarios	•Se debe tener preparada la subrasante adecuadamente antes de iniciar la colocacion de la geomalla. •Se tomaran muestras para determinar la calidad del geotextil, revisando las caracteristicas y que cumpla con los parametros necesarios

Nota. Datos tomados de los siguientes documentos técnicos: *(Invias, 2022)*; *(Ministerio de Transporte y Comunicacion, 2014)*; *(Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013)*; *(Astm, 2017)*; *(Federal Highway Administration, 2014)*; *(Austroads, 2018)*.

La capa de cobertura es un aspecto primordial para este tipo de estabilización, ya que esto hará que el desempeño del geosintetico sea el más optimo posible; la cobertura debe ser la necesaria para que cuando se realiza la compactación no se vea perjudicado el geosintetico, por consiguiente, la tabla 25 muestra las coberturas mínimas necesaria que debe tener para la estabilización

Tabla 25

Especificaciones para espesores de algunos países

País	Cobertura	
	Geotextil	Geomalla
Colombia	La capa de cobertura debe ser indicada por los documentos del proyecto; aunque en general: •Para materiales pétreos ≥ 30 mm, cobertura ≥ 20 cm •Para materiales pétreos < 30 mm, cobertura ≥ 15 cm	La capa de cobertura debe ser indicada por los documentos del proyecto; aunque en general: •Para materiales pétreos ≥ 30 mm, cobertura ≥ 20 cm •Para materiales peteros < 30 mm, cobertura ≥ 15 cm
Perú	•Se debe colocar una cobertura mínima de 15 cm a 30 cm	-
Chile	•La cobertura deberá ser mínimo de 30 cm	-
Estados Unidos	•La capa de cobertura debe ser mínimo 30cm sobre el geotextil	•La capa de cobertura debe ser mínimo 30cm sobre la geomalla

Australia y Nueva Zelanda	•Se recomienda colocar una cobertura mínima de 15 cm y en ciertas ocasiones solo por razones de resistencia y porque se indica en documentos del proyecto son 20cm	•Se recomienda colocar una cobertura mínima de 15 cm y en ciertas ocasiones solo por razones de resistencia y porque se indica en documentos del proyecto son 20cm

Nota. Datos tomados de los documentos técnicos: (Invias, 2022); (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013); *(Federal Highway Administration, 2014)*; *(Austroads, 2018).*

Por último, otro elemento que puede generar problemáticas a la hora de instalar la geomalla o el geotextil es el clima, es por ello que, la tabla 26 muestra los factores climáticos que se exigen por algunos países.

Tabla 26

Especificaciones para aspectos climáticos a tener en cuenta

País	Limitaciones Climáticas	
	Geotextil	Geomalla
Colombia	No se puede realizar si se tienen temperaturas menores a 5°C, haya lluvia o indicios de que ocurra.	No se puede realizar si se tienen temperaturas menores a 2°C, haya lluvia o indicios de que ocurra.
Perú	-	-
Chile	-	-
Estados Unidos	-	-
Australia y Nueva Zelanda	-	-

Nota. Datos tomados de los documentos técnicos: *(Invias, 2022)*; *(Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013)*; *(Federal Highway Administration, 2014); (Austroads, 2018).*

De lo anterior, podemos observar que las especificaciones para geotextiles destaca que todas se basan en los estándares de Estados Unidos, aunque con variaciones en algunos aspectos, lo cual lleva a tener unas especificaciones más detalladas que otras; como es el caso de Perú, que es el único que presenta los tipos de suelos que se pueden usar para la estabilización; Los documentos técnicos de Colombia, están basados en estándares externos, pero a su vez los presenta todos en su documento, lo cual genera una facilidad en la recolección de datos; En contraste, las especificaciones de Estados Unidos, que aunque en su mayoría se presentan en los documentos, algunos son externos, proporcionando una dispersión de información, llevando a que incluso en algunos requisitos estos sean diferentes y refiriéndose a la misma especificación; Luego Chile, quien no muestra especificaciones del tipo de suelo, solo mostrando para geotextiles con unos estándares más bajos que los demás; Australia se diferencia al adaptar sus estándares a los estadounidenses, pero con el inconveniente de que sus estándares pueden ser menos exigentes.

Un aspecto destacado es la variación en las especificaciones para estabilización con geomallas. Colombia y Perú, a pesar de enfoques distintos, son los que más proporcionan especificaciones; siguiendo con Estados Unidos que tiene un aspecto único ya que nos presenta requisitos tanto de manera individual como para el uso de manera conjunta con el geotextil, estas especificaciones presentan el mismo problema de dispersión de información; Chile muestra muy pocos estándares, solo presentando algunos requisitos para geomallas; Por último, las especificaciones de Australia quienes menos especificaciones presentan, incluso presentando requisitos que en los otros documentos técnicos de diferentes países son restringidos.

En relación con los criterios de calidad, las especificaciones de Colombia son las más detalladas, basándose en especificaciones de Estados Unidos y abordando aspectos relevantes para ambos tipos de estabilización, como valores de confianza, requisitos de almacenamiento y traslapos; Especificaciones de Perú comparten similitudes con la de Colombia, aunque no presenta ningún requisito respecto a la estabilización con geomalla; Las especificaciones de Estados Unidos presentan algunos requisitos que se diferencian de los de Colombia, teniendo como mayor diferencia los entes para realizar los laboratorios; Luego Chile que presenta algunos criterios pero muy pocos comparados con el resto de países; Por último, las especificaciones de Australia presentan pocos criterios de calidad y a su vez presentados de manera muy general.

En cuento a la capa de cobertura, las especificaciones de Colombia son quienes más delimitan según el tipo de material cuales son los espesores a tener; Especificaciones de Estados Unidos son más exigentes ya que dan un solo parámetro y se debe cumplir a cabalidad; Si nos referimos a las especificaciones de Australia son muy parecidas a las de Colombia solo que un poco menos especificas; Finalizando con las especificaciones de Perú y Chile, que solo presenta un rango de cobertura para geotextiles, mas no para geomallas.

Respecto a las especificaciones relacionadas con el clima, únicamente las especificaciones técnicas de Colombia incluyen estos requisitos.

4.7.Enfoques para estabilización de subrasante únicos de cada país

Existen muchos tipos de estabilización de subrasante, cada país tiene métodos que no son comunes para todos los países, estos se adecuan a sus estándares, condiciones geográficas y climáticas.

Existen casos en que, aunque se mencionen los tipos de estabilización, estos documentos técnicos no dan más profundidad, es el caso de la Australia y Nueva Zelanda con la estabilización con polímeros de polvo seco, ya que solo la menciona, pero no presenta especificaciones técnicas de ningún tipo.

A continuación, la tabla 27 muestra las estabilizaciones que son mencionadas por los distintos países y que son únicas a su vez en ellos.

Tabla 27

Tipos de estabilización únicos de los diferentes países.

País	Tipo de estabilización
Colombia	-
Perú	Estabilizaciones con: •Productos químicos •Sales: Cloruro de sodio, cloruro de calcio, cloruro de magnesio •Emulsión Asfáltica
Chile	Estabilización con Geoceldas
Estados Unidos	Estabilizaciones con: •Cenizas volantes •Estabilización con Cal y cenizas volantes •Estabilización con Cemento y cenizas volantes

Sudáfrica	Estabilización con: •Emulsión bituminosa •Emulsión bituminosa con cemento •Betún espumado con o sin cemento
Australia y Nueva Zelanda	Estabilización con: •Betún y cal •Polímeros de polvo seco •Cemento mezclado (mezclado con cenizas volantes o con Escoria granulada molida de alto horno)

Nota. Datos tomados de los documentos técnicos: *(Invias, 2022)*; *(Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2013)*; *(Direccion de Vialidad, 2022)*; *(Committee of Transport Officials, 2020)*; *(Federal Highway Administration, 2014); (Austroads, 2018).*

Según lo anterior se puede notar la gran cantidad de tipos de estabilización de subrasante que existen en el mundo, pero a su vez también ver los pocos puntos en común que se tienen, por ello, es importante la colaboración entre distintos países para que entre todos se pueda lograr aplicar estos tipos de estabilización.

5. Conclusiones

Se exploró las tendencias actuales en la construcción de pavimentos rígidos y flexibles a través de un análisis bibliométrico, donde se encontró que a partir del 2021 se ha venido dando una evolución en el enfoque que se tenía antes, teniendo ahora una orientación hacia el desarrollo sostenible, reciclaje de pavimentos y estabilización de los mismos. También se hayo la notable constancia de publicaciones y aportes al conocimiento año tras año por parte de países como Estados Unidos, donde, tan solo este año ha publicado 1108 publicaciones, otro país que está presentando un crecimiento notable es Australia que en los últimos años. Otro aspecto es que existen muy pocas colaboraciones de manera general; donde los más rezagados son los países de Latinoamérica y países africanos, con muy pocas o casi nulas colaboraciones.

Se investigó los tipos de estabilización para la subrasante, encontrando que aparte de estabilización mecánica o estabilización mediante reemplazo de material, las más usadas son la estabilización con cemento, estabilización con cal y un poco menos usada esta la estabilización mediante geotextiles o geomallas, a su vez notando que aun ningún país presenta métodos para construcción de manera más sostenible. Que estas estabilizaciones sean las más usadas no quiere decir que todos los países involucrados en el análisis las consideraran, países como Tailandia que no presenta especificaciones para ninguno de los 3 tipos de estabilización, también se encuentra Chile, quien no tiene especificaciones para estabilizaciones con cal y cemento.

En contraste, países como Estados Unidos y Perú destacan en estabilización con cemento; otro país es Colombia, siendo muy notable en todas las especificaciones, aunque más que todo en

estabilización con geomallas y geotextiles, ya que cubría todos los ámbitos necesarios, algo que ninguno hizo.

Se realizo un análisis comparativo de especificaciones técnicas para la construcción de pavimentos, identificando a Colombia como el país que presenta los requisitos para el cumplimiento de los criterios de calidad más rigurosos y detallados de manera general entre todos los países, esto incluye, ensayos de control y su periodicidad, así como mayor cantidad de requisitos que cumplir en las tolerancias para capas terminadas.

También se encontró que, las normas de ensayos que usan la mayoría de países se basan o son traducciones de las normas ASTM y AASHTO, exceptuando España con la normativa europea y Australia y Nueva Zelanda que tienen su propia normativa.

Otro punto importante es la diferencia de cantidad de opciones que algunos países presentan comparados con otros, es el caso de mezclas en caliente, donde Chile presenta 11 tipos de granulometría, que comparados con países de la región son más del doble, Colombia con 5 y Perú con 3. Otro país que se destaca por su gran variedad es Estados Unidos, quien presenta 22 tipos de asfalto que se podrán usar para mezclas en caliente, en contraste con los 17 de Australia y Nueva Zelanda, 7 de Chile, 6 de Colombia y 4 de Perú; Estados Unidos también presenta 20 tipos de emulsiones para mezclas en frío contra los 18 de Chile, 3 de Colombia y 2 de Perú.

A partir de todo esto, se debería estandarizar mucho más los ensayos a usar y su antigüedad; estandarizar los criterios de calidad, incluyendo ensayos de control y su periodicidad, así como tolerancia a permitir; aumentar la variedad de opciones del resto de países con respecto a granulometría, tipos de asfalto y emulsiones, para así poder tener las mismas condiciones en todos los proyectos de construcción de pavimentos. Todo esto se consigue

mediante la colaboración entre países, impulsando el intercambio de conocimientos, mejores prácticas y experiencias para avanzar hacia estándares internacionales más uniformes y beneficiosos para la industria de la construcción de carreteras en todo el mundo.

6. Recomendaciones

Realizar el análisis comparativo donde se involucre más países, permitiendo obtener una comprensión más detallada y representativa de las técnicas y estándares empleados en la construcción de pavimentos, así se podría tener una amplia variedad de enfoques, técnicas y regulaciones utilizadas en diversas partes del mundo, esto ayudaría en el análisis y detección de tendencias globales, identificando las mejores prácticas y fomentando la colaboración entre países.

Igualmente, sería beneficioso intentar incluir países donde se estén empezando a involucrar métodos y especificaciones para construcción de carreteras de manera más sostenible, con ello se abriría la oportunidad de empezar a estandarizar prácticas para carreteras que estarían emergiendo, contribuyendo al avance hacia estándares de colaboración internacional en el ámbito de la sostenibilidad.

Involucrar más partes de la construcción de pavimentos como lo son las obras secundarias y también las obras de mantenimiento de carreteras, ampliaría el rango de análisis que se podría tener, así se tendría una comprensión más completa de la infraestructura vial como un todo, también, se podría evaluar mejores prácticas adicionales, que a su vez mejoraría la calidad y eficiencia de las carreteras desde el diseño hasta su mantenimiento.

Referencias

Aashto . (1993). *AASHTO M33* . AASHTO.

Aashto . (1999). *AASHTO T42-Preformed expansion joint filler for concrete construction.* AASHTO.

Aashto . (2003). *AASHTO M6.* AASHTO.

Aashto . (2011). *AASHTO M157- Ready Mixed Concrete.* AASHTO.

aashto. (1993). *Guide for Design of Pavement Structures.* Whashington: American Association of State Highway and Transpor.

Aashto. (2002). *Aashto m208-Cationic Emulsified Asphalt.* United States: AASHTO y ASTM.

Aashto. (2003). *Aashto m140-Emulsified Asphalt.* United States: AASHTO y ASTM.

Aashto. (2007). *AASHTO M295- Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural.* AASHTO.

Aashto. (2013). *AASHTO M43.* AASHTO.

Aashto. (2017). *AASHTO M182- Burlap Cloth made from jute of kenaf and cotton mats.* AASHTO.

Aashto. (2017). *AASHTO M80-Standard specification for coarse agrgregatefor hydraulic cement.* AASHTO.

Aashto. (2019). *AASHTO M254.* AASHTO.

Aashto. (2020). *AASHTO M85-Portland Cement.* AAHTO.

aashto. (2020). *Guide Specifications for Highway Construction.* California: American Association of State Highway and Transpor.

Aashto and Astm. (2005). *Aashto M 216.* Aashto.

ACI Committee. (2000). *ACI 304R Guide for Measuring, Mixing, Transporting, and Placing Concrete.* ACI Committee.

ACI Committee. (2010). *ACI 212.3R Informe sobre Aditivos Químicos para hormigón.* ACI.

Al-busaltan, S., Al-Nageim, H., Atherton, W., & George, S. (2012). Mechanical Properties of an Upgrading Cold-Mix Asphalt Using Waste Materials. *Journal of Materials in Civil Engineering* , 1484-1491.

American Concrete Pavement Association. (2007). *Subgrades and Subbases for Concrete Pavements.* Old Orchard : ACPA.

Army corps of engineering. (2003). *Use of Geogrids in Pavement construction ETL 1110-1-189.* Washington: Department of the army.

Asshto M85. (2017). *Cemento Portland.* Estados Unidos: Aashto.

Astm . (1972). *ASTM D1851-Concrete joint sealer, Cold-Applications type.* ASTM International.

Astm . (2005). *ASTM C1240 Standard Specification for Silica Fume Used in Cementitious Mixtures.* ASTM Internaitonal.

Astm . (2021). *ASTM D690-Joint and Crack Sealants, Hot Applied, for Concrete and Asphalt Pavements.* ASTM International.

Astm. (1994). *ASTM D1191-Standard Test Methods for Concrete Joint Sealers.* ASTM International.

Astm. (1994). *ASTM D3407-Joint Sealants, Hot-Poured, for Concrete and Asphalt pavements.* ASTM International.

Astm. (1995). *ASTM D3406-Joint Sealant, Hot-Applied, Elastomeric-Type, for Portland Cement Concrete Pavements.* ASTM International.

Astm. (1995). *ASTM D5249-Backer Material for Use with Cold- and Hot-Applied Joint Sealants in Portland-Cement Concrete and Asphalt Joints.* ASTM International.

Astm. (1995). *ASTM D5249-Backer Material for Use with Cold- and Hot-Applied Joint-Sealants in Portland-Cement Concrete and Asphalt Joints* . ASTM International.

Astm. (1995). *ASTM D524-Backer Material for Use with Cold- and Hot-Applied Joint Sealants in Portland-Cement Concrete and Asphalt Joints.* ASTM International.

Astm. (1996). *Standard Specification for Cold Applied, Single Component, Chemically Curing Silicone Joint Sealant for Portland Cement Concrete pavement.* ASTM International.

Astm. (1997). *ASTM D3405-Joint Sealants, Hot-Applied, for Concrete and Asphalt pavements.* ASTM International.

Astm. (1998). *ASTM D2628 Preformed Polychloroprene Elastomeric Joint Seals for Concrete Pavements.* ASTM International.

Astm. (1998). *ASTM D2835-Lubricant for Installation of Preformed Compression Seals in Concrete Pavements.* ASTM International.

Astm. (1999). *ASTM C979 Standard Specifification for Pigments for Integrally Colored Concrete.* ASTM .

Astm. (1999). *ASTM D17551-Preformed Expansion Joint Filler for Concrete Paving and Structural Construction (Nonextruding and Resilient Bituminous Types).* ASTM International.

Astm. (2000). *ASTM D437 Standard Specification for Polyethylene Sheeting for Construction, Industrial, and Agricultural Applications.* ASTM International.

Astm. (2001). *ASTM A820-Steel Fibers for Fiber-Reinforced Concrete.* ASTM International.

Astm. (2001). *ASTM D3575 - Standard Test Methods for Flexible Cellular Materials Made From Olefin Polymers.* ASTM International.

Astm. (2005). *ASTM C203-Breaking Load and Flexural Properties of Block-Type Thermal Insulation.* ASTM International.

Astm. (2005). *ASTM C494/C494M.* ASTM International.

Astm. (2006). *ASTM C1602/1602M-06 Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete.* ASTM.

Astm. (2006). *ASTM C1602/C1602M.* ASTM International.

Astm. (2006). *ASTM C260 Especificación normalizada de aditivos incorporadores de aire para concreto.* ASTM International.

Astm. (2007). *ASTM C171 Standard Specification for Sheet Materials for Curing Concrete.* ASTM International.

Astm. (2007). *ASTM C233- Air-Entraining Admixtures for Concrete.* ASTM International.

Astm. (2007). *ASTM C309 Standard Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete.* ASTM International.

Astm. (2008). *ASTM C33-Concrete Aggregates.* ASTMInternational.

Astm. (2008). *ASTM C595-Blended Hydraulic Cements.* ASTM Intenational.

Astm. (2009). *ASTM A706-Low-Alloy Steel Deformed and Plain Bars for Concrete Reinforcement.* ASTM International.

Astm. (2009). *ASTM C1116/C1116M Standard Specification for Fiber-Reinforced Concrete.* ASTM International.

Astm. (2010). *ASTM D7508-Polyolefin Chopped Strands for Use in Concrete.* ASTM International.

Astm. (2015). *Astm D2940 (Standard Specification forGraded Aggregate Material For Bases or Subbases for Highways or Airports).* Astm International.

Astm. (2016). *Standard Specification for Preformed Expansion Joint Filler for Concrete (Bituminous Type).* ASTM International.

Astm. (2017). *ASTM D2487 Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System).* ASTM.

Astm. (2017). *Standard Guide forIdentification, Storage, and Handling of Geosynthetic Rolls(ASTM D4873).* United States: Astm.

Astm. (2018). *ASTM C989/C989M Standard Specification for Slag Cement for Use in Concrete and Mortars.* ASTM International.

Astm. (2018). *ASTM D1752-Preformed Sponge Rubber, Cork and Recycled PVC Expansion Joint Fillers for Concrete Paving and Structural construction.* ASTM International.

Astm. (2022). *ASTM A615 Standard Specification for Deformed and Plain Carbon-Steel Bars for Concrete Reinforcement.* ASTM International.

Astm. (2022). *ASTM A775-Epoxy-Coated Steel Reinforcing Bars.* ASTM International.

Australian Standard. (1996). *Bituminous emulsions for the construction and maintenance of pavements.* Australia y Nueva Zelanda: Australian Standard.

Australian Standard. (1997). *AS 1672.1 Limes and limestones.* Australia: Australian Standard (AS).

Australian Standards. (1998). *AS 2758.1.* Australian Standards.

Australian Standards. (2000). *AS 1478.1-Admixtures for concrete.* Australian Standards.

Australian Standards. (2007). *AS 1379-Specification and supply concrete.* Australian Standards.

Australian Standards. (2010). *AS 3972-General purpose and blended cements.* Australian Standards.

Australian Standards. (2019). *AS/NZS 4671.* Australian Standards.

Austroads. (2014). *Specification Framework for Polymer Modified Binders.* Australia: Austroads.

Austroads. (2017). *Bituminous Binders.* Sydney: Austroads Ltd.

Austroads. (2018). *Guide to Pavement Technology.* Australia y Nueva Zelanda: Austroads LTD.

Austroads. (2018). *Guide to Pavement Technology Part 4: Pavement Materials.* Sydney: Austroads Ltd.

Austroads. (2018). *Guide to Pavement Technology Part 4A:Granular Base and Subbase Materials.* Sydney: Austroads Ltd.

Austroads. (2018). *Guide to Pavement Technology Part 4G:Geotextiles and Geogrids.* Sydney: Austroads Ltd.

Austroads. (2018). *Guide to Pavement Technology Part 4I-Earthworks Materials.* Sydney: Austroads Ltd.

Austroads. (2019). *Guide to Pavement Technology Part 2: Pavement Structural Design.* Sydney: Austroads Ltd.

Austroads. (2019). *Guide to Pavement Technology Part 4D-Stabilised Materials.* Sydney: Austroads Ltd.

Austroads. (2019). *Guide to Pavement Technology Part 5: Pavement Evaluation and Treatment Design.* Sydney: Austroads Ltd.

Austroads. (2019). *Guide to Pavement Technology Part 8:Pavement Construction.* Sydney: Austroroads Ltd.

Austroads. (2021). *Guide to pavment technology part 4C: Materials for Concrete Road Pavements.* Sydney: Austroads Ltd.

Autroads. (2018). *Part 1: Introduction to Pavement Technology.* Australia y Nueva Zelanda: Autroads Ltd.

Bañoz Blazquez, L., & Bevia Garcia, J. F. (2000). *Manual de Carreteras.* España: Ortiz e Hijos, Construcciones (Alicante).

Cancelli, A., Montanelli, F., Rimoldi, P., & Zhao, A. (1996). *Full scale laboratory testing on geosynthetics reinforced paved roads.* Japan: Balkema, Proceedings of the International.

Chu, X., Dawson, A., Junjian Zhang, N. T., Guo, C., & Qin, L. (2023). Sensitivity analysis of pavement response to subgrade moisture variations. *Journal of Building Engineering*.

Chu, X., Thom, N., Dawson, A., Qin, L., & Chen, H. (2023). Drainage effects on shear behaviour and stiffness of subgrade soils and pavement drainage implications. *Construction and Building Materials*.

Committee of Transport Officials. (2020). *Standard Specifications for Road and Bridge Works for South African Road Authorities Chapter 4: Earthworks and Pavement layers: Materials.* South Africa: The South African National Roads Agency SOC Limited.

Committee of Transport Officials. (2020). *Standard Specifications for Road and Bridge Works for South African Road Authorities. Chapter 1.* Sudrafrica: Draft Standard.

Committee of Transport Officials. (2020). *Standard Specifications for Road and Bridge Works for SouthAfrican Road Authorities Chapter 1: General.* South Africa: The South African National Roads Agency SOC Limited.

Committee of Transport Officials. (2020). *Standard Specifications for Road and Bridge Works for SouthAfrican Road Authorities Chapter 20: Quality Assurance.* South Africa: The South African National Roads Agency SOC Limited.

Committee of Transport Officials. (2020). *Standard Specifications for Road and Bridge Works forSouth African Road Authorities Chapter 5: Earthworks and pavement layers: Construction.* South Africa: The South African National Roads Agency SOC Limited.

Committee of Transport Officials. (2020). *Standard Specifications for Roadand Bridge Works for South African Road Authorities-Chapter 6 Concrete layers.* South Africa: Committee of Transport Officials.

Coronado, J. M., & Ruiz Fernandez, R. (2010). CARRETERAS, TERRITORIO E HISTORIA. *I Congreso Internacional de Carreteras, Cultura y Territorio* .

Deparment of Defense. (2022). *Unified Facilities Guide Specifications - Base Course For Rigid And Subbase Select-Material For Flexible Paving.* Washington: U.S. Army Corps of Engineers; Naval Facilities Engineering Systems Command; Air Force Civil Engineer Center.

Department of defense. (2022). *Unified Facilities Guide Specifications (Aggregate Base Course And Graded Crushed Aggregate Base Course For Flexible Paving)* . Washington: U.S. Army Corps of Engineers (USACE), the Naval Facilities Engineering Systems Command (NAVFAC) and the Air Force Civil Engineer Center (HQ AFCEC).

Department of Highway, Ministry of transports and Communications. (2019). *Specifications for Highway Construction.* Bangkok: Department of Highways, Ministry of transports and Communications.

Department of Highways. (1974). *ทล. - ท. 109-Método experimental para determinar el valor CBR.* Bangkok: Department of Highways.

Department of Highways. (1974). *ทล. -ท. 102-Método experimental para determinar el valor del Límite Líquido (LL.) del suelo.* Bangkok: Department of Highways.

Department of Highways. (1974). *ทล. -ท. 103- Método experimental para la determinación de los valores del Límite Plástico (PL) y del Índice de Plasticidad (PI) del suelo.* Bangkok: Department of Highways.

Department of Highways. (1974). *ทล. -ท. 105-Método experimental para determinar la Resistencia a la Compresión Libre del suelo.* Bangkok: Department of Highways.

Department of Highways. (1974). *ทล. -ท. 108-Método para realizar una prueba de compactación superior a la estándar.* Bangkok: Department of Highways.

Department of Highways. (1974). *ทล. -ท. 603-Método experimental para determinar la firmeza de materiales en campo utilizando arena.* Bangkok: Department of Highways.

Department of Highways. (1974). *ทล.ท. 202-Método para probar el desgaste de Agregado Grueso utilizando una máquina de Abrasión Los Ángeles.* Bangkok: Department of Highways.

Department of highways. (1974). *ทล.-ท.107-2517.* Bangkok: Department of highways.

Department of highways. (1977). *ทล.-ท. 503/2520.* Bangkok: Department of highways.

Department of Highways. (1988). *ทล. -ท. 213-Método experimental para determinar la durabilidad (Solidez) de áridos mediante el uso de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.* Bangkok: Department of Highways.

Deutsches Institut für Normung DIN. (1976). *DIN 1013 part 2.* DIN.

Dinproa, G. P. (1985). La Ingeniería en Colombia Sus ciencias y su historia. 47.

Dirección de Vialidad. (2022). *Especificaciones y métodos de muestreo, ensaye y control.* Santiago: Dirección de Vialidad.

Direccion de Vialidad. (2022). *Manual de Carreteras-Volumen N°5: Especificaciones Tecnicas Generales de Construccion.* Chile: Direccion de Vialidad.

Epps, A., Dunlap, W. A., Gallaway, B. M., & US Department of air Force. (1971). Soil stabilization: A mission oriented approach. *Highway Research Record*, 1-20.

Escario, J. L., Escario, V., & Balaguer, E. (1967). *Caminos (estudio y construccion de la Explanacion).* Madrid: Escuela tecnica superior de ingenieros de caminos, canales y puertos.

European Standard. (2004). *EN 14188-1 Joint fillers and sealants - Part 1: Specifications for hot applied sealants.* European Standard.

European Standard. (2005). *EN 14188-2 Joint fillers and sealants - Part 2: Specifications for cold applied sealants.* European Standard.

European Standard. (2006). *En 14188-3.* European Standard.

European Standard. (2006). *EN 14188-4 Joint fillers and sealants - Part 4: Specifications for primers to be used with joint sealants.* European Standard.

European standard. (2006). *EN 15167-1 Ground granulated blast furnace slag for use in concrete, mortar and grout.* European standard.

European standard. (2007). *EN 450-1 Fly ash for concrete.* European standard.

European Standards. (2001). *UNE-EN 197 Part 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes.* European Standards.

European Standards. (2010). *UNE-EN 934-2 Aditivos para hormigones.* European Standards.

Federal Acquisition Regulation. (1984). *Material and Workmanship.* Estados Unidos: FAR.

Federal Highway Administration. (2009). *Federal Lands Highway: Construction Manual.* Usa: U.S Department of Transportation.

Federal Highway Administration. (2014). *Standard Specifications for Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects.* United States: Federal Highway Projects.

Federal Highway Administration. (2016). *User Guidelines for Waste and Byproduct Materials in Pavement Construction (FHWA-RD-97-148).* Washington: FHWA.

Garcia Saenz, J. M. (2022). *Evolucion del diseño en firmes de carreteras y nuevos materiales en la era de la econimia circular: un cambio de paradigma.* Madrid: Universidad Politecnica de Madrid.

Gobierno de España. (2002). *Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes(PG-3) Parte 3-Explanaciones.* Madrid: Ministerio de Fomento.

Gobierno de España. (2010). *Instruccion de Hormigón Estructural.* Madrid: Centro de Publicaciones secretaría General Técnica Ministerio de Fomento.

Gutierrez, A. S. (2015). *Estudio comparativo de las normas tecnicas para la construccion de pavimentos flexibles en Colombia y Brasil.* Pereira: Universidad libre seccional Pereira.

Holtz, R. D., Christopher, B. R., & Berg, R. R. (2008). *Geosynthetic Design & Construction Guidelines(FHWA-NHI-07-092).* Washington: National Highway Institute Federal Highway Administration U.S. Department of Transportation.

Hormigón estructural EHE. (2008). *Capitulo IV Materiales.* EHE.

Huang, Y. H. (2004). *Pavement analysis and desing.* Kentucky: Pearson Prentice Hall.

Instituto Nacional de Normalización . (1978). *Áridos - Determinación del desgaste de las gravas Método de maquina los angeles.* Chile: INN.

Instituto Nacional de Normalización. (1968). *NCh 148.Of68 Cemento – Terminología, clasificación y especificaciones generales.* Chile: INN.

Instituto Nacional de Normalización. (1977). *NCh 1328of77 Aridos para morteros y hormigones -Determinación de la desintegración - Método de los sulfatos.* Chile: INN.

Instituto Nacional de Normalización. (1978). *NCh1325of78 Aridos-Determinación del equivalente de arena.* Chile: INN.

Instituto Nacional de Normalización. (1979). *NCH 1534/2.Of79.* Santiago: INN.

Instituto Nacional de Normalización. (1981). *NCh 1852.Of81.* Santiago: INN.

Instituto Nacional de Normalización. (1999). *NCh 1517/1.Of79 y NCh 1517/2.Of79.* Santiago: INN.

Instituto Nacional de Normalización. (2010). *NCh 1444.Of2010.* Santiago: INN.

Instituto Nacional de Normalización. (2012). *NCh 1498-2012 Hormigón y mortero - Agua de amasado - Clasificación y Requisitos.* Chile: INN.

Invias. (2022). *Especificaciones generales de construcción de carreteras.* MinTransporte.

Invias. (2022). *Normas de ensayo de materiales para carreteras.* Invias.

Jacobson, H. R. (1940). *A HISTORY OF ROADS FROM ANCIENT TIMES TO THE MOTOR AGE* . Atlanta: Georgia School of Technology .

Jassim, N. W., Hassan, H. A., Mohammed, H. A., & Fattah, M. Y. (2022). Utilization of waste marble powder as sustainable stabilization materials for subgrade layer. *Results in Engineering*, Volume 14.

Koerner, R. M. (1998). *Designing With Geosynthetics.* New Yersery: Prentice Hall.

Lay, M. G. (1992). *Ways of the World: A history of the world's roads and of the vehicles that used them.* New Brunswick, New Yersey: Rutgers University Press.

Liu, Y., Zhang, D., You, L., Luo, H., & Xu, W. (2022). Recycling phosphogypsum in subbase of pavement: Treatment, testing, and application. *Construction and Building Materials*.

Lloydminster. (2021). *Portland Cement Concrete Pavement.* City of Lloydminster: Lloydminster.

Luan, Y., Ma, X., Ma, Y., Liu, X., Jiang, S., & Zhang, J. (2023). Research on strength improvement and stabilization mechanism of organic polymer stabilizer for clay soil of subgrade. *Case Studies in Construction Materials*, Volume 19.

Mainroads. (2023). *Pavements Western Australia.* Western: Mainroads Western Australia.

Mainroads. (2023). *Specification 511 materials for bituminous treatments.* Mainroads.

Mainroads. (2023). *Specification 511-Materials for Bitominous treatments.* Mainroads Western Australia.

Mainroads. (2024). *Specification 504 Dense graded asphalt wearing course.* Mainroads.

McAsphalt. (28 de 1 de 2020). *McAsphalt*. Obtenido de https://mcasphalt.com/processes/hot-mix-asphalt/#:~:text=Hot%20mix%20asphalt%20(HMA)%20consists,the%20term%20“hot%20mix.”

Ministerio de Fomento. (2019). *Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes(PG-3) Parte 5-Firmes.* España: Ministerio de Fomento.

Ministerio de Transporte y Comunicacion. (2014). *Manual de Carreteras Suelos Geologia, Geotecnia y Pavimentos.* Peru: Direccion de Caminos y Ferrocarriles.

Ministerio de Transporte y comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras: especificaciones generales para construccion EG-13.* Lima: Direccion general de caminos y ferrocarriles.

Mohn, T. (31 de diciembre de 2019). *FORBES.* Obtenido de Why The European Union's Roads Are The Safest In The World: https://www.forbes.com/sites/tanyamohn/2020/12/31/why-the-european-unions-roads-are-the-safest-in-the-world/?sh=53f901531378

Mora, M. E. (2006). *Metodología de la investigación: Desarrollo de la inteligencia.* Mexico: Ediciones Paraninfo.

Norma Europea. (2006). *UNE-EN10080 - Acero para el armado del hormigón, soldable para armaduras de hormigon armado.* AEN/CTN 36.

Norma técnia colombiana. (2008). *NTC 1299Concretos Aditivos químicos para concreto.* ASTM International.

Norma Técnica colombiana. (1977). *NTC 1362 Cemento portland blanco.* Icontec.

Norma técnica colombiana. (1982). *Cemento portland-Especifiacciones físicas y mecánicas.* Icontec.

Norma técnica colombiana. (1982). *NTC 321 Cemento portland Especificaciones químicas.* Icontec.

Norma técnica colombiana. (1993). *NTC 3493 Cenizas volantes y puzolanas naturales, calcinadas o crudas utilizadas como aditivos minerales en el concreto de cemento portland.* Icontec.

Norma técnica colombiana. (1995). *NTC 4018 Ingenieria Civil y arquitectura. Escoria de alto horno granulada y molida para uso en concreto y morteros.* Icontec.

Norma técnica Colombiana. (2007). *NTC 5541.* NTC.

Norma Tecnica Colombiana. (2013). *Composicions Químicas de colada para aceros al carbono* . Icontec.

Norma tecnica Colombiana. (2013). *NTC 161 Barras y rollos lisos de acero al carbono.* Icontec.

Norma técnica peruana. (2001). *Agregados.* Lima: INDECOPI.

Norma técnica peruana. (2011). *Cementos portland adicionados.* Lima: INDECOPI.

NZ Transport Agency. (2020). *Specification for dense graded asphaltic concrete.* Nueva Zelanda: NZ Transport Agency.

NZ Transport Agency. (2022). *M01 Specification for Bitumen.* New Zealand: NZA.

Portland Cement Association. (1992). *Soil-Cement Construction Handbook.* Estados Unidos: Portland Cement Association.

Portland Cement Association. (2006). *Guide to Cement-Treated Base.* Georgia: Portland Cement Association.

Portland Cement Association. (9 de 12 de 2022). *American's cement manufactures*. Obtenido de https://www.cement.org/cement-concrete/cement-specific-materials/cement-treated-base-(ctb)

Rengifo, O. A. (2018). *Infraestructura vial y desarrollo económico territorial en Colombia ¿Prosperidad para quien?* Bogotá: Universidad de los Andes.

Republic of South Africa. (2012). *Sans 10228. The identification and classification of dangerous goods for transport by road and rail modes.* Sudafrica: Republic of South Africa.

Sabita. (2009). *Use of reclaimed asphalt in the production of asphalt.* South Africa: Sabita.

Sabita. (2019). *Guidelines for the design, manufacture and construction of bitumen-rubber asphalt wearing courses.* South Africa: Sabita.

Sabita. (2020). *The Use of Modified Bituminous Binders in Road Construction.* South Africa: Sabita.

Sabita. (2021). *Design and Use of Asphalt in Road Pavements.* South Africa: Southern African Bitumen Association (Sabita).

Sabita. (2022). *Bituminous products for road construction and maintenance.* South Africa: Sabita.

Sabita, WSP, SMEC, Construction, H., East, M. a., Consulting, N., . . . RHDHV. (2017). *Technical recommendations for highways TRH 21 Use of reclaimed asphalt in the production of asphalt.* South Africa.

Sosahab, J. S., Ardakani, A., & Hassanlourad, M. (2023). Resilient response and strength of highly expansive clay subgrade stabilized with recycled concrete aggregate and granulated blast furnace slag. *Construction and Building Materials*, Volume 408.

South African National Standard. (2006). *SANS 51008.* South African National Standard.

South African National Standard. (2011). *SANS 50934-2 Admixtures for concrete, mortar and grout.* South African National Standard.

South African National Standard. (2011). *SANS 920- Steel bars for concrete reinforcement.* South African National Standard.

South African National Standard. (2012). *SANS 1024-Welded steel fabric for reinforcement of concrete.* South African National Standard.

South African National Standard. (2012). *SANS 4001-BT1 Penetration grade bitumen.* South Africa: SABS.

South African National Standard. (2012). *SANS 4001-BT2 Cutback bitumen.* South Africa: SANS.

South African National Standard. (2013). *SANS 1083 Aggregates from natural sources-Aggregate sources.* South Africa: South African National Standard.

South African National Standard. (2014). *SANS 4001-BT3 Anionic bitumen road emulsion.* SABS.

South African National Standard. (2014). *SANS 4001-BT3 Anionic bitumen road emulsions.* South Africa: SABS.

South African National Standard. (2014). *SANS 4001-BT4 Cationic bitumen road emulsions.* South Africa: SABS.

South African Standards. (2012). *SANS 50197-1 Cement composition, specifications and conformity.* SABS.

Southern African Bitumen Association. (2020). *Technical Guideline: Bitumen stabilised materials.* South Africa: Sabita.

Sponholtz, S. (2018). *Triple Nine Society*. Obtenido de https://www.triplenine.org/Vidya/OtherArticles/ABriefHistoryofRoadBuilding.aspx

Sripath Technologies. (11 de 5 de 2022). *Sripath Technologies*. Obtenido de https://sripath.com/creating-a-stronger-base-with-emulsion-stabilization/#:~:text=An%20Emulsion%20Treated%20Base%20(ETB,rutting%20in%20the%20base%20layer.

Texas transportation institute. (2009). *Recommended Practice for Stabilization of Subgrade Soils and Base Materials.* Texas: Texas transportation institute.

The National Academies. (2009). *Recommended Practice for Stabilization of Subgrade Soils and Base Materials.* Washington: Transportation Research Board.

Tino Ramos, R. (2007). *Vías, carreteras y otras calzadas: Breve historia de las mismas.* España: Cimbra.

Titi, H. H., Dakwar, M., Sooman, M., & Tabatabai, H. (2018). Long term performance of gravel base course layers in asphalt pavements. *Case Studies in Construction Materials*.

Tordesillas, J. M., & Antín, M. G. (2010). CARRETERAS – PLANEAMIENTO. ALGUNAS CLAVES DE LA EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE UNA RELACIÓN IMPERFECTA. *CIUDADES*.

Transport for NSW. (2020). *Granular pavement base and subbase materials.* NSW.

U.S. Army Corps of Engineers. (1994). *SOIL STABILIZATION FOR PAVEMENTS.* Washington: Department of Army.

Unified Facilities Guide Specifications. (2020). *Portland cement-stabilized base courses.* UFGS.

Unified Facilities Guide Specifications. (2020). *UFGS 32 11 26.19 Bitominous-Stabilized Base and Subbase courses.* UFGS.

Universidad de los Andes. (7 de julio de 2023). Domina la metodología de la investigación: claves para el éxito.

Yaghoubi, E., Yaghoubi, M., Guerrieri, M., & Sudarsanan, N. (2021). Improving expansive clay subgrades using recycled glass: Resilient modulus characteristics and pavement performance. *Construction and Building Materials*.

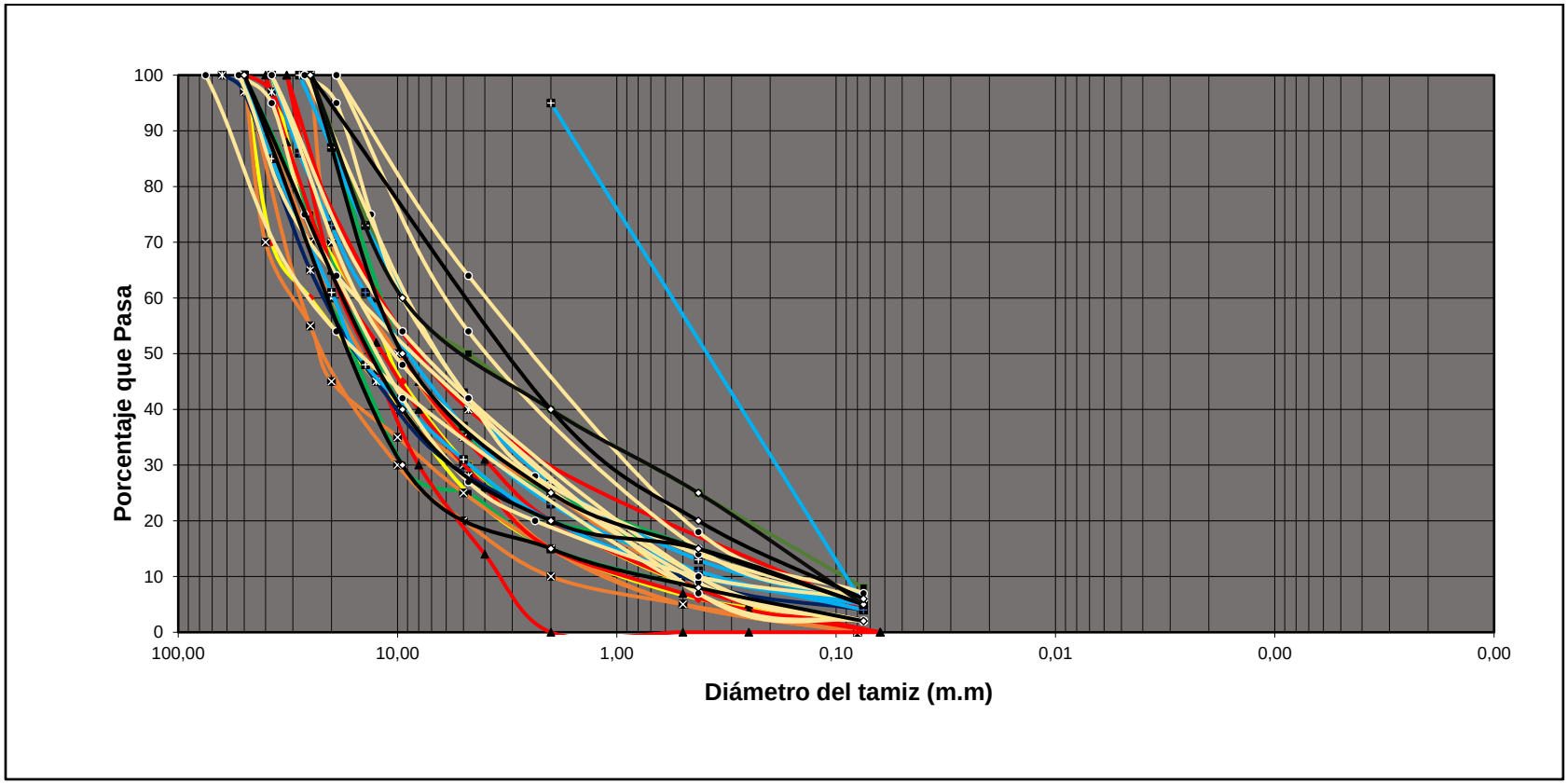
Zhu, S., Ji, X., Zhang, Z., Shao, D., Li, H., & Yun, C. (2022). Evolution characteristics of the surface texture of the wearing course on asphalt pavement based on accelerated pavement polishing. *Construction and Building Materials*.

Zornberg, J. G. (2019). Funciones y aplicacionesde geosintéticosen carreteras. *Geotecnia*, 30-32.

Apéndice

Figura 46

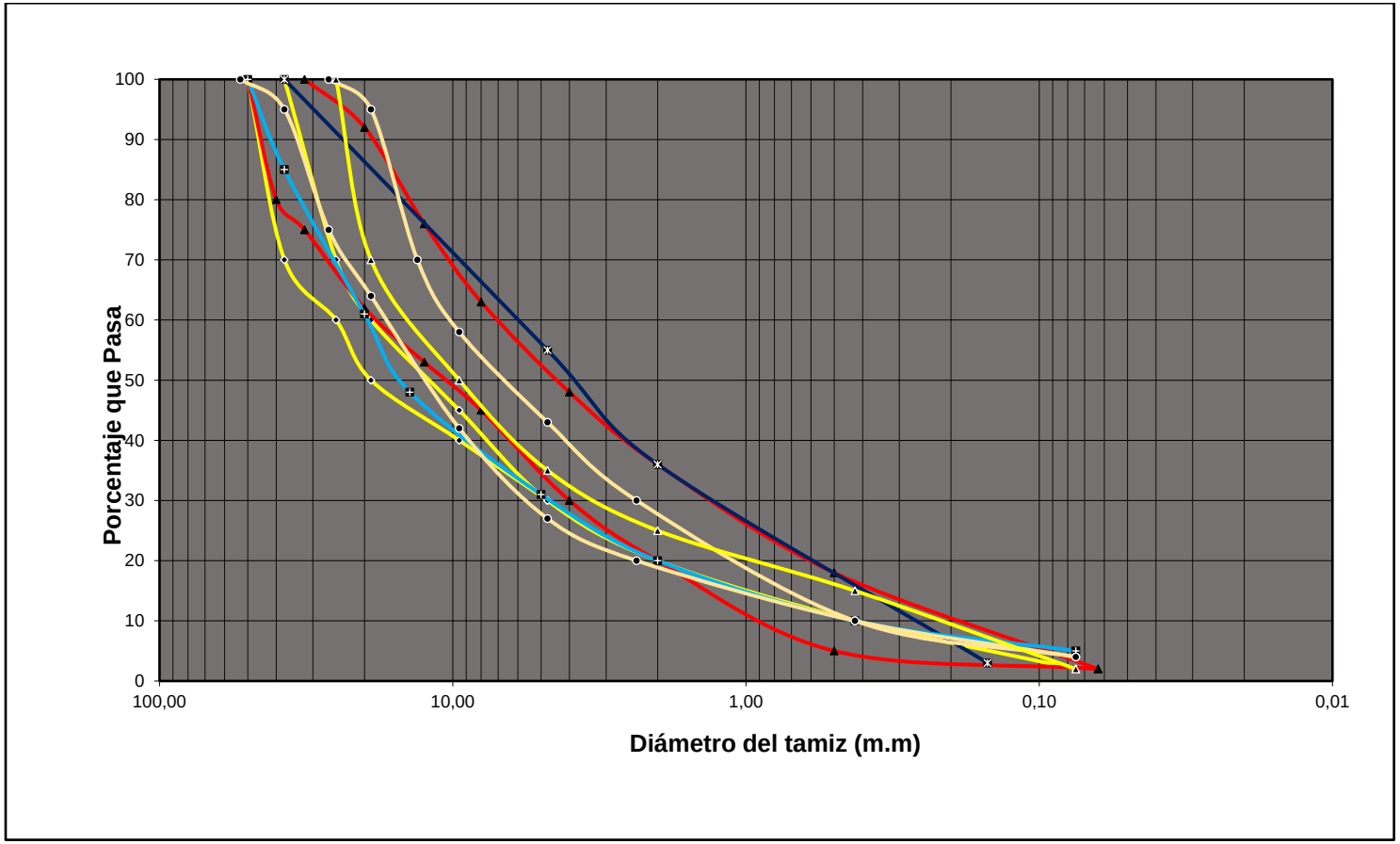
Curva granulométrica para subbase granular



Nota. *Colombia será las curvas de color amarillo, Perú son verde, Chile son Naranja, España son rojo, Estados Unidos son azul oscuro, Sudáfrica son azul cielo, Tailandia son color gris, Australia y Nueva Zelanda son color crema.*

Figura 47

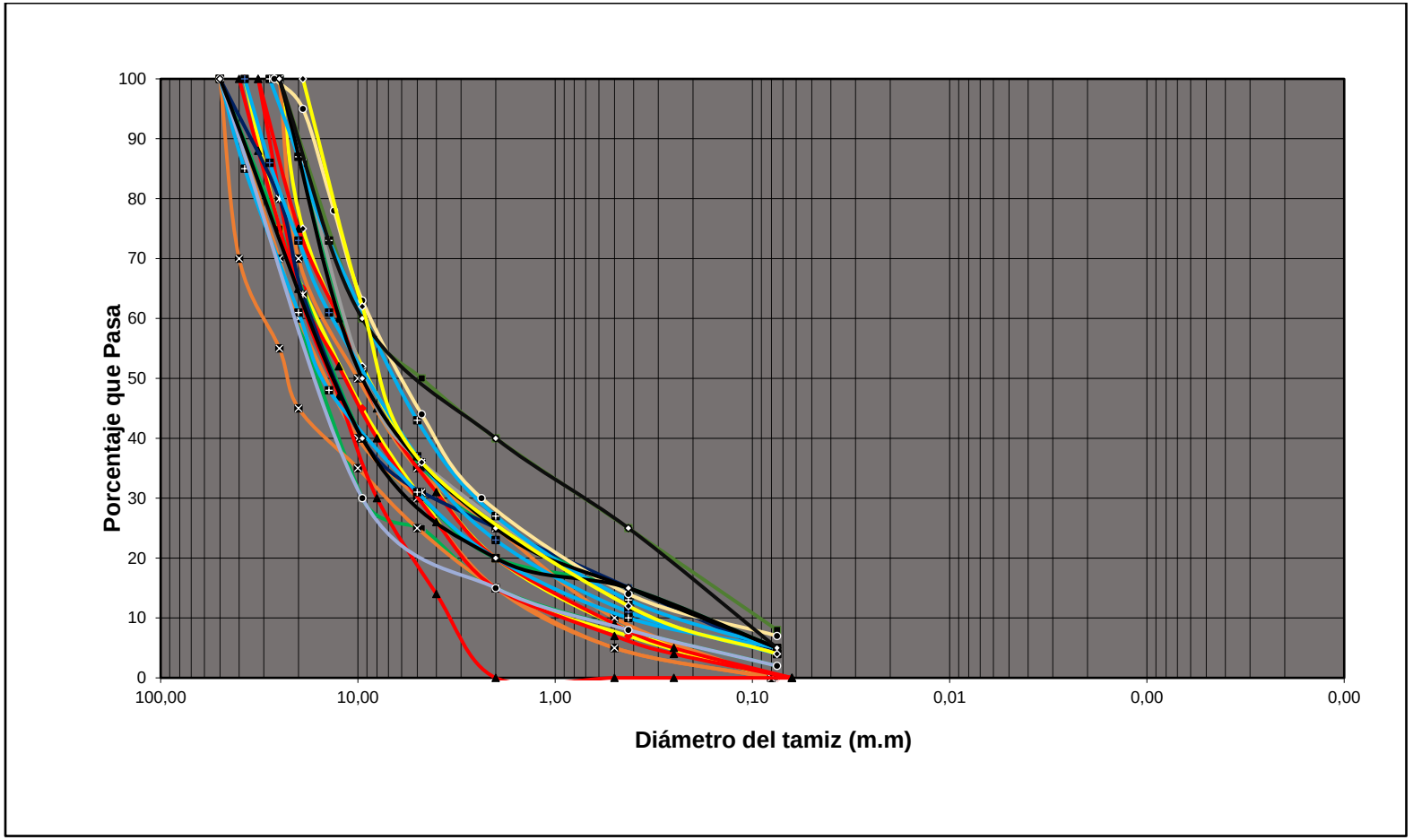
Curva granulométrica para subbase tratada con cemento



Nota. *Colombia será las curvas de color amarillo, España son rojo, Estados Unidos son azul oscuro, Sudáfrica son azul cielo, Australia y Nueva Zelanda son color crema.*

Figura 48

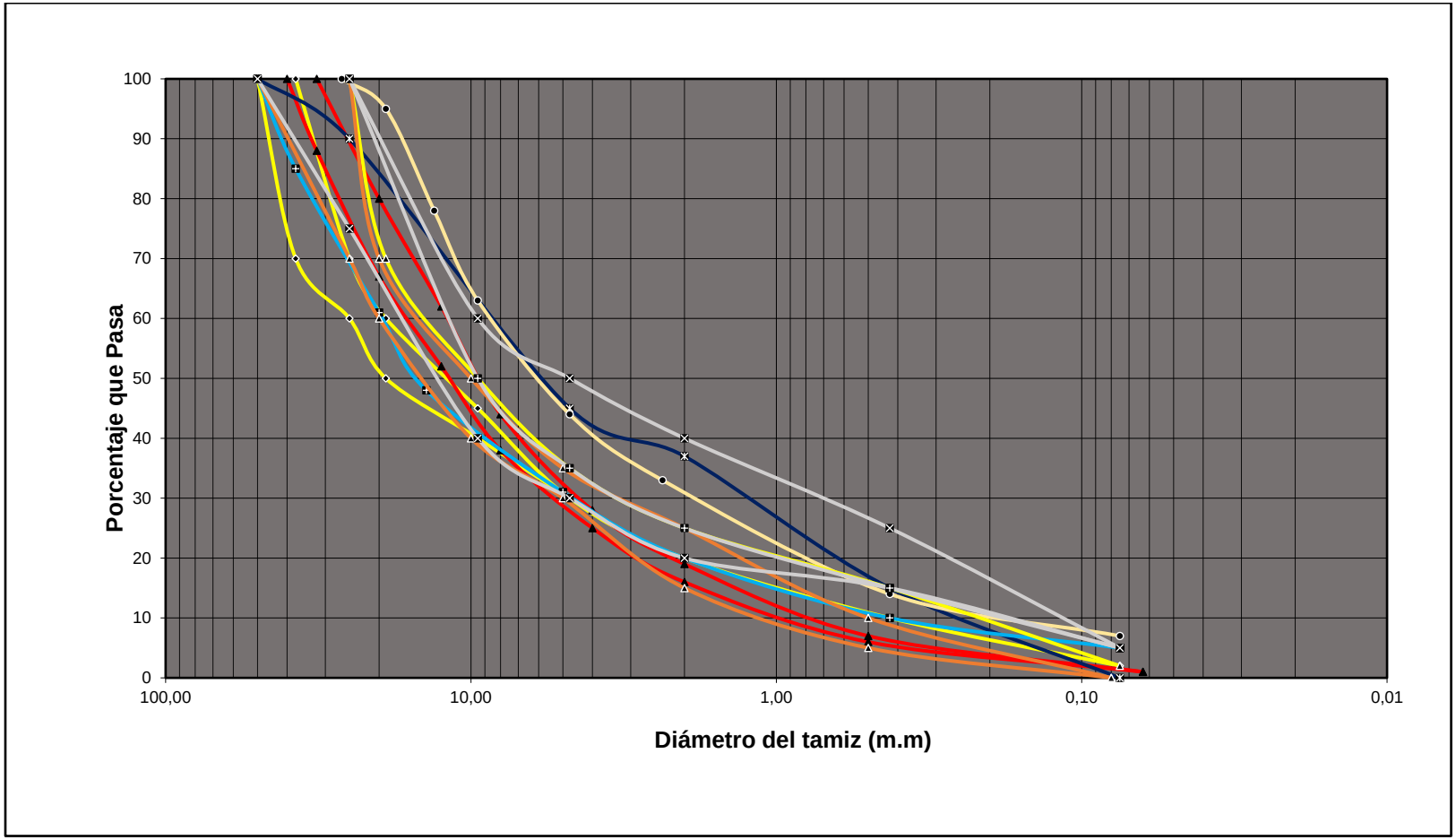
Curva granulométrica para base granular



Nota. *Colombia será las curvas de color amarillo, Perú son verde, Chile son Naranja, España son rojo, Estados Unidos son azul oscuro, Sudáfrica son azul cielo, Tailandia son color gris, Australia y Nueva Zelanda son color crema.*

Figura 49

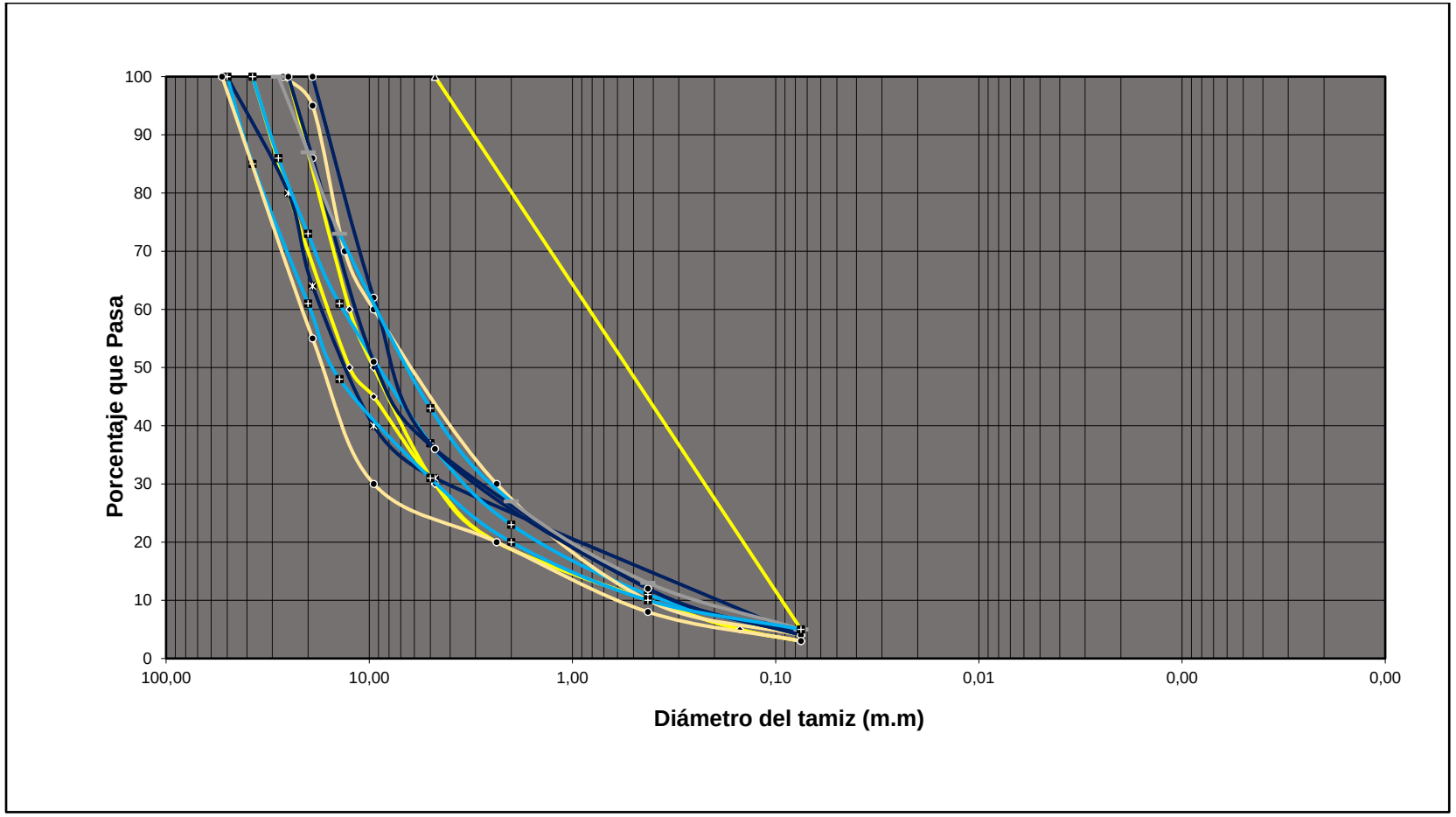
Curva granulométrica para base tratada con cemento



Nota. *Colombia será las curvas de color amarillo, Chile son Naranja, España son rojo, Estados Unidos son azul oscuro, Sudáfrica son azul cielo, Tailandia son color gris, Australia y Nueva Zelanda son color crema.*

Figura 50

Curva granulométrica para base tratada con emulsión asfáltica



Nota. *Colombia será las curvas de color amarillo, Perú son verde, Chile son Naranja, España son rojo, Estados Unidos son azul oscuro, Sudáfrica son azul cielo, Tailandia son color gris, Australia y Nueva Zelanda son color crema.*

Tabla 28

Especificaciones de materiales a usar (Subbase granular)

País	Observaciones previas	Requisitos del material de subbase	Observaciones adicionales
Colombia	-Los agregados a usar pueden ser naturales o de trituración de rocas y gravas (sin materia orgánica o sustancia perjudicial, no puede ser material plano o alargado, ni blando o quebradizo) -Subbase granular se clasifica según el nivel de tránsito: Clase A (NT1: N80kN ≤ 0.5M) Clase B (NT2: 0.5 < N80kN ≤ 5M) Clase C (NT3: N80kN > 5M)	•Clase A: -Degradación por abrasión ≤ 30% -CBR (muestra de 4d de inmersión) ≥ 40% •Clase B: -Degradación por abrasión ≤ 35% •Clase B y C: -CBR ≥ 30% •Requisitos para cualquiera de las clases: -Desgaste ≤ 50% -Perdidas mediante prueba de sulfato de sodio ≤ 12% y Sulfato de magnesio ≤ 18% -LL ≤ 25%; IP ≤ 6%; Equivalente de arena ≥ 25%; Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables ≤ 2%	Relación entre el PP200 y PP40 no puede exceder 2/3 del espesor de capa compactada y tamaño nomina menor a 1/3 del mismo espesor.(Franja granulométrica para partículas de 50mm o de 38mm, que se selecciona en la etapa de diseño.) -SBG-50 un PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 70-95, PP (25 mm): 60-90, PP(12.5 mm): 45-75, PP (9.5 mm): 40-70, PP4: 25-55, PP10: 15-40, PP40: 6-25 y PP200: 2-15 -SBG-38 un PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 75-95, PP(12.5 mm): 45-85, PP (9.5 mm): 45-75, PP4: 30-60, PP10: 20-45, PP40: 8-30 y PP200: 2-15
Perú	-Los agregados a usar no pueden tener restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores del máximo especificado	Depende de la altitud: •Si < 3000 msnm - IP ≤ 6% y Equivalencia de arena ≥ 25% •Si ≥ 3000 msnm - IP ≤ 4% y Equivalencia de arena ≥ 35% •Requisitos para ambas: - CBR ≥ 40%; Abrasión los Ángeles ≥ 50%; LL ≤ 25%; SS ≤ 1%; Partículas chatas y alargadas ≤ 20%	El material debe estar adaptado uniformemente y paralelo a una de las 4 franjas granulométricas, la cual fue seleccionada en los documentos del proyecto. -Gradación A un PP (50 mm): 100, PP (9.5 mm): 30-65, PP4: 25-55, PP10: 15-40, PP40: 8-20 y PP200: 2-8 -Gradación B un PP (50 mm): 100, PP (25 mm): 75-95, PP (9.5 mm): 40-75, PP4: 30-60, PP10: 20-45, PP40: 15-30 y PP200: 5-15 -Gradación C un PP (25 mm): 100, PP (9.5 mm): 50-85, PP4: 35-65, PP10: 25-50, PP40: 15-30 y PP200: 5-15 -Gradación D un PP (25 mm): 100, PP (9.5 mm): 60-100, PP4: 50-85, PP10: 40-70, PP40: 25-45 y PP200: 8-15
Chile	Mezcla de arena-arcilla; grava o escoria, arenas o material triturado. -Los agregados gruesos retenidos en Tamiz N°4 deben ser resistentes, durables, constituidas por fragmentos de roca, grava o escoria. -Agregado fino que pasan por tamiz N°4 deben ser arenas naturales o trituradas y partículas minerales que pasan por el tamiz N°200	•Para Pavimento Flexible (Graduación abierta o cerrada) -CBR ≥ 40%; LL ≤ 35% e IP ≤ 8% -Resistencia al desgaste ≤ 40% -Equivalencia de arena ≥ 20% •Para Pavimento Rígido (Graduación abierta o cerrada) -CBR ≥ 50%; LL ≤ 25% e IP ≤ 6% -Desgaste los Ángeles ≤ 35% -Sales Solubles ≤ 4% •Para ambos tipos de pavimento -En sectores de hielo-deshielo o graduación abierta puede ocurrir que se limita el IP ≤ 4%; si esto pasa los valores se verán alterados.	-El material debe estar en una banda granulométrica especifica ya sea para pavimento flexible o pavimento rígido -TM-50a (P. Flexible) un PP (50 mm): 100, PP (25 mm): 55-100, PP(10 mm): 30-75, PP (5 mm): 20-65, PP (2 mm): 10-50, PP (0.5 mm): 5-30 y PP (0.08 mm): 0-20. -TM-50b (P. Rígido) un PP (50 mm): 100, PP (40 mm): 70-100, PP (25 mm): 55-85, PP (20 mm): 45-75, PP(10 mm): 35-65, PP (5 mm): 25-55, PP (2 mm): 15-45, PP (0.5 mm): 5-25 y PP (0.08 mm): 0-10. -TM-50c (P. Rígido) un PP (50 mm): 100, PP (25 mm): 70-100, PP (20 mm): 60-90, PP(10 mm): 40-75, PP (5 mm): 30-60, PP (2 mm): 15-45, PP (0.5 mm): 10-30 y PP (0.08 mm): 0-15. -TM-25 (P. Rígido) un PP (25 mm): 100, PP (20 mm): 70-100, PP(10 mm): 50-80, PP (5 mm): 35-65, PP (2 mm): 25-50, PP (0.5 mm): 10-30 y PP (0.08 mm): 0-15. -No se puede usar material con materia orgánica y terrones de arcilla -Materiales que se quiebran con ciclos alternados de Hielo-deshielo y humedad-sequedad no pueden usarse. -Las fracciones que pasan por Tamiz N°200 no deben ser mayores a 2/3 lo que pasa por el N°40 -En zonas de heladas se reconsideran los requisitos normales.

España	Dependerá del tipo de tráfico: •Se podrá usar material granular reciclado para tráfico pesado de T2 a T4: -200 ≤ T2 < 800 vehículos pesados por día -50 ≤ T3 < 200 -T4 < 50 •Todo material a usar no puede ser susceptible a meteorización o cambio físico-químico. •Materiales áridos, naturales, artificiales o procedentes del reciclado, deberán disponer del marcado CE •Si se usa material reciclado este debe ser sometido por medio de plantas móviles o fijas a un proceso de separación de componentes no deseados y materiales que puedan ser contaminantes; además, previa a la construcción el material se envejece con riego de agua por 3 meses.	•Árido Para material reciclado: -Cantidad de perdida ≤ 18% - El árido siderúrgico obtenido del alto horno no mostrará descomposición por presencia de silicato bicálcico o presencia de hierro. -El árido siderúrgico de acería debe tener: Expansividad < 5%; Índice Granulométrico de Envejecimiento < 1%; contenido de cal libre < 0,5% -Composición química: Contenido de azufre S < 0,5% si está en contacto con materiales tratados con cemento y S < 1% en el resto de casos; si es material reciclado de hormigón debe tener un Contenido de SS de SO3 < 0,7% •Árido grueso(Parte que para por tamiz de 4mm) -Proporción de partículas parcialmente triturada: T2 ≥ 70%, T3 y T4 ≥ 50%; proporción de partículas redondeadas ≤ 10%; Índice de lajas < 35; coeficiente de los ángeles para T2 ≤ 30 y T3-T4 ≤ 40; contenido de finos PP(0,063mm) < 1%. •Árido fino(cernido del tamiz de 4mm) -Equivalencia de arena: T2 > 35 y T3-T4 > 30 •Estos materiales deben ser materiales no plásticos.	•Se puede usar áridos reciclados de residuos de construcción y demolición deben estar acreditados. •También puede ser de trituración, total o parcial, de piedra de cantera o de grava natural. •El material debe estar en una banda granulométrica especifica, el cual depende del tamaño máximo nominal, que se define como la abertura del primer tamiz que retiene más del 10% en masa. -ZA 0/32 un PP (40 mm): 100, PP (32 mm): 88-100, PP (20 mm): 65-90, PP(12.5 mm): 52-76, PP (8 mm): 40-63, PP (4 mm): 26-45, PP (2 mm): 15-32, PP (0.5 mm): 7-21, PP (0.250 mm): 4-16 y PP (0.063 mm): 0-9. -ZA 0/20 un PP (32 mm): 100, PP (20 mm): 75-100, PP(12.5 mm): 60-86, PP (8 mm): 45-73, PP (4 mm): 31-54, PP (2 mm): 20-40, PP (0.5 mm): 9-24, PP (0.250 mm): 5-18 y PP (0.063 mm): 0-9. -ZAD 0/20 un PP (32 mm): 100, PP (20 mm): 65-100, PP(12.5 mm): 47-78, PP (8 mm): 30-58, PP (4 mm): 14-37, PP (2 mm): 0-15, PP (0.5 mm): 0-6, PP (0.250 mm): 0-4 y PP (0.063 mm): 0-2. •Para imprimación se usan tipo Emulsión C50BF4 IMP o C60BF4 IMP: -Índice de rotura de 110-195; contenido de ligante (por contenido de agua) de 58-62% para C60BF4 IMP y 48-52% para C50BF4 IMP; contenido de fluidificante ≤ 10% para C60BF4 IMP y 5-10% para C50BF4 IMP; tiempo de fluencia (2mm, 40°C) de 15-70%; residuo de tamizado ≤ 0.1% y tendencia a sedimentación a los 7d ≤ 10%; adhesividad ≥ 90%; en el residuo por evaporación una penetración a 25°C ≤ 330 (0.1 mm) y a 15°C > 300 (0.1 mm), punto de reblandamiento ≥ 35°C; y en residuo por evaporación y luego estabilización, una penetración ≤ 220 (0.1 mm) para C60BF4 IMP y ≤ 220 (0.1 mm) para C50BF4 IMP; punto de reblandamiento ≥ 35°C. •Además el árido de cobertura para curado deberá para por tamiz N°4 y menos de 15% que sean menores al tamiz 0.063 mm; además, no podrá ser material plástico y deberá tener una equivalencia de arena > 40%
Estados Unidos	Se usará partículas o fragmentos duros y duraderos de piedra triturada, escoria triturada o grava triturada. No podrá tener materia orgánica, ni grumos o bolas de arcilla.	El agregado deberá tener las siguientes propiedades: -Abrasión Los Ángeles ≤ 50%; Estabilidad del suelo con sulfato de sodio 12% perdidas máximo; Índice de durabilidad (para grueso y fino) ≥ 35%; caras fracturadas ≥ 50%; Limite liquido ≤ 25%. Según la AASHTO 93 se proporciona un valor CBR ≥ 50% para espesores de entre 20-50mm Según la ASTM D2940 de las partículas que se retienen en el Tamiz de 9,5mm al menos el 75% debe tener dos o más caras fracturadas; la fracción de agregado fino(mezcla final) que pasa por el Tamiz N°200 no deberá exceder el 60% de la fracción que pasa por el tamiz N°30; la fracción que pasa por el tamiz N°40 deberá tener un LL ≤ 25% e IP ≤ 4%, además el valor equivalente de arena en agregado debe ser ≥ 35%	El material debe estar en una de las 2 franjas granulométricas específicas que existen y que se selecciona en la etapa de diseño -Grado A un PP (63 mm): 100, PP (50 mm): 97-100, PP (25 mm): 65-79, PP (12.5 mm): 45-59, PP4: 28-42, PP40: 9-17 y PP200: 4-8 -Grado B un PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 97-100, PP4: 40-60 y PP200: 4-12

Sudáfrica	Se podrá usar grava, natural o modificada o procesada. -Las partículas tendrán entre 5mm y 24mm de diámetro. -En la parte occidental más seca de Sudáfrica, usar arena de color marrón amarillento a rojo, evitando la arena blanca o gris	**•Para tráfico de bajo volumen (arena natural sin tratar):** Trafico bajo es aquel con EE80kN ≤ 0.3M y Weinert N ≥ 10 (relación entre la lluvia, la evaporación y la presencia de agua en la superficie de un material -CBR ≥ 30%; PP(2mm): 95-100%; PP(0,75mm): 5-12%; Modulo granulométrico: 0,75-1,50; IP (en fracción de 0,075 mm): SP-25 (Porcentaje de finos menos 25); Hinchazón ≤ 0,1% **•Para Trafico normal:** Se podrá usar material granular incluso con la calidad para la capa base; depende del diseño: •Roca de alta calidad G1 (Trafico altos, tanto para E80 > 15 millones como E80 ≤ 15 millones): Porcentaje de finos ≤ 10% por masa; índice de descamación ≤ 35; todas las caras fracturadas; Para tráficos ≤ 15 millones se indica para PP0,425 un LL ≤ 25, IP ≤ 4 y LS ≤ 2% (perdida por lavado), no indicando valores concretos para > 15 millones; de manera general se debe tener un IP ≤ 8 (PP 0,075); tamaño máximo de partícula de 37.5mm. •Roca G2 igualmente de muy buena calidad: Porcentaje de finos ≤ 10% por masa; índice de descamación ≤ 35; 50% de caras fracturadas; Para material que Pasa tamiz de 0,425mm un LL ≤ 25, IP ≤ 6, LS ≤ 3% (perdida por lavado) e IP ≤ 12 (PP 0,075); tamaño máximo de partícula de 37.5mm. •Roca G3: Porcentaje de finos ≤ 15% por masa; índice de descamación ≤ 35; 50% de caras fracturadas; Para material que Pasa tamiz de 0,425mm un LL ≤ 25, IP ≤ 6, LS ≤ 3% (perdida por lavado) y si es calceta debe tener un LL ≤ 30, IP ≤ 8, LSM ≤ 170 (módulo de contracción lineal); IP ≤ 12 (PP 0,075); tamaño máximo de partícula de 37.5mm o podrá ser de 28 mm; hinchazón ≤ 0.2% y CBR ≥ 80% •Rocas G4 a G6 son de menor calidad y más comunes para la capa subbase: -Requisitos que deberá tener si se usa roca triturada o gravas con guijarros; requisitos para material PP(0,425 mm): Para cualquier material excepto calceta: LL ≤ 25; IP ≤ 6; LS ≤ 3% (Perdida por lavado) Si es calcreta o caliza: LL ≤ 30; IP ≤ 8; LSM ≤ 170(perdida por lavado en fracción fina) Hinchazón ≤ 0.2% y CBR ≥ 80% -Requisitos que deberá tener si se usa roca media a dura que requiere trituración o gravas con guijarros PP(0,425 mm): Para cualquier material excepto calceta: LL ≤ 30; IP ≤ 10; LS ≤ 5% (Perdida por lavado) Si es calcreta o caliza: LL ≤ 45; IP ≤ 15; LS ≤ 6%; LSM ≤ 320(perdida por lavado en fracción fina) Hinchazón ≤ 0.5% y CBR ≥ 45% (en partes secas y si tiene un E80 < 3 millones la subbase podrá tener CBR ≥ 25% y si la base es de espesor ≥ 150mm.) -Para grava con adoquines o materiales alternativos: Para cualquier material excepto calcreta: LL ≤ 2GM +10; LS ≤ 7% (Perdida por lavado) Si es calcreta o caliza: LL ≤ 45; IP ≤ 15; LS ≤ 6%; LSM ≤ 320(perdida por lavado en fracción fina) Hinchazón ≤ 0.5% y CBR ≥ 25% •La arena para zonas seca es conveniente que tenga al menos 0,3% Fe o 1,2% Fe2O3 •La grava deberá tener un contenido de SS ≤ 0,15 o 0,10 si hay drenaje deficiente; Ácidos con pH ≥ 6,0	-La granulometría será escogida en La etapa de diseño. -Para G1: PP (37.5 mm): 100, PP (28 mm): 86-90, PP (20 mm): 73-80, PP (14 mm): 61-71, PP (5 mm): 37-49, PP (2 mm): 23-36, PP (0.425 mm): 11-20 y PP (0.075 mm): 4-10 -Para G2 y G3 (37.5 mm): PP (37.5 mm): 100, PP (28 mm): 86-95, PP (20 mm): 73-86, PP (14 mm): 61-76, PP (5 mm): 37-54, PP (2 mm): 23-40, PP (0.425 mm): 11-24 y PP (0.075 mm): 4-12 -Para G3 (28 mm): PP (28 mm): 100, PP (20 mm): 87-96, PP (14 mm): 73-86, PP (5 mm): 43-61, PP (2 mm): 27-45, PP (0.425 mm): 13-27 y PP (0.075 mm): 5-12 -Para G4 y G5 (Roca media a dura) un PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 85-100, PP (20 mm): 61-91, PP (14 mm): 48-82, PP (5 mm): 31-66, PP (2 mm): 20-50, PP (0.425 mm): 10-30 y PP (0.075 mm): 5-15

Australia y Nueva Zelanda	Se usa Materiales granulares naturales (gravas naturales/arena-arcillosa/roca blanda y fisionable) o Roca triturada, que se produce mediante la trituración y cribado de roca madre dura (ígnea, roca metamórfica o sedimentaria) -El tamaño de las partículas deberán ser < 40mm -No se pueden usar rocas alargadas y delgadas. -No podrá tener materia orgánica, ni grumos o bolas de arcilla.	-Contenido de finos(PP0,075 mm) máximo: 6-12% -Angulosidad de 0 a 12 (0 será un 33% de angulosidad) -Valor de resistencia húmedo seco ≤ 45% -Abrasión Los ángeles para grano grueso ≤ 40% y grano fino ≤ 35% Un parámetro necesario es tener un % de piedras marginales e inestables en un conjunto de agregados ≤ 20%; y % de piedras inestables de 10% máx. -% de arenas ≤ 15% de la mezcla total; % partículas trituradas ≤ 50% -Contenido de humedad de los materiales ≤ 3,5% Los requisitos pueden cambiarse si se tienen pruebas de aceptación de otros parámetros. •Los siguientes dependerán de si será Clase 3 (subbase superior de pavimentos flexibles de servicio pesado que no están ligados) y clase 4 (subbase inferior o capa base para otro tipo de pavimento) -CBR (clase 3) ≥ 30% y CBR (clase 4) ≥ 15% -LL (clase3) ≤ 35% y LL (clase 4) ≤ 40% -IP (clase3) ≤ 12 y IP (clase 4) ≤ 20 •Otras especificaciones como las de Mainroads Western Australia presenta que la subbase compuesta por grava, si es zona árida y de bajo transito deberá tener un CBR ≥ 30% pero si es de alto tráfico deberá tener un CBR ≥ 60%; ahora, LL ≤ 30 %; IP ≤ 10%, contracción lineal ≤ 4%, Contenido de minerales secundarios en rocas ígneas básicas ≤ 25%; al sur oeste cambia a LL ≤ 25 %, IP ≤ 10% contracción lineal ≤ 3% e índice de solidez acelerado por reflujo ≥ 94%; existen especificaciones con ligeros cambios para cada región de la zona -Se presentan unos criterios para una capa de subbase-base combinadas cuando se usa roca triturada, CBR ≥ 70%, IP ≤ 5%, contracción lineal ≤ 2%, Contenido de minerales secundarios en rocas ígneas básicas ≤ 25%, índice de solidez acelerado por reflujo ≥ 94%	El material debe estar en una franja granulométrica especifica, para clase 3(20mm - 40mm) y clase 4 -Clase 3 (20 mm) un PP (26.5 mm): 100, PP (19 mm): 95-100, PP (13.2 mm): 75-95, PP (9.5 mm): 60-90, PP (4.75 mm): 42-76, PP (2.36 mm): 28-60, PP (0.425 mm): 14-28 y PP (0.075): 6-13 -Clase 3 (40 mm) un PP (53 mm): 100, PP (37.5 mm): 95-100, PP (26.5 mm): 75-95, PP (19 mm): 64-90, PP (9.5 mm): 42-78, PP (4.75 mm): 27-64, PP (2.36 mm): 20-50, PP (0.425 mm): 10-23 y PP (0.075): 6-12 -Clase 4 (50 mm) un PP (75 mm): 100, PP (19 mm): 54-75, PP (0.425 mm): 7-21 y PP (0.075): 2-10 -Clase 4 (40 mm) un PP (53 mm): 100, PP (19 mm): 64-90, PP (0.425 mm): 7-23 y PP (0.075): 2-12 -Clase 4 (30 mm) un PP (37.5 mm): 100, PP (9.5 mm): 48-70, PP (0.425 mm): 9-24 y PP (0.075): 2-12 -Clase 4 (25 mm) un PP (37.5 mm): 100, PP (9.5 mm): 54-75, PP (0.425 mm): 10-26 y PP (0.075): 2-13 -Clase 4 (20 mm) un PP (26.5 mm): 100, PP (4.75 mm): 42-76, PP (0.425 mm): 10-28 y PP (0.075): 2-14 -Clase 4 (14 mm) un PP (19 mm): 100, PP (4.75 mm): 54-75, PP (0.425 mm): 15-32 y PP (0.075): 6-17 -Clase 4 (10 mm) un PP (19 mm): 100, PP (4.75 mm): 64-84, PP (0.425 mm): 18-35 y PP (0.075): 7-18
Tailandia	-El material compuesto debe ser resistente, duradero y tener una mezcla de partículas gruesas y finas con propiedades de material compuesto de buena cohesión, sin terrones de arcilla y otras malezas provenientes de fuentes aprobadas por el ingeniero a cargo. -Material con más de 50mm de tamaño se elimina o tritura.	-CBR ≥ 25% -Desgaste Los Ángeles ≤ 60% -LL ≤ 35% -IP ≤ 11% Si se usa material tipo esquisto deberá tener un índice de durabilidad ≥ 35%	El material debe ajustarse a una de las 5 franjas granulométricas -Grado A un PP (50 mm): 100, PP (9.5 mm): 30-65, PP (2 mm): 15-40, PP (0.425 mm): 8-20 y PP (0.075): 2-8 -Grado B un PP (50 mm): 100, PP (9.5 mm): 40-75, PP (2 mm): 20-45, PP (0.425 mm): 15-30 y PP (0.075): 5-20 -Grado C un PP (25 mm): 100, PP (9.5 mm): 50-85, PP (2 mm): 25-50, PP (0.425 mm): 15-30 y PP (0.075): 5-15 -Grado D un PP (25 mm): 100, PP (9.5 mm): 60-100, PP (2 mm): 40-70, PP (0.425 mm): 25-45 y PP (0.075): 5-20 -Grado E un PP (25 mm): 100, PP (2 mm): 40-100, PP (0.425 mm): 20-50 y PP (0.075): 6-20

Nota. Apéndice de la figura 9

Tabla 29

Ensayos preliminares periódicos en la construcción de subbase (Subbase granular)

País	Ensayos preliminares	Ensayos para verificaciones periódicas	Observaciones adicionales
Colombia	Desgaste en la máquina de Los Ángeles (ASTM C 131-06); Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval (ASTM D 6928-10); Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos (ASTM C88-05); CBR (ASTM D 1883 – 07); Tamaño máximo agregado (ASTM D 422-63); Limite liquido e Índice de plasticidad (ASTM D 4318-10); Equivalencia de arena (ASTM D2419-09); Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables (ASTM C142)	-Se toman 4 muestras cada 2000m3 para comprobar que cumpla con todo lo requerido. -Se realizan 1 vez por jornada los ensayos de Granulometría, Límite líquido, índice de plasticidad. -1 vez por semana CBR de laboratorio, desgaste en máquina de Los Ángeles, equivalente de arena, ensayo modificado de compactación. -Del material colocado y compactado se realizan cada 200 m ensayos de Granulometría, límite líquido, índice de plasticidad, equivalencia de arena.	Los ensayos de revisión pueden reducirse a la mitad si se aprueba. En caso que en las verificaciones periódicas de material no se den resultados satisfactorios, se realizan 2 pruebas más, si no cumplen igual no se usa el material.
Perú	Abrasión de los Ángeles (ASTM C 131 o AASHTO T96); CBR (ASTM D-1883 o AASHTO T 193); Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM D-422); Límite Líquido y Límite Plástico (ASTM D-4318); Equivalencia de arena (ASTM D2419 o AASHTO T176); Contenido Sales Solubles Totales (MTC E 219); partículas chatas y alargadas (ASTM D 4791)	Se realizan ensayos para comprobar la calidad de los materiales (4 muestras), también en la capa terminada se realizan ensayos de compactación, ensayos de deflectometría (cada 25m en ambos carriles, mediante Viga Benkelman)	-
Chile	Ensayo CBR (ATSM D 1883-94, AASTO T 193-93); Límite Líquido y Límite Plástico (ASTM D423); Desgaste los ángeles (ASTM C 131-69); Contenido sales solubles (EN 1744-1:1998)	-Prueba de conformidad por medio de camiones con doble tándem trasero (Peso de 45ton) -Prueba para determinar la conformidad podrá ser con martillo Clegg, deflectómetros livianos, penetrómetros de cono dinámico y compactómetro. -Ensayo para determinar relación humedad-densidad de proctor modificado (ASTM D 1557-70 y AASHTO N° T 180) -Se realizan ensayos para comprobar que cumpla con todos los otros requisitos necesarios.	-
España	Ensayo de sulfato de magnesio de pérdidas de áridos reciclados (UNE EN 1367-2); ensayo de propiedades químicas de áridos (UNE-EN 1744-1); ensayo para grado de envejecimiento (NLT-361); ensayo para índice de lajas (UNE-EN 933-3); ensayo de los ángeles (UNE-EN 1097-2).	Ensayos a recepción 7 por cada lote de humedad natural (norma UNE 103300) y de densidad in situ (norma UNE 103503). Ensayos de densidad (UNE-EN 13286-2); ensayos de capacidad de soporte (UNE 103808); índices de regularidad (NTL-330) Se realizan ensayos para comprobar que se cumpla con lo requerido.	-
Estados Unidos	Ensayo de abrasión Los ángeles (AASHTO T96); ensayo de resistencia a los sulfatos (AASHTO T 104); ensayo de índice de durabilidad (AASHTO T 210); ensayo para porcentaje de partículas fracturadas en agregado grueso (ASTM D5821); límite líquido (AASHTO T89); ensayo granulométrico (AASHTO T27 y T11); CBR (AASHTO T193); Densidad (AASHTO T 310 o T 191), también determinar la densidad máxima (AASHTO T99- Método C); módulo de resiliencia (AASHTO T274)	-Se comprueba la densidad in situ y el contenido de humedad (AASHTO T 310); control de gradación y caras fracturadas (2 por día) -También ensayos de compactación (AASHTO T180 y T99) -Ensayo de Limite líquido, relación humedad-densidad, ensayos de contenido de humedad y ensayos de densidad (cada 1000 ton, por fuente de material o cada 500 ton) Todo junto a un control de tolerancia de la superficie	-
Sudáfrica	CBR (ASTM D4833 o SANS 3001-GR40); Análisis granulométrico (SANS 3001-AG1); Análisis del tamaño de partículas de material inferior a 2 mm y 0,075mm; Hinchamiento; ensayo de durabilidad en molino; ensayo para determinación de impacto en agregado (BS 812-112:1990); Determinación del límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad (SANS 3001).	Se realizan ensayos de manera aleatoria para comprobar que todos los parámetros cumplan con lo exigido. Uno de los ensayos más importantes es el de Densidad seca máxima (SANS 3001-GR30)	-
Australia y Nueva Zelanda	Distribución de tamaños de partículas (AS 1289.3.6.1); límite plástico (AS 1289.3.1 y NZ 4402.2.3:1986), límite líquido (AS 1289.3.2 y NZ 4402.2.2:1986), índice de plasticidad (AS 1289.3.3.3 y NZ 4402 2.4:1986); contracción lineal (AS 1289.3.4 y NZ 4402 2.6:1986), resistencia máxima a la compresión en seco (AS 1289.5), valor del molino de bolas (AS 1141.28); ensayos de corte triaxial estáticos (AS 1289.6.3.2); ensayo triaxial de carga repetida (NZTA T15: 2014); CBR (AS 1289.6.1.3 y NZ 4402 6.1.3: 1986); angulosidad (AS 1141.16); desgaste por Los Ángeles (AS 1141.23 y NZ 4407 3.12:1991); índice de descamación (AS 1141.15 y NZ 1141.15: 1999); Índice de solidez acelerado por reflujo (AS 1141.29); resistencia húmeda seca (AS 1141.22 y	Se debe comprobar que cumplan todos los parámetros que se dieron en el diseño. Realizando ensayos de distribución de tamaños de partículas, límite plástico, límite líquido, índice de plasticidad; contracción lineal, resistencia máxima a la compresión en seco, valor del molino de bolas; ensayos de corte triaxial estáticos; ensayo triaxial de carga repetida; índice de Soporte California in situ (CBR); angulosidad; desgaste por Los Ángeles.	-

	NZ 1141.22: 1996); contenido de minerales secundarios (AS 1141.26); equivalencia de arena (NZ 3.6:1991)		
Tailandia	CBR (AASHTO T193); límite líquido (AASHTO T89); índice de plasticidad (AASHTO T90); índice de durabilidad (Calif. 229-C); ensayo de abrasión Los Ángeles (ASTM C 131 y C535)	Pruebas de densidad cada 100m o áreas de 500 m2(ASTM C 144) Se realizan ensayos de inspección luego de compactada y que cumpla con los requisitos necesarios, un ejemplo de ellos es el ensayo de compactación (AASHTO 99)	-

Nota. Apéndice de la Figura 10

Tabla 30

Especificaciones de materiales a usar (Subbase tratada con cemento)

País	Observaciones previas	Requisitos del material de subbase	Observaciones adicionales
Colombia	•Existen 3 clases de materiales para estabilizar con cemento: Clase 2: Material fino o granular que no cumple una gradación específica y que va a ser utilizado como capa estructural, usado para NT1 y NT2 (NT1: N80kN ≤ 0.5M y NT2: 0.5 < N80kN ≤ 5M) Clase 3: Mezcla uniforme de agregados pétreos que cumplen una gradación especificada, para un nivel de tránsito medio NT2, que va a ser utilizado como capa estructural. Clase 4: Mezcla uniforme de agregados pétreos que cumplen una gradación especificada, para un nivel de tránsito alto NT3, que va a ser utilizado como capa estructural. (NT3: N80kN > 5M) •El cemento si es hidráulico deberá ser de acuerdo con la conforme al diseño con pruebas de laboratorio y que sea fabricado según los requisitos dados por la NTC 121, ASTM C150 y ASTM C595; si es cemento de mortero NTC 4050; además de no ser almacenado más de 3 meses. Se podrá usar cemento MCH (Moderado Calor de Hidratación) o BCH (Bajo Calor de Hidratación), podrá ser cemento UG (Uso General) si se garantiza un calor de hidratación menor a 250kJ/kg (7d) •No es recomendable usar cementos con tiempos de fraguado menores a 1h o mayores a 10h; tampoco podrá usarse cemento con fraguado parcial o producto endurecido. •Se usa aditivos retardadores de fraguado si la temperatura ambiente es mayor a 30°C, estos aditivos que se utilizan se hacen según el diseño que a su vez cumplirá lo establecido en la NTC 1299	•El material debe estar libre de sustancias que puedan perjudicar el fraguado del cemento •Clase 2: -LL ≤ 30%; IP ≤ 12%; MO ≤ 2%; CBR (material sin tratar, compactación del 95% a los 4d) ≥ 10% -Equivalencia de arena ≥ 15%, si es menor al 15% pero ≥ 10% debe tener un Valor de azul ≤ 20g/kg -Proporción de sulfatos SO4 ≤ 0,9% •Clase 3: -Desgaste Los Ángeles ≤ 40% (500 revoluciones) y ≤ 8% (100 revoluciones); Degradación por abrasión ≤ 30% -Resistencia mecánica: Valor en seco ≥ 70kN y relación húmedo/seco ≥ 75% -Caras fracturadas(una cara) ≥ 50% -CBR ≥ 60% •Clase 4: -Desgaste Los Ángeles ≤ 35% (500 revoluciones) y ≤ 7% (100 revoluciones); Degradación por abrasión ≤ 25% -Resistencia mecánica: Valor en seco ≥ 90kN y relación húmedo/seco ≥ 75% -Índices de alargamiento ≤ 35%; Caras fracturadas(una cara) ≥ 60% -CBR ≥ 80% •Clase 3 y 4: -Perdidas mediante prueba de sulfato de sodio ≤ 12% y Sulfato de magnesio ≤ 18% -LL ≤ 25%; IP ≤ 6%; MO ≤ 1%; Contenido de terrones de arcilla o partículas deleznables ≤ 2% -Equivalencia de arena ≥ 35%, si es menor al 35% pero ≥ 25% debe tener un Valor de azul ≤ 10g/kg -Proporción de sulfatos SO4 ≤ 0,5% •Opcional, si la MO no cumple, se podrá usar si tiene un aumento de fraguado ≤ 120 min (muestra de mortero) y reducción ≤ 20% (resistencia a compresión 28d curado) •El agua para realizar la mezcla debe ser agua potable, limpia y libre de agentes contaminantes; si no es potable debe tener un Ph ≥ 5,5 y un contenido de sulfatos ≤ 1,0 kg/m3	•La mezcla de agregados pétreos puede provenir de material seleccionado y/o tratado de una planta de producción o también provenir de material escarificado del sitio y tratado. •El material para clase 3 y 4 debe cumplir con una granulometría especifica (50mm, 38mm o 25mm) la cual debe haber sido escogida en el diseño. -MGTC-50 un PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 70-100, PP (25 mm): 60-100, PP (19 mm): 50-90, PP (9.5 mm): 40-80, PP4: 30-70, PP10: 20-55, PP40: 10-40 y PP200: 2-20 -MGTC-38 un PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 70-100, PP (19 mm): 60-90, PP (9.5 mm): 45-75, PP4: 30-60, PP10: 20-45, PP40: 10-30 y PP200: 2-15 -MGTC-25 un PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 70-100, PP (9.5 mm): 50-80, PP4: 35-65, PP10: 25-50, PP40: 15-30 y PP200: 2-15 •Para clase 2 el tamaño máximo de las partículas debe ser como máximo 1/3 del espesor a tener de capa. •Si los IP y LL son mayores a lo establecido o CBR menor, se puede hacer un tratamiento previo con cal y luego se hará con cemento, siempre que en fase de experimentación se compruebe un buen comportamiento. •Para el riego de curado el uso de emulsión tipo CRR-60, con las siguientes especificaciones: -Contenido de asfalto residual ≥ 60%; contenido de aceite ≤ 3%; Contenido de agua ≤ 40%; viscosidad a 25°C entre 20-100 s; estabilidad durante almacenamiento a 24 h ≤ 1% y a los 5 d ≤ 5%; porcentaje retenido en tamiz N°20 ≤ 0.1%; demulsibilidad ≥ 40%; carga de partícula positiva; pH ≤ 5 y reportar el índice de rotura; penetración para ARD de entre 60 - 100 (0,1mm) y para ARB de entre 100 - 250 (0.1mm); ductilidad ≥ 40cm; solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%

España	•El material granular a usar será suelo granular o material de origen natural, libre de materias extrañas que afecten la durabilidad de la capa. •Se podrá usar subproductos, residuos de construcción y demolición (Material inorgánico previamente usado en construcción o productos inertes de desecho), estos deben cumplir las prescripciones técnicas necesarias. •El material no será susceptible a ningún tipo de meteorización o alteración físico-química apreciable en las condiciones más desfavorables. •Se usara cemento con resistencia de 32,5N para cementos comunes y 22,5N o 32,5N para cementos especiales. En caso de estar en épocas frías se podrá autorizar el uso de cemento de clase resistente 42,5N. •Si el material granular a usar viene con un contenido de sulfatos solubles SO3 > 0,5% entonces se usará cemento resistente a los sulfatos (SR) y aislar adecuadamente la capa de obras de hormigón. •Se podrán usar aditivos si su comportamiento y efectos sobre la mezcla se garanticen por el fabricante y con previos ensayos de que cumplen su función y la dosificación sea la adecuada.	•Suelocemento (suelo granular o material de origen natural) -MO ≤ 1% -El material no debe presentar reactividad potencial con los álcalis del cemento. -LL < 30 e IP < 12 -El agua a usar deberá tener según la Instrucción de Hormigón Estructural un pH ≥ 5, Sustancia disueltas ≤ 15 gramos por litro, sulfatos SO4 ≤ 1 gramo por litro. -El contenido de cemento deberá ser ≥ 3% en masa.	•Se deberá tener un diseño para suelo cemento en una de las 2 franjas granulométricas, llamados SC40 y SC20 (SC20 solo para tráfico T3 y T4) -SC40 un PP (50 mm): 100, PP (40 mm): 80-100, PP (32 mm): 75-100, PP (20 mm): 62-100, PP(12.5 mm): 53-100, PP (8 mm): 45-89, PP (4 mm): 30-65, PP (2 mm): 20-52, PP (0.5 mm): 5-37 y PP (0.063 mm): 2-20. -SC20 un PP (32 mm): 100, PP (20 mm): 92-100, PP(12.5 mm): 76-100, PP (8 mm): 63-100, PP (4 mm): 48-100, PP (2 mm): 36-94, PP (0.5 mm): 18-65 y PP (0.063 mm): 2-35. •Para el curado con asfalto se usan tipo C60B3 CUR o C60B2 CUR (para tiempos fríos), que deberán cumplir lo siguiente: -C60B3 CUR y C60B2 CUR: índice de rotura de 70-155 para C60B3 CUR y < 110 para C60B2 CUR; contenido de ligante (por contenido de agua) de 58-62%; contenido de fluidificante ≤ 2 %; tiempo de fluencia (2mm, 40°C) de 40-130%; residuo de tamizado ≤ 0.1% y tendencia a sedimentación a los 7d ≤ 10%; adhesividad ≥ 90%; en el residuo por evaporación una penetración a 25°C ≤ 330 (0.1 mm), punto de reblandamiento ≥ 35°C; y en residuo por evaporación y luego estabilización, una penetración ≤ 220 (0.1 mm) y punto de reblandamiento ≥ 35°C. •Además el árido de cobertura para curado deberá para por tamiz N°4 y menos de 15% que sean menores al tamiz 0.063 mm; además, no podrá ser material plástico y deberá tener una equivalencia de arena > 40%

	-Según la FWHA entre el 80 y el 95% en peso de una mezcla de subbase estabilizada puede consistir en agregados, estos agregados incluyen fuentes de agregados convencionales, como piedra triturada o arena y grava, y otros materiales agregados, como escoria de alto horno, materiales de pavimentación reciclados y cenizas de fondo o escoria de caldera de centrales eléctricas alimentadas con carbón. -Según la Unified Facilities Guide Specifications el agregado granular será el clasificado según la ASTM D2487 como GW (Gravas limpias con menos de 5% finos, con coeficiente de uniformidad Cu ≥ 4.0 y coeficiente de curvatura 1 ≤ Cc ≤ 3.0), GP (Gravas limpias con menos de 5% finos, Cu < 4 y Cc < 1 o Cc > 3), GM (gravas con más de 12% en finos, finos clasificados como ML y MH), SW (Arena limpia con menos de 5% en finos, con Cu ≥ 6.0 y 1 ≤ Cc ≤ 3.0), SP (Arena limpia con 5% en finos, Cu < 6 y Cc < 1.0 o Cc > 3.0) o combinaciones de los mismos.	-Según la Unified Facilities Guide Specifications estos materiales deben tener un IP < 12 y LL < 25; además que las partículas no podrán ser mayores a 50mm -Otro apartado es el que involucra la FWHA que especifica un contenido de cemento de entre 5 a 10% de peso en la mezcla; pero si el agregado es de peso liviano se puede comprender hasta un 20%. Teniendo como cemento más común el cemento portland LL < 25 e IP < 4 (esencialmente no plástico); según la ASTM C131/AASHTO T96 debe tener un desgaste de los ángeles ≤ 40% (500 revoluciones)	
Estados Unidos	El agua debe ser potable; en caso contrario según la ASTM C 1602 debe tener como máximo un total de solidos en masa de 50000 ppm, alcalinos como Na2O +0,658K2O de 600 ppm máximo. -El cemento a usar debe ser cemento portland y deberá tener un certificado de que cumpla con los requisitos de la AASHTO M85. Donde se incluyen los tipos I, IA, II, IIA, II(MH), II(MH)A, III, IIIA, IV y V. Tipo I para uso cuando no se requiere propiedades especiales, tipo IA para el mismo uso que el I cuando se desea incorporar de aire, tipo II para uso general deseando resistencia moderada a los sulfatos, tipo IIA con mismo uso que el II cuando se desea incorporar aire, tipo II (MH) para uso general y cuando se desea calor de hidratación moderado y resistencia moderada a los sulfatos, tipo II(MH)A con mismo usos que tipo II (MH) cuando se desea incorporar de aire, tipo III para alta resistencia inicial, tipo IIIA para el mismo uso que el tipo III cuando se desea incorporar de aire, tipo IV para cuando se desea bajo calor de hidratación, tipo V para alta resistencia a los sulfatos.	-Según la American Concrete Pavement Association, el material granular para subbase estabilizada será el clasificado como A-1, A-2-4, A-2-5 y A-3; con menos del 35% que pasa por tamiz 200, IP ≤ 10 y tamaño de partícula de máximo 25 mm, junto a un porcentaje de sulfatos ≤ 0,3%; este material granular podrá ser procesado o fabricado; también se podrá usar material reciclado. Agregando un porcentaje de cemento normal de entre 2 y 5%. -Además según la ASTM D2940 de las partículas que se retienen en el Tamiz de 9,5mm al menos el 75% debe tener dos o más caras fracturadas; la fracción de agregado fino(mezcla final) que pasa por el Tamiz N°200 no deberá exceder el 60% de la fracción que pasa por el tamiz N°30; la fracción que pasa por el tamiz N°40 deberá tener un LL ≤ 25% e IP ≤ 4%, además el valor equivalente de arena en agregado debe ser ≥ 35%	El material debe estar en una granulometría especifica que existe según la UFGS -PP4: 55-100, PP10: 36-60 y PP100: 3-20

Sudáfrica	Se podrá usar grava, natural o modificada o procesada. -Las partículas tendrán máximo de 63 mm de diámetro. -En la parte occidental más seca de Sudáfrica, usar arena de color marrón amarillento a rojo, evitando la arena blanca o gris El cemento a usar será el indicado por el proyecto, que puede variar entre cemento de 32,5 y 52,5.	**La calidad del agregado será la misma que pasa una subbase normal:** •La grava deberá tener un contenido de Contenido de sulfato soluble en ácido ≤ 0,25% Contenido de sulfato soluble en ácido ≤ 0,25% (≤ 2,5 mg/L), caídos con Ph ≥ 6,0 •la roca triturada no podrá contener más del 2 % en masa de mica libre, especialmente moscovita, cuando se evalúe separando visualmente las partículas, o más del 4 % en volumen cuando se evalúe mediante portaobjetos microscópicos •Para G4 a G6 -Requisitos que deberá tener si se usa roca triturada o gravas con guijarros; requisitos para material PP(0,425 mm): Para cualquier material excepto calcreta: LL ≤ 25; IP ≤ 6; LS ≤ 3% (Perdida por lavado) Si es calcreta o caliza: LL ≤ 30; IP ≤ 8; LSM ≤ 170(perdida por lavado en fracción fina) Hinchazón ≤ 0.2% y CBR ≥ 80% -Requisitos que deberá tener si se usa roca media a dura que requiere trituración o gravas con guijarros PP(0,425 mm): Para cualquier material excepto calcreta: LL ≤ 30; IP ≤ 10; LS ≤ 5% (Perdida por lavado) Si es calcreta o caliza: LL ≤ 45; IP ≤ 15; LS ≤ 6%; LSM ≤ 320(perdida por lavado en fracción fina) Hinchazón ≤ 0.5% y CBR ≥ 45% -Para grava con adoquines o materiales alternativos: Para cualquier material excepto calcreta: LL ≤ 2GM +10; LS ≤ 7% (Perdida por lavado) Si es calcreta o caliza: LL ≤ 45; IP ≤ 15; LS ≤ 6%; LSM ≤ 320(perdida por lavado en fracción fina) Hinchazón ≤ 0.5% y CBR ≥ 25% •Se aplicara cemento en una cantidad de 5% por masa para una mezcla húmeda y de 3% para mezcla rígida. •Calidad del agua debe tener un pH entre 5,0 y 9,7, con una conductividad eléctrica máxima de 170 mS/m, sólidos totales disueltos máximos de 1200 mg/l y sulfato SO4 máximo de 450 mg/l. •La grava deberá tener un contenido de Contenido de sulfato soluble en ácido ≤ 0,25% Contenido de sulfato soluble en ácido ≤ 0,25% (≤ 2,5 mg/L), ácidos con Ph ≥ 6,0	•La franja granulométrica sea escogida en la etapa de diseño, se presentan algunas opciones: -Para G4 y G5 (Roca media a dura) un PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 85-100, PP (20 mm): 61-91, PP (14 mm): 48-82, PP (5 mm): 31-66, PP (2 mm): 20-50, PP (0.425 mm): 10-30 y PP (0.075 mm): 5-15 •Para el curado se podrá usar emulsión tipo MC-10 o MC-30 y deberá cumplir las siguientes especificaciones según la SANS 4001-BT2: -MC-10: viscosidad cinemática a 60°C de 10-20 cSt; viscosidad dinámica de 10-25 mPa.s; punto de inflamación ≥ 38°C; cantidad de agua ≤ 0.2%; destilado a 190°C de 0-20%; a 225°C 20-70%, a 260°C 60-90%, a 316°C ≥ 80-100% y a 360°C ≥ 40%; en residuos de destilación una viscosidad a 60°C ≥ 30 Pa.s. -MC-30: viscosidad cinemática a 60°C de 30-60 cSt; viscosidad dinámica de 30-70 mPa.s; punto de inflamación ≥ 38°C; cantidad de agua ≤ 0.2%; destilado a 190°C de 0-15%; a 225°C 15-60%, a 260°C 50-85%, a 316°C ≥ 80-100% y a 360°C ≥ 50%; en residuos de destilación una viscosidad a 60°C ≥ 30 Pa.s. -También se podrá usar los encontrados en la SANS 4001-BT3-2014 (RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1, SS-1h o QS-1H) o en la SANS 4001-BT4-2014 (CRS-1, CRS-2, CMS-2, CMS-2h, CSS-1, CSS-1h o CQS-1h) •Para el curado un agregado que es arena triturada o natural con 100% pasando por tamiz 7.1 mm y menos del 10% por el de 2mm.

Australia y Nueva Zelanda	•Se usa Materiales granulares, que se produce mediante la trituración y cribado de roca madre dura (ígnea, roca metamórfica o sedimentaria) -Según la Transport for NSW el material granular podrá ser DGS20 (tamaño nominal de 20 mm) y DGS40 (tamaño nominal de 40 mm) •El cemento a usar será tipo GP o GB y deberá cumplir con la AS 3972-2010, NZS 3122:1995, junto a una certificación con todos los datos necesarios. •Según el tipo de tráfico serán las especificaciones para el material granular, se tienen 4 tipos de tráfico: -Categoría A: Diseño de tráfico N80 ≥ 10^7 (periodo de 20 años) -Categoría B: Diseño de tráfico 10^7 > N80 ≥ 4 x 10^6 (periodo de 20 años) -Categoría C: Diseño de tráfico 4 x 10^6 > N80 ≥ 10^6 (periodo de 20 años) -Categoría D: Diseño de tráfico N80 < 10^6 (periodo de 20 años)	•El material granular a usar deberá pasar por el tamiz de 75 µm menos de 25% y debe tener IP ≤ 10%. También podrá tener un contenido de materia orgánica ≤ 1% y sulfatos SO4 ≤ 1.9 g/L; podrá tener un contenido de óxido ferroso ≤ 2%, si es mayor a 2% pero menor al 10% se analiza que tanto daño podrá hacer. -Según la Transport for NSW deberán tener un IP ≤ 10%, LL ≤ 23% (si es material reciclado LL ≤ 27%), LP ≤ 20%, cantidad de partículas con dos o más caras fracturadas ≥ 75%, Máxima resistencia a la compresión en seco en la fracción que pasa por un tamiz de 19 mm ≥ 1 MPa si el IP < 2, Resistencia agregado en húmedo ≥ 70 kN, Variación de resistencia húmeda/seca ≤ 35% para DGS20 y ≤ 40% para DGS40, Contenido de sulfato soluble en ácido ≤ 0.3% •El agua a usar deber ser potable, el agua que tenga materia orgánica o concentración de sulfatos mayor al 0,05% no se podrá usar. •El cemento requerido será en un máximo de 12% de masa, podrá ser Cemento GP (Contiende entre 92,5 a 100% de cemento portland y se podrá agregar de 0 a 7,5% de cenizas volantes o piedra caliza, también podrá contener de 0 a 5% en aditivos minerales como cenizas volantes seleccionadas, escoria de hierro granulada molida, piedra caliza o combinación de ellas; deberá tener un tiempo de fraguado de entre 45 min a 6 h, estabilidad ≤ 5%, contenido de cloruro ≤ 0,10%, sales solubles SO3 ≤ 3,5%, además de resistencia a la compresión a los 7d de 20 MPa y de 35 MPa a los 28d) o cemento GB(Contiene menos de 92,5% de cemento portland y podrá contener entre 0 a 10% de sílice amorfa y más de 7,5% en cenizas volantes o escoria; tiempo de fraguado de entre 45 min a 10 h, estabilidad ≤ 5%, contenido de cloruro ≤ 0,10%, sales solubles SO3 ≤ 3; además de resistencia a la compresión a los 7d de 20 MPa y de 35 MPa a los 28d)	Se escogerá la franja granulométrica a usar en la etapa de diseño: -DGS20 un PP (26.5 mm): 100, PP (19 mm): 95-100, PP (13.2 mm): 70-90, PP (9.5 mm): 58-80, PP (4.75 mm): 43-65, PP (2.36 mm): 30-55, PP (0.425 mm): 10-30, PP (0.075 mm): 4-17 y PP (0.0135 mm): 3-7 -DGS40 un PP (53 mm): 100, PP (37.5 mm): 95-100, PP (26.5 mm): 75-95, PP (19 mm): 64-90, PP (9.5 mm): 42-78, PP (4.75 mm): 27-64, PP (2.36 mm): 20-50, PP (0.425 mm): 10-23, PP (0.075 mm): 4-11 y PP (0.0135 mm): 2-7
Tailandia	-El suelo utilizado en la mezcla con el cemento debe ser un material libre de capas superficiales, vegetación u otras materias orgánicas, y no debe contener sustancias que puedan ser perjudiciales para la calidad del suelo cemento resultante. -El tamaño de las partículas no podrá ser mayor a 50mm y la porción que pasa por el tamiz de 0,075 mm no debe exceder el 40% -El cemento a usar podrá ser cemento portland o cemento mixto, estos deben tener un certificado de la TIS 15 para cemento portland y la TIS 80 para cemento mixto	•Especificaciones para el suelo: - Límite Líquido ≤ 20% - Índice de plasticidad ≤ 20% •La cantidad de agua y cemento será la que se determine mediante un diseño de mezclas, realizando los ensayos de Método para la determinación de la resistencia a la compresión no confinada de suelos y Método de prueba de compactación, Prueba Proctor Modificada; ya que la mezcla deberá después de 7 días de curado y 2 horas sumergida se tenga un valor de resistencia a compresión ≥ 690 kPa	-

Nota. Apéndice de la Figura 11

Tabla 31

Especificaciones de proceso constructivo (Subbase tratada con cemento)

País	Construcción de la subbase	Especificaciones adicionales
Colombia	•La mezcla se puede hacer tanto en planta como en la vía, aunque será obligatorio en planta si se necesita mezcla varios materiales. •Si la mezcla se realiza en la vía, se aplica el material y si presenta grumos o aglomeración se realiza disgregación del material, esto hasta alcanzar que el material tenga la granulometría necesaria. La longitud disgregada no podrá ser mayor a la que se pueda tratar y compactar en 2 días de trabajo. •Luego se conforma el material con motoniveladora. •Se aplica el cemento en bolsas o a granel, el contenido del agua del material no puede ser superior al definido •Se realiza la mezcla con el equipo autorizado, se mezcla hasta alcanzar homogeneidad. El contenido de agua de la mezcla debe ser ± 1 % respecto al de diseño. El tiempo de amasado de la mezcla debe ser mayor o igual a 30 segundos. •Se procede con la extensión, se hace a lo ancho de la vía o por franjas. Si la mezcla fue en planta y se indica se debe usar extendedora. •La compactación deben ser terminados en un lapso de 2h; si se realiza por franjas la extensión, se compacta incluyendo al menos 15cm de la franja anterior. •Los espesores de la capa compactada deben ser 150 mm ≤ Espesor de capa compactada ≤ 200mm •Luego de terminada se realiza el curado (máximo 5 h luego de terminada), por medio de aspersión de mínimo 7d, mediante el uso de emulsión de rotura rápida tipo CRR-60 (si se realizara la capa en varias capas no se aplicara la emulsión en cada capa, solo en la final). Aplicando 400 g/m2 del ligante y 13.6 kg/m2 de agregado de protección. (si no se aplicó el riego de curado en el tiempo establecido se deberá mantener el contenido de agua de la superficie mediante el riego con agua). •Se permitirá el transito luego de 7d de compactado y a 30 km/h máximo	•La construcción de esta capa se realiza con una fórmula de trabajo ya determinada y probada en fase de experimentación; el material elegido ajustado a una franja granulométrica necesaria, tipo y marca de cemento, aditivos a emplear, contenido óptimo de cemento, valor de perdidas por durabilidad, valor de resistencia a la compresión (7d), porcentajes óptimos de agua para mezcla y compactación. •Existe un proceso de prefisuración que no es necesario, en caso de realizarse, se realizan juntas en el material sin compactar (cada 3 o 4m), penetrando al menos 2/3 de la capa. Todo esto para comprobar las resistencias de la capa. •Si la capa terminada no cumple los índices IRI, se corrigen los defectos mediante fresado y volver a construir.
España	•Para la construcción se debe tener un principio de fraguado que no podrá ocurrir antes de 2h de mezclado con agua. (Tiempo de fraguado determinado siguiendo la UNE-EN 196-3); aunque si la temperatura ambiente es > 30°C el principio de fraguado no podrá ocurrir antes de 1h. •El periodo de trabajabilidad que es el tiempo en el cual la mezcla tiene las propiedades para ser trabajada y compactada, dependerá si se realiza en el ancho total de la carretera o por franjas; Para anchura completa será mínimo de 3 horas y por franjas será de 4 horas •La mezcla debe haber sido realizada en centrales de fabricación ponderales o volumétricos, controlando el agua con caudalímetro de precisión ±2%; en caso de ser ponderal una dosificación con precisión para material granular de ±2% y del cemento de ±1% •El espesor que obtendrá la mezcla luego de compactada deberá ser de mínimo 20 cm •En la construcción de la capa se tendrá una tolerancia respecto a lo establecido en el diseño para contenido de cemento de ±0,3%, humedad de compactación de -1,0 / +0,5 y no sobrepasar el uso granulométrico adoptado (Material > 4mm tolerancia de ±6% y menores a 4mm de ±3%) •El volumen de material puesto en obra dependerá del tráfico; si es T00 a T2 o superficie > 70000m2 el volumen deberá ser ≥ 30% del total necesario y si es T3 a T4 o superficie < 70000 m2 el volumen deberá ser ≥ 50% •Luego se procede con realización de la mezcla, con un tiempo de amasado > 30s •Se realiza el vertido y extensión previniendo la segregación de material y contaminaciones; la capa tendrá el espesor necesario para que al compactarla llegue al espesor de los planos. •Si la anchura de capa extendida es > 4m en tráfico T00 a T2 o superficie > 70000 m2, también si es >5m en el resto de caso; se realiza la prefisuración, penetrando cada 3 o 4m al menos 2/3 de la capa antes de compactar. •La compactación se realiza durante el periodo de trabajabilidad; si la extensión se realiza por franjas, la compactación se realiza incluyendo 15cm de la anterior; y se realizaran juntas si se interrumpe el trabajo durante más tiempo del periodo de trabajabilidad. •Se realiza el curado aplicando una emulsión asfáltica antes de 3h de terminada la capa y luego colocando agregado de cobertura sobre esta; la emulsión podrá ser C60B3 CUR (Catiónica con 60% de ligante nominal, betún asfaltico como ligante y con numero de rotura igual a 3) o C60B2 CUR (Igual al anterior exceptuando que su número de rotura es igual a 2) y se permite el transito luego de 3 días de realizado y 7d para tráfico pesado.	•Anterior a este proceso se realiza un tramo de prueba de más de 100m para comprobar todos los procesos y especificaciones que tendrá el material. •Si se compacta por franjas de incluirá 15cm de la anterior •Si los extendedores no tienen elementos de transferencia de carga, el camión solo puede tocar el vertido a través de los rodillos.

Estados Unidos	•Según la army force el espesor mínimo de la capa estabilizada será de 4" (100 mm) ni superar las 8" (200 mm) •Según la Unified Facilities Guide Specifications -Si la mezcla se hace en el sitio no se podrá aplicar el cemento si el contenido de humedad del suelo supera al optimo. -Cuando la subbase se construya en varias capas se limpia la construida previamente usando barredoras o escobas eléctricas. -En la construcción in situ se aplica el material granular en un espesor necesario para que al añadir el cemento, agua y compactarlo obtenga el espesor requerido. -Un proceso previo a añadir el cemento y agua es escarificar y pulverizar a la profundidad necesaria; la pulverización no podrá ser más profunda que la escarificación. Este proceso no se realizara en áreas más grandes que lo que se podría completar en 2 días de trabajo. Luego de esto se aplica el cemento de una forma que se pueda mezclar uniformemente y que la mezcla tenga el contenido de cemento especificado; se mezclara lo suficiente evitando la formación de bolas de cemento cuando se aplique el agua. Se aplicara agua con equipos de dispersión a presión que permita la aplicación de agua continua por 3h; Aplicada el agua se realiza el proceso de mezclado, áreas donde se haya aplicado el agua y no se inicie el mezclado luego de 30 minutos se retira todo el material ya que no se puede usar. Luego de mezclar con el agua (hasta que se distribuya correctamente). -Ahora, si la mezcla fue en planta central se lleva en camiones y se aplica sobre la capa de subrasante que debe haber sido humedecida anteriormente, se deposita el material, se prepara, esparce para que quede al espesor necesario; dentro de los 60 min posteriores se debe haber iniciado la compactación. -Si es con planta móvil, se mueve la planta a una velocidad uniforme para lograr una mezcla homogénea, aplicando agua y cemento desde camiones o contenedores; luego se aplica en hileras de tamaño suficiente para cubrir el ancho necesario para obtener una compactación adecuada con los espesores especificados. -La finalización de la capa es protegerla del secado durante 7d, proporcionando un curado ya sea usando Arpilleras (Tela gruesa de fibra natural), laminas impermeables, material bituminoso (contenido de asfalto residual de 0,7 a 1,4 L/m2), membrana líquida (aplicando 3,8 L por cada 9,3 m2) •La American Concrete Pavement Association presenta que el curado se podrá realizar con agua, aplicando entre 0,68 y 1,1 L/m2	•El contenido de humedad optimo se debe haber determinado con la AASHTO T180 método D
Australia y Nueva Zelanda	•La mezcla se podrá realizar en planta, más específicamente una mezcla estacionaria en pugmill, se lleva en camiones, luego se extiende, se compacta, se le da forma y se cura en preparación para la colocación de las capas superpuestas. •La mezcla también se podrá realizar in situ, aplicando el cemento y realizando la mezcla con una recicladora, al material estabilizado in situ se le da forma, luego se compacta y se cura antes de colocar las capas superpuestas. •Para la compactación se realizan 2 o 3 pasadas •Las capas compactadas deberán ser de máximo 150mm •Cuando se realiza en varias capas la compactación para llegar al punto de espesor necesario, se escarifica o pule la capa anterior 25mm y así lograr una mejor unión.	El esparcimiento se realiza a velocidades de 5km/h - 10km/h
Sudáfrica	•Si la mezcla se realiza en planta, desde colocada la mezcla se deberá iniciar la compactación como máximo luego de 1 hora y 4 horas para la compactación; es decir, 1 hora de preparativos y 4 de compactación •Si la mezcla se realiza en el sitio, el proceso de esparcimiento y mezclado del material se añade agua según sea necesario si se realiza en el sitio, el esparcimiento se podrá hacer con un reciclador con dispensador automático o a mano usando escobilla de goma solo si la velocidad del viento no sea mayor a 15 km/h, además que en el esparcimiento se comprueba que el espesor que se tiene es el indicado; y en el mezclado se hace el uso combinado de niveladora, grada de discos y/o mezcladora rotativa o mediante el uso de una recicladora con sensores electrónicos para que el la profundidad de mezclado sea la correcta. •Luego de esto se procede a la compactación, en donde desde que se termina la mezcla y se termina de compactar máximo deben pasar 6 horas; el contenido de humedad del material durante la compactación nunca excederá el 80 % del contenido de humedad de saturación del material natural •Conformada y compactada la capa se comprueba grosor, pendiente y niveles. •Las capas deberán ser de 150mm de espesor como máximo(si se requiere una capa más ancha se hace en varias capas) •Se realiza el curado con agua durante 7 días (las primeras 48 h serán de manera más constante el regado)	•Si se requiere hacer correcciones en distancias menores a 20m se corrige con la niveladora mezclando más material; si es más de 20 m se debe remezclar todo de nuevo agregando más material en distancias de 100m •El curado también podrá realizarse de otras maneras, aunque solo si la capa está húmeda, mas no mojada: -Curado cubriendo la capa con una membrana que es una emulsión bituminosa en aerosol o bitumen, en la dosificación indicada en el diseño. Se escogerá entre emulsión aniónica (En la SANS 4001-BT3-2014 los RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1, SS-1h o QS-1H) o emulsión catiónica (en la SANS 4001-BT4-2014 los CRS-1, CRS-2, CMS-2, CMS-2h, CSS-1, CSS-1h o CQS-1h) -Riego de imprimación se aplica en la dosificación y materiales que indique el diseño. Normalmente los tipos MC-10 (temperatura de rociado de 10-30°C) o MC-30 (temperatura de rociado de 45-65°C) y aplicando 285 m^2/m^3 de arena sobre esta.

Tailandia	Mezclado -Se podrá usar una planta mezcladora estacionaria, que permita mezclar el suelo, cemento y agua; usando una mezcladora discontinua (Batch mixer) o continua (Continuos Mixer) -El proceso de mezclado si es en una planta deberá ser por un tiempo mayor a 30 segundos. -Otro método de realizar la mezcla es por medio de una planta móvil; aplicando agua por medio de aspersores y materiales como suelo y cemento por medio de dispensadores automáticos. La velocidad y tiempo de mezclado queda a criterio del supervisor. -Como ultima forma de mezclado esta la mezcla en el sitio; la maquinaria contara con cuchillas y tuberías de pulverización. Luego de aplicado el cemento, si la maquinaria es multirotor podrá realizar la mezcla en solo 1 o 2 pasadas; pero si es de un solo rotor este deberá pasarse varias veces. -El agua para la mezcla será +2% del contenido óptimo, para permitir la perdida de humedad durante la mezcla y antes de la compactación -Si se hace uso de una planta mezcladora estacionaria se deberá tener un tiempo transcurrido desde terminada la mezcla, depositarla y compactarla deberán pasar máximo 2 horas; si es una planta móvil, igualmente, luego de que la mezcla se haya combinado y liberado, extendido, nivelado y compactado, desde la liberación de la mezcla hasta compactación no podrá pasar más de 2h -La capa compactada deberá tener un máximo de 150 mm de espesor, se podrá construir una capa de mayor espesor, pero no podrá ser mayor a 200 mm -Luego de compactado se realiza una nivelación final, para luego rociar agua durante los primeros 3 días y dejar reposar durante mínimo 7 días para lograr una capa con las características necesarias.	Antes de iniciar la construcción se realiza un tramo de prueba de entre 200-500 m de largo

Nota. Apéndice de la Figura 12

Tabla 32

Ensayos preliminares y periódicos en la construcción de subbase (Subbase tratada con cemento)

País	Ensayos preliminares	Ensayos para verificaciones periódicas	Observaciones adicionales
Colombia	Desgaste en la máquina de Los Ángeles (ASTM C 131-06); Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval(ASTM D 6928-10); Perdidas en ensayo de solides en sulfatos (ASTM C88-05); CBR(ASTM D 1883 – 07) ; Tamaño máximo agregado(ASTM D 422-63) ; Limite liquido e Índice de plasticidad(ASTM D 4318-10); Equivalencia de arena(ASTM D2419-09); Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables (ASTM C142); índices de alargamiento (BS 812-105.1:1989 y BS 812-105.1:1990); Caras fracturadas (ASTM D 5821-01); proporción de sulfatos del material combinado (UNE-EN 1097-8 julio 2000); Granulometría del material (ASTM D422-63) y Tamaño máximo (ASTM C136-06); Ph del agua (ASTM D1293); contenido de sulfatos en el agua (UNE 83956) -Para el asfalto de curado: Destilación para contenido de asfalto y aceite (ASTM D 6997-12); contenido de agua (ASTM D244-09); Viscosidad (ASTM D7496-11); sedimentación (ASTM D6930-10 y NTL-140/99); tamizado de emulsiones (ASTM D6933-08); rotura en ensayo de mezcla con cemento (ASTM D6935-11 y NTL 144/98); carga eléctrica para identificación de emulsiones asfálticas catiónicas (ASTM D7402-09 y NTL 194/99); pH de emulsión asfáltica (NTL 195/92); índice de rotura (UNE-EN 13075-1); penetración (ASTM D5-06); ductilidad (ASTM D113-07); solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042-09)	-Se toman 4 muestras cada 2000m3 de material por estabilizar para comprobar que cumpla con todo lo requerido. -Se realizan 1 vez por jornada los ensayos Limite líquido, Índice de plasticidad y caras fracturas; Se realiza también 1 vez por jornada o cada 3000 m2 de superficie compactada un ensayo de granulometría. -1 vez por semana Equivalencia de arena, Valor de azul de metileno (si aplica), contenido de materia orgánica, contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables., índices de alargamiento y aplanamiento. -1 vez por mes ensayos de CBR, desgaste en la máquina de Los Ángeles, degradación por abrasión en el equipo micro-deval. -También se verifica periódicamente la calidad del cemento, agua y aditivos si se usan; a su vez de la mezcla elaborada se toman 3 muestras por lote para determinar su contenido de cemento y 2 muestras cada lote para determinar la resistencia a compresión simple -Del material colocado y compactado se realizan cada lote ensayos de densidad seca para determinar compactación y determinación de rugosidad (ASTM E950) •Se realizan ensayos del agua si no es potable verificando su Ph y contenido de sulfatos	-Los ensayos de revisión pueden reducirse a la mitad si se aprueba. -En caso que en las verificaciones periódicas de material no se den resultados satisfactorios, se realizan 2 pruebas más, si no cumplen igual no se usa el material. -Lote se define como la menor área entre 500m de capa terminada, 3500 m2, obra ejecutada en una jornada de trabajo, obra ejecutada con el mismo material.

España	-Si se tiene un marcado CE se verifica que las propiedades que dice sean las correctas y las requeridas, aunque se podrán hacer los ensayos que considere oportunos. Al material granular se le realiza: Granulometría (UNE-EN 933-1); Límite líquido e Índice de plasticidad (UNE 103103 y UNE 103104); contenido de materia orgánica (UNE 103204); contenido de azufre total y sulfatos solubles en ácido (UNE-EN 1744-1); descripción petrográfica (UNE-EN 932-3) -El asfalto para el curado se le podrán realizar los siguientes ensayos: índice de rotura (UNE-EN 13075-1); contenido de ligante (UNE-EN 1428); contenido de fluidificante (UNE-EN 1431); tiempo de fluencia (UNE-EN 12846-1); residuo de tamizado (UNE-EN 1429); tendencia a sedimentación (UNE-EN 12847); adhesividad (UNE-EN 13614); en el residuo por evaporación (UNE-EN 13074-1), ensayos de penetración (UNE-EN 1426), punto de reblandamiento (UNE-EN 1427); y en residuo por evaporación (UNE-EN 13074-1) y luego estabilización (UNE-EN 13074-2), penetración (UNE-EN 1426) y punto de reblandamiento (UNE-EN 1427)	Si se tiene un marcado CE se verifica que las propiedades que dice sean las correctas y las requeridas, aunque se podrán hacer los ensayos que considere oportunos. -En la fabricación se realizan cada 1000 m3 o el de cada día si se realiza menos material: Humedad natural (UNE-EN 1097-5); límite líquido e índice de plasticidad -Suelo cemento: Por cada 5000 m3 o 1 vez a la semana si se emplea menos material: Contenido de materia orgánica (UNE 103204) -Al menos una vez al mes para ambos sc y gc: Presencia de sustancias orgánicas (UNE-EN 1744-1); contenido de azufre total y sulfatos solubles en ácido; índice de lajas del árido grueso (UNE-EN 933-5) y coeficiente Los Ángeles. -Junto a ello se tomas 2 veces al día una muestra representativa seca para determinar la granulometría. -De la mezcla se determinara una vez por lote la humedad del material tratado (UNE 103300) y en todo caso 2 veces al día. -Se realizan ensayos de densidad (UNE 103900) y de humedad de manera aleatoria y mínimo 7 medidas por lote. -Para el curado: Se toman 2 muestras por procedencia y cualquier volumen para ensayar granulometría (UNE-EN 933-2), el equivalente de arena (SE4) (UNE-EN 933-8 anexo A), y la plasticidad (UNE 103103 y UNE 103104). Y la emulsión será ensayada para comprobar todas las especificaciones que deberá tener. -Además para el curado se tomaran mínimo 3 puntos por lote para comprobar la dotación.	Lote se define como la menor entre 500m de calzada, 3500 m2 y la fracción construida en un día.
Estados Unidos	Ensayo de abrasión Los ángeles (AASHTO T96 y ASTM C535); ensayo de resistencia a los sulfatos (AASHTO T 104); ensayo para porcentaje de partículas fracturadas en agregado grueso (ASTM D5821); partículas planas y alargadas en agregado grueso (ASTM D4791); limite liquido e índice de plasticidad (AASHTO T89 o ASTM D4318); ensayo granulométrico (ASTM C136/AASHTO T27 y AASHTO T11); Densidad (AASHTO T 310 o T 191), equivalencia de arena (ASTM D2419); Modulo de resiliencia (AASHTO T274)	Se comprueban que todas las especificaciones cumplan con lo requerido mediante distintos ensayos. - Se comprueba la densidad in situ y el contenido de humedad (AASHTO T 310); control de gradación y caras fracturadas - Ensayo de Limite liquido e índice de plasticidad, ensayos de contenido de humedad y ensayos de densidad. (AASHTO T180 y T99) Todo junto a un control de superficie.	-
Sudáfrica	-Para el agregado: CBR (ASTM D4833 o SANS 3001-GR40); Análisis granulométrico(SANS 3001-AG1); Análisis del tamaño de partículas de material inferior a 2 mm y 0,075mm; Hinchamiento; ensayo de durabilidad en molino; ensayo para determinación de impacto en agregado (BS 812-112:1990); Determinación del límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad(SANS 3001); el índice de plasticidad. -Para la emulsión usada en riego de imprimación: viscosidad cinemática (ASTM D2170); viscosidad dinámica (ASTM D4402); punto de inflamación (ASTM D93); cantidad de agua (ASTM D95); destilado a 360°C (ASTM D402); en residuos de destilación, ensayos de viscosidad (ASTM D4402). -Si se usa los tipos de la SANS 4001-BT3 o BT4: Viscosidad Saybolt Furol (ASTM D7496); estabilidad de almacenamiento a 24h (ASTM D6930); demulsibilidad (ASTM D6936); prueba de carga de la partícula (ASTM D7402); capacidad de cubrimiento y resistencia del agua (ASTM D6930); prueba en mezcla con cemento (ASTM D6935); ensayo tamizado (ASTM D6933); residuo por destilación (ASTM D6997); aceite destilado por volumen de emulsión (ASTM D6997); en residuo de destilación ensayos de penetración (ASTM D5), ductibilidad (ASTM D113), solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042) y prueba de flotación.	Se realizan ensayos de manera aleatoria para comprobar que todos los parámetros cumplan con lo exigido. Uno de los ensayos más importantes es el de Densidad seca Máxima (SANS 3001-GR30)	-

Australia y Nueva Zelanda	Distribución de tamaños de partículas (AS 1289.3.6.1); límite plástico (AS 1289.3.1 y NZ 4402.2.3:1986), límite líquido (AS 1289.3.2 y NZ 4402.2.2:1986), índice de plasticidad (AS 1289.3.3.3 y NZ 4402 2.4:1986); resistencia máxima a la compresión en seco (AS 1289.5); desgaste por Los Ángeles (AS 1141.23 y NZ 4407 3.12:1991); índice de descamación (AS 1141.15 y NZ 1141.15: 1999); resistencia húmeda seca (AS 1141.22 y NZ 1141.22: 1996); equivalencia de arena (NZ 3.6:1991); forma de la partícula (AS 1141.14-2007, .15-1999, .16-2007, .18-1996); sulfatos (AS 1289.4.2.1-1997); contenido de sulfatos solubles en ácido (AS 1141.36); caras fracturadas (AS 1141.18 – 1996); contenido de MO (NZS 4402 3.1.1:1986)	Se debe comprobar que cumplan todos los parámetros que se dieron en el diseño. Realizando ensayos de distribución de tamaños de partículas, límite plástico, límite líquido, índice de plasticidad, resistencia máxima a la compresión en seco, desgaste por Los Ángeles, resistencia húmeda seca. Se realizan ensayos de contenido de cemento (AS 1289.5.10.1:2018); compactación y densidad (AS 1289.5.3.1:2009).	-
Tailandia	Límite líquido (AASHTO T89); índice de plasticidad (AASHTO T90); ensayos para determinar la existencia a la compresión (AASHTO T 208)	Pruebas de densidad cada 100m o áreas de 500 m2(AASTHO T191) Se realizan ensayos de inspección luego de compactada y que cumpla con los requisitos necesarios, un ejemplo de ellos es el ensayo de compactación (AASHTO T180) Ensayos cada período de construcción tomando 3 muestras para saber la resistencia a compresión (AASHTO T 208)	-

Nota. Apéndice de la Figura 13

Tabla 33

Criterios de calidad de la subbase terminada (Subbase tratada con cemento)

País	Criterios de Calidad terminado	Mínimo de ensayos
Colombia	-Grado de compactación ≥ 95% -Espesor promedio ≥ Espesor de diseño y ≥ 90% para muestras individuales. -La cota en cualquier punto no podrá variar más de 10mm de la proyectada. -Planicidad con variación menor a 15mm -Regularidad superficial con una rugosidad que dependerá de la clase de material y espesor total, se expresa en Índice de rugosidad internacional con la ASTM E1926 y ASTM E950 : Para % de hectómetros de 50% si e ≥ 20 cm (< 3,0), 10 cm < e < 20 cm o e ≤ 10 cm (< 2,5); Para 80% si e ≥ 20 cm (< 4,0), 10 cm < e < 20 cm o e ≤ 10 cm (< 3,5); Para 100% si e ≥ 20 cm (< 5,0), 10 cm < e < 20 cm (< 4,5) y e ≤ 10 cm (< 4,0). Esta se medirá con mira y nivel y se determinara el IRI (NTL 330-98), si es con perfilómetro pivotante de alta precisión (NTL 331-98) y equipo de referencia inercial validado previamente con 1 de precisión en tramo de 200 m (ASTM E950) -La rasante no debe superar ni quedar debajo de 15 mm de lo proyectado -La resistencia final deberá ser ≥ 92% de la resistencia del diseño y ≥ 90% para muestras individuales -El porcentaje de cemento final deberá variar máximo ± 0,3% de la diseñada.	Los sitios para verificación de compactación se realizan determinando la densidad seca de la capa, escogiendo un sitio al azar. Como mínimo 1 prueba por hectómetro y 5 ensayos por lote (lote el menor de 500m o 3500m2 de capa compactada, obra ejecutada por jornada, obra ejecutada con el mismo material)
España	-Deberá tener una densidad luego de compactada ≥ 98% de la densidad máxima. -La rasante deberá tener una textura uniforme, sin segregaciones u ondulaciones y con las pendientes adecuadas; no deberá superar en ningún punto a la teórica ni quedar por debajo de 15mm -Cada 20 metros se verifica que la anchura no podrá ser superior a la teórica ni quedar por debajo más de 100mm. -Regularidad superficial con una rugosidad se expresa en Índice de rugosidad internacional IRI con la NTL-330: Para % de hectómetros de 50% con tráfico T00 a T4 (< 3,0), para 80% y tráfico de T00 a T4 (< 3,5), para 100% (< 4,0); estos podrán cambiar en 0,5 si se realizó la prefisuración -Su espesor no podrá ser inferior al mínimo que se exige; aunque se aceptara si este es ≥ 90% del requerido, solo si se compensa esta diferencia añadiendo ese espesor faltante en la otra capa.	El IRI se comprobará cada 1000 metros; junto a ello se comprobará el espesor y densidad con mínimo 6 muestras por lote. La rasante se comprueba cada 20 metros
Estados Unidos	-Debe tener la capa final una resistencia a la compresión de 250 psi para pavimentos flexibles y 200 para pavimentos rígidos; aunque la American Concrete Pavement Association indica una resistencia a la compresión a los 7d de entre 200 y 800 psi. -Se deberá compactar hasta obtener una densidad ≥ 95% de la máxima, aunque la Unified Facilities Guide Specifications deberá ser ≥ 98% de la densidad máxima -La American Concrete Pavement Association indica una tolerancia de nivelación de ±12 mm -El espesor de la capa compactada deberá ser mayor o igual a la de diseño	La densidad máxima se determina con la AASHTO T 180 (proctor modificado) o AASHTO T 99(proctor estándar)

Sudáfrica	-Se debe compactar hasta alcanzar entre un 95% a 97% de densidad máxima. -Se tendrá una tolerancia de nivelación de 20mm -Desviación máxima de los bordes de 75mm -La capa no puede variar en su espesor más de 20 mm. -La rasante no debe superar ni quedar debajo de 10 mm de lo proyectado	Se controla el nivel de la capa cada 20m mínimo
Australia y Nueva Zelanda	-Se deberá tener una resistencia a la compresión a los 28 días de entre 0,7 a 1,5 MPa -Planicidad con tolerancia máximo de 10 mm y si está bajo un pavimento flexible será máximo 15 mm -Según la Main roads Western Australia se tiene una tolerancia de nivelación de entre -25 mm y 5mm -Se tiene una toleración superficial vertical de +/- 15mm -Tolerancia a lo ancho de 0-100mm -Tolerancia de espesor de +/- 15mm -Se debe compactar hasta alcanzar entre un 94% a 96% de densidad máxima según la Main roads Western Australia	-
Tailandia	-Se debe compactar hasta alcanzar una densidad seca de como mínimo un 95% de la densidad seca maxima. -Se permite una diferencia de planeidad de máximo 10mm -Diferencia de nivel no mayor a 15mm.	La inspección de planeidad y nivel cada 25m. Si la resistencia a la compresión final no es la diseñada, se realizan nuevos ensayos y estos deberán tener que, la resistencia a la compresión deba ser mayor o igual al 85% de la diseñada.

Nota. Apéndice de la Figura 14

Tabla 34

Especificaciones de materiales a usar (Base granular)

País	Observaciones previas	Requisitos del material para capa base	Observaciones adicionales
Colombia	-La Base granular se clasifica según el nivel de tránsito: Clase A(NT3: N80kN > 5M) Clase B(NT2: 0.5 < N80kN ≤ 5M) Clase C(NT1: N80kN ≤ 0.5M) - El diseño debe haber sido adecuado a una de las 2 franjas granulométricas para gradación gruesa o las 2 para gradación fina; teniendo que los agregados gruesos que quedan en el tamiz N°4 deben ser constituidos por fragmento de roca o grava, resistentes y durables; y los agregados finos deben ser arenas naturales o trituradas; además partículas minerales que pasan por el tamiz N°200	•Clase A: -CBR(4d de inmersión) ≥ 95% -Desgaste Los Ángeles ≤ 35% (500 revoluciones) y ≤ 7%(100 revoluciones) -Degradación por abrasión ≤ 25% -Resistencia mecánica: Valor en seco ≥ 90kN y relación húmedo/seco ≥ 75% -Caras fracturadas: Una cara ≥ 90% y dos caras ≥ 85% •Clase B: -Degradación por abrasión ≤ 30% -Resistencia mecánica: Valor en seco ≥ 70kN y relación húmedo/seco ≥ 75% -Caras fracturadas: Una cara ≥ 70% y dos caras ≥ 50% •Clase C: -LL ≤ 25%; IP ≤ 3% -Caras fracturadas: Una cara ≥ 50% •Clase A y B: -IP debe ser 0(Cero) -Angularidad de la fracción fina ≥ 35% •Clase B y C: -CBR ≥ 80% -Desgaste Los Ángeles ≤ 40% (500 revoluciones) y ≤ 8%(100 revoluciones) •Requisitos para cualquiera de las clases: -Perdidas mediante prueba de sulfato de sodio ≤ 12% y Sulfato de magnesio ≤ 18% -Equivalencia de arena ≥ 30%, si es menor a este pero ≥ 25% deberá tener un valor de azul de metileno ≤ 10. -Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables ≤ 2% -Índices de alargamiento y aplanamiento ≤ 35%	-Para Bases granulares de niveles de tránsito NT3(clase A) se debe usar una gradación gruesa -Deberá cumplir con la granulometría de una de las 2 presentadas, esta es escogida en el diseño: -BG-40 un PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 75-100, PP (19 mm): 65-90, PP (9.5 mm): 45-68, PP4: 30-50, PP10: 15-32, PP40: 7-20 y PP200: 0-9 -BG-27 un PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 75-100, PP (9.5 mm): 52-78, PP4: 35-59, PP10: 20-40, PP40: 8-22 y PP200: 0-9 -El porcentaje de partículas fracturadas se puede reducir a la mitad siempre que se demuestre mediante tramos de prueba que no afecta la resistencia. -Relación entre el PP200 y PP40 no puede exceder 2/3 del espesor de capa compactada y tamaño nomina menor a 1/3 del mismo espesor.
Perú	-Los agregados a usar no pueden tener restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores del máximo especificado	•Carreteras de Segunda clase, tercera clase, bajo volumen de tránsito (Ejes Equivalentes ≤ 10'000.000) un CBR ≥ 80% Carreteras de Primera clase, carreteras duales o multicarril o autopistas (Ejes Equivalentes ≥ 10'000.000) un CBR ≥ 100% •Para agregado grueso (retenido en Tamiz N°4) -Para altitud < 3000 msnm: Partículas con 2 caras fracturadas ≥ 40% -Para altitud ≥ 3000 msnm: Partículas con 2 caras fracturadas ≥ 50% y Durabilidad al sulfato de magnesio ≤ 18% Para cualquier altitud: Partículas con una cara fracturada ≥ 80%; Abrasión Los Ángeles ≤ 40%; Partículas chatas y alargadas ≤ 15%; Sales solubles totales ≤ 0,5%. •Para agregado fino (Pasan por Tamiz N°4) -Para altitud < 3000 msnm: IP ≤ 4%; Equivalencia de arena ≥ 35% -Para altitud ≥ 3000 msnm: IP ≤ 2%; Equivalencia de arena ≥ 45%; Durabilidad al sulfato de magnesio ≤ 15% Para cualquier altitud: Sales solubles ≤ 0.5%.	El material debe estar adaptado uniformemente y paralelo a una de las 4 franjas granulométricas.(una de ellas específica para 3000 msnm que será Gradación A); este ya ha sido escogido en la etapa de diseño. -Gradación A un PP (50 mm): 100, PP (9.5 mm): 30-65, PP4: 25-55, PP10: 15-40, PP40: 8-20 y PP200: 2-8 -Gradación B un PP (50 mm): 100, PP (25 mm): 75-95, PP (9.5 mm): 40-75, PP4: 30-60, PP10: 20-45, PP40: 15-30 y PP200: 5-15 -Gradación C un PP (25 mm): 100, PP (9.5 mm): 50-85, PP4: 35-65, PP10: 25-50, PP40: 15-30 y PP200: 5-15 -Gradación D un PP (25 mm): 100, PP (9.5 mm): 60-100, PP4: 50-85, PP10: 40-70, PP40: 25-45 y PP200: 8-15

Chile	Mezcla de arena-arcilla; grava o escoria, arenas o material triturado. -Los agregados gruesos retenidos en Tamiz N°4 deben ser resistentes, durables, constituidas por fragmentos de roca, grava o escoria. -Agregado fino que pasan por tamiz N°4 deben ser arenas naturales o trituradas y partículas minerales que pasan por el tamiz N°200	-LL ≤ 35%; IP ≤ 8%; porcentaje de chancado o triturado ≤ 50% -CBR ≥ 80% y resistencia al desgaste Los Ángeles ≤ 35% -Equivalencia de arena ≥ 25%; Sales solubles ≤ 4% •Requisitos según: Bases granulares según la capa de rodadura (Gradación cerrada) -Concreto Asfaltico: CBR ≥ 80% y Material Chancado ≥ 50% -Tratamiento superficial: CBR ≥ 100% y Material Chancado ≥ 70% -Tratamiento superficial alto transito: CBR ≥ 120% y Material Chancado ≥ 90% Gradación Abierta Bases granulares Gradación abierta bajo la capa de rodadura (también zonas que sufren ciclos de hielo-deshielo) -IP ≤ 4% y Límite inferior de PP4 será 0% y PP200 entre 0 y 5% •Para bermas se tiene que si revestirán con asfalto la base debe tener un CBR ≥ 80%; si es berma revestida con hormigón se utiliza es una subbase granular de CBR ≥ 50%	-El material debe estar en una de las 3 banda granulométrica especificas escogidas preliminarmente en la etapa de diseño -TM-50b un PP (50 mm): 100, PP (40 mm): 70-100, PP (25 mm): 55-85, PP (20 mm): 45-75, PP(10 mm): 35-65, PP (5 mm): 25-55, PP (2 mm): 15-45, PP (0.5 mm): 5-25 y PP (0.08 mm): 0-10. -TM-50c un PP (50 mm): 100, PP (25 mm): 70-100, PP (20 mm): 60-90, PP(10 mm): 40-75, PP (5 mm): 30-60, PP (2 mm): 15-45, PP (0.5 mm): 10-30 y PP (0.08 mm): 0-15. -TM-25 un PP (25 mm): 100, PP (20 mm): 70-100, PP(10 mm): 50-80, PP (5 mm): 35-65, PP (2 mm): 25-50, PP (0.5 mm): 10-30 y PP (0.08 mm): 0-15. -No se puede usar material con materia orgánica y terrones de arcilla -Materiales que se quiebran con ciclos alternados de Hielo-deshielo y humedad-sequedad no pueden usarse. -Las fracciones que pasan por Tamiz N°200 no deben ser mayores a 2/3 lo que pasa por el N°40 -En zonas de heladas se reconsideran los requisitos normales.
España	Dependerá del tipo de tráfico: •Se podrá usar material granular reciclado para tráfico pesado de T2 a T4: -200 ≤ T2 < 800 vehículos pesados por día -50 ≤ T3 < 200 -T4 < 50 •Todo material a usar no puede ser susceptible a meteorización o cambio físico-químico. •Materiales áridos, naturales, artificiales o procedentes del reciclado, deberán disponer del marcado CE	•Árido Para material reciclado: -Cantidad de perdida ≤ 18% - El árido siderúrgico obtenido del alto horno no mostrará descomposición por presencia de silicato bicálcico o presencia de hierro. -El árido siderúrgico de acería debe tener: Expansividad < 5%; Índice Granulométrico de Envejecimiento < 1%; contenido de cal libre < 0,5% -Composición química: Contenido de azufre S < 0,5% si está en contacto con materiales tratados con cemento y S < 1% en el resto de casos; si es material reciclado de hormigón debe tener un Contenido de SS de SO3 < 0,7% •Árido grueso(Parte que para por tamiz de 4mm) -Proporción de partículas parcialmente triturada: T2 ≥ 70%, T3 y T4 ≥ 50%; proporción de partículas redondeadas ≤ 10%; Índice de lajas < 35; coeficiente de los ángeles para T2 ≤ 30 y T3-T4 ≤ 40; contenido de finos PP(0,063mm) < 1%. •Árido fino(cernido del tamiz de 4mm) -Equivalencia de arena: T2 > 35 y T3-T4 > 30 •Estos materiales deben ser materiales no plásticos.	-Se puede usar áridos reciclados de residuos de construcción y demolición deben estar acreditados. -También puede ser de trituración, total o parcial, de piedra de cantera o de grava natural. -El material debe estar en una banda granulométrica especifica, el cual depende del tamaño máximo nominal, que se define como la abertura del primer tamiz que retiene más del 10% en masa (seleccionado en etapa de diseño), misma granulometría que para subbase granular -ZA 0/32 un PP (40 mm): 100, PP (32 mm): 88-100, PP (20 mm): 65-90, PP(12.5 mm): 52-76, PP (8 mm): 40-63, PP (4 mm): 26-45, PP (2 mm): 15-32, PP (0.5 mm): 7-21, PP (0.250 mm): 4-16 y PP (0.063 mm): 0-9. -ZA 0/20 un PP (32 mm): 100, PP (20 mm): 75-100, PP(12.5 mm): 60-86, PP (8 mm): 45-73, PP (4 mm): 31-54, PP (2 mm): 20-40, PP (0.5 mm): 9-24, PP (0.250 mm): 5-18 y PP (0.063 mm): 0-9. -ZAD 0/20 un PP (32 mm): 100, PP (20 mm): 65-100, PP(12.5 mm): 47-78, PP (8 mm): 30-58, PP (4 mm): 14-37, PP (2 mm): 0-15, PP (0.5 mm): 0-6, PP (0.250 mm): 0-4 y PP (0.063 mm): 0-2. •Para imprimación se usan tipo Emulsión C50BF4 IMP o C60BF4 IMP: -Índice de rotura de 110-195; contenido de ligante (por contenido de agua) de 58-62% para C60BF4 IMP y 48-52% para C50BF4 IMP; contenido de fluidificante ≤ 10% para C60BF4 IMP y 5-10% para C50BF4 IMP; tiempo de fluencia (2mm, 40°C) de 15-70%; residuo de tamizado ≤ 0.1% y tendencia a sedimentación a los 7d ≤ 10%; adhesividad ≥ 90%; en el residuo por evaporación una penetración a 25°C ≤ 330 (0.1 mm) y a 15°C > 300 (0.1 mm), punto de reblandamiento ≥ 35°C; y en residuo por evaporación y luego estabilización, una penetración ≤ 220 (0.1 mm) para C60BF4 IMP y ≤ 220 (0.1 mm) para C50BF4 IMP; punto de reblandamiento ≥ 35°C. •Además el árido de cobertura para curado deberá para por tamiz N°4 y menos de 15% que sean menores al tamiz 0.063 mm; además, no podrá ser material plastico y deberá tener una equivalencia de arena > 40%

Estados Unidos	Se usará partículas o fragmentos duros y duraderos de piedra triturada, escoria triturada o grava triturada. No podrá tener materia orgánica, ni grumos o bolas de arcilla.	El agregado deberá tener las siguientes propiedades: -Abrasión Los Ángeles ≤ 50%; Estabilidad del suelo con sulfato de sodio 12% perdidas máximo; Índice de durabilidad(para grueso y fino) ≥ 35%; caras fracturadas ≥ 50%; Limite liquido ≤ 25%. Según la ASTM D2940 de las partículas que se retienen en el Tamiz de 9,5mm al menos el 75% debe tener dos o más caras fracturadas; la fracción de agregado fino(mezcla final) que pasa por el Tamiz N°200 no deberá exceder el 60% de la fracción que pasa por el tamiz N°30; la fracción que pasa por el tamiz N°40 deberá tener un LL ≤ 25% e IP ≤ 4%, además el valor equivalente de arena en agregado debe ser ≥ 35% U.S. Department of Transportation presenta que para pavimentos rígidos la base debe tener: Desgaste Los Ángeles ≤ 50% luego de 500 revoluciones, agregados con tamaño máximo de 50mm y mínimo 70% pasando por el tamiz de 37,5mm; A su vez para pavimentos flexibles presenta tener un CBR ≥ 80% -Según la AASHTO 93 se proporciona un valor CBR ≥ 100%	El material debe estar en una de las 3 franjas granulométricas específicas para ellas. -Gradación C un PP (50 mm): 100, PP (25 mm): 80-100, PP (19 mm): 64-94, PP (9.5 mm): 40-69, PP4: 31-54 y PP200: 4-7. -Gradación D un PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 86-100, PP (9.5 mm): 51-82, PP4: 36-64, PP40: 12-26 y PP200: 4-7. -Gradación E un PP (19 mm): 100, PP (9.5 mm): 62-90, PP4: 36-74, PP40: 12-26 y PP200: 4-7. Según la FHWA, si se tiene un pavimento rígido con un nivel de tráfico N80kN < 1M se podrá omitir la base y la subbase.
Sudáfrica	Si se usa roca triturada debe ser con un tamaño máximo de 37,5mm, con alta durabilidad, baja permeabilidad y baja sensibilidad a la humedad, ya que no es cohesivo. Si es grava podrá tener un tamaño máximo de 50mm Materiales deben tener poco contenido de sulfuro, sales solubles y mica.	**•Para tráfico de bajo volumen(arena natural sin tratar):** Solo para bases con EE80kN ≤ 0.3M y Weinert N ≥ 10 (relación entre la lluvia, la evaporación y la presencia de agua en la superficie de un material) -CBR ≥ 50% mojada y CBR ≥ 60% seca; PP(2mm): 95-100%, PP(0,75mm): 5-12%; Modulo granulométrico: 0,75-1,50; IP (en fracción de 0,075 mm): SP-25 (Porcentaje de finos menos 25); Hinchazón ≤ 0,1% •La arena para zonas seca es conveniente que tenga al menos 0,3% Fe o 1,2% Fe2O3 **•Para Trafico normal:** Podrán usarse material tipo G1 a G6, donde es más normal usar los tipos G1 a G4 •Roca de alta calidad G1 (Trafico altos, tanto para E80 > 15 millones como E80 ≤ 15 millones): Porcentaje de finos ≤ 10% por masa; índice de descamación ≤ 35; todas las caras fracturadas; Para tráficos ≤ 15 millones se indica para PP0,425 un LL ≤ 25, IP ≤ 4 y LS ≤ 2% (perdida por lavado), no indicando valores concretos para > 15 millones; de manera general se debe tener un IP ≤ 8 (PP 0,075); tamaño máximo de partícula de 37.5mm. •Roca G2 igualmente de muy buena calidad: Porcentaje de finos ≤ 10% por masa; índice de descamación ≤ 35; 50% de caras fracturadas; Para material que Pasa tamiz de 0,425mm un LL ≤ 25, IP ≤ 6, LS ≤ 3% (perdida por lavado) e IP ≤ 12 (PP 0,075); tamaño máximo de partícula de 37.5mm. •Roca G3: Porcentaje de finos ≤ 15% por masa; índice de descamación ≤ 35; 50% de caras fracturadas; Para material que Pasa tamiz de 0,425mm un LL ≤ 25, IP ≤ 6, LS ≤ 3% (perdida por lavado) y si es calcreta debe tener un LL ≤ 30, IP ≤ 8, LSM ≤ 170 (módulo de contracción lineal); IP ≤ 12 (PP 0,075); tamaño máximo de partícula de 37.5mm o podrá ser de 28 mm; hinchazón ≤ 0.2% y CBR ≥ 80% •Rocas G4 son de menor calidad: Roca triturada o gravas con guijarros; requisitos para material PP(0,425 mm): Para cualquier material excepto calcreta: LL ≤ 25; IP ≤ 6; LS ≤ 3% (Perdida por lavado) Si es calcreta o caliza: LL ≤ 30; IP ≤ 8; LSM ≤ 170(perdida por lavado en fracción fina) Hinchazón ≤ 0.2% y CBR ≥ 80% •La roca triturada deberá tener un contenido de SS ≤ 0,15 o 0,10 si hay drenaje deficiente; Ácidos con pH ≥ 6,0 y sulfatos ≤ 0,05 %; también un % de mica ≤ 2% de la masa. •El agua a usar debe tener un Ph a 25°C de 5,0 – 9,7; Conductividad eléctrica ≤ 170 mS/m y Sólidos disueltos totales ≤ 1200mg/l	Los agregados deberán estar adaptados a una de las franja granulométrica, el cual fue escogido en la etapa de diseño: -Para G1: PP (37.5 mm): 100, PP (28 mm): 86-90, PP (20 mm): 73-80, PP (14 mm): 61-71, PP (5 mm): 37-49, PP (2 mm): 23-36, PP (0.425 mm): 11-20 y PP (0.075 mm): 4-10 -Para G2 y G3 (37.5 mm): PP (37.5 mm): 100, PP (28 mm): 86-95, PP (20 mm): 73-86, PP (14 mm): 61-76, PP (5 mm): 37-54, PP (2 mm): 23-40, PP (0.425 mm): 11-24 y PP (0.075 mm): 4-12 -Para G3 (28 mm): PP (28 mm): 100, PP (20 mm): 87-96, PP (14 mm): 73-86, PP (5 mm): 43-61, PP (2 mm): 27-45, PP (0.425 mm): 13-27 y PP (0.075 mm): 5-12 -Para G4 (Roca media a dura) un PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 85-100, PP (20 mm): 61-91, PP (14 mm): 48-82, PP (5 mm): 31-66, PP (2 mm): 20-50, PP (0.425 mm): 10-30 y PP (0.075 mm): 5-15

Australia y Nueva Zelanda	El material granular puede estar compuesto por roca fina triturada, grava natural, piedra partida. -El tamaño de las partículas deberán ser < 20mm; aunque para la parte inferior de la base podrán ser < 40mm -No se pueden usar rocas alargadas y delgadas. -No podrá tener materia orgánica, ni grumos o bolas de arcilla.	-Contenido de finos(PP0,075 mm) máximo: 6-12% -Angulosidad de 0 a 12 (0 será un 33% de angulosidad) •Para base con roca triturada -Valor de resistencia húmedo seco ≤ 35%; resistencia húmeda ≥ 100%(clase 1) y ≥ 80%(clase 2) -Abrasión Los ángeles para grano grueso ≤ 35% y grano fino ≤ 30% Un parámetro necesario es tener un % de piedras marginales e inestables en un conjunto de agregados ≤ 10%; y % de piedras inestables de 5% máx. -% perdida por sanidad del sulfato de sodio(solidez del agregado) ≤ 6%(clase1) y ≤ 9%(clase2) -El agregado fino debe tener un factor de degradación ≥ 60 -% de arenas ≤ 15% de la mezcla total; % partículas trituradas ≤ 50% -Contenido de humedad de los materiales ≤ 3,5% Los requisitos pueden cambiarse si se tienen pruebas de aceptación de otros parámetros. •Los siguientes dependerán de si será Clase 1(materiales para base de pavimento cohesivo de primera calidad para pavimentos no ligados, superficie asfáltica delgada o sellada por aspersión) y clase 2(material base de pavimento de alta calidad para pavimentos flexibles no ligados) -LL (clase 1 y clase 2) ≤ 30% -IP (clase 1) será de 2-6 y IP(clase 2) entre 0-6 -Índice de descamación(clase 1 y 2) ≤ 35% -% partículas triturada ≤ 60% •Para gravas naturales(grava y roca blanda): -CBR ≥ 60% si no se sella, si se sella será ≥ 80% -LP ≤ 20% y LL ≤ 35% -El IP será dependiendo de la lluvia anual, si es < 400 mm el IP debe ser entre 4 - 15% y si es > 400 mm será entre 4 - 9% -Máxima resistencia a la compresión en seco ≥ 2,8MPa; si la lluvia anual es < 400 mm, la contracción lineal deberá ser ≤ 6% y si es > 400mm deberá ser ≤ 3% •Para roca triturada esta podrá tener entre 5 a 10% de masa en arena plástica dina o incluso si llega ser necesario un 30% de masa en fino triturado •Si la base está bajo un sello de superficie o capa delgada de asfalto considerar que el IP no podrá ser menor a 2 •Otras especificaciones como las de Mainroads Western Australia presenta que si es a partir de roca triturada deberá tener un CBR ≥ 100%, LL ≤ 25 %, Contracción lineal de 0,4 - 2%, Índice de descamación ≤ 30 %, abrasión Los Ángeles ≤ 35 %, Variación de resistencia húmeda/seca ≤ 35 %; Contenido de minerales secundarios en rocas ígneas básicas ≤ 25%, índice de solidez acelerado por reflujo ≥ 94% -Pero si es grava deberá tener un CBR ≥ 80%, LL ≤ 25 %, Contracción lineal ≤ 2%, Máxima resistencia a la compresión en seco ≥ 2,3MPa, Contenido de minerales secundarios en rocas ígneas básicas ≤ 25%, índice de solidez acelerado por reflujo ≥ 94%	El material debe estar en una franja granulométrica especifica, para clase 1 y 2 (20mm) -Clase 1 y 2 (20 mm) un PP (26.5 mm): 100, PP (19 mm): 95-100, PP (13.2 mm): 78-92, PP (9.5 mm): 63-83, PP (4.75 mm): 44-64, PP (2.36 mm): 30-48, PP (0.425 mm): 14-22 y PP (0.075): 7-11

Tailandia	Se presentan 2 tipos de bases granulares, una con piedra triturada y la otra con grava triturada. -El material debe ser duro, tenaz, limpio, no descompuesto y libre de otros materiales.	•Agregado de suelo de roca triturada tipo Base: -Desgaste los Ángeles ≤ 40% -Perdida de durabilidad mediante sulfato de sodio ≤ 9% -Las propiedades del agregado fino deberán ser las mismas que del agregado grueso. -LL ≤ 25% -IP ≤ 6% -CBR ≥ 80% para pavimentos de concreto asfaltico y CBR ≥ 90% para pavimentos de tratamiento superficial. •Agregado de suelo de grava triturada El material antes de triturado debe tener un PP(25mm) ≥ 50%; además, ya triturado una fracción en el tamiz de 4,75mm de al menos 75% de masa -Desgaste los Ángeles ≤ 40% -Las propiedades del agregado fino deberán ser las mismas que del agregado grueso. -LL ≤ 25% -IP ≤ 6% -CBR ≥ 80% para pavimentos de concreto asfaltico y CBR ≥ 90% para pavimentos de tratamiento superficial.	-La porción fina que pasa por el tamiz de 0,075mm no deberá ser más de 2/3 de la porción fina que pasa por el tamiz de 0,425mm -No usar materiales de esquisto o pizarra (Shale) El material debe ajustarse a una de las 3 franjas granulométricas para roca triturada y 4 para grava triturada. La cual, es escogida en la etapa de diseño. -Grado A (Roca triturada) un PP (50 mm): 100, PP (9.5 mm): 30-65, PP4: 25-55, PP10: 15-40, PP40: 8-20 y PP200: 2-8 -Grado B (Roca triturada) un PP (50 mm): 100, PP (25 mm): 75-95, PP (9.5 mm): 40-75, PP4: 30-60, PP10: 20-45, PP40: 15-30 y PP200: 5-20 -Grado C (Roca triturada) un PP (25 mm): 100, PP (9.5 mm): 50-85, PP (2 mm): 25-50, PP (0.425 mm): 15-30 y PP (0.075): 5-15 -Grado A (Grava triturada) un PP (50 mm): 100, PP (9.5 mm): 30-65, PP4: 25-55, PP10: 15-40, PP40: 8-20 y PP200: 2-8 -Grado B (Grava triturada) un PP (50 mm): 100, PP (25 mm): 75-95, PP (9.5 mm): 40-75, PP4: 30-60, PP10: 20-45, PP40: 15-30 y PP200: 5-20 -Grado C (Grava triturada) un PP (25 mm): 100, PP (9.5 mm): 50-85, PP4: 35-65, PP10: 25-50, PP40: 15-30 y PP200: 5-15 -Grado D (Grava triturada) un PP (25 mm): 100, PP (9.5 mm): 60-100, PP4: 50-85, PP10: 40-70, PP40: 25-45 y PP200: 5-20

Nota. Apéndice de la Figura 15

Tabla 35

Ensayos preliminares y periódicos en la construcción de base (Base granular)

País	Ensayos preliminares	Ensayos para verificaciones periódicas	Observaciones adicionales
Colombia	Desgaste en la máquina de Los Ángeles (ASTM C 131-06); Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval(ASTM D 6928-10); Evaluación de la resistencia mecánica-método de 10% finos (BS 812 Part 110-1990 o SABS Method 842); Perdidas en ensayo de solides en sulfatos (ASTM C88-05); CBR(ASTM D 1883 – 07) ; Limite liquido e Índice de plasticidad(ASTM D 4318-10); Equivalencia de arena(ASTM D2419-09); Valor de azul de metileno (EN 933-9); Contenido de materia orgánica (AASHTO T 267-86, podrá ser la UNE-103204 si la otra prueba no es aplicable); Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables (ASTM C142) ; índice de alargamiento y aplanamiento (BS 812-105.1: 1989 y BS 812-105.2: 1990); porcentaje de partículas fracturadas (ASTM D 5821-01); angularidad de la fracción fina (ASTM C 1252-06)	-Se toman 4 muestras cada 2000m3 de material para comprobar que cumpla con todo lo requerido. -Se realizan 1 vez por jornada verificaciones de Granulometría, Limite líquido, Índice de plasticidad. 1 vez por semana CBR de laboratorio, valor de azul de metileno (si aplica), Equivalente de arena, Ensayo modificado de compactación. -Del material colocado y compactado se realizan cada 200m ensayos de Granulometría, Limite líquido, índice de plasticidad, equivalencia de arenas.	Los ensayos de revisión pueden reducirse a la mitad si se aprueba o si el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado 10 lotes consecutivos.
Perú	Abrasión de los Ángeles (ASTM C 131 o AASHTO T96); CBR (ASTM D-1883 o AASHTO T 193); Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422; Índice plástico (ASTM D 4318 y AASHTO T 90); Equivalencia de arena (ASTM D2419 o AASHTO T176); Contenido Sales Solubles Totales (MTC E 219); Partículas chatas y alargadas (ASTM D 4791); partículas con una cara o dos caras fracturadas (ASTM D5821); Durabilidad al sulfato de magnesio (ASTM C88)	-Se realizan ensayos para comprobar la calidad de los materiales (4 muestras): Granulometría, LL e IP, abrasión los ángeles, equivalencia de arena, Sales solubles, CBR, partículas fracturadas, partículas chatas y alargadas, durabilidad al sulfato de magnesio, Densidad y Humedad (ASTM D1557 y AASHTO T180). -También en la capa terminada se realizan ensayos de compactación (ASTM D4718 y D2922, AASHTO T191 y T238); ensayos de deflectometría (cada 25m en ambos carriles, mediante Viga Benkelman)	-

Chile	Ensayo CBR (ATSM D 1883-94, AASTO T 193-93); Limite líquido y limite plástico (ASTM D423); Desgaste los ángeles (ASTM C 131-69); Contenido sales solubles (EN 1744-1:1998)	-Prueba de conformidad por medio de camiones con doble tándem trasero (Peso de 45ton a 5km/h) -Prueba para determinar la conformidad podrá ser con martillo Clegg, deflectometros livianos, penetrómetros de cono dinámico y compactómetro. -Ensayo para determinar relación humedad-densidad (proctor modificado) según el método de la ASTM D 1557-70 y AASHTO N° T 180. -Se realizan ensayos para comprobar que cumpla con todos los otros requisitos necesarios.	En zonas de precipitaciones inferiores de 50mm la capacidad de soporte se realiza sin inmersión
España	-Si se tiene un marcado CE según el Anejo ZA de la norma UNE-EN 13242, con un sistema de evaluación de la conformidad 2+ se verifica que las propiedades que dice sean las correctas y las requeridas, aunque se podrán hacer los ensayos que considere oportunos. Para los áridos: Ensayo de sulfato de magnesio de pérdidas de áridos reciclados(UNE EN 1367-2); ensayo de propiedades química de áridos (UNE-EN 1744-1); ensayo para grado de envejecimiento(NLT-361); ensayo para índice de lajas (UNE-EN 933-3); ensayo de los ángeles (UNE-EN 1097-2). Al asfalto para la imprimación se le podrán realizar los siguientes ensayos: índice de rotura (UNE-EN 13075-1); contenido de ligante (UNE-EN 1428); contenido de fluidificante (UNE-EN 1431); tiempo de fluencia (UNE-EN 12846-1); residuo de tamizado (UNE-EN 1429); tendencia a sedimentación (UNE-EN 12847); adhesividad (UNE-EN 13614); en el residuo por evaporación (UNE-EN 13074-1), ensayos de penetración (UNE-EN 1426), punto de reblandamiento (UNE-EN 1427); y en residuo por evaporación (UNE-EN 13074-1) y luego estabilización (UNE-EN 13074-2), penetración (UNE-EN 1426) y punto de reblandamiento (UNE-EN 1427)	Si se tiene un marcado CE se verifica que las propiedades que dice sean las correctas y las requeridas, aunque se podrán hacer los ensayos que considere oportunos. -Ensayos a recepción 7 por cada lote de humedad natural (norma UNE 103300) y de densidad in situ (norma UNE 103503). -1 ensayo por lote de carga con placa de 300 mm (UNE 103808) y humedad natural (UNE 103300) -Se realizan ensayos para comprobar que se cumpla con lo requerido. Ensayos para el riego de imprimación: -En caso de no estar marcado se toman 2 muestras por procedencia y cualquier volumen para ensayar granulometría (UNE-EN 933-2), el equivalente de arena (SE4) (UNE-EN 933-8 anexo A), y la plasticidad (UNE 103103 y UNE 103104). -En caso de no estar marcado la emulsión será ensayada para comprobar todas las especificaciones que deberá tener. -Además para el curado se tomaran mínimo 3 puntos por lote para comprobar la dotación.	Lote se define como la menor entre 500m de calzada, 3500 m2 y la fracción construida en un día.
Estados Unidos	Ensayo de abrasión Los ángeles (AASHTO T96); ensayo de resistencia a los sulfatos (AASHTO T 104); ensayo de índice de durabilidad (AASHTO T 210); ensayo para porcentaje de partículas fracturadas en agregado grueso (ASTM D5821); limite líquido (AASHTO T89); ensayo granulométrico (AASHTO T27 y T11); CBR; Densidad (AASHTO T 310 o T 191), también determinar la densidad máxima (AASHTO T99- Método C) -Referencia AASHTO 2020; Modulo de resiliencia (AASHTO T274)	-Se comprueba la densidad in situ y el contenido de humedad (AASHTO T 310); control de gradación y caras fracturadas (2 por día) -También ensayos de compactación (AASHTO T180 y T99) - Ensayo de Limite líquido, relación humedad-densidad, ensayos de contenido de humedad y ensayos de densidad (cada 1000 ton, por fuente de material o cada 500 ton) Todo junto a un control de tolerancia de la superficie	-
Sudáfrica	CBR (ASTM D4833 o SANS 3001-GR40); Análisis granulométrico (SANS 3001-AG1); Análisis del tamaño de partículas de material inferior a 2 mm y 0,075mm; Hinchamiento; ensayo de durabilidad en molino; ensayo para determinación de impacto en agregado (BS 812-112:1990); Determinación del límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad (SANS 3001); el índice de plasticidad.	Se realizan ensayos de manera aleatoria para comprobar que todos los parámetros cumplan con lo exigido. Uno de los ensayos más importantes es el de Densidad seca Máxima (SANS 3001-GR30)	-
Australia y Nueva Zelanda	Distribución de tamaños de partículas (AS 1289.3.6.1); límite plástico (AS 1289.3.1 y NZ 4402.2.3:1986), límite líquido (AS 1289.3.2 y NZ 4402.2.2:1986), índice de plasticidad (AS 1289.3.3.3 y NZ 4402 2.4:1986); contracción lineal (AS 1289.3.4 y NZ 4402 2.6:1986), resistencia máxima a la compresión en seco (AS 1289.5), valor del molino de bolas (AS 1141.28); ensayos de corte triaxial estáticos (AS 1289.6.3.2); ensayo triaxial de carga repetida (NZTA T15: 2014); Índice de Soporte Californiano (CBR)(AS 1289.6.1.3 y NZ 4402 6.1.3: 1986); angulosidad(AS 1141.16); desgaste por Los Ángeles (AS 1141.23 y NZ 4407 3.12:1991); índice de descamación (AS 1141.15 y NZ 1141.15: 1999); Índice de solidez acelerado por reflujo (AS 1141.29); resistencia húmeda seca (AS 1141.22 y NZ 1141.22: 1996); ; contenido de minerales secundarios (AS 1141.26); equivalencia de arena (NZ 3.6:1991)	Se debe comprobar que cumplan todos los parámetros que se dieron en el diseño. Realizando ensayos de distribución de tamaños de partículas, límite plástico, límite líquido, índice de plasticidad; contracción lineal, resistencia máxima a la compresión en seco, valor del molino de bolas; ensayos de corte triaxial estáticos; ensayo triaxial de carga repetida; Índice de Soporte California in situ (CBR); angulosidad; desgaste por Los Ángeles.	-
Tailandia	CBR (AASHTO T193); límite líquido (AASHTO T89); índice de plasticidad (AASHTO T90); índice de durabilidad (Calif. 229-C); ensayo de abrasión Los Ángeles (ASTM C 131 y C535)	Pruebas de densidad cada 100m o áreas de 500 m2(ASTM C 144) Se realizan ensayos de inspección luego de compactada y que cumpla con los requisitos necesarios, ejemplo de ellos es el ensayo de compactación (AASHTO 99); ensayo resistencia a la compresión cada 1500m2 (AASHTO T208)	-

Nota. Apéndice de la Figura 16

Tabla 36

Especificaciones y requisitos antes de iniciar (Base tratada con cemento)

País	Exigencias	Parámetros adicionales
Colombia	En el momento de la construcción de la base esta debe siempre seguir el procedimiento, usar la maquinaria y el equipo que se indicaron en el documento del proyecto que ya haya sido aprobado y probado en tramos de experimentación o prueba, además de inspeccionar que todos estos cumplan con sus respectivas certificaciones; otro aspecto es que el traslado de material debe ser en el equipo idóneo, cubierto de ser necesario.	•En la ejecución de los trabajos se debe usar equipos mecánicos (independientes o que realicen 2 o más operaciones) •La elaboración de la mezcla se realiza en planta de mezcla o máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio y motoniveladora. •Motoniveladora, compactadores metálicos vibratorios y neumáticos, carrotanques para aplicar el agua y material de curado de la capa compactada, equipos de formación de juntas si es requerido y equipos de transporte. •Elementos mecánicos de limpieza, carrotanques irrigadores de asfalto y, eventualmente, distribuidores mecánicos de agregados; para realizar el riego de curado
Chile		•Para la elaboración de la mezcla se debe hacer en plantas mezcladoras fijas o móviles. •Motoniveladora acondicionada para esparcir el material (con sistema de control automático) •Para la compactación preferible usar rodillos lisos metálicos
España		•La elaboración de la mezcla se podrá realizar en centrales de fabricación continua o discontinua; esta instalación debe permitir dosificar por separado material granular, cemento y agua. •Se debe usar extendedores automotrices con sistemas automáticos de nivelación si se tiene categoría de tráfico T00 a T2 o cuando la superficie a tratar sea superior a 70000 m2. •Los compactadores deben ser autopropulsados con inversores de sentido de la marcha de acción suave y dispositivos para mantenerlos húmedo si es necesario. Deberá estar compuesto con por lo mínimo 1 compactador vibratorio de rodillos metálicos (rodillo metálico con carga estática mayor a 50 kg/cm y alcanzar una masa de 15t) y 1 compactador de neumáticos (capaz de alcanzar una masa de 21t y carga por rueda de 3t) •Para el curado se usa equipo para aplicación de emulsión con dispositivo regador, rampa de riego sobre neumáticos, y deberá capaz de aplicar la dotación especificada a la temperatura prescrita. -Extendedores mecánicos incorporadas a un camión o autopropulsadas; para aplicar el árido sobre la emulsión.
Estados Unidos		•La elaboración de la mezcla se podrá realizar en plantas centrales de tipo discontinua o flujo continuo, capaz de realizar la mezcla estabilizada con contenidos de cemento y humedad requeridos •Esparcidor mecánico •Equipos de pulverización y mezcla autopropulsados. •Planta móvil •Apisonador o rodillo de rejilla o combinación de ambos, rodillo con ruedas de acero, rodillo vibratorio, rodillo de neumáticos y/o compactador de placa vibratoria •Barredoras o escobas eléctricas para limpiar la capa. •Usar distribuidores para aplicar el curado (deberán tener tacómetro, manómetros dispositivos de medición de volumen, unidad de potencia para bomba y barras de rociado)
Sudáfrica		•Uso de maquina recicladora para la aplicación del cemento o uso de escobilla de goma. •Usar carro cisterna para aplicar agua en el proceso de esparcimiento y mezclado. •Uso combinado de niveladora, grada de discos y/o mezcladora rotativa o mediante el uso de una recicladora con sensores electrónicos para realizar el mezclado •Camiones de un solo eje con carga máxima de 6 ton para aplicar el curado. •Para aplicación de riego de imprimación se deberá tener un sistema de almacenaje de máximo 30°C y bombeo mínimo de 10°C. Además de camiones y equipos especiales para su transporte y esparcido.
Australia y Nueva Zelanda		•El esparcimiento se realiza con recicladora o escobilla si es in situ. •Para la mezcla se usa niveladora, grada de discos y/o mezcladora rotativa o mediante el uso de una recicladora con sensores electrónicos •Para la compactación se pueden usar equipos de presión estática (Rodillos lisos con ruedas de acero), fuerza de impacto (Placas y rodillos compactadores, rodillos de impacto y rodillos de rejilla), vibración o que combinen varios de los anteriores como: Rodillos neumáticos de múltiples ruedas, rodillos lisos oscilantes y vibratorios, rodillos de pie de cabra.
Tailandia		•La mezcla se realiza con mezcladora ya por lote, también llamada discontinua o usar mezcladora continua; La discontinua debe contar con una pala para mezclar, temporizador con precisión de 2 segundos, un contador en la tolva; La continua debe contar con dispositivos de alimentación directos y con un sistema de control automático, el sistema de alimentación de piedra puede ser mecánico o eléctrico. Si se necesita realizar el pesaje de materiales se debe hacer con una báscula con un error de máximo 0,5% •Camión cisterna de agua, escoba rotativa y soplador de aire, para limpiar la superficie donde se extenderá la capa. •Distribuidor de asfalto para aplicar curado a capas terminadas con medidor de cantidades, quemador, termómetro, bomba de asfalto, tubo de aspersión y tanque.

Nota. Apéndice de la Figura 17

Tabla 37

Especificaciones de materiales a usar (Base tratada con cemento)

País	Observaciones previas	Requisitos del material para base estabilizada o tratada	Observaciones adicionales
Colombia	•Existen 3 clases de materiales para estabilizar con cemento: Clase 2: Material fino o granular que no cumple una gradación específica y que va a ser utilizado como capa estructural, usado para NT1 y NT2 (NT1: N80kN ≤ 0.5M y NT2: 0.5 < N80kN ≤ 5M) Clase 3: Mezcla uniforme de agregados pétreos que cumplen una gradación especificada, para un nivel de tránsito medio NT2, que va a ser utilizado como capa estructural. Clase 4: Mezcla uniforme de agregados pétreos que cumplen una gradación especificada, para un nivel de tránsito alto NT3, que va a ser utilizado como capa estructural. (NT3: N80kN > 5M) •El cemento si es hidráulico deberá ser de acuerdo con la conforme al diseño con pruebas de laboratorio y que sea fabricado según los requisitos dados por la NTC 121, ASTM C150 y ASTM C595; si es cemento de mortero NTC 4050; además de no ser almacenado más de 3 meses. Se podrá usar cemento MCH (Moderado Calor de Hidratación) o BCH (Bajo Calor de Hidratación), podrá ser cemento UG (Uso General) si se garantiza un calor de hidratación menor a 250kJ/kg (7d) •No es recomendable usar cementos con tiempos de fraguado menores a 1h o mayores a 10h; tampoco podrá usarse cemento con fraguado parcial o producto endurecido. •Se usa aditivos retardadores de fraguado si la temperatura ambiente es mayor a 30°C, estos aditivos que se utilizan se hacen según el diseño que a su vez cumplirá lo establecido en la NTC 1299 (ASTM C494/494-05a) •Para el riego de curado el uso de emulsión tipo CRR-60	•El material debe estar libre de sustancias que puedan perjudicar el fraguado del cemento •Clase 2: -LL ≤ 30%; IP ≤ 12%; MO ≤ 2%; CBR (material sin tratar, compactación del 95% a los 4d) ≥ 10% -Equivalencia de arena ≥ 15%, si es menor al 15% pero ≥ 10% debe tener un Valor de azul ≤ 20g/kg -Proporción de sulfatos SO4 ≤ 0,9% •Clase 3: -Desgaste Los Ángeles ≤ 40% (500 revoluciones) y ≤ 8% (100 revoluciones); Degradación por abrasión ≤ 30% -Resistencia mecánica: Valor en seco ≥ 70kN y relación húmedo/seco ≥ 75% -Caras fracturadas(una cara) ≥ 50% -CBR ≥ 60% •Clase 4: -Desgaste Los Ángeles ≤ 35% (500 revoluciones) y ≤ 7% (100 revoluciones); Degradación por abrasión ≤ 25% -Resistencia mecánica: Valor en seco ≥ 90kN y relación húmedo/seco ≥ 75% -Índices de alargamiento ≤ 35%; Caras fracturadas(una cara) ≥ 60% -CBR ≥ 80% •Clase 3 y 4: -Perdidas mediante prueba de sulfato de sodio ≤ 12% y Sulfato de magnesio ≤ 18% -LL ≤ 25%; IP ≤ 6%; MO ≤ 1%; Contenido de terrones de arcilla o partículas deleznables ≤ 2% -Equivalencia de arena ≥ 35%, si es menor al 35% pero ≥ 25% debe tener un Valor de azul ≤ 10g/kg -Proporción de sulfatos SO4 ≤ 0,5% •Opcional, si la MO no cumple, se podrá usar si tiene un aumento de fraguado ≤ 120 min (muestra de mortero) y reducción ≤ 20% (resistencia a compresión 28d curado) •El agua para realizar la mezcla debe ser agua potable, limpia y libre de agentes contaminantes; si no es potable debe tener un Ph ≥ 5,5 y un contenido de sulfatos ≤ 1,0 kg/m3	•La mezcla de agregados pétreos puede provenir de material seleccionado y/o tratado de una planta de producción o también provenir de material escarificado del sitio y tratado. •El material para clase 3 y 4 debe cumplir con una granulometría especifica, ya sea MGTC-50, MGTC-38 o MGTC-25 (50mm, 38mm o 25mm) la cual debe haber sido escogida en el diseño. -MGTC-50 un PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 70-100, PP (25 mm): 60-100, PP (19 mm): 50-90, PP (9.5 mm): 40-80, PP4: 30-70, PP10: 20-55, PP40: 10-40 y PP200: 2-20 -MGTC-38 un PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 70-100, PP (19 mm): 60-90, PP (9.5 mm): 45-75, PP4: 30-60, PP10: 20-45, PP40: 10-30 y PP200: 2-15 -MGTC-25 un PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 70-100, PP (9.5 mm): 50-80, PP4: 35-65, PP10: 25-50, PP40: 15-30 y PP200: 2-15 •Para clase 2 el tamaño máximo de las partículas debe ser como máximo 1/3 del espesor a tener de capa. •Si los IP y LL son mayores a lo establecido o CBR menor, se puede hacer un tratamiento previo con cal y luego se hará con cemento, siempre que en fase de experimentación se compruebe un buen comportamiento. •Para el riego de curado el uso de emulsión tipo CRR-60, con las siguientes especificaciones: -Contenido de asfalto residual ≥ 60%; contenido de aceite ≤ 3%; Contenido de agua ≤ 40%; viscosidad a 25°C entre 20-100 s; estabilidad durante almacenamiento a 24 h ≤ 1% y a los 5 d ≤ 5%; porcentaje retenido en tamiz N°20 ≤ 0.1%; demulsibilidad ≥ 40%; carga de partícula positiva; pH ≤ 5 y reportar el índice de rotura; penetración para ARD de entre 60 - 100 (0,1mm) y para ARB de entre 100 - 250 (0.1mm); ductilidad ≥ 40cm; solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%

Chile	•El agregado es un material árido que es una mezcla de arena-arcilla; grava o escoria, arenas o material triturado. -Los agregados gruesos retenidos en Tamiz N°4 deben ser resistentes, durables, constituidas por fragmentos de roca, grava o escoria. -Agregado fino que pasan por tamiz N°4 deben ser arenas naturales o trituradas y partículas minerales que pasan por el tamiz N°200 •El cemento a usar deberá ser cemento hidráulico certificado que cumpla la NCh 148 (basado en la ASTM C 205-64, ASTM C 340-66 y ASTM C 358-66, entre otros) •Para el curado se usara emulsión tipo RC-250	•Material árido -El material árido para base tratada con cemento (BTC) deberá tener un LL ≤ 25 e IP ≤ 6, material chancado ≥ 50%, desgaste de los ángeles ≤ 35%. -El material árido para base granular tratada con cemento (GTC) cumplirá con los mismos requisitos que la BTC, añadiendo que sus partículas deberán tener un tamaño máximo de 40mm y los materiales podrán ser solo seleccionados. -Si es una base tratada con cemento se dosifica con un porcentaje de cemento ≥ 5% en peso, si es base granular tratada con cemento tendrá un porcentaje de cemento ≤ 5% en peso. -El equivalente de arena (BTC y GTC) deberá ser ≥ 15% y contenido de sales ≤ 4% •El agua a usar deberá ser potable y que no haya sido contaminada antes de su uso; si el agua es recuperada de procesos de la industria del hormigón, agua combinada u otras aguas deberán, estar libres de aceites, grasa y espuma, también tener un pH ≥ 5, sólidos en suspensión ≤ 2000 mg/L, sólidos disueltos ≤ 15000 mg/L, MO ≤ 5 mg/L, contenido de sulfatos SO4 ≤ 2000 mg/L, contenido de álcalis ≤ 1500 mg/L; si el agua es recuperada de procesos de la industria del hormigón contiene partículas muy finas generalmente menores a 0,25mm, si se usa este tipo de agua los sólidos que agregara esta deberán ser menores al 1% del peso total, junto a esto tendrá una densidad menor a 1,01 kg/L sino se debe asegurar que se distribuya correctamente.	•Se deberá ajustar a una de las 2 bandas granulométricas, ya sea TM-50c de tamaño máximo 40 mm o TM-25. -TM-50c un PP (50 mm): 100, PP (25 mm): 70-100, PP (20 mm): 60-90, PP(10 mm): 40-75, PP (5 mm): 30-60, PP (2 mm): 15-45, PP (0.5 mm): 10-30 y PP (0.08 mm): 0-15. -TM-25 un PP (25 mm): 100, PP (20 mm): 70-100, PP(10 mm): 50-80, PP (5 mm): 35-65, PP (2 mm): 25-50, PP (0.5 mm): 10-30 y PP (0.08 mm): 0-15. •Para el curado se usa un asfalto tipo RC-250, con las siguientes especificaciones: -RC-250: viscosidad cinemática a 60°C de 250-500 mm2/s; punto de inflamación ≥ 27°C; destilado a 225°C ≥ 35%, a 260°C ≥ 60%, a 316°C ≥ 80% y a 360°C ≥ 65%; en residuos de destilación una viscosidad a 60°C de entre 60-240 Pa.s (podrá cambiarse por una penetración a 25°C de 80-120 dmm), ductilidad a 25°C ≥ 100 cm, solubilidad a 25°C ≥ 99%; cantidad de agua ≤ 0.2% y en ensaye Heptano/xilol ≤ 30% Xilol.
España	•El material granular a usar será árido natural procedente de trituración de piedra de cantera o de gravera; este árido será suministrado en al menos 2 fracciones granulométricas diferenciadas. •Se podrá usar subproductos, residuos de construcción y demolición (Material inorgánico previamente usado en construcción o productos inertes de desecho), estos deben cumplir las prescripciones técnicas necesarias. •Los áridos a usar si son reciclados de residuos de construcción y demolición deben haber sido sometidos a procesos de separación de componentes no deseados, de cribado y contaminantes; esto se realiza en centrales fijas o móviles. •El material no será susceptible a ningún tipo de meteorización o alteración físico-química apreciable en las condiciones más desfavorables. •Se usara cemento con resistencia de 32,5N para cementos comunes y 22,5N o 32,5N para cementos especiales. En caso de estar en épocas frías se podrá autorizar el uso de cemento de clase resistente 42,5N. •Si el material granular a usar viene con un contenido de sulfatos solubles SO3 > 0,4% entonces se usara cemento resistente a los sulfatos (SR) y aislar adecuadamente la capa de obras de hormigón. •Se deben usar retardadores de fraguado si la temperatura es > 30°C •Se podrán usar aditivos si su comportamiento y efectos sobre la mezcla se garanticen por el fabricante y con previos ensayos de que cumplen su función y la dosificación sea la adecuada. •Para el curado se usa emulsión asfáltica C60B3 CUR o C60B2 CUR (para tiempos fríos)	•Gravacemento (Material Granular, áridos) -Contenido de azufre total S ≤ 1% (si en la descripción petrográfica realizado en el ensayo UNE-EN 932-3 se aprecia presencia de pirrotinia se limitara a S ≤ 0,4%) y contenido de sulfatos solubles SO3 ≤ 0,8%; MO ≤ 1% -Si se tienen sustancias orgánicas se podrá usar si el efecto sobre el tiempo de fraguado aumente menos de 120 min y si la resistencia a la compresión sea inferior a 20% -El material no debe presentar reactividad potencial con los álcalis del cemento. -LL < 25 e IP < 6 -Se podrá exigir que para tránsitos T00 a T2 (T00: IMDp ≥ 4 000 Vehículos pasados/día y T2: 800 > IMDp ≥ 200 Vehículos pasados/día), no ser material plástico. -Árido grueso (Retenido en el tamiz 4mm): Proporción de partículas total y parcialmente trituradas dependerá del tráfico; Para T00 a T1 ≥ 70 % en masa, para T2 ≥ 50 % y para T3 y T4 ≥ 30%. (T1: 2000 > IMDp ≥ 800; T3: 200 > IMDp ≥ 50 y T4: IMDp > 50) Proporción de partículas totalmente redondeadas será para T00 a T2 ≤ 10 % en masa y para T3 y T4 ≤ 30% Índice de lajas FI para T00 a T2 ≤ 30 y para T3 y T4 ≤ 35 Valor coeficiente de los ángeles para T00 a T2 ≤ 30 % en masa y para T3 y T4 ≤ 35%; para T1 y T2 si el material es reciclado debe ser ≤ 35 % -Árido fino (Pasa por el tamiz 4mm) La equivalencia de arena dependerá de la granulometría, para GC20 > 40% y para GC32 > 35% (GC32 es solo para tráfico T3 a T4); otra alternativa en caso de no cumplir esto valores es que el Valor azul de metileno MBF < 10 g/kg y la equivalencia de arena SE4 > 30 -El agua a usar deberá tener según la Instrucción de Hormigón Estructural un pH ≥ 5, Sustancia disueltas ≤ 15 gramos por litro, sulfatos SO4 ≤ 1 gramo por litro. -El contenido de cemento deberá ser ≥ 3,5% en masa.	•Índice de lajas es para determinar si las partículas de un árido deben clasificarse como lajas, es decir, si su grosor es inferior a 0,6 veces su tamaño nominal. •Se deberá tener un diseño para Gravacemento en una de las 2 franjas granulométricas, llamados GC32 y GC20 (GC20 solo para tráfico T3 y T4) -GC32 un PP (40 mm): 100, PP (32 mm): 88-100, PP (20 mm): 67-91, PP(12.5 mm): 52-77, PP (8 mm): 38-63, PP (4 mm): 25-48, PP (2 mm): 16-37, PP (0.5 mm): 6-21 y PP (0.063 mm): 1-7. -GC20 un PP (32 mm): 100, PP (20 mm): 80-100, PP(12.5 mm): 62-84, PP (8 mm): 44-68, PP (4 mm): 28-51, PP (2 mm): 19-39, PP (0.5 mm): 7-22 y PP (0.063 mm): 1-7. •Para el curado con asfalto se usan tipo C60B3 CUR o C60B2 CUR (para tiempos fríos), que deberán cumplir lo siguiente: -C60B3 CUR y C60B2 CUR: índice de rotura de 70-155 para C60B3 CUR y < 110 para C60B2 CUR; contenido de ligante (por contenido de agua) de 58-62%; contenido de fluidificante ≤ 2 %; tiempo de fluencia (2mm, 40°C) de 40-130%; residuo de tamizado ≤ 0.1% y tendencia a sedimentación a los 7d ≤ 10%; adhesividad ≥ 90%; en el residuo por evaporación una penetración a 25°C ≤ 330 (0.1 mm), punto de reblandamiento ≥ 35°C; y en residuo por evaporación y luego estabilización, una penetración ≤ 220 (0.1 mm) y punto de reblandamiento ≥ 35°C. •Además el árido de cobertura para curado deberá para por tamiz N°4 y menos de 15% que sean menores al tamiz 0.063 mm; además, no podrá ser material plástico y deberá tener una equivalencia de arena > 40%

Estados Unidos	-Según la FWHA entre el 80 y el 95% en peso de una mezcla de base estabilizada puede consistir en agregados, estos agregados incluyen fuentes de agregados convencionales, como piedra triturada o arena y grava, y otros materiales agregados, como escoria de alto horno, materiales de pavimentación reciclados y cenizas de fondo o escoria de caldera de centrales eléctricas alimentadas con carbón. -El agua debe ser potable; en caso contrario según la ASTM C 1602 debe tener como máximo un total de solidos en masa de 50000 ppm, alcalinos como Na2O +0,658K2O de 600 ppm máximo. -El cemento a usar debe ser cemento portland tipo I, IA, II o IIA y deberá tener un certificado de que cumpla con los requisitos de la ASTM C150 -Según la AASHTO en el curado se podrá usar asfalto diluido que debe cumplir con la AASHTO M81 y M82; o asfalto emulsionado que cumplirá con la AASHTO M140 y M208. -Asfalto diluido podrán ser curado rápido (RC) y de curado medio (MC) y estos son los tipos: RC 70, RC 250, RC 800, RC 3000, MC 30, MC 70, MC 250, MC 800 y MC 3000. -Asfalto emulsionado serán los siguientes tipos: En la AASHTO M140 para emulsiones aniónicas serán los RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1, SS-1h o QS-1H; en la AASHTO M208 para emulsiones catiónicas serán los CRS-1, CRS-2, CMS-2, CMS-2h, CSS-1, CSS-1h o CQS-1h.	•El material podrá deberá ser aquel que el 80% pasa por el tamiz N°4 y haber eliminado todo el material retenido en el tamiz de 75mm, además de retirado el suelo insatisfactorio y materia orgánica; junto a esto la National academy especifica que este material a usar no podrá pasar más de 25% por el tamiz N°200 y deberán tener un IP ≤ 12 y LL ≤ 40%, material fino ≤ 10%, MO ≤ 1% y contenido de sulfatos ≤ 0.3% Además, la FWHA y la U.S Army agrega que el material granular a usar para la mezcla podrá ser el clasificado como A-2 y A-3, aunque también podrá ser de A-4 a A-7. -La ASTM D2940 de las partículas que se retienen en el Tamiz de 9,5mm al menos el 75% debe tener dos o más caras fracturadas; la fracción de agregado fino(mezcla final) que pasa por el Tamiz N°200 no deberá exceder el 60% de la fracción que pasa por el tamiz N°30; la fracción que pasa por el tamiz N°40 deberá tener un LL ≤ 25% e IP ≤ 4%, además el valor equivalente de arena en agregado debe ser ≥ 35% y según la ASTM C131/AASHTO T96 debe tener un desgaste de los ángeles ≤ 40% (500 revoluciones) -Según la Unified Facilities Guide Specifications el material deberá tener un IP ≤ 6 y LL ≤ 25, desgaste Los Ángeles ≤ 40%, perdida de solidez de ≤ 10% usando sulfato de sodio y ≤ 15% usando sulfato de magnesio, Partículas planas ≤ 10% del retenido en el tamiz de 12.5mm y ≤ 20% para el que pasa por el tamiz de 12.5mm, partículas de arcilla ≤ 3%, se rechaza material con expansión mayor a 0,10%. •El cemento a usar será cemento portland y se aplicara en una cantidad de entre 7-13% en masa; aunque la Portland Cement Association añade que si el contenido es mayor a 8% se deberá tener mucho cuidado, ya que a mayor contracción puede resultar en grietas por reflexión •El agua a usar deber ser potable, el agua que tenga materia orgánica o concentración de sulfatos mayor al 0,05% no se podrá usar.	El material debe estar en la franja granulométricas específicas que existe: PP (50 mm): 100, PP (25 mm): 90-100, PP4: 45-95, PP10: 37-80, PP40: 15-50 y PP200: 0-15 -Se podrá solicitar para aprobación el usar en la mezcla entre un 35 a 50% de cenizas volantes o escoria granulada de alto horno para sustituir el cemento. •Para el curado se podrá hacer uso de asfalto diluido (cualquier tipo de la AASHTO M81 y M82) y asfalto emulsionado (cualquier tipo de la AASHTO M140 y M208). -Asfalto diluido podrán ser curado rápido (RC) y de curado medio (MC) y estos son los tipos: RC 70, RC 250, RC 800, RC 3000, MC 30, MC 70, MC 250, MC 800 y MC 3000. -Asfalto emulsionado serán los siguientes tipos: En la AASHTO M140 para emulsiones aniónicas serán los RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1, SS-1h o QS-1H; en la AASHTO M208 para emulsiones catiónicas serán los CRS-1, CRS-2, CMS-2, CMS-2h, CSS-1, CSS-1h o CQS-1h. •Estos tipos de asfalto de la AASHTO M140 y M208 se encuentran con especificaciones más detalladas en mezclas asfálticas en frío y en caliente •Para los asfaltos encontrados en la AASHTO M81 y M82: -RC 70: viscosidad cinemática a 60°C de 70-140 mm2/s; destilado a 190°C ≥ 10%, a 225°C ≥ 50%, a 260°C ≥ 70%, a 316°C ≥ 85% y a 360°C ≥ 55%. -RC 250: viscosidad cinemática a 60°C de 250-500 mm2/s; punto de inflamación ≥ 27°C;destilado a 225°C ≥ 35%, a 260°C ≥ 60%, a 316°C ≥ 80% y a 360°C ≥ 65%. -RC 800: viscosidad cinemática a 60°C de 800-1600 mm2/s; punto de inflamación ≥ 27°C; destilado a 225°C ≥ 15%, a 260°C ≥ 45%, a 316°C ≥ 75% y a 360°C ≥ 75%. -RC 3000: viscosidad cinemática a 60°C de 3000-6000 mm2/s; punto de inflamación ≥ 27°C; destilado a 260°C ≥ 25%, a 316°C ≥ 70% y a 360°C ≥ 80%. -Todas tienen en común: en residuo restante de destilación una viscosidad a 60°C de 60-240 Pa.s (podrá cambiarse por una penetración a 25°C de 80-120 dmm), ductilidad a 25°C ≥ 100 cm, solubilidad a 25°C ≥ 99%; porcentaje de agua ≤ 0.2% (excepto RC 70 ya que no presenta); negativo en contenido de nafta estándar, nafta-xileno o heftano-xileno -MC 30: viscosidad cinemática a 60°C de 30-60 mm2/s (una alternativa es la viscosidad a 25°C de 70-150s); punto de inflamación ≥ 38°C; porcentaje de agua ≤ 0.2%; destilado a 225°C ≤ 25%, a 260°C 40-70%, a 316°C de 75-93% y a 360°C ≥ 50%. -MC 70: viscosidad cinemática a 60°C de 70-140 mm2/s (una alternativa es la viscosidad a 25°C de 60-120s); punto de inflamación ≥ 38°C; porcentaje de agua ≤ 0.2%; destilado a 225°C de 0-20%, a 260°C 20-60%, a 316°C de 65-90% y a 360°C ≥ 55%. -MC 250: viscosidad cinemática a 60°C de 250-500 mm2/s (una alternativa es la viscosidad a 25°C de 125-250s); punto de inflamación ≥ 66°C; porcentaje de agua ≤ 0.2%; destilado a 225°C de 0-10%, a 260°C 15-55%, a 316°C de 60-87% y a 360°C ≥ 67%. -MC 800: viscosidad cinemática a 60°C de 800-1600 mm2/s (una alternativa es la viscosidad a 25°C de 100-200s); punto de inflamación ≥ 66°C; porcentaje de agua ≤ 0.2%; destilado a 260°C 0-35%, a 316°C de 45-80% y a 360°C ≥ 75%. -MC 3000: viscosidad cinemática a 60°C de 3000-6000 mm2/s (una alternativa es la viscosidad a 25°C de 300-600s); punto de inflamación ≥ 66°C; porcentaje de agua ≤ 0.2%; destilado a 260°C 0-15%, a 316°C de 15-75% y a 360°C ≥ 80%. -Todas tienen en común en residuos de destilación una viscosidad a 60°C de entre 30-120 Pa.s (podrá cambiarse por una penetración a 25°C de 120-150 dmm), ductilidad a 25°C ≥ 100 cm, solubilidad a 25°C ≥ 99%; negativo en contenido de nafta estándar, nafta-xileno o heftano-xileno

Sudáfrica	Se podrá usar grava, natural o modificada o procesada. -Las partículas tendrán máximo de 50 mm de diámetro. -En la parte occidental más seca de Sudáfrica, usar arena de color marrón amarillento a rojo, evitando la arena blanca o gris El cemento a usar será el indicado por el proyecto, que puede variar entre cemento de 32,5 y 52,5. -Emulsión tipo MC-10 o MC-30 para el curado y bajo la SANS 4001-BT2	•La calidad del agregado será la misma que pasa una subbase normal, usando roca triturada: Tamaño de partículas ≤ 37,5mm •La grava deberá tener un contenido de Contenido de sulfato soluble en ácido ≤ 0,25% Contenido de sulfato soluble en ácido ≤ 0,25% (≤ 2,5 mg/L), ácidos con Ph ≥ 6,0 •la roca triturada no podrá contener más del 2 % en masa de mica libre, especialmente moscovita, cuando se evalúe separando visualmente las partículas, o más del 4 % en volumen cuando se evalúe mediante portaobjetos microscópicos •Requisitos que deberá tener si se usa roca triturada o gravas con guijarros; requisitos para material PP(0,425 mm): -Para cualquier material excepto calcreta: LL ≤ 25; IP ≤ 6; LS ≤ 3% (Perdida por lavado) -Si es calcreta o caliza: LL ≤ 30; IP ≤ 8; LSM ≤ 170(perdida por lavado en fracción fina) -Hinchazón ≤ 0.2% y CBR ≥ 80% •Requisitos que deberá tener si se usa roca media a dura que requiere trituración o gravas con guijarros PP(0,425 mm): -Para cualquier material excepto calcreta: LL ≤ 30; IP ≤ 10; LS ≤ 5% (Perdida por lavado) -Si es calcreta o caliza: LL ≤ 45; IP ≤ 15; LS ≤ 6%; LSM ≤ 320(perdida por lavado en fracción fina) -Hinchazón ≤ 0.5% y CBR ≥ 45% •Para grava con adoquines o materiales alternativos: -Para cualquier material excepto calcreta: LL ≤ 2GM +10; LS ≤ 7% (Perdida por lavado) -Si es calcreta o caliza: LL ≤ 45; IP ≤ 15; LS ≤ 6%; LSM ≤ 320(perdida por lavado en fracción fina) -Hinchazón ≤ 0.5% y CBR ≥ 25% •Se aplicara cemento en una cantidad de 5% por masa para una mezcla húmeda y de 3% para mezcla rígida. •Calidad del agua debe tener un pH entre 5,0 y 9,7, con una conductividad eléctrica máxima de 170 mS/m, sólidos totales disueltos máximos de 1200 mg/l y sulfato SO4 máximo de 450 mg/l.	•La franja granulométrica sea escogida en la etapa de diseño, se presentan algunas opciones: -Para G4 y G5 (Roca media a dura) un PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 85-100, PP (20 mm): 61-91, PP (14 mm): 48-82, PP (5 mm): 31-66, PP (2 mm): 20-50, PP (0.425 mm): 10-30 y PP (0.075 mm): 5-15 •Para el curado se podrá usar emulsión tipo MC-10 o MC-30 y deberá cumplir las siguientes especificaciones según la SANS 4001-BT2: -MC-10: viscosidad cinemática a 60°C de 10-20 cSt; viscosidad dinámica de 10-25 mPa.s; punto de inflamación ≥ 38°C; cantidad de agua ≤ 0.2%; destilado a 190°C de 0-20%; a 225°C 20-70%, a 260°C 60-90%, a 316°C ≥ 80-100% y a 360°C ≥ 40%; en residuos de destilación una viscosidad a 60°C ≥ 30 Pa.s. -MC-30: viscosidad cinemática a 60°C de 30-60 cSt; viscosidad dinámica de 30-70 mPa.s; punto de inflamación ≥ 38°C; cantidad de agua ≤ 0.2%; destilado a 190°C de 0-15%; a 225°C 15-60%, a 260°C 50-85%, a 316°C ≥ 80-100% y a 360°C ≥ 50%; en residuos de destilación una viscosidad a 60°C ≥ 30 Pa.s. -También se podrá usar los encontrados en la SANS 4001-BT3-2014 (RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1, SS-1h o QS-1H) o en la SANS 4001-BT4-2014 (CRS-1, CRS-2, CMS-2, CMS-2h, CSS-1, CSS-1h o CQS-1h). Estas a su vez se basan en la AASHTO M104 y AASHTO M208. •Para el curado un agregado que es arena triturada o natural con 100% pasando por tamiz 7.1 mm y menos del 10% por el de 2mm.

Australia y Nueva Zelanda	•Se usa Materiales granulares, que se produce mediante la trituración y cribado de roca madre dura (ígnea, roca metamórfica o sedimentaria) -Según la Transport for NSW el material granular podrá ser Class 1 DGB (tamaño nominal de 20 mm para categoría de tráfico A y B) y Class 2 DGB (tamaño nominal de 20 mm para categoría de tráfico C y D) •El cemento a usar será tipo GP o GB y deberá cumplir con la AS 3972-2010, NZS 3122:1995, junto a una certificación con todos los datos necesarios. •Según el tipo de tráfico serán las especificaciones para el material granular, se tienen 4 tipos de tráfico: -Categoría A: Diseño de tráfico N80 ≥ 10^7 (periodo de 20 años) -Categoría B: Diseño de tráfico 10^7 > N80 ≥ 4 x 10^6 (periodo de 20 años) -Categoría C: Diseño de tráfico 4 x 10^6 > N80 ≥ 10^6 (periodo de 20 años) -Categoría D: Diseño de tráfico N80 < 10^6 (periodo de 20 años)	•El material granular a usar deberá pasar por el tamiz de 75 µm menos de 25% y debe tener IP ≤ 10%. También podrá tener un contenido de materia orgánica ≤ 1% y sulfatos SO4 ≤ 1.9 g/L; podrá tener un contenido de óxido ferroso ≤ 2%, si es mayor a 2% pero menor al 10% se analiza que tanto daño podrá hacer. -Según la Transport for NSW deberán tener un 2 ≤ IP ≤ 6%, LL ≤ 20% para Class 1 DGB y LL ≤ 23% (si es material reciclado LL ≤ 27%), LP ≤ 20%, permeabilidad ≤ 5 x 10^-8, cantidad de partículas con dos o más caras fracturadas ≥ 85% para Class 1 DGB y ≥ 75% para Class 2 DGB, Máxima resistencia a la compresión en seco en la fracción que pasa por un tamiz de 19 mm ≥ 1.7 MPa si el IP < 2, Resistencia a la compresión no confinada ≤ 1MPa, Resistencia agregado en húmedo ≥ 100 kN para Class 1 DGB y ≥ 70 kN, Variación de resistencia húmeda/seca ≤ 35%, Contenido de sulfato soluble en ácido ≤ 0.3% •El agua a usar deber ser potable, el agua que tenga materia orgánica o concentración de sulfatos mayor al 0,05% no se podrá usar. •El cemento requerido será en un máximo de 12% de masa, podrá ser Cemento GP (Contiende entre 92,5 a 100% de cemento portland y se podrá agregar de 0 a 7,5% de cenizas volantes o piedra caliza, también podrá contener de 0 a 5% en aditivos minerales como cenizas volantes seleccionadas, escoria de hierro granulada molida, piedra caliza o combinación de ellas; deberá tener un tiempo de fraguado de entre 45 min a 6 h, estabilidad ≤ 5%, contenido de cloruro ≤ 0,10%, sales solubles SO3 ≤ 3,5%, además de resistencia a la compresión a los 7d de 20 MPa y de 35 MPa a los 28d) o cemento GB(Contiene menos de 92,5% de cemento portland y podrá contener entre 0 a 10% de sílice amorfa y más de 7,5% en cenizas volantes o escoria; tiempo de fraguado de entre 45 min a 10 h, estabilidad ≤ 5%, contenido de cloruro ≤ 0,10%, sales solubles SO3 ≤ 3; además de resistencia a la compresión a los 7d de 20 MPa y de 35 MPa a los 28d)	El material deberá adaptarse a la franja granulométrica elegida en la etapa de diseño, estas podrán ser 2 clases: -Class 1 DGB y Class 2 DGB, ambos con un PP (26.5 mm): 100, PP (19 mm): 95-100, PP (13.2 mm): 78-92, PP (9.5 mm): 63-83, PP (4.75 mm): 44-64, PP (2.36 mm): 33-49, PP (0.425 mm): 14-23, PP (0.075 mm): 7-14 y PP (0.0135 mm): 3-7

Tailandia	-El suelo utilizado en la mezcla con el cemento debe ser libre de capas superficiales, vegetación u otras materias orgánicas, y no debe contener sustancias que puedan ser perjudiciales para la calidad del suelo cemento resultante. -El tamaño de las partículas no podrá ser mayor a 50mm y la porción que pasa por el tamiz de 0,075 mm no debe exceder el 40% -El cemento a usar podrá ser cemento portland y de certificado que cumpla con la มอก. 15 (ASTM C150); cemento que podrá venir en silos o en bolsas (si es en bolsa se almacena para evitar grumos). El cemento a usar no podrá tener aglomeraciones.	•La roca triturada deberá ser un agregado grueso con textura dura, cohesiva, limpia, sin fragmentos y libre de materiales no deseados; este roca triturada no podrá ser tipo Shale (pizarra) •Especificaciones para el roca triturada: -Resistencia al desgaste Los Ángeles ≤ 40% -Perdida por desgaste del agregado grueso ≤ 9% (Utilizando sulfato de sodio) -El agregado fino deberá tener las mismas propiedades que el agregado grueso. - Límite líquido ≤ 25% - Índice de plasticidad ≤ 6% -CBR ≥ 80% •Especificaciones si se usar suelo: -Resistencia al desgaste Los Ángeles ≤ 60% -Tamaño de partículas máximo será de 50mm, paso a través de tamiz de 2mm de máximo 70% y que pasa por 0.075 mm no superior al 25%. -El agregado fino deberá tener las mismas propiedades que el agregado grueso. - Límite líquido ≤ 40% - Índice de plasticidad ≤ 15% Si no los cumple se aplicara cal en un porcentaje no mayor a 2% •El cemento se deberá aplicar entre un 1 a 2% •El agua a usar deberá ser limpia, libre de sustancias como sal, aceite, ácidos, álcalis y materiales orgánicos u otras sustancia que puedan ser perjudiciales para la mezcla. No se podrá usar agua de mar ni para la mezcla ni para el curado. •La cantidad de agua y cemento será la que se determine mediante un diseño de mezclas, realizando los ensayos de Método para la determinación de la resistencia a la compresión no confinada de suelos y Método de prueba de compactación, Prueba Proctor Modificada; ya que la mezcla deberá después de 7 dias de curado y 2 horas sumergida se tenga un valor de resistencia a compresión ≥ 690 kPa	•El material debe ajustarse a una de las 3 franjas granulométricas para roca triturada, esta será elegida en la etapa de diseño: -Grado B un PP (50 mm): 100, PP (25 mm): 75-95, PP (9.5 mm): 40-75, PP4: 30-60, PP10: 20-45, PP40: 15-30 y PP200: 5-20 -Grado C un PP (25 mm): 100, PP (9.5 mm): 50-85, PP4: 35-65, PP10: 25-50, PP40: 15-30 y PP200: 5-15 -Grado D un PP (25 mm): 100, PP (9.5 mm): 60-100, PP4: 50-85, PP10: 40-70, PP40: 25-45 y PP200: 5-20 -La cantidad de partículas que pasan por el tamiz de 0.075 mm debe ser más del 66.67% de las que pasan por el tamiz de 0.425 •Para el curado se podrán usar asfaltos tipo MC-30, MC-70, CSS-1 o CSS-1h. Sus especificaciones se encuentran en observaciones adicionales de mezclas asfálticas en caliente. -MC-30: viscosidad cinemática a 60°C de 30-60 mm2/s; punto de inflamación ≥ 38°C; destilado a 225°C ≤ 35%, a 260°C 30-75%, a 316°C ≥ 75-95% y a 360°C ≥ 50%; en residuos de destilación una viscosidad a 60°C de entre 30-120 Pa.s (podrá cambiarse por una penetración a 25°C de 80-120 dmm), ductilidad a 25°C ≥ 100 cm, solubilidad a 25°C ≥ 99% y cantidad de agua ≤ 0.2%. -MC-70: viscosidad cinemática a 60°C de 70-140 mm2/s; punto de inflamación ≥ 38°C; destilado a 225°C ≤ 25%, a 260°C 10-70%, a 316°C ≥ 65-93% y a 360°C ≥ 55%; en residuos de destilación una viscosidad a 60°C de entre 30-120 Pa.s (podrá cambiarse por una penetración a 25°C de 80-120 dmm), ductilidad a 25°C ≥ 100 cm, solubilidad a 25°C ≥ 99% y cantidad de agua ≤ 0.2%. -CSS-1 y CSS-1h: viscosidad a 25°C de 20-100 s; separación de capas a 5 d ≤ 5% en peso; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; cantidad restante en malla 20 ≤ 0.10% en peso; cantidad de cemento ≤ 2%; carga de la partícula positiva; cantidad de residuo ≥ 57%; en residuo de destilación una penetración de 100-250 para CSS-1 y 40-90 dmm para CSS-1h, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. •Para el curado un agregado que es arena triturada o natural con 100% pasando por tamiz 7.1 mm y menos del 10% por el de 2mm.

Nota. Apéndice de la figura 18

Tabla 38

Especificaciones de proceso constructivo (Base tratada con cemento)

País	Construcción de la base	Especificaciones adicionales
Colombia	•La mezcla se puede hacer tanto en planta como en la vía, aunque será obligatorio en planta si se necesita mezcla varios materiales. •Si la mezcla se realiza en la vía, se aplica el material y si presenta grumos o aglomeración se realiza disgregación del material, esto hasta alcanzar que el material tenga la granulometría necesaria. La longitud disgregada no podrá ser mayor a la que se pueda tratar y compactar en 2 días de trabajo. •Luego se conforma el material con motoniveladora. •Luego se aplica el cemento en bolsas o a granel, el contenido del agua del material no puede ser superior al definido •Luego de esto se realiza la mezcla con el equipo autorizado, se mezcla hasta alcanzar homogeneidad. El contenido de agua de la mezcla debe ser ± 1 % respecto al de diseño. El tiempo de amasado de la mezcla debe ser mayor o igual a 30 segundos. •Se procede con la extensión, se hace a lo ancho de la vía o por franjas. Si la mezcla fue en planta y se indica se debe usar extendedora. •La compactación deben ser terminados en un lapso de 2h; si se realiza por franjas la extensión, se compacta incluyendo al menos 15cm de la franja anterior. •Los espesores de la capa compactada deben ser 150 mm ≤ Espesor de capa compactada ≤ 200mm •Luego de terminada se realiza el curado (máximo 5 h luego de terminada), por medio de aspersión de mínimo 7d, mediante el uso de emulsión de rotura rápida tipo CRR-60 (si se realizara la base en varias capas no se aplicara la emulsión en cada capa, solo en la final). Aplicando 400 g/m2 del ligante y 13.6 kg/m2 de agregado de protección. •Se permitirá el transito luego de 7d de compactado y a 30km/h máximo	•La construcción de esta capa se realiza con una fórmula de trabajo ya determinada y probada en fase de experimentación; el material elegido ajustado a una franja granulométrica necesaria, tipo y marca de cemento, aditivos a emplear, contenido óptimo de cemento, valor de perdidas por durabilidad, valor de resistencia a la compresión (7d), porcentajes óptimos de agua para mezcla y compactación. •Existe un proceso de prefisuracion que no es necesario, en caso de realizarse, se realizan juntas en el material sin compactar (cada 3 o 4m), penetrando al menos 2/3 de la capa. Todo esto para comprobar las resistencias de la capa. •Si la capa terminada no cumple los índices IRI, se corrigen los defectos mediante fresado y volver a construir.
Chile	•La mezcla se debe preparar en plantas fijas o móviles (solo se hará en el sitio si se autoriza por el inspector), teniendo que el material que entra a la planta no deberá ser mayor a un 60% de la óptima, teniendo un tiempo de revoltura de 90s por carga. •En caso de hacerse la mezcla en sitio se debe contar con un 30% de la producción total de áridos pétreos ya en el sitio, la humedad del material antes de agregar el cemento de máximo 60% de la óptima. Además se deberá luego de agregar el cemento terminar la homogeneización total en máximo 2h, igual tiempo desde que se agrega el agua y se empieza a compactar y máximo 3 h desde que se agrega el agua hasta que se termina la compactación. •Luego de que la mezcla sale de la planta, se coloca en la vía (capa que debe haber sido humedecida) y se esparce, el tiempo máximo que podrá pasar desde que se agrega el agua y se empieza a compactar será de 2h; y el tiempo desde agregar agua a la mezcla y se termina de compactar será de 3h máximo. •La compactación deberá iniciar tan presto se termine el esparcido del material y se realiza de los bordes al centro. •En la construcción de la capa se usan puntos de referencia altimétrica cada 20m. •Terminada la compactación se realiza la perfiladura de la capa con el uso de una motoniveladora, así esta tenga los espesores correctos. •Las capas luego de compactado deberán tener un espesor entre 12 y 24cm •Las juntas se realizaran al finalizar el día de trabajo o si se paralizan las operaciones de colocación más de 2h •El curado se realiza con emulsión diluida 1/1 a razón de 1.25 kg/m2 y RC-250 a razón de 1 kg/m2 o polietileno; no se permite el transito hasta por lo menos haber pasado 72h de curado.	-
España	•Para la construcción se debe tener un principio de fraguado que no podrá ocurrir antes de 2h de mezclado con agua. (Tiempo de fraguado determinado siguiendo la UNE-EN 196-3); aunque si la temperatura ambiente es > 30°C el principio de fraguado no podrá ocurrir antes de 1h. •El periodo de trabajabilidad que es el tiempo en el cual la mezcla tiene las propiedades para ser trabajada y compactada, dependerá si se realiza en el ancho total de la carretera o por franjas; Para anchura completa será mínimo de 3 horas y por franjas será de 4 horas •La mezcla debe haber sido realizada en centrales de fabricación ponderales o volumétricos, controlando el agua con caudalímetro de precisión ±2%; en caso de ser ponderal una dosificación con precisión para material granular de ±2% y del cemento de ±1% •El espesor que obtendrá la mezcla luego de compactada deberá ser de mínimo 20 cm •En la construcción de la capa se tendrá una tolerancia respecto a lo establecido en el diseño para contenido de cemento de ±0,3%, humedad de compactación de -1,0 / +0,5 y no sobrepasar el uso granulométrico adoptado (Material > 4mm tolerancia de ±6% y menores a 4mm de ±3%) •El volumen de material puesto en obra dependerá del tráfico; si es T00 a T2 o superficie > 70000m2 el volumen deberá ser ≥ 30% del total necesario y si es T3 a T4 o superficie < 70000 m2 el volumen deberá ser ≥ 50% •Luego se procede con realización de la mezcla, con un tiempo de amasado > 30s •Se realiza el vertido y extensión previniendo la segregación de material y contaminaciones; la capa tendrá el espesor necesario para que al compactarla llegue al espesor de los planos.	•Anterior a este proceso se realiza un tramo de prueba de más de 100m para comprobar todos los procesos y especificaciones que tendrá el material. •Si se compacta por franjas de incluirá 15cm de la anterior •Si los extendedores no tienen elementos de transferencia de carga, el camión solo puede tocar el vertido a través de los rodillos.

	•Si la anchura de capa extendida es > 4m en tráfico T00 a T2 o superficie > 70000 m2, también si es >5m en el resto de caso; se realiza la prefisuración, penetrando cada 3 o 4m al menos 2/3 de la capa antes de compactar. •La compactación se realiza durante el periodo de trabajabilidad; si la extensión se realiza por franjas, la compactación se realiza incluyendo 15cm de la anterior; y se realizaran juntas si se interrumpe el trabajo durante más tiempo del periodo de trabajabilidad. •Se realiza el curado aplicando una emulsión asfáltica antes de 3h de terminada la capa y luego colocando agregado de cobertura sobre esta; la emulsión podrá ser C60B3 CUR (Catiónica con 60% de ligante nominal, betún asfaltico como ligante y con numero de rotura igual a 3) o C60B2 CUR (Igual al anterior exceptuando que su número de rotura es igual a 2) y se permite el transito luego de 3 días de realizado y 7d para tráfico pesado.	
Estados Unidos	•Según la Unified Facilities Guide Specifications -Si la mezcla se hace en el sitio no se podrá aplicar el cemento si el contenido de humedad del suelo supera al optimo. -Cuando la subbase se construya en varias capas se limpia la construida previamente usando barredoras o escobas eléctricas. -En la construcción in situ se aplica el material granular en un espesor necesario para que al añadir el cemento, agua y compactarlo obtenga el espesor requerido. -Un proceso previo a añadir el cemento y agua es escarificar y pulverizar a la profundidad necesaria; la pulverización no podrá ser más profunda que la escarificación. Este proceso no se realizara en áreas más grandes que lo que se podría completar en 2 días de trabajo. Luego de esto se aplica el cemento de una forma que se pueda mezclar uniformemente y que la mezcla tenga el contenido de cemento especificado; se mezclara lo suficiente evitando la formación de bolas de cemento cuando se aplique el agua. Se aplicara agua con equipos de dispersión a presión que permita la aplicación de agua continua por 3h; Aplicada el agua se realiza el proceso de mezclado, áreas donde se haya aplicado el agua y no se inicie el mezclado luego de 30 minutos se retira todo el material ya que no se puede usar. Luego de mezclar con el agua (hasta que se distribuya correctamente). -Ahora, si la mezcla fue en planta central se lleva en camiones y se aplica sobre la capa de subrasante que debe haber sido humedecida anteriormente, se deposita el material, se prepara, esparce para que quede al espesor necesario; dentro de los 60 min posteriores se debe haber iniciado la compactación. -Si es con planta móvil, se mueve la planta a una velocidad uniforme para lograr una mezcla homogénea, aplicando agua y cemento desde camiones o contenedores; luego se aplica en hileras de tamaño suficiente para cubrir el ancho necesario para obtener una compactación adecuada con los espesores especificados. -Según la army force y la Unified Facilities Guide Specifications el espesor mínimo de la capa estabilizada será de 4" (100 mm) ni superar las 8" (200 mm). -El acabado final se dará dentro de las 2 primeras horas luego de compactar. -La finalización de la capa es protegerla del secado durante 7d, proporcionando un curado ya sea usando Arpilleras (Tela gruesa de fibra natural), laminas impermeables, material bituminoso (contenido de asfalto residual de 0,7 a 1,4 L/m2), membrana líquida (aplicando 3,8 L por cada 9,3 m2) •La Portland cement Association presenta que capas de entre 100-125mm es para tráfico liviano, 175-200mm para tráfico pesado y de 150-300mm para interestatales, teniendo la más común la de 150 mm y las de 300mm las menos común, ya que se usan en puestas de aeropuertos. •Según la AASHTO para la mezcla la cantidad del cemento aplicado deberá estar entre ±5% del requerido y la humedad de la mezcla deberá estar ±2% del requerido. -Si es realizada con planta móvil se debe completar las operaciones de mezcla húmeda, colocación y acabado dentro de las 2 horas de aplicado el cemento y 2 horas más para completar la compactación; si la mezcla se realizó en una central se deberá empezar a compactar dentro de los 60 minutos posteriores a la introducción del agua a la mezcla; La FWHA especifica que el tiempo para colocar, compactar y recortar la base se limitara a 4h. -Terminada la capa se realiza el curado aplicando un sellador de asfalto diluido o emulsionado, manteniendo la superficie húmeda hasta aplicarlo, se aplica entre 0,45 a 2,25 L/m2 y aplicando arena si se requiere abrir el tráfico antes de su total curado; La FHWA agrega que también se podrá hacer con agua, dosificando entre 0.68 a 1.13 L/m2. Luego de curado se protegerá por 5 dias la capa, el curado no se podrá hacer si la temperatura se la superficie es menor a 10°C.	•El contenido de humedad optimo se debe haber determinado con la AASHTO T180 método D •Según la AASHTO en el curado se podrá usar asfalto diluido que debe cumplir con la AASHTO M81 y M82; o asfalto emulsionado que cumplirá con la AASHTO M140 y M208. -Asfalto diluido podrán ser curado rápido (RC) y de curado medio (MC) y estos son los tipos: RC 70, RC 250, RC 800, RC 3000, MC 30, MC 70, MC 250, MC 800 y MC 3000. -Asfalto emulsionado serán los siguientes tipos: En la AASHTO M140 para emulsiones aniónicas serán los RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1, SS-1h o QS-1H; en la AASHTO M208 para emulsiones catiónicas serán los CRS-1, CRS-2, CMS-2, CMS-2h, CSS-1, CSS-1h o CQS-1h.

Sudáfrica	•Si la mezcla se realiza en planta, desde colocada la mezcla se deberá iniciar la compactación como máximo luego de 1 hora y 4 horas para la compactación; es decir, 1 hora de preparativos y 4 de compactación •Si la mezcla se realiza en el sitio, el proceso de esparcimiento y mezclado del material se añade agua según sea necesario si se realiza en el sitio, el esparcimiento se podrá hacer con un reciclador con dispensador automático o a mano usando escobilla de goma solo si la velocidad del viento no sea mayor a 15 km/h, además que en el esparcimiento se comprueba que el espesor que se tiene es el indicado; y en el mezclado se hace el uso combinado de niveladora, grada de discos y/o mezcladora rotativa o mediante el uso de una recicladora con sensores electrónicos para que el la profundidad de mezclado sea la correcta. •Luego de esto se procede a la compactación, en donde desde que se termina la mezcla y se termina de compactar máximo deben pasar 6 horas; el contenido de humedad del material durante la compactación nunca excederá el 80 % del contenido de humedad de saturación del material natural •Conformada y compactada la capa se comprueba grosor, pendiente y niveles. •La humedad de compactación no podrá variar más de 5% de la especificada. •Las capas deberán ser de 150mm de espesor como máxima(si se requiere una capa más ancha se hace en varias capas) •Se realiza el curado con agua durante 7 días (las primeras 48 h serán de manera más constante el regado)	•El curado también podrá realizarse de otras maneras, aunque solo si la capa esta húmeda, mas no mojada: -Curado cubriendo la capa con una membrana que es una emulsión bituminosa en aerosol o bitumen, en la dosificación indicada en el diseño. Se escogerá entre emulsión aniónica (En la SANS 4001-BT3-2014 los RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1, SS-1h o QS-1H) o emulsión catiónica (en la SANS 4001-BT4-2014 los CRS-1, CRS-2, CMS-2, CMS-2h, CSS-1, CSS-1h o CQS-1h) -Riego de imprimación se aplica en la dosificación y materiales que indique el diseño. Normalmente los tipos MC-10 (temperatura de rociado de 10-30°C) o MC-30 (temperatura de rociado de 45-65°C)
Australia y Nueva Zelanda	•La mezcla se podrá realizar en planta, más específicamente una mezcla estacionaria en pugmill, se lleva en camiones, luego se extiende, se compacta, se le da forma y se cura en preparación para la colocación de las capas superpuestas. •La mezcla también se podrá realizar in situ, aplicando el cemento y realizando la mezcla con una recicladora, al material estabilizado in situ se le da forma, luego se compacta y se cura antes de colocar las capas superpuestas. •Para la compactación se realizan 2 o 3 pasadas •Las capas compactadas deberán ser de máximo 150mm •Cuando se realiza en varias capas la compactación para llegar al punto de espesor necesario, se escarifica o pule la capa anterior 25mm y así lograr una mejor unión.	•El esparcimiento se realiza a velocidades de 5km/h - 10km/h
Tailandia	-Se podrá usar una planta mezcladora estacionaria, que permita mezclar el suelo o roca triturada, cemento y agua; usando una mezcladora discontinua (Batch mixer) o continua (Continuos Mixer) -El proceso de mezclado si es en una planta deberá ser por un tiempo mayor a 30 segundos. -Se aplicara la mezcla usando maquinaria que y el equipo deben ser suficientes para garantizar una construcción continua y eficiente de la base de piedra triturada mezclada con cemento; luego de aplicado se realiza el perfilado y la compactación. -Deberá realizarse el proceso de compactación en máximo 2h. -Luego de compactado se realiza una nivelación final, para luego rociar agua durante los primeros 3 días y dejar reposar durante mínimo 7 días para lograr una capa con las características necesarias. -La capa compactada deberá tener un máximo de 150 mm de espesor, se podrá construir una capa de mayor espesor, pero no podrá ser mayor a 200 mm -Terminado el curado se aplica una capa de asfalto asfáltico de ser necesario (asfaltos tipo MC-30, MC-70, CSS-1 o CSS-1h) o se podrá construir la siguiente capa.	-Antes de iniciar la construcción se realiza un tramo de prueba de entre 200-500 m de largo -Si la piedra proviene de distintas fuentes se deberá realizar pruebas de control de calidad y revisar que sea la requerida. -Si la mezcla será con suelo-cemento y el material de suelo supera los valores de IP y LL se aplicara cal antes de la mezcla.

Nota. Apéndice de la Figura 19

Tabla 39

Ensayos preliminares y periódicos en la construcción de base (Base tratada con cemento)

País	Ensayos preliminares	Ensayos para verificaciones periódicas	Observaciones adicionales
Colombia	-Para el agregado: Desgaste en la máquina de Los Ángeles (ASTM C 131-06); Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval(ASTM D 6928-10); Perdidas en ensayo de solides en sulfatos (ASTM C88-05); CBR(ASTM D 1883 – 07) ; Tamaño máximo agregado(ASTM D 422-63) ; Limite liquido e Índice de plasticidad(ASTM D 4318-10); Equivalencia de arena(ASTM D2419-09); Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables (ASTM C142); índices de alargamiento (BS 812-105.1:1989 y BS 812-105.1:1990); Caras fracturadas (ASTM D 5821-01); proporción de sulfatos del material combinado (UNE-EN 1097-8 julio 2000); Granulometría del material (ASTM D422-63) y Tamaño máximo (ASTM C136-06); Ph del agua (ASTM D1293); contenido de sulfatos en el agua (UNE 83956) -Para el asfalto de curado: Destilación para contenido de asfalto y aceite (ASTM D 6997-12); contenido de agua (ASTM D244-09); Viscosidad (ASTM D7496-11); sedimentación (ASTM D6930-10 y NTL-140/99); tamizado de emulsiones (ASTM D6933-08); rotura en ensayo de mezcla con cemento (ASTM D6935-11 y NTL 144/98); carga eléctrica para identificación de emulsiones asfálticas catiónicas (ASTM D7402-09 y NTL 194/99); pH de emulsión asfáltica (NTL 195/92); índice de rotura (UNE-EN 13075-1); penetración (ASTM D5-06); ductilidad (ASTM D113-07); solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042-09)	-Se toman 4 muestras cada 2000m3 de material por estabilizar para comprobar que cumpla con todo lo requerido. -Se realizan 1 vez por jornada los ensayos Limite líquido, Índice de plasticidad y caras fracturas; Se realiza también 1 vez por jornada o cada 3000 m2 de superficie compactada un ensayo de granulometría. -1 vez por semana Equivalencia de arena, Valor de azul de metileno (si aplica), contenido de materia orgánica, contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables., índices de alargamiento y aplanamiento. -1 vez por mes ensayos de CBR, desgaste en la máquina de Los Ángeles, degradación por abrasión en el equipo micro-deval. -También se verifica periódicamente la calidad del cemento, agua y aditivos si se usan; a su vez de la mezcla elaborada se toman 3 muestras por lote para determinar su contenido de cemento y 2 muestras cada lote para determinar la resistencia a compresión simple -Del material colocado y compactado se realizan cada lote ensayos de densidad seca para determinar compactación y determinación de rugosidad (ASTM E950) •Se realizan ensayos del agua si no es potable verificando su Ph y contenido de sulfatos; así como ensayos a la emulsión para el curado incluso si esta certificado (2 muestras de 2kg por cada carrotanque y 2 muestras si se almaceno más de 15 días)	-Los ensayos de revisión pueden reducirse a la mitad si se aprueba. -En caso que en las verificaciones periódicas de material no se den resultados satisfactorios, se realizan 2 pruebas más, si no cumplen igual no se usa el material. -Lote se define como la menor área entre 500m de capa terminada, 3500 m2, obra ejecutada en una jornada de trabajo, obra ejecutada con el mismo material.
Chile	-Para el agregado: Limite líquido y limite plástico(ASTM D423); Desgaste los ángeles(ASTM C 131-69); Contenido sales solubles(EN 1744-1:1998); equivalencia de arena (ASTM D 2419-74 y AASHTO T 176-70); Granulometría (MC V8-8.101.1.B); Cemento hidráulico (ASTM C 205-64 T, ASTM C 340-66 T, ASTM C 358-66 T); Agua (ISO 12439:2010,AASHTO M 148) -El asfalto para el curado se le podrán realizar los siguientes ensayos: viscosidad cinemática (ASTM D2170); punto de inflamación (ASTM D3143); ensayo de destilación (ASTM D402); en residuos de destilación, ensayos de viscosidad (ASTM D2170), ductilidad (ASTM D113), solubilidad (ASTM D2042); ensayo para determinación del agua (ASTM D95) y ensayo Heptano/xilol (AASHTO T102-82)	-Control de compactación, humedad y de espesor (ASTM D 1556); también ensayos para verificar la resistencia a compresión -Se realizan ensayos para comprobar que cumpla con todos los otros requisitos necesarios; igualmente para asfaltos usados para el curado.	-

España	-Si se tiene un marcado CE según el Anejo ZA de la norma UNE-EN 13242, con un sistema de evaluación de la conformidad 2+ se verifica que las propiedades que dice sean las correctas y las requeridas, aunque se podrán hacer los ensayos que considere oportunos. Caso contrario al material se ensaya lo siguiente: Granulometría (UNE-EN 933-1); coeficiente los Ángeles (UNE-EN 1097-2); índice de lajas (UNE-EN 933-3); Proporción de caras de fractura (UNE-EN 933-5); contenido de azufre total y sulfatos solubles en ácido (UNE-EN 1744-1); determinación de compuestos orgánicos que afectan al fraguado y endurecimiento del cemento (UNE-EN 1744-1); descripción petrográfica (UNE-EN 932-3); Límite líquido e índice de plasticidad (UNE 103103 y UNE 103104); equivalencia de arena del árido fino (Anexo A UNE-EN 933-8) y azul de metileno (Anexo A UNE-EN 933-9). -El asfalto para el curado se le podrán realizar los siguientes ensayos: índice de rotura (UNE-EN 13075-1); contenido de ligante (UNE-EN 1428); contenido de fluidificante (UNE-EN 1431); tiempo de fluencia (UNE-EN 12846-1); residuo de tamizado (UNE-EN 1429); tendencia a sedimentación (UNE-EN 12847); adhesividad (UNE-EN 13614); en el residuo por evaporación (UNE-EN 13074-1), ensayos de penetración (UNE-EN 1426), punto de reblandamiento (UNE-EN 1427); y en residuo por evaporación (UNE-EN 13074-1) y luego estabilización (UNE-EN 13074-2), penetración (UNE-EN 1426) y punto de reblandamiento (UNE-EN 1427)	Si se tiene un marcado CE se verifica que las propiedades que dice sean las correctas y las requeridas, aunque se podrán hacer los ensayos que considere oportunos. -En la fabricación se realizan cada 1000 m3 o el de cada día si se realiza menos material: Humedad natural (UNE-EN 1097-5); límite líquido e índice de plasticidad -Equivalencia de arena y azul de metileno; granulometría por tamizado (UNE-EN 933-1) -Por cada 5000 m3 o 1 vez a la semana si se emplea menos material: Límite líquido e índice de plasticidad (UNE 103103 y UNE 103104) -Al menos una vez al mes para ambos sc y gc: Presencia de sustancias orgánicas (UNE-EN 1744-1); contenido de azufre total y sulfatos solubles en ácido; índice de lajas del árido grueso (UNE-EN 933-5) y coeficiente Los Ángeles. -Junto a ello se tomas 2 veces al día una muestra representativa seca para determinar la granulometría. -De la mezcla se determinara una vez por lote la humedad del material tratado (UNE 103300) y en todo caso 2 veces al día. -Se realizan ensayos de densidad (UNE 103900) y de humedad de manera aleatoria y mínimo 7 medidas por lote. -Para el curado: Se toman 2 muestras por procedencia y cualquier volumen para ensayar granulometría (UNE-EN 933-2), el equivalente de arena (SE4) (UNE-EN 933-8 anexo A), y la plasticidad (UNE 103103 y UNE 103104). Y la emulsión será ensayada para comprobar todas las especificaciones que deberá tener. -Además para el curado se tomaran mínimo 3 puntos por lote para comprobar la dotación.	Lote se define como la menor entre 500m de calzada, 3500 m2 y la fracción construida en un día.
Estados Unidos	-Para el agregado: Ensayo de abrasión Los ángeles (AASHTO T96 y ASTM C535); ensayo de resistencia a los sulfatos (AASHTO T 104); partículas planas y alargadas en agregado grueso (ASTM D4791); limite liquido e índice de plasticidad(AASHTO T89 o ASTM D4318); ensayo granulométrico(ASTM C136/AASHTO T27 y AASHTO T11); equivalencia de arena (ASTM D2419); materia orgánica (ASTM D 2974); contenido de sulfatos (AASHTO T 290); solidez del material (ASTM C88); terrones de arcilla (ASTM C142/C142M); expansividad potencial reactiva de agregados finos (ASTM C1260) -Para el asfalto de curado RC 70, RC 250, RC 800 o RC 3000: viscosidad cinemática (ASTM D2170 o AASHTO T201); punto de inflamación (ASTM D3141 o AASHTO T79); destilado a 360°C (ASTM D402 o AASHTO T78); en residuo restante de destilación, ensayos de viscosidad (ASTM D2171 o AASHTO T202), ductilidad (ASTM D113 o AASHTO T51) y solubilidad (ASTM D2042 o AASHTO T44); porcentaje de agua (ASTM D95 o AASHTO T55); contenido de nafta estándar, nafta-xileno o heftano-xileno (AASHTO T102) -Para el asfalto de curado MC 30, MC 70, MC 250, MC 800 o RC 3000: viscosidad cinemática (AASHTO T201) o viscosidad (AASHTO T202); punto de inflamación (AASHTO T79); porcentaje de agua (AASHTO T55); destilado a 360°C (AASHTO T78); en residuos de destilación, ensayos de viscosidad (AASHTO T202) o penetración (AASHTO T49), ductilidad (AASHTO T51), solubilidad (AASHTO T44); contenido de nafta estándar, nafta-xileno o heftano-xileno (AASHTO T102) -Para asfalto de la AASHTO M140 o M208: Viscosidad Saybolt Furol (ASTM D7496); estabilidad de almacenamiento a 24h (ASTM D6930); demulsibilidad (ASTM D6936); prueba de carga de la partícula (ASTM D7402); capacidad de cubrimiento y resistencia del agua (ASTM D6930); prueba en mezcla con cemento (ASTM D6935); ensayo tamizado (ASTM D6933); residuo por destilación (ASTM D6997); aceite destilado por volumen de emulsión (ASTM D6997); en residuo de destilación ensayos de penetración (ASTM D5), ductibilidad (ASTM D113), solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042) y prueba de flotación.	Se comprueban que todas las especificaciones cumplan con lo requerido mediante distintos ensayos. - Se comprueba la densidad in situ (AASHTO T 310 o T 191) y el contenido de humedad (AASHTO T 310), junto a control de gradación y resistencia a la compresión (ASTM C39/C39M) - Ensayo de Limite liquido e índice de plasticidad, ensayos de contenido de humedad y ensayos de densidad. (AASHTO T180 y T99) Todo junto a un control de superficie junto a su curado.	-

Sudáfrica	-Para el agregado: CBR(ASTM D4833 o SANS 3001-GR40); Análisis granulométrico(SANS 3001-AG1); Análisis del tamaño de partículas de material inferior a 2 mm y 0,075mm; Hinchamiento; ensayo de durabilidad en molino; ensayo para determinación de impacto en agregado (BS 812-112:1990); Determinación del límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad(SANS 3001); el índice de plasticidad. -Para la emulsión usada en riego de imprimación: viscosidad cinemática (ASTM D2170); viscosidad dinámica (ASTM D4402); punto de inflamación (ASTM D93); cantidad de agua (ASTM D95); destilado a 360°C (ASTM D402); en residuos de destilación, ensayos de viscosidad (ASTM D4402). -Si se usa los tipos de la SANS 4001-BT3 o BT4: Viscosidad Saybolt Furol (ASTM D7496); estabilidad de almacenamiento a 24h (ASTM D6930); demulsibilidad (ASTM D6936); prueba de carga de la partícula (ASTM D7402); capacidad de cubrimiento y resistencia del agua (ASTM D6930); prueba en mezcla con cemento (ASTM D6935); ensayo tamizado (ASTM D6933); residuo por destilación (ASTM D6997); aceite destilado por volumen de emulsión (ASTM D6997); en residuo de destilación ensayos de penetración (ASTM D5), ductibilidad (ASTM D113), solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042) y prueba de flotación.	Se realizan ensayos de manera aleatoria para comprobar que todos los parámetros cumplan con lo exigido. Uno de los ensayos más importantes es el de Densidad seca Máxima (SANS 3001-GR30)	-
Australia y Nueva Zelanda	Distribución de tamaños de partículas (AS 1289.3.6.1); límite plástico (AS 1289.3.1 y NZ 4402.2.3:1986), límite líquido (AS 1289.3.2 y NZ 4402.2.2:1986), índice de plasticidad (AS 1289.3.3.3 y NZ 4402 2.4:1986); resistencia máxima a la compresión en seco (AS 1289.5); desgaste por Los Ángeles (AS 1141.23 y NZ 4407 3.12:1991); índice de descamación (AS 1141.15 y NZ 1141.15: 1999); resistencia húmeda seca (AS 1141.22 y NZ 1141.22: 1996); equivalencia de arena (NZ 3.6:1991); forma de la partícula (AS 1141.14-2007, .15-1999, .16-2007, .18-1996); sulfatos (AS 1289.4.2.1-1997); contenido de sulfatos solubles en ácido (AS 1141.36); caras fracturadas (AS 1141.18 – 1996); contenido de MO (NZS 4402 3.1.1:1986)	Se debe comprobar que cumplan todos los parámetros que se dieron en el diseño. Realizando ensayos de distribución de tamaños de partículas, límite plástico, límite líquido, índice de plasticidad, resistencia máxima a la compresión en seco, desgaste por Los Ángeles, resistencia húmeda seca. Se realizan ensayos de contenido de cemento (AS 1289.5.10.1:2018); compactación y densidad (AS 1289.5.3.1:2009).	-
Tailandia	-Para el agregado: CBR(AASHTO T193); Límite líquido(AASHTO T89); índice de plasticidad(AASHTO T90); ensayos para determinar la existencia a la compresión (AASHTO T 208); ensayo de abrasión Los Ángeles (ASTM C 131 y C535); ensayo de resistencia a los sulfatos (AASHTO T 104 y ASTM C 88) -Para curado los asfaltos tipo RC-70 o RC-250: viscosidad cinemática (ASTM D2170); cantidad de agua (ASTM D95); contenido de nafta estándar, nafta-xileno o heftanoxsileno (AASHTO T102); en residuo restante de destilación, ensayos de viscosidad (ASTM D2171) o penetración (ASTM D5), ductilidad (ASTM D113), solubilidad (ASTM D2042). -CSS-1 y CSS-1h según la ASTM D244 y lo indicado en la los siguientes es: Viscosidad Saybolt Furol (ASTM D7496); separación de capas por asentamiento (ASTM D6930); estabilidad de almacenamiento a 24h (ASTM D6930); demulsibilidad (ASTM D6936); prueba de tamizado (ASTM D6933); ensayo para cantidad de cemento (ASTM D6935); carga de la partícula (ASTM D7402); residuo (ASTM D6997); penetración (ASTM D5); ductibilidad (ASTM D113) y solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042).	Pruebas de densidad cada 100m o áreas de 500 m2 (AASTHO T191) Se realizan ensayos de inspección luego de compactada y que cumpla con los requisitos necesarios, un ejemplo de ellos es el ensayo de compactación (AASHTO T180) Ensayos cada período de construcción tomando 3 muestras para saber la resistencia a compresión, se hará en espesores no mayores a 150mm y área no mayor a 1500 m2 (AASHTO T 208)	

Nota. Apéndice de la Figura 20

Tabla 40

Criterios de calidad de la base terminada (Base tratada con cemento)

País	Criterios de Calidad terminado	Requisitos adicionales
Colombia	-Grado de compactación ≥ 98% -Espesor promedio ≥ Espesor de diseño y ≥ 90% en muestras individuales. -La cota en cualquier punto no podrá variar más de 10mm de la proyectada. -Planicidad con variación menor a 15mm -Regularidad superficial con una rugosidad que dependerá de la clase de material y espesor total, se expresa en Índice de rugosidad internacional con la ASTM E1926 y ASTM E950 : Para % de hectómetros de 50% si e ≥ 20 cm (< 3,0), 10 cm < e < 20 cm o e ≤ 10 cm (< 2,5); Para 80% si e ≥ 20 cm (< 4,0), 10 cm < e < 20 cm o e ≤ 10 cm (< 3,5); Para 100% si e ≥ 20 cm (< 5,0), 10 cm < e < 20 cm (< 4,5) y e ≤ 10 cm (< 4,0). Esta se medirá con mira y nivel y se determinara el IRI (NTL 330-98), si es con perfilómetro pivotante de alta precisión (NTL 331-98) y equipo de referencia inercial validado previamente con 1 de precisión en tramo de 200m(ASTM E950) -La rasante no debe superar ni quedar debajo de 15 mm de lo proyectado -La resistencia final deberá ser ≥ 92% de la resistencia del diseño y ≥ 90% en muestras individuales -El porcentaje de cemento final deberá variar máximo ± 0,3% de la diseñada y ± 0,5% en muestras individuales	Los sitios para verificación de compactación se realizan determinando la densidad seca de la capa, escogiendo un sitio al azar. Como mínimo 1 prueba por hectómetro y 5 ensayos por lote (lote el menor de 500m o 3500m2 de capa compactada, obra ejecutada por jornada, obra ejecutada con el mismo material)
Chile	-Si la base es tratada con cemento deberá luego de 7d tener una resistencia a la compresión ≥ 4,5MPa, en cambio sí es una base granular tratada con cemento deberá tener una resistencia entre 2,5 a 4,5MPa -Grado de compactación ≥ 98% -Tolerancia de espesor de ± 0.5 m. -Tolerancia de nivel ± 0.10 m -Las cotas en cualquier punto no podrán variar más de 15 mm	-Las áreas que no cumplen con las cotas se reemplazaran con una nueva, aunque también si la capa de rodadura es una mezcla asfáltica se podrá usar esta misma mezcla para compensar las depresiones, esto se realiza previo a la capa de rodadura; y si es una base granular tratada con cemento bajo una capa de rodadura de hormigón se podrá también rellenar estos espacios con la mezcla. -Si no se cumple con la resistencia se impondrán multas dependiendo de la diferencia que esta tenga con la que se necesitaba.
España	-Deberá tener una densidad luego de compactada ≥ 98% de la densidad máxima. -La rasante deberá tener una textura uniforme, sin segregaciones u ondulaciones y con las pendientes adecuadas; no deberá superar en ningún punto a la teórica ni quedar por debajo de 15mm -Cada 20 metros se verifica que la anchura no podrá ser superior a la teórica ni quedar por debajo más de 100mm. -Regularidad superficial con una rugosidad se expresa en Índice de rugosidad internacional IRI con la NTL-330: Para % de hectómetros de 50% con tráfico T00 a T4 (< 3,0), para 80% y tráfico de T00 a T4 (< 3,5), para 100% (< 4,0); estos podrán cambiar en 0,5 si se realizó la prefisuración -Su espesor no podrá ser inferior al mínimo que se exige; aunque se aceptara si este es ≥ 90% del requerido, solo si se compensa esta diferencia añadiendo ese espesor faltante en la otra capa.	El IRI se comprobará cada 1000 metros; junto a ello se comprobará el espesor y densidad con mínimo 6 muestras por lote. La rasante se comprueba cada 20 metros
Estados Unidos	-Debe tener la capa final una resistencia a la compresión de 750 psi para pavimentos flexibles y 500 para pavimentos rígidos. -Según la AASHTO se deberá compactar hasta obtener una densidad ≥ 95% de la máxima, aunque la Unified Facilities Guide Specifications deberá ser ≥ 98% de la densidad máxima -Tolerancia de superficie de máximo 15mm de diferencia (planicidad) -El espesor de la capa compactada deberá ser mayor o igual a la de diseño. Se tolerará máximo 6mm como máximo.	La densidad máxima se determina con la AASHTO T 180 (proctor modificado) o AASHTO T 99(proctor estándar)
Sudáfrica	-Se debe compactar hasta alcanzar entre un 100% de densidad máxima. -Se tendrá una tolerancia de nivelación de 20mm -Desviación máxima de los bordes de 75mm -La capa no puede variar en su espesor más de 20 mm. -La rasante no debe superar ni quedar debajo de 10 mm de lo proyectado -IP material estabilizado máximo 6 -Resistencia a la compresión con un mínimo 0,75 a 5MPa -Resistencia a la tracción de máximo 350KPa	Se controla el nivel de la capa cada 20m mínimo

Australia y Nueva Zelanda	-Se deberá tener una resistencia a la compresión a los 28 días de entre 0,7 a 1,5 MPa -Planicidad con tolerancia máximo de 10 mm y si está bajo un pavimento flexible será máximo 15 mm -Según la Main roads Western Australia se tiene una tolerancia de nivelación de entre -25 mm y 5mm -Se tiene una toleración superficial vertical de +/- 15mm -Toleración de a lo ancho de 0-100mm -Tolerancia de espesor de +/- 15mm -Se debe compactar hasta alcanzar entre un 94% a 96% de densidad máxima según la Main roads Western Australia	-
Tailandia	-Se debe compactar hasta alcanzar una densidad seca de como mínimo un 95% de la densidad seca máxima. -Si es una mezcla con piedra triturada deberá obtener una resistencia a la compresión mayor a 2.4 MPa; si es suelo-cemento deberá obtener una resistencia a la compresión mayor a 1.7 MPa -Se permite una diferencia de planeidad de máximo 10mm -Diferencia de nivel no mayor a 10mm.	La inspección de planeidad y nivel cada 25m. Si la resistencia a la compresión final no es la diseñada, se realizan nuevos ensayos y estos deberán tener que, la resistencia a la compresión deba ser mayor o igual al 85% de la diseñada.

Nota. Apéndice de la Figura 21

Tabla 41

Especificaciones y requisitos antes de iniciar (Base tratada con emulsión)

País	Exigencias	Parámetros adicionales
Colombia		•La mezcla se realiza en planta de mezcla o máquina estabilizadora •Se necesitara maquinaria para escarificación si se necesita. •Para la disgregación y compactación se usara motoniveladora, compactadores metálicos vibratorios y neumáticos, carrotanques para aplicar agua y el material del riego de curado de la capa compactada •Si así se indica se usara una máquina extendedora autopropulsada para la extensión de la mezcla •La emulsión asfáltica se transporta desde la planta de fabricación hasta la colocación se realiza a grane con carrotanques que no requieran aislamiento térmico ni calefacción. Y si al transportar para almacenar los tanques no tienen medios de carga se usarán en los carrotanques medios neumáticos o mecánicos para el transvase, y si se usa bombas de transvase deben ser del tipo rotativo a las centrífugas. El trasvase siempre por tubería directa. •Si se requiere almacenar la emulsión asfáltica se realiza en tanques cilíndricos verticales, con tuberías de fondo para carga y descarga. Deben tener bocas de ventilación y aparatos de medida y seguridad, junto a una válvula para las muestras.
Estados Unidos	En el momento de la construcción de la base esta debe siempre seguir el procedimiento, usar la maquinaria y el equipo que se indicaron en el documento del proyecto que ya haya sido aprobado y probado en tramos de experimentación o prueba, además de inspeccionar que todos estos cumplan con sus respectivas certificaciones; otro aspecto es que el traslado de material debe ser en el equipo idóneo, cubierto de ser necesario.	•Mezcladora estacionaria para la mezcla, debe contar con equipo de pesaje, volumétrico u otro equipo de medición para control de material; además contar con controles de alimentación interconectados. •Planta central de tipo continuo o discontinuo, con dispositivos de dosificación y alimentación calibrados que introduzcan el agregado, el material bituminoso, el agua y los aditivos (si se usan) en la mezcladora en las cantidades especificadas. •Esparcidor mecánico autopropulsado y orientable que tenga velocidades variables hacia adelante y hacia atrás; esparcidos que contenga una tolva, una regla ajustable y rollos de parachoques externos; el esparcidor deberá ir sobre orugas, neumáticos de goma o rodillos de acero tipo tambor que no alteren el material subyacente. •Mezclador/Reciclador para realiza mezcla in situ •Distribuidor neumático para esparcir el material bituminoso (capacidad de rociar material bituminoso en una doble o triple solape uniforme a la temperatura especificada) •Apisonadores o compactadores aprobados (Apisonador o rodillo de rejilla; rodillo con ruedas de acero; rodillo vibratorio; rodillo de neumáticos y/o compactador de placa vibratoria)
Sudáfrica		•Maquina Pugmill para mezcla en planta •Uso de maquina recicladora para realización de mezcla in situ. •Para mezcla con emulsión bituminosa y en caso de requerirse se podrá usar tanques rociadores (spray tanker) calibrado con una barra rociadora. Y niveladora y rotovator para nivelar. •Uso combinado de niveladora, grada de discos y/o mezcladora rotativa o mediante el uso de una recicladora con sensores electrónicos para realizar el mezclado de ser necesario.
Australia y Nueva Zelanda		•El esparcimiento se realiza mediante un camión cisterna directamente a partir del reciclador. •Para la mezcla en planta, si se realiza un betún espumado hacerlo mediante una pugmill. •Para la mezcla se usa niveladora, grada de discos y/o mezcladora rotativa o mediante el uso de una recicladora con sensores electrónicos •Para la compactación se pueden usar equipos de presión estática (Rodillos lisos con ruedas de acero), fuerza de impacto (Placas y rodillos compactadores, rodillos de impacto y rodillos de rejilla), vibración o que combinen varios de los anteriores como: Rodillos neumáticos de múltiples ruedas, rodillos lisos oscilantes y vibratorios, rodillos de pie de cabra.

Nota. Apéndice de la Figura 22

Tabla 42

Especificaciones de materiales a usar (Base tratada con emulsión)

País	Observaciones previas	Requisitos para la capa base	Observaciones adicionales
Colombia	•Los materiales a usar podrán ser agregados pétreos (roca triturada o grava) o suelos naturales; si se usa agregado pétreo se podrá usar en todos los tipos de tránsito, en cambio sí se usan suelos naturales solo se podrán usar para tránsitos de tipo NT1: N80kN ≤ 0.5M •Se usa emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta tipo CRL - 57 o CRL - 57h; donde el valor 57 es el porcentaje de asfalto que tiene la mezcla, la h será rotura lenta de alta estabilidad. Esta emulsión se realiza con Asfalto residual duro (ARD) en zonas con temperatura ≥ 15 °C y asfalto residual blando (ARB) para temperaturas < 15 °C. Esta emulsión deberá tener una certificación del fabricante de la emulsión expedida. •Uso de puzolanas como cemento hidráulico, cal hidratada y cenizas volantes como llenantes que complementan la acción del ligante asfáltico. Si se usan para control de rotura de la emulsión asfáltica no se consideran puzolanas. •Se podrán usar aditivos para mejorar la adherencia con el uso de Cal tipo 1 (AASHTO M 303-89 2019) con cal activa ≥ 83%, oxido de calcio ≤ 7% y contenido de agua ≤ 3%; compuestos del tipo amina, organosilanos y ésteres de fosfato; cenizas (AASHTO M 295-19) u otros productos de calidad certificada.	•El material deberá estar exentos de materia orgánica, terrones de arcilla u otra sustancia nociva o inconveniente para el buen comportamiento de la capa estabilizada. •Si el material a usar es un agregado pétreo -Desgaste Los Ángeles ≤ 50% (500 revoluciones) y ≤ 10% (100 revoluciones); Degradación por abrasión ≤ 45% (no necesario para tránsito NT1) -Resistencia mecánica: Valor en seco ≥ 30kN y relación húmedo/seco ≥ 50% (solo para NT2 y NT3) -Caras fracturadas(una cara) ≥ 50% -Perdidas mediante prueba de sulfato de magnesio ≤ 18% -LL ≤ 35%; IP ≤ 7%; Equivalencia de arena ≥ 20%; Contenido de terrones de arcilla o partículas deleznables ≤ 2%; Porcentaje de partículas fracturadas ≥ 50%; Índice global de partículas aplanadas y alargadas ≥ 50% -CBR ≥ 20% para NT1 y ≥ 30% para NT2 y NT3 •Si el material a usar es suelo natural (suelos granulares para NT1) -Clasificación AASHTO serán los A-1-a o A-1-b o A-2-4 -IP ≤ 7%; Equivalencia de arena ≥ 40%; Contenido de terrones de arcilla o partículas deleznables ≤ 2% -CBR ≥ 20% •Especificaciones para Emulsión asfáltica tipo CRL - 57 y CRL - 57h -Contenido de asfalto residual ≥ 57%; Contenido de agua ≤ 43%; Viscosidad con Saybolt-Furol a 25°C entre 20 - 200s (segundos) -Estabilidad durante almacenamiento: ≤ 1% (sedimentación a 24h) y ≤ 5% (sedimentación a los 5d) -Porcentaje retenido en tamiz N°20 ≤ 0.1%; carga eléctrica de partícula debe ser positiva; pH ≤ 5. •Especificaciones para Emulsión asfáltica solo para tipo CRL - 57 -Penetración (25°C, 100g, 5s) para ARD de entre 60 - 100 décimas de mm (0,1mm) y para ARB de entre 100 - 250; Ductibilidad (25°C, 5cm/min) ≥ 40cm; Solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5% •Especificaciones para Emulsión asfáltica solo para tipo CRL - 57h -Rotura en ensayo de mezcla con cemento ≤ 2% -Penetración (25°C, 100g, 5s) de entre 60 - 100 décimas de mm (0,1mm); Ductibilidad (25°C, 5cm/min) ≥ 40cm; Solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5% •El agua para realizar la mezcla debe ser agua potable, limpia y libre de agentes contaminantes; si no es potable debe tener un Ph de entre 5,5 y 8 y un contenido de sulfatos ≤ 1,0 kg/m3	•La mezcla de agregados pétreos puede provenir de material seleccionado y/o tratado de una planta de producción o también provenir de material escarificado del sitio y tratado. •El material si es agregado pétreo deberá en el diseño estar ajustado a una de las 2 franjas granulométricas, para 38mm y 25mm; si es suelo granular estar ajustado a la franja granulométrica de 5mm. -BBE-38 un PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 80-95, PP (12.5 mm): 50-80, PP (9.5 mm): 45-75, PP4: 30-60, PP8: 20-45, PP40: 10-27, PP100: 5-18 y PP200: 3-15 -BBE-25 un PP (25 mm): 100, PP (12.5 mm): 60-90, PP (9.5 mm): 50-80, PP4: 30-60, PP8: 20-45, PP40: 10-27, PP100: 5-18 y PP200: 3-15 -BBE-5 un PP4: 100 y PP200: 5-25 •La relación de polvo PP200/PP40 no puede ser más de 2/3. •El producto entre PP200 e IP no podrá ser más de 72 •Para clase 2 el tamaño máximo de las partículas debe ser como máximo 1/3 del espesor a tener de capa. •Si los IP y LL son mayores a lo establecido o CBR menor, se puede hacer un tratamiento previo con cal y luego se hará con cemento, siempre que en fase de experimentación se compruebe un buen comportamiento.

Estados Unidos	-El material a usar será material granular, este agregado será el principal elemento dentro de la mezcla. -La emulsión asfáltica deberá tener una certificación ya se de producción o comercial. Esta certificación de fabricante deberá ser una ISO 9000 o un sistema de pruebas e inspección eficaz. -Según la FWHA entre el 80 y el 95% en peso de una mezcla de base estabilizada puede consistir en agregados, estos agregados incluyen fuentes de agregados convencionales, como piedra triturada o arena y grava, y otros materiales agregados, como escoria de alto horno, materiales de pavimentación reciclados y cenizas de fondo o escoria de caldera de centrales eléctricas alimentadas con carbón. -Suministrar agua libre de sustancias perjudiciales para el trabajo. -Según la Unified Facilities Guide Specifications el tipo de emulsión a usar en la base serán los siguientes: MS-2h (Emulsión asfáltica de ruptura rápida y ajuste medio), HFMS-2h (Emulsión asfáltica de alta flotabilidad, ruptura rápida y ajuste medio), HFMS-2s (Emulsión asfáltica de alta flotabilidad, con ruptura rápida y ajuste medio), SS-1(Emulsión asfáltica de ruptura lenta), SS-1h (Emulsión asfáltica de ruptura lenta con una viscosidad más alta), CSS-1 (Emulsión asfáltica catiónica de ruptura lenta), CSS-1h (Emulsión asfáltica catiónica de ruptura lenta con una viscosidad más alta)	Según la FWHA: •El agregado deberá tener las siguientes propiedades: -Abrasión Los Ángeles ≤ 50%; Estabilidad del suelo con sulfato de sodio 12% perdidas máximo; Índice de durabilidad(para grueso y fino) ≥ 35%; caras fracturadas ≥ 50%; Limite liquido ≤ 25% e Índice de plasticidad ≤ 4 -Según la Asphalt Institute el material deberá tener IP ≤ 6; Valor de resistencia ≥ 70; Abrasión Los Ángeles ≤ 50%; equivalencia de arena ≥ 30% -La ASTM D2940 de las partículas que se retienen en el Tamiz de 9,5mm al menos el 75% debe tener dos o más caras fracturadas; la fracción de agregado fino(mezcla final) que pasa por el Tamiz N°200 no deberá exceder el 60% de la fracción que pasa por el tamiz N°30; la fracción que pasa por el tamiz N°40 deberá tener un LL ≤ 25% e IP ≤ 4%, además el valor equivalente de arena en agregado debe ser ≥ 35% y según la ASTM C131/AASHTO T96 debe tener un desgaste de los ángeles ≤ 40% (500 revoluciones) -Según la Unified Facilities Guide Specifications el material deberá tener un PP200 ≤ 30%; CBR ≥ 80%; Limite liquido ≤ 25% e Índice de plasticidad ≤ 4; porcentaje de desgaste ≤ 40% •El asfalto emulsionado generalmente se agrega a la mezcla en dosificaciones de 2% de masa de agregado. •Según la ASTM D977 o AASHTO M140 y la ASTM D 2397 o AASHTO M 208 deben tener las siguientes especificaciones: -MS-2h : Viscosidad con Saybolt-Furol a 25°C ≥ 100 segundos; estabilidad de almacenamiento 24h ≤ 1%; residuo por destilación ≥ 65%; residuo con penetración (25°C, 100g, 5s) de entre 40 - 90, ductilidad (25°C, 5cm/min) ≥ 40 cm, Solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%; con un Recubrimiento de agregado seco bueno y recubrimiento para después de rociar, agregado húmedo y después de pulverización regular. -HFMS-2h: En su mayoría como las de MS-2h, excepto por un valor de Flotabilidad (60°C) ≥ 1200 segundos -HFMS-2s: En su mayoría como las de MS-2h; exceptuando Viscosidad ≥ 50 s, añadiendo un aceite destilado por volumen de emulsión de entre 1-7%, penetración ≥ 200. -SS-1: Viscosidad de entre 20-100s; estabilidad de almacenamiento ≤ 1%; contenido de cemento cement mixing ≤ 2%; residuo por destilación ≥ 57%; penetración de entre 100-200; ductibilidad ≥ 40% y Solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5% -SS-1h: En su mayoría como las de SS-1, excepto por un valor de penetración de entre 40-90. -CSS-1 y CSS-1h: viscosidad a 25°C de 20-100 s; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; carga de la partícula positiva; tamizado ≤ 0.10%; contenido de cemento ≤ 2%; residuo ≥ 57%; en residuo de destilación una penetración de 100-250 dmm para CSS-1 y 40-90 dmm para CSS-1h, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. -Si el asfalto emulsionado se aplica para elaboración de la mezcla en el sitio se dosificara entre 0.15 a 6L/m2 (se presenta un dato flexible ya que variara según lo que requiera el proyecto)	•El material debe estar en una de las 3 franjas granulométricas específicas que existen y que se selecciona en la etapa de diseño -Gradación C un PP (50 mm): 100, PP (25 mm): 80-100, PP (19 mm): 64-94, PP (9.5 mm): 40-69, PP4: 31-54 y PP200: 4-7. -Gradación D un PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 86-100, PP (9.5 mm): 51-82, PP4: 36-64, PP40: 12-26 y PP200: 4-7. -Gradación E un PP (19 mm): 100, PP (9.5 mm): 62-90, PP4: 36-74, PP40: 12-26 y PP200: 4-7. •Para el curado se podrá usar material bituminoso tipo SS-1, SS1h, CSS-1 o CSS-1h.

Sudáfrica	•Se podrá usar grava natural, modificada o procesada; roca triturada o arena (si se requiere); en ciertos casos y dependiendo las propiedades del material se puede usar material reciclado. -Las partículas tendrán máximo de 50 mm de diámetro. -En la parte occidental más seca de Sudáfrica, usar arena de color marrón amarillento a rojo, evitando la arena blanca o gris •Se podrá usar emulsión bituminosa o también betún espumado (Si es necesario) -Se usara emulsión aniónica o catiónica para la emulsión; donde generalmente se usa más la emulsión aniónica de grado estable y fraguado lento; ya que la emulsión bituminosa catiónica es más compatible con agregados ácidos con alto porcentaje de sílice y bajo contenido de álcali, como cuarcita, granito, arenisca, riolita, sienita y felsita. Se tiene emulsión catiónica de fraguado lento (CSS60) o una emulsión aniónica de grado estable (SS60) como las normalmente usadas. -Si es para betún espumado se usara betún asfaltico de grado de penetración; con uso de betún de penetración 70/100 •Si se usa cemento como complemento a la mezcla será cemento de 32.5N y si se usa cal que cumpla la SANS 824 donde se podrá usar cal cálcica, cal magnésica o cal dolomítica (CaO + MgO base calcinada ≥ 75%, CO_2 ≤ 5%, Contenido de cal disponible ≥ 60%, contenido de agua libre ≤ 3, PP20 ≤ 1.5%, PP30 ≤ 2.5%, PP200≤ 35%, Factor de solidez(expansión general) ≤ 30)	**El material de agregado deberá cumplir las mismas especificaciones que para una base normal.** La calidad del agregado serán los tipos G1 y G2; aunque según Sabita en tipos G5 y tipos G6 también podrán usarse pero para bajo transito: •Roca de alta calidad G1 (Trafico altos, tanto para E80 > 15 millones como E80 ≤ 15 millones): Porcentaje de finos ≤ 10% por masa; índice de descamación ≤ 35; todas las caras fracturadas; Para tráficos ≤ 15 millones se indica para PP0,425 un LL ≤ 25, IP ≤ 4 y LS ≤ 2% (perdida por lavado), no indicando valores concretos para > 15 millones; de manera general se debe tener un IP ≤ 8 (PP 0,075); tamaño máximo de partícula de 37.5mm. •Roca G2 igualmente de muy buena calidad: Porcentaje de finos ≤ 10% por masa; índice de descamación ≤ 35; 50% de caras fracturadas; Para material que Pasa tamiz de 0,425mm un LL ≤ 25, IP ≤ 6, LS ≤ 3% (perdida por lavado) e IP ≤ 12 (PP 0,075); tamaño máximo de partícula de 37.5mm. •Tipo G5: Requisitos que deberá tener si se usa roca media a dura que requiere trituración o gravas con guijarros en el PP(0,425 mm): Para cualquier material excepto calcreta: LL ≤ 30; IP ≤ 10; LS ≤ 5% (Perdida por lavado) Si es calcreta o caliza: LL ≤ 45; IP ≤ 15; LS ≤ 6%; LSM ≤ 320(perdida por lavado en fracción fina) Hinchazón ≤ 0.5% y CBR ≥ 45% (en partes secas y si tiene un E80 < 3 millones la subbase podrá tener CBR ≥ 25%) •Tipo G6: -Para grava con adoquines o materiales alternativos: Para cualquier material excepto calcreta: LL ≤ 2GM +10; LS ≤ 7% (Perdida por lavado) Si es calcreta o caliza: LL ≤ 45; IP ≤ 15; LS ≤ 6%; LSM ≤ 320(perdida por lavado en fracción fina) Hinchazón ≤ 0.5% y CBR ≥ 25% •Según Southern African Bitumen Association (Sabita) se debe limitar a que el agregado deba tener un IP ≤ 6 y un CBR ≥ 80; para que se realice una buena calidad de capa. •La grava deberá tener un contenido de Contenido de sulfato soluble en ácido ≤ 0,25% Contenido de sulfato soluble en ácido ≤ 0,25% (≤ 2,5 mg/L), ácidos con Ph ≥ 6,0 •La emulsión asfáltica a usar deberá ser < 3% por masa y se usan más comúnmente emulsión tipo SS60 (emulsión aniónica de grado estable) o CSS60 (emulsión catiónica de fraguado lento), las cuales deberán tener las siguientes especificaciones según la SANS 4001-BT3 y BT4: -SS60: Betún residual ≥ 60%; Viscosidad con Saybolt-Furol a 25°C entre 20 - 100 segundos; estabilidad de almacenamiento 24h ≤ 1%; partículas de carga negativa; tamizado de máximo 0.10%; contenido de cemento ≤ 2%; residuo por destilación ≥ 57%; penetración (25°C, 100g, 5s) de entre 100 - 200 milésimas de mm (0,10mm), ductilidad (25°C, 5cm/min) ≥ 40 cm, Solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. -CSS60: Prácticamente los mismos requisitos que la SS60 excepto por una carga de partículas positiva y una penetración (25°C, 100g, 5s) de entre 100 - 250 •El agregado a usar para la mezcla con betún espumado podrá tener una temperatura de 15 a 25°C o > 25°C y de ello dependerán las propiedades que deba tener el betún espumado a usar. •Betún espumado será realiza con la inyección de agua (2 a 4% se aplica); las propiedades para la realización de la mezcla son: -Porcentaje de finos ≥ 4% -Temperatura del betún de entre 160°C a 190°C -Relación de expansión será de 10 veces si la temperatura del agregado es de entre 15 a 25°C y de 8 veces si la temperatura del agregado es > 25°C -Vida media (tiempo para que pierda la mitad de su volumen inicial) será de 8 segundos para agregado con temperatura de entre 15 a 25°C y de 6 segundos para agregados con temperatura > 25°C •Este betún espumado deberá realizarse con un betún tipo 70/100 de penetración y según la SANS 4001-BT1 deberá cumplir lo siguiente: -Penetración (25°C, 100g, 5s) de entre 70 - 100; punto de reblandecimiento de entre 42 - 51°C; Viscosidad a 60°C ≥ 75 Pa.s y a 135°C de entre 0.15 a 0.40 Pa.s. -Ahora mediante el RTFOT debe tener un cambio de masa ≤ 0.3% por masa, viscosidad a 60°C ≤ 300% del original, punto de reblandecimiento ≥ 44°C con aumento máximo de 7°C, penetración retenida ≥ 50% del original, cantidad máxima de xileno ≤ 30% •Calidad del agua debe tener un pH entre 5.0 y 9.7, con una conductividad eléctrica máxima de 170 mS/m, sólidos totales disueltos máximos de 1200 mg/l. No podrá usarse agua de mar. •Se podrá aplicar para cualquiera de las mezclas y si es requerido cemento o cal; aplicando según sea necesario y lo que especifiquen el diseño; normalmente aplicando 1% de este.	Se deberá cumplir la franja granulométrica para el tipo de agregado a usar, el cual se seleccionó en el periodo de diseño: -Para G1: PP (37.5 mm): 100, PP (28 mm): 86-90, PP (20 mm): 73-80, PP (14 mm): 61-71, PP (5 mm): 37-49, PP (2 mm): 23-36, PP (0.425 mm): 11-20 y PP (0.075 mm): 4-10 -Para G2 y G3 (37.5 mm): PP (37.5 mm): 100, PP (28 mm): 86-95, PP (20 mm): 73-86, PP (14 mm): 61-76, PP (5 mm): 37-54, PP (2 mm): 23-40, PP (0.425 mm): 11-24 y PP (0.075 mm): 4-12 -Para G3 (28 mm): PP (28 mm): 100, PP (20 mm): 87-96, PP (14 mm): 73-86, PP (5 mm): 43-61, PP (2 mm): 27-45, PP (0.425 mm): 13-27 y PP (0.075 mm): 5-12 -Para G4 y G5 (Roca media a dura) un PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 85-100, PP (20 mm): 61-91, PP (14 mm): 48-82, PP (5 mm): 31-66, PP (2 mm): 20-50, PP (0.425 mm): 10-30 y PP (0.075 mm): 5-15

Australia y Nueva Zelanda	•Para este tipo de capa base se usan materiales granulares, también podrán ser materiales tratados con cemento o materiales que han sido retirados o fresados de una carretera existente para luego reciclarla y darle una reutilización. -Según la Transport for NSW el material granular podrá ser MB20 (tamaño nominal de 20 mm) y MB40 (tamaño nominal de 40 mm) -Según el tipo de tráfico serán las especificaciones para el material granular, se tienen 4 tipos de tráfico: -Categoría A: Diseño de tráfico N80 ≥ 10^7 (periodo de 20 años) -Categoría B: Diseño de tráfico 10^7 > N80 ≥ 4 x 10^6 (periodo de 20 años) -Categoría C: Diseño de tráfico 4 x 10^6 > N80 ≥ 10^6 (periodo de 20 años) -Categoría D: Diseño de tráfico N80 < 10^6 (periodo de 20 años) •Se podrá realizar la mezcla usando betún espumado (solo en ciertos casos y dependerá del sitio, se usa de tipo de betún C170 en Australia y 80/100 en nueva Zelanda); también podrá ser emulsión bituminosa, la cual es la más común, la emulsión podrá ser catiónica o aniónica, donde ambos se preparan en grado de fraguado lento (SS), en donde la mayoría de los casos se usa betún del tipo C170 o 80/100 en NZ. -El betún usado para la emulsión bituminosa o betún espumado deberá cumplir con un sistema de calidad certificado y que cumpla con la AS/NZS ISO 9001. Así el betún tenga los requisitos necesarios.	•El material granular a usar podrá incluir hasta un 20% de material reciclado; deberá pasar por el tamiz de 75 µm menos de 25% y debe tener IP ≤ 10%; contracción lineal ≤ 6%. -El material granular deberá ser alargado y no redondeado. -Según la Transport for NSW el IP deberá depender del tráfico; Para categoría A un IP ≤ 2%, categoría B y C un IP ≤ 6% y categoría D ≤ 10%; cantidad de partículas con dos o más caras fracturadas ≥ 75% para MB20 y MB40, Resistencia agregado en húmedo ≥ 70 kN para MB20 y MB40, Variación de resistencia húmeda/seca ≤ 35%, Contenido de sulfato soluble en ácido ≤ 0.3% •La emulsión bituminosa incluye 60% betún, 40% de agua y una pequeña proporción de emulsionante; se podrá usar 80% de betún en casos muy específicos donde la capa base sea expuesta a un tráfico y condiciones muy específicas. -El betún tipo C170 o 80/100 en NZ con él se fabrica la emulsión se usa para materiales con contenido de finos de entre 0-10% que pasa por el tamiz de 75 µm; si pasa entre 15-25% se usara una emulsión más blando debido a dificultades de distribución. -El betún tiene diferente requisitos en ambos países, aunque deberá tener una de las siguientes características: Viscosidad a 60°C de entre 140-200 Pa.s (Para NZ ≥ 115 Pa.s), viscosidad a 135°C de entre 0.25 a 0.45 Pa.s; Para NZ se debe tener una viscosidad cinemática de entre 300-650 mm2/s; penetración a 25°C (100g, 5s) ≥ 62 décimas de mm (Para NZ debe ser entre 80 - 100); punto de inflamabilidad ≥ 250°C (Para NZ ≥ 218°C); Para Australia una Materia insoluble en tolueno ≤ 1% por masa y bajo la Rolling Thin-Film Oven (RTFO) test debe tener una viscosidad a 60° C ≤ 300 Pa.s o 340 Pa.s (varía según la norma con que se hizo si la AS/NZS 2341.10 o ASTM D2872); Nueva Zelanda tiene otros aspectos adicionales como Solubilidad ≥ 99.5% por Tricloroetileno y ≥ 99% con Tolueno, durabilidad ≥ 100 Mpa, bajo la Rolling Thin-Film Oven (RTFO) test debe tener una penetración retenida ≥ 50%, cambio de masa de -1000 a 1000 y ductibilidad a 25°C ≥ 0.60m -La emulsión bituminosa se aplica en tasas de 2 a 3% en masa; en zonas de climas secos se usan tasas de 0.5 a 1%. Y se podrá aplicar cemento o cal a la mezcla con un aproximado de 1% en masa. •Según la AS 1160-1996 (unión de la AS 1160-1988 y CH/25 de Nueva Zelanda) podrá usarse una emulsión Aniónica (ASS) o Catiónica (CSS) mezclado con 40% agua: -**ASS:** Carga negativa; residuo de evaporación ≥ 60% de masa; contenido de agua ≤ 40% por masa; contenido de material acuoso ≤ 2%; viscosidad (25°C) de entre 3.5 a 10 grados Engler (°E); sedimentación ≤ 3%; residuos que pasan por tamiz 150 µm ≤ 0.15%; tiempo de endurecimiento ≤ 8 min; en residuos por evaporación una viscosidad a 60°C de 60-125% y solubilidad en tolueno ≤ 3%. -**CSS:** Carga positiva; residuo de evaporación ≥ 60% de masa; contenido de agua ≤ 39% por masa; contenido de material acuoso ≤ 2%; viscosidad (25°C) de entre 4 a 10 grados Engler (°E); sedimentación ≤ 3%; residuos que pasan por tamiz 150 µm ≤ 0.15%; tiempo de endurecimiento ≤ 8 min; en residuos por evaporación una viscosidad a 60°C de 60-125% y solubilidad en tolueno ≤ 3%. •Para el betún espumado se aplica en contenidos de entre 2.5% a 3.5%, y se podra incluir cal hidratada de 1 a 2% y material reciclado de asfaltos a un 20%. Para el betún espumado también se usa el betún C170 •El agua a usar deber ser potable, el agua que tenga materia orgánica o concentración de sulfatos mayor al 0,05% no se podrá usar.	•El material para la estabilización deberá estar ajustado a una de las 2 franjas granulométricas (Tráfico promedio diario en el año de diseño ESA (80kN) < 1000 y ≥ 1000) con la cual se debió haber realizado el diseño. -MB20 un PP (26.5 mm): 100, PP (19 mm): 95-100, PP (13.2 mm): 70-90, PP (9.5 mm): 60-80, PP (2.36 mm): 30-50, PP (0.425 mm): 10-25 y PP (0.075 mm): 4-12 -MB40 un PP (53 mm): 100, PP (19 mm): 55-80, PP (9.5 mm): 30-55, PP (2.36 mm): 20-40, PP (0.425 mm): 8-25 y PP (0.075 mm): 3-10 •El betún C170 debe cumplir con la AS 2008 y el betún 80/10 bajo la NZTA M01:2002. Es importante decir que la AS 2008 es realizado por entidades de Australia, Austroads y bajo la colaboración de Nueva Zelanda, así que también podrá ser tomado para este país. •También existen emulsiones aniónicas y catiónicas presentadas en la AS 4001 BT3 y BT4: coincide con la AASHTO M140 para emulsiones aniónicas serán los RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1, SS-1h o QS-1H; y con la AASHTO M208 para emulsiones catiónicas serán los CRS-1, CRS-2, CMS-2, CMS-2h, CSS-1, CSS-1h o CQS-1h.

Nota. Apéndice de la Figura 23

Tabla 43

Especificaciones de proceso constructivo (Base tratada con emulsión)

País	Construcción de la capa base	Especificaciones adicionales
Colombia	•La mezcla se realiza en una planta central o en una planta móvil de tipo continua. También se podrá hacer la mezcla en vía (escarificando, aplicando los estabilizadores, mezclando y compactando), también podrá ser en planta fija podrán ser tipo continuo o discontinuo -Si se usa suelo existente, este se disgrega hasta obtener una eficacia de mínimo 85% •Si se decide usar puzolanas o aditivos, estos pueden agregarse al material granular antes de la aplicación de la emulsión asfáltica. •Durante el proceso de mezcla, el contenido de agua no debe ser inferior al 80% del óptimo para compactación. •Previa extensión, la superficie deberá tener un tiempo de curado apropiado y mínimo 85% del contenido de agua óptimo • Si la mezcla se realiza en la vía en varias capas, se debe extender el material granular en el ancho y espesor necesarios antes de mezclar y compactar. •Si la mezcla se realiza en la vía en una sola pasada, el proceso de disgregación, adición de agua y emulsión se realiza utilizando un equipo mezclador de paso sencillo. •El espesor de la capa construida debe estar entre 7cm y 15cm, realizándose en varias capas si es necesario. •Si la mezcla es en planta fija se almacena la mezcla y luego realizar el proceso de extensión y compactación; Y si la mezcla es en planta móvil el material granular ya vertido en las tolvas se procederá, se dosifica y se obtienen las proporciones deseadas. •Las juntas de trabajo se realizan con un corte vertical; si se está trabajando por franjas, las juntas se realizarán cuando transcurra más de 1 jornada de trabajo. Las juntas longitudinales no se pueden estar a menos de 15cm de juntas existentes en capas inferiores y si son juntas transversales a 5m de otras juntas transversales. •Luego de compactada la capa, no podrán pasar más de 5h para realizar el curado utilizando emulsión de rotura rápida tipo CRR-60 diluida en agua con 30% de ligante residual aplicando entre 0.2 - 0.3kg/m2 y 13.6 kg/m2 de agregado de protección, este período de curación por lo general son 10 días. Ya luego de esto se podrá continuar con la siguiente capa. •Terminada la capa no se podrá abrir el transito hasta que esta pueda soportar vehículos sin sufrir desplazamientos, en cualquier caso, en no menos de 1h de terminada la compactación; donde las primeras 48h solo se podrá circular a máximo 20km/h	•La construcción de esta capa se realiza con una fórmula de trabajo ya determinada y probada en fase de experimentación (tramos de 100 m); el material elegido ajustado a una franja granulométrica necesaria, proporción en la mezcla, porcentaje de agua, dosificación de puzolanas y aditivos, resistencias a obtener, porcentaje de ligante y emulsión. •En caso donde la superficie donde se realizara no este limpia y no tenga densidad y planicidad apropiadas se corregirá hasta obtener los requisitos y la aprobación necesaria. •La compactación se debe hacer con equipo neumático, aunque si las zonas son reducidas se usara el equipo adecuado tanto para extensión como compactación. •Se podrá agregar un agregado de protección en el curado solo cuando este se expondrá al tránsito, el cual puede ser arena natural, arena de trituración o la mezcla de ambas. Aplicando como máximo 13.6 kg/m2
Estados Unidos	•Según la FHWA se realiza la mezcla en una planta estacionaria, controlando el material que ingresa a la mezcladora, agregando a su vez asfalto emulsionado y agua, esto se hace con controles interconectados para garantizar una mezcla uniforme. -La preparación de la mezcla se realiza primero ingresando el agregado, luego el agua y se finaliza con la emulsión asfáltica; se mezcla controlando un contenido líquido a 1% del óptimo de humedad para compactación. -Luego se vierte la mezcla en todo lo ancho de la carretera procurando que esta quede en línea, pendiente y sección transversal requeridas. -La compactación se realiza de los bordes hacia el centro, de forma que quede una compactación homogénea y con las especificaciones que esta a su vez necesita. -Las capas se compactan en espesores de entre 64 mm a 100mm para pavimentos rígidos. •Según la Unified Facilities Guide Specifications -La mezcla se podrá hacer en una planta central de tipo continuo o discontinuo, planta móvil o también se podrá hacer en el sitio. -La mezcla en caso de realizarla en una planta central se realizará con una dosificación idónea (material granular, asfalto bituminoso, agua y aditivos de ser necesario), se llevará a la obra y se esparcirá hasta obtener el espesor necesario -Si se realiza en el sitio la mezcla se usará un Mezclador/Reciclador que realiza una mezcla homogénea entre el material y el material bituminoso; material bituminoso que se aplicará de entre 0.15 hasta 6.5 litros por metro cuadrado a una temperatura de entre 25 y 55°C -Si se realiza con una planta móvil se realiza a una velocidad adecuada la mezcla hasta llegar al espesor requerido, para que en una sola pasada la mezcla sea la necesaria. -Luego de la mezcla se procede a su compactación; la construcción de esta capa compactada deberá ser máximo de 150 mm. -Si en la compactación se realizan juntas se harán tomando 300mm de la anterior zona compactada. -Luego se realiza el curado. -Se aplicará una capa de imprimación si la capa de rodadura será colocada luego de 7d de terminada; utilizando material bituminoso tipo SS-	

Sudáfrica	•La mezcla ya sea con emulsión bituminosa o con betún espumado se puede realizar en planta con un mezclador o insitu con el uso de recicladora. -En la realización de la mezcla usando emulsión bituminosa, previo a la colocación de la emulsión, el agregado deberá tener un mínimo de 1 a 2% de humedad. •El betún espumado se realiza con la inyección de agua fría al betún, aplicando entre 2% a 4% en masa de betún; betún que haya sido precalentado a una temperatura de entre 170°C a 180°C y alcanzara un volumen máximo si el material tiene un contenido de humedad de 65% a 75%. •La construcción de la capa se realizará cuando la capa inferior cumpla con todos los parámetros necesarios. •Si la mezcla se realiza in situ y en caso de aplicar cemento, primero se distribuirá con niveladora junto con un arado/rotovator; para la colocación de la emulsión debió haber sido calentada y diluida con agua, este deberá estar en un rango de 5% máximo del que se estipulo en el diseño; Luego de la colocación ya sea de la emulsión bituminosa como betún espumado, se procede al mezclado con recicladora; se establece que se podrá en el caso de emulsión bituminosa aplicar la mezcla mediante tanques rociadores, luego usar una niveladora y rotovator para distribuir el material. •La mezcla se podrá realizar fuera del sitio, preparando un sitio apropiado y que se realizará de la misma forma que insitu en capas de 300mm y luego almacenado; para luego trasladarlo a la zona directamente. •Si la mezcla es en planta central, esta debe haberse realizado con las dosificaciones respectivas y la mezcla tenga la mejor calidad posible; se traslada al sitio y colocara; para luego distribuirla y compactarla. •Si se realiza la mezcla con emulsión bituminosa, desde colocada la mezcla o la aplicación de la emulsión hasta la compactación deberán pasar máximo 12 horas; 8 horas si se incluyó cemento y 10 horas si es betún espumado. •Conformada la capa se procede a la compactación mediante el equipo más conveniente; compactada la capa se comprueba grosor, pendiente y niveles. •Las capas deberán ser de 150mm de espesor como máximo (si se requiere una capa más ancha se hace en varias capas) •Se aplica una capa de 100 mm de tierra o grava para proteger la capa. •Se realiza el curado durante 7 días con agua; también se podrá realizar el curado con agua por 24 horas y aplicar material de protección, si es tiempo seco ese material también se aplica agua durante 24 horas; también con curado por imprimación.	•La mezcla en planta se realiza y recomienda para capas nuevas, de alto tráfico y cargas pesadas; ya que se puede controlar mejor la calidad de la mezcla. •Si se realiza por medio de emulsión bituminosa la temperatura del material a tratar no podrá ser menor a 10°C y para betún espumado 15°C •La emulsión bituminosa se aplica a temperaturas de al menos 60°C •No se recomienda el almacenamiento de la mezcla con emulsión bituminosa ya que si se expone a lluvia esta podría lavarse (escurrirse la emulsión del agregado) •En la construcción si se realizan juntas estas se deben hacer incluyendo 150mm de la anterior.
Australia y Nueva Zelanda	•La mezcla se podrá realizar en planta, más específicamente una mezcla estacionaria en pugmill, se lleva en camiones, luego se extiende, se compacta, se le da forma con la niveladora y se cura en preparación para la colocación de las capas superpuestas. •La mezcla también se podrá realizar in situ, aplicando la emulsión bituminosa o betún espumado por medio de un camión cisterna y realizando la mezcla con una recicladora, al material estabilizado in situ se le da forma, luego se compacta y se cura antes de colocar las capas superpuestas. •Si se almacenara la emulsión bituminosa antes de realizar la mezcla esta debe estará a temperaturas entre 15 a 60°C o a la temperatura indicada, además no podrá estar a temperaturas menores a 0°C o 80°C ya que cambia la consistencia de la emulsión. •Si se realiza la mezcla con betún espumado se debe tener un material granular con un contenido de humedad entre 70% (realizada con proctor) y entre 80 - 85% (proctor modificado). El betún espumado es la mezcla entre aire, agua y betún caliente, donde la aplicación de agua fría al betún caliente produce la espuma, que llegara a expandirse hasta 15 veces el volumen original. En la mezcla se podrán añadir aglutinantes como cal o cemento o material reciclado de otras carreteras. El mezclado se realizará cuando el betún tenga máximo 165°C •Durante la construcción el contenido de humedad deberá ser de entre 85 a 100% del óptimo. •Para la compactación se realizan 2 o 3 pasadas •Según la Main Roads el mezclado y compactación se debe realizar en máximo 12 horas. •Las capas compactadas deberán ser de máximo 150mm	•El esparcimiento se realiza a velocidades de 5km/h - 10km/h •Si se realizan juntas se harán incluyendo al menos 300 mm de la capa anterior compactada •Se podrá realizar imprimación si es un pavimento granular.

Nota. Apéndice de la Figura 25

Tabla 44

Ensayos preliminares y periódicos en la construcción de base (Base tratada con emulsión)

País	Ensayos preliminares	Ensayos para verificaciones periódicas	Observaciones adicionales
Colombia	-Ensayos a emulsión asfáltica: Destilación (ASTM D 6997-12); contenido de agua (ASTM D244-09); Viscosidad (ASTM D7496-11); sedimentación (ASTM D6930-10 y NTL-140/99); tamizado de emulsiones (ASTM D6933-08); rotura en ensayo de mezcla con cemento (ASTM D6935-11 y NTL 144/98); carga eléctrica para identificación de emulsiones asfálticas catiónicas (ASTM D7402-09 y NTL 194/99); pH de emulsión asfáltica (NTL 195/92); índice de rotura (UNE-EN 13075-1); penetración (ASTM D5-06); ductilidad (ASTM D113-07); solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042-09) -Ensayos para agregados pétreos: Desgaste en la máquina de Los Ángeles (ASTM C 131-06); Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval(ASTM D 6928-10); Resistencia mecánica por método de 10% finos (BS 812 Part 110-1990); Perdidas en ensayo de solides en sulfatos (ASTM C88-05); CBR(ASTM D 1883 – 07); Limite liquido e Índice de plasticidad(ASTM D 4318-10); Equivalencia de arena(ASTM D2419-09); Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables (ASTM C142); índices de alargamiento (BS 812-105.1:1989 y BS 812-105.1:1990); Caras fracturadas (ASTM D 5821-01); Granulometría del material (ASTM D422-63) -Ensayos para suelos granulares: Limite liquido e Índice de plasticidad(ASTM D 4318-10); Equivalencia de arena(ASTM D2419-09); Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables (ASTM C142); clasificación aashto (AASHTO M-145-91 y VN-E-4-84); CBR(ASTM D 1883 – 07). -Ph del agua (ASTM D1293); contenido de sulfatos en el agua (UNE 83956)	-Los ensayos para la comprobación periódica de la emulsión se realizan cada mes y como mínimo 3 veces durante la ejecución de la obra. Si la obra dura menos de 1 mes se debe realizar como mínimo 1 vez. •Se toman 4 muestras cada fracción de material por estabilizar para comprobar que cumpla con todo lo requerido. Y 2 ensayos de granulometría por cada pila. -Se realizan 1 vez por jornada los ensayos Limite líquido, Índice de plasticidad; Se realiza también ensayos de granulometría 1 vez por jornada o 1 cada 10^6 kg de material. -1 vez por semana Equivalencia de arena, contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables solo para agregados. -1 vez por mes ensayos de CBR, también 1 vez por mes pero solo para agregados mas no suelos ensayos de desgaste en la máquina de Los Ángeles, degradación por abrasión en el equipo micro-deval, resistencia mecánica por el método del 10% de finos, pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio. -Se realiza ensayos 1 vez por jornada para verificar la clasificación AASHTO para suelos granulares. -También se verifica periódicamente la calidad de la emulsión, agua y aditivos si se usan. -De la mezcla elaborada se toman 3 muestras por lote para verificar el contenido de asfalto residual. 2 muestras por lote de mezcla para verificar resistencia. -Del material colocado y compactado se realizan cada lote ensayos de densidad seca para determinar compactación y determinación de rugosidad (ASTM E950) •Se realizan ensayos del agua si no es potable verificando su Ph y contenido de sulfatos	-Si se almacena la emulsión más de 5 días se toman 2 muestras para comprobar sus requisitos. -Los ensayos de revisión pueden reducirse a la mitad si se aprueba. -En caso que en las verificaciones periódicas de material no se den resultados satisfactorios, se realizan 2 pruebas más, si no cumplen igual no se usa el material. -Lote se define como la menor área entre 500m de capa terminada, 3500 m2, obra ejecutada en una jornada de trabajo, obra ejecutada con el mismo material. -La cantidad de ensayos se podrán reducir a la mitad si el material es homogéneo o si en control de recibido se tienen 10 lotes sin objeciones.
Estados Unidos	•Para el agregado: Ensayo de abrasión Los ángeles (AASHTO T96 y ASTM C535); ensayo de resistencia a los sulfatos (AASHTO T 104); limite liquido e índice de plasticidad(AASHTO T89 o ASTM D4318); ensayo granulométrico(ASTM C136/AASHTO T27 y AASHTO T11); equivalencia de arena (ASTM D2419); contenido de sulfatos (AASHTO T 290); solidez del material (ASTM C88); CBR (ASTM D1883); desgaste del material (ASTM C131/C131M) •Ensayo para el material bituminoso según la ASTM D140/D140M y cumplir con los siguientes ensayos: viscosidad (ASTM D7496); solubilidad (ASTM D2042); contenido de cemento (ASTM D6935); estabilidad de almacenamiento (ASTM D6930); residuo por destilación (ASTM D6934); capacidad de recubrimiento y resistencia al agua (ASTM D6998 y D6999); demulsibilidad (ASTM D6936); prueba de tamiz (ASTM D6933); residuo y destilado de aceite por destilación (ASTM D6997).	•Se comprueban que todas las especificaciones cumplan con lo requerido mediante distintos ensayos. - Se comprueba la densidad cada 200m2 mínimo (AASHTO T 310 o T 191) y el contenido de humedad (AASHTO T 310); pruebas de contenido de asfalto (ASTM D2172/D2172M o ASTM D6307) y de ser necesario prueba de extracción cada 300 ton de mezcla realizada (ASTM D979/D979M) - Ensayo de Limite liquido e índice de plasticidad, ensayos de contenido de humedad y ensayos de densidad.(AASHTO T180 y T99) y un control de material (1 análisis cada 1000 ton de material a estabilizar) Todo junto a un control de superficie. •La FHWA indica: -Ensayos para el material: abrasión Los ángeles (1 por tipo de roca y no menos de 5 por fuente de material y según la AASHTO T96); Solidez usando sulfato de sodio (AASHTO T104); gradación (2 por día por cada acopio según la (AASHTO T11 y T27); caras fracturadas (ASTM D5821); humedad y densidad (1 por cada fuente y según la AASHTO T180 Method D) -De la Base de agregado tratada con asfalto emulsionado: Gradación (1 por cada 1000 ton y según la AASHTO T30); caras fracturadas (ASTM D5821); equivalencia de arena (AASHTO T176 Method D); SEP (rendimiento de un material basada en calidad y cantidad de finos); densidad (1 por cada 500 ton pero no menos de 1 por capa y según la AASHTO T310) •Se tiene un control sobre la emulsión para el curado, este deberá cumplir lo requerido, estos ensayos se podrán hacer incluso si se tiene un certificado.	Se realiza una toma de muestra previa a la construcción, por lo menos 14 días antes. La muestra debe de ser de 150kg

Sudáfrica	-Ensayos al agregado: CBR(ASTM D4833 o SANS 3001-GR40); Análisis granulométrico(SANS 3001-AG1); Análisis del tamaño de partículas de material inferior a 2 mm y 0,075mm (SANS 3001-GR3.3); Determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad (SANS 3001-GR5.1); perdida por lavado y perdida por lavado de fracción fina (SANS 3001-GR5.2); hinchazón (SANS 3001-GR5.3); sulfatos solubles (SANS 3001-AG12) -Ensayos para emulsión bituminosa: Viscosidad (ASTM D7496); capacidad de almacenamiento (ASTM D6930); carga de la partícula (ASTM D7402); tamizado (ASTM D6933); ensayo de mezcla con cemento (ASTM D6935); penetración (ASTM D5); ductilidad (ASTM D113); Solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042 o ASTM D7553) -Ensayos para betún espumado: penetración (EN 1426); punto de reblandecimiento (ASTM D36); Viscosidad a 60°C y 135°C (ASTM D4402) Ahora mediante el RTFOT (Prueba de Horno de Película Delgada Rodante - ASTM D2879): Cambio de masa (ASTM D2872), viscosidad a 60°C (ASTM D4402), punto de reblandecimiento (ASTM D36), penetración retenida (EN 1426), cantidad de xileno (AASHTO T102)	Se realizan ensayos de manera aleatoria para comprobar que todos los parámetros cumplan con lo exigido. -Se debe comprobar los parámetros necesarios del agregado, tales como: Índice de plasticidad, limite líquido, limite plástico, granulometría y demás. Ensayos para determinar la calidad de compactación por medio de densidad (SANS 3001-GR30); contenido de humedad (SANS 3001-GR20); resistencia a la tracción indirecta (TG2, Test Method BSM4)	-
Australia y Nueva Zelanda	-Ensayo a material granular: Distribución de tamaños de partículas (AS 1289.3.6.1); índice de plasticidad (AS 1289.3.3.3 y NZ 4402 2.4:1986); caras fracturadas (AS 1141.18 – 1996); forma de la partícula (AS 1141.14-2007, .15-1999, .16-2007, .18-1996); resistencia húmeda seca (AS 1141.22 y NZ 1141.22: 1996); contenido de sulfatos solubles en ácido (AS 1141.36). -Si son requeridos para la emulsión bituminosa se realizan: carga de partículas (AS/NZS 2341.22); contenido de betún (AS/NZS 2341.23); contenido de agua (AS 2341.9);contenido de material acuoso (AS/NZS 2341.24); consistencia (AS 2341.25); sedimentación (AS/NZS 2341.27); residuos que pasan por tamiz (AS/NZS 2341.26); tiempo de endurecimiento (AS 2341.29); capacidad de revestimiento y resistencia al agua (AS 2341.28) -Para el betún: Australia: Viscosidad a 60°C (AS 2341.2) y 135°C (AS 2341.2 o AS 2341.3 o AS 2341.4); penetración (AS 2341.12); punto de inflamabilidad (AS 2341.14 o ASTM D92); Materia insoluble en tolueno (AS 2341.8 o AS/NZS 2341.20); bajo la Rolling Thin-Film Oven (RTFO) test, viscosidad a 60°C (AS/NZS 2341.10 y AS 2341.2), penetración (AS/NZS 2341.10 o ASTM D2872 y AS 2341.12), Efecto a largo plazo del calor y el aire (AS/NZS 2341.13 y AS/NZS 2341.5), densidad (AS 2341.7), cambio de masa (AS/NZS 2341.10 o ASTM D2872) Nueva Zelanda: Viscosidad a 60°C (ASTM D2171); viscosidad cinemática (ASTM D2170); penetración (ASTM D5); punto de inflamabilidad (ASTM D92); Solubilidad por Tricloroetileno (ASTM D2042) y con Tolueno (AS/NZS 2341.8), durabilidad (NZTA T13); bajo la Rolling Thin-Film Oven (RTFO) test (ASTM D2872), penetración retenida (ASTM D5), cambio de masa (ASTM D2872) y ductibilidad (ASTM D113).	-Se debe comprobar que se cumplan todos los parámetros necesarios del agregado, destacando índice de plasticidad y granulometría. -Para la emulsión asfáltica se deben verificar compactaciones por medio de densidades (AS 1289.5.3.1-2009 y NZS 4402:2013), resistencia a la compresión (AS 1289.6.1.1-2014 y NZS 4407:2015), contenido de emulsión (AS 2341.22-2009 y NZS 3910:2013) y demás parámetros necesarios. -Para el betún espumado, se deben verificar compactaciones por medio de densidades (AS 1289.5.3.1-2009 y NZS 4402:2013), resistencia a la compresión (AS 1289.6.1.1-2014 y NZS 4407:2015), contenido de betún (AS 2341.22-2009 y NZS 4402:2013), demás parámetros necesarios.	-

Nota. Apéndice de la Figura 25

Tabla 45

Criterios de calidad de la base estabilizada terminada (Base tratada con emulsión)

País	Criterios de Calidad terminado	Observaciones adicionales
Colombia	-Porcentaje de asfalto residual promedio por lote de ± 1% para mezclas en vía y ± 0.5% para mezcla en planta respecto a la de diseño. -Resistencia promedio debe ser ≥ 90% de la resistencia definida en la fórmula de trabajo; para muestras individuales ≥ 80% -La cota en cualquier punto no podrá variar más de 10mm de la proyectada. -Grado de compactación ≥ 95% -Espesor promedio ≥ Espesor de diseño y para muestras individuales ≥ 90% de la de diseño -Planicidad con variación menor a 15 mm	-Los sitios para verificación de compactación se realizan determinando la densidad seca de la capa, escogiendo un sitio al azar. Como mínimo 1 prueba por hectómetro o 1 cada x/450 (x es el área de tramo construido) y mínimo 5 ensayos por lote (lote el menor de 500m o 3500m2 de capa compactada, obra ejecutada por jornada, obra ejecutada con el mismo material) -En caso que no se cumplan los requisitos se levanta la capa con fresado y corregida o reemplazada. -Si se presentan incumplimientos en 2 lotes consecutivos se debe parar las obras hasta que se estudie una nueva fórmula de trabajo.
Estados Unidos	-Según la FHWA se deberá compactar hasta obtener una densidad ≥ 95% de la máxima. -Tolerancia de superficie si se usan estacas de máximo 10mm y si no se usa serán 13mm. -Tolerancia de espesor de 13 mm máximo. -Contenido de asfalto podrá tener más o menos 0.5% del indicado.	La densidad máxima se determina con la AASHTO T 180 (proctor modificado) o AASHTO T 99(proctor estándar)
Sudáfrica	-Se debe compactar hasta alcanzar entre un 98% a 100% de densidad máxima. -Se tendrá una tolerancia de nivelación de 15mm -Desviación máxima de los bordes de 50mm -Tolerancia de espesor máximo 20mm -Regularidad superficial medido con regla de 3m debe ser máximo 10mm; si se usa regla rodante ser de 5mm cada 100m	Se controla el nivel de la capa cada 20m mínimo
Australia y Nueva Zelanda	-Se deberá compactar hasta obtener una densidad ≥ 98% de la máxima. -Tolerancia de espesor de +/- 10mm -Tolerancia de superficie de +/- 10 mm -Tolerancia de planicidad de máximo 5 mm -Toleración de a lo ancho de 0-100mm	Si es betún espumado deberá tener una resistencia después de un curado de 3 días que dependerá del tráfico: 2500 MPa para ESA < 100, 3000MPa para ESA entre 100-1000 y de 4000MPa para ESA > 1000

Nota. Apéndice de la Figura 26

Tabla 46

Especificaciones y requisitos antes de iniciar (Mezcla en frío)

País	Exigencias	Parámetros adicionales
Colombia	En el momento de la construcción de la capa de rodadura, esta debe siempre seguir el procedimiento, usar la maquinaria y el equipo que ya haya sido aprobado y probado en tramos de experimentación o prueba, además de inspeccionar que todos estos cumplan con sus respectivas certificaciones; otro aspecto es que el traslado de material debe ser en el equipo idóneo, cubierto de ser necesario; todo para obtener una mezcla homogénea en el sitio, previniendo segregaciones.	•Planta mezcladora fija o móvil (se podrá usar mezcladores de ejes gemelos tanto para planta continua como discontinua) -Si se realiza en planta ambulante contar con vehículos adecuados para suministro permanente. Si es mezcla de tipo abierto se requiere esparcidor mecánico o volqueta desde el cual se pueda repartir arena manualmente sobre la superficie con ayuda de palas. •Shuttle buggy para transferencia de la mezcla (opcional) •Pavimentadora autopropulsada para la extensión de la mezcla (no se podrá usar pavimentadoras que dejen marcas o defectos en la superficie) •Equipo de compactación utilizando compactadores autopropulsados de rodillos metálicos, de neumáticos, estáticos o vibratorios, triciclos o tándem. (se podrá usar otras máquinas dependiendo de las condiciones que se tengan) •Se necesitara maquinaria para escarificación si se necesita. •Para la disgregación y compactación se usara motoniveladora, compactadores metálicos vibratorios y neumáticos, carrotanques para aplicar agua y el material del riego de curado de la capa compactada •Si así se indica se usara una máquina extendedora autopropulsada para la extensión de la mezcla •La emulsión asfáltica se transporta desde la planta de fabricación hasta la colocación se realiza a grane con carrotanques que no requieran aislamiento térmico ni calefacción. Y si al transportar para almacenar los tanques no tienen medios de carga se usarán en los carrotanques medios neumáticos o mecánicos para el transvase, y si se usa bombas de transvase deben ser del tipo rotativo a las centrífugas. El trasvase siempre por tubería directa. •Aplicación del cloruro de calcio de ser necesario se realiza mediante carrotanque con dispositivos de aplicación a presión para la forma líquida y un esparcidor de gravilla o agrícola para forma sólida. Además, motoniveladora con escarificador, un carrotanque irrigador de agua, compactador neumático -El cloruro de calcio se puede almacenar en bodegas, tolvas, silos o apilado. •Si se requiere almacenar la emulsión asfáltica se realiza en tanques cilíndricos verticales, con tuberías de fondo para carga y descarga. Deben tener bocas de ventilación y aparatos de medida y seguridad, junto a una válvula para las muestras.
Perú		•Elaboración de mezcla por medio de plantas apropiadas, capaces de manejar el número de fracciones que se exija. (en mezclas abiertas normalmente no hay depósitos ni dispositivos de dosificación de agua ya que no lo requiere) -Planta fija para elaboración de mezcla densa, podrá ser de tipo contino o discontinuo; contara con numero necesario de tolvas y dosificadores. -Las plantas discontinuas deben contar con dosificación por peso con 0.5% de precisión y dosificadores de agua y ligante un 0.3%. -Si es de tipo continuo se contara con bandas transportadoras de ejes gemelos; junto a dispositivos de dosificación así como de calibración. -Se podrá realizar en plantas ambulantes montadas sobre bastidores autopropulsados, que actúen como extendedoras (contara con tolvas de recepción de material, depósitos de agua y aditivos y dispositivos de alimentación, por ultimo una extendedora) •Equipo de transferencia para verterla en la pavimentadora. •Pavimentadora autopropulsada para esparcir la mezcla, equipada con tolvas, vibrador y distribuidor de tornillo sinfín de tipo reversible, equipo de dirección adecuado, dispositivos compensadores para una superficie pareja. (no podrá dejar huellas o áreas defectuosas) •Equipo de compactación utilizando compactadores autopropulsados de rodillos metálicos estáticos o vibratorios tándem y de neumáticos. Deberán contar con dispositivos de limpieza y mantenerlos húmedos. Los compactadores de rodillos no deben presentar surcos ni irregularidades, los compactadores vibratorios deben tener dispositivos para eliminar la vibración y los de neumáticos ruedas lisas.
Chile		•Plantas fijas o móviles para realización de la mezcla, ya sea tipo continuo o discontinuo. -Contar con mínimo 2 tolvas para almacenaje y alimentación de agregados; una unidad de control de graduación; reja protectora; cribas vibratorias separadoras; sistemas de pesaje o reguladores de cantidades; elementos de control de pesaje de asfalto o bomba de alimentación; mezclador de doble paleta; cinta transportadora y compuertas regulables. •Terminadora autopropulsada para la extensión de la mezcla. •Compactador de ruedas de acero tipo tándem, rodillos vibratorios y rodillos neumáticos para compactación. •Para preparación de la superficie antes de extender la mezcla se usan barredoras y sopladores para limpieza; y para riego de liga se usa distribuidores a presión sobre camiones o unidades similares, aislados, con boquillas y barra con un ángulo apropiado, termómetros para controlar la temperatura y un sistema de calentamiento, además, un grupo de motobombas para productos con viscosidades de 20-120 cSt, a su salida deberá estar adecuado para que salga en un Angulo de incidencia de 100 ± 5°

Estados Unidos	•Según la UFGS usar una planta mezcladora controlada automática o semiautomática, una unidad fabricada comercialmente diseñada y operada para producir de manera continua y consistentemente una mezcla con capacidad de 2000 libras cortas por hora. •Según la AASHTO la pavimentadora autopropulsada con escuadras calefactadas para extender y terminar la mezcla en las dimensiones y niveles adecuados. Debe contar con controles automáticos de escuadra capaces de operar desde una línea de referencia o un esquí para operar desde uno o ambos lados. •Distribuidor de asfalto para capa adhesiva. •Según la AASHTO los rodillos deber poder retroceder sin empujar o rasgar la mezcla, además de tener controles separados de energía y propulsión. La UFGS añade que los rodillos deben ser autopropulsados que pesen más de 9 tons y presión de contacto máxima de 620 kPa, estos rodillos deben tener raspadores regulables y rociador de agua para evitar su adherencia a la capa. •Se podrá usar equipos diferentes o alternativos si no es practico usar los anteriores mencionados según la AASHTO. •Escobas eléctricas y sopladores eléctricos para limpieza de superficie según la UFGS.
Tailandia	•Planta móvil con tolva de pesaje para recibir el agregado, cinta transportadora con medidor de volumen y capacidad de controlar el flujo de agregado, mezcladora de doble eje para mezcla continua y capacidad de producción de 2 toneladas por minuto, tanque para almacenar la emulsión con capacidad de 1000 galones, equipo para control de flujo de emulsión (equipos mecánicos, eléctricos o hidráulicos para mantener el flujo) •Equipo de pavimentación vibratorio, capaz de vibrar y ajustar la frecuencia, con capacidad de ajustar el ancho en al menos 1 carril de tráfico, dispositivo de dispersión para distribuir el material de manera uniforme y adecuada (capaz de ajustar grosor y forma) y medidor de flujo. •Para la compactación: -Rodillo neumático autopropulsado con al menos 9 ruedas y capaz de aumentar el peso a más de 10 ton y llantas de goma lisa. -Rodillos de ruedas de acero autopropulsado y pesando entre 8-12 ton. •Para limpieza de superficie (no es necesario): camión cisterna de agua con manguera y dispositivo de rociado; barredora rotativa podrá ser remolcada o autopropulsada o montada en tractor u otro vehículo (sistema de limpieza puede ser de fibra, alambre de acero, nailon, cerdas de coco u otro material); soplador instalado en tractor u otro vehículo, ventilador de gran tamaño para flujo de aire.
Sudáfrica	
España	
Australia y Nueva Zelanda	

Nota. Apéndice de la Figura 27

Tabla 47

Especificaciones de materiales a usar (Mezcla en frío)

País	Observaciones previas	Requisitos del material	Observaciones adicionales
Colombia	•Existen 2 tipos de mezclas asfálticas en frío, basándose en su granulometría y son: Mezclas densas (MDF) y Mezclas abiertas (MAF) •Los agregados pétreos no deben ser susceptibles a alteraciones físico-químicas bajo las condiciones más desfavorables. -Se tiene una clasificación de agregados pétreos de la siguiente forma: Agregado grueso será el agregado retenido en el tamiz N°4, agregado fino es la proporción comprendida entre tamiz N°4 y N°200 y el llenante mineral la proporción que pasa por el tamiz N°200 (Se considera de aporte si se incorpora a la mezcla por separado) •El agregado grueso proviene de la trituración de roca y/o grava (sin exceso de partículas planas, alargadas y blandas, debe estar exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras) •El agregado fino constituido por arena de trituración o una mezcla de ella con arena natural. •El llenante mineral podrá provenir de trituración y clasificación de agregados o podrá ser de aporte (cal hidratada o cemento hidráulico) -La cal hidratada debe cumplir con la NTC 4019: Cal hidratada normal (N), especial (S), normal con incorporador de aire (NA) y especial con incorporador de aire (SA). -El cemento si es hidráulico deberá ser de acuerdo con la conforme al diseño con pruebas de laboratorio y que sea fabricado según los requisitos dados por la NTC 121 (Cemento hidráulico especificado por desempeño), ASTM C150 (Cemento Portland) y ASTM C595 (Cemento hidráulico adicionado, excluyendo tipo IS >70); si es cemento blanco la NTC 1362. Normas como la ASTM C150, ASTM C595 o ASTM C1157 se podrán usar si se comprueba desempeño similar a la NTC 121. -Según la NTC 121 existen cementos hidráulicos de uso general (UG); de alta resistencia temprana (ART); moderada resistencia a sulfatos (MRS); alta resistencia a los sulfatos (ARS); moderado calor de hidratación (MCH) y bajo calor de hidratación (BCH). Todos podrán aplicar para tener una baja reactividad con agregados (BRA) o incorporadores de aire (A) -Según la ASTM C150 los tipos I (sin exigencia de propiedades especiales), tipo IA (mismos que el I pero con incorporador de aire), tipo II (uso general y resistencia a sulfatos o calor moderado), tipo IIA (mismos usos que el II pero con incorporador de aire), tipo III (alta resistencia temprana), tipo IIIA (mismos que el III pero con incorporador de aire), tipo IV (bajo calor de hidratación) y tipo V (alta resistencia a sulfatos) -Según la ASTM C595 están los tipos IS (portland con escoria de alto horno), tipo IP (portland-puzolana), tipo IL (portland con cemento calizo o cal) y tipo IT (cemento de amasado ternario) -Según la NTC 1362 los tipos de cemento blanco tipo 1 (no se le exige propiedades especiales) y tipo 1B (resistencias superiores a la tipo 1) •Las especificaciones dependerán del tipo de tránsito -NT3: N80kN > 5M -NT2: 0.5 < N80kN ≤ 5M -NT1: N80kN ≤ 0.5M	**Para la mezcla asfáltica en frío:** •El agregado deberá tener: -Desgaste Los Ángeles ≤ 25% (todo tipo de tráfico); Degradación por abrasión ≤ 25% para NT2 y ≤ 20% para NT3 -Resistencia mecánica: Valor en seco ≥ 110kN y relación húmedo/seco ≥ 75% (valores solo para NT3) -Coeficiente de pulimiento acelerado ≤ 50% -Pérdidas mediante prueba de sulfato de magnesio ≤ 18% Además, unos requisitos que no aplican a mezclas de tipo abierto, es decir solo para de tipo densas: -Impurezas en agregado grueso ≤ 0.5% -Equivalencia de arena ≥ 50% y valor de azul de metileno ≤ 10 -Partículas planas y alargadas en relación 5:1 ≤ 10%; Partículas con una cara fracturada ≥ 75% (NT1 y NT2) y ≥ 85% para NT3; partículas con dos caras fracturadas ≥ 60% para NT2 y ≥ 70% para NT3. -Angularidad de la fracción fina ≥ 40% para NT1 y ≥ 45% para NT2 y NT3 -Adhesividad de los ligantes bituminosos al agregado fino ≥ 4% Para el agregado fino (Requisitos no aplicables para mezclas asfálticas en frío de tipo abierto) -Proporción de arena natural (agregado fino) deberá ser ≤ 25% de la masa total del agregado combinado para NT1 y NT2, a su vez ≤ 15% para NT3. -Proporción de arena natural ≤ 50% de la masa total de agregado fino. Para el llenante mineral (si es material de aporte usar cal hidratado o cemento hidráulico) -Densidad bulk de entre 0.5-0.8g/cm3 -Vacíos del llenante seco compactado deberá ser ≥ 38% (solo para NT2 y NT3) -Si el llenante mineral es cal deberá tener: Óxidos de calcio y magnesio (base libre de volátiles) ≥ 95%; Dióxido de carbono (como se recibe la base) ≤ 5% si es en laboratorio y ≤ 7% en otro sitio; Óxidos no hidratados ≤ 8% (solo para S y SA); residuos retenidos en tamiz N°30 ≤ 0.5% (si es mayor no deberá presentar descascaramiento ni picaduras); plasticidad ≥ 200 (Para S o SA luego 30 min de mezclada con agua y para N o NA al ser saturada con agua en periodos de 16 a 24h); retención de agua ≥ 75% para N y NA y ≥ 85% para S y SA •La mezcla del material de agregado que se usa para la capa de rodadura serán de tipo densa los MDF-19 (agregado grueso con tamaño máximo 19 mm) y MDF-25 (máximo 25 mm), para mezcla de tipo abierta serán los MAF-19 y MAF-25. Estas tienen la siguiente gradación: - MDF-25 con PP (25 mm): 100; PP (19 mm): 80-95; PP (9,5 mm): 60-75; PP4: 47-62; PP8: 35-50; PP50: 13-23 y PP200: 3-8. - MDF-19 con PP (19 mm): 100; PP (12,5 mm): 80-95; PP4: 50-65; PP8: 35-50; PP50: 13-23 y PP200: 3-8. - MAF-25 con PP (25 mm): 100; PP (19 mm): 70-95; PP (9,5 mm): 20-45; PP4: 0-20; PP8: 0-10 y PP200: 0-2. - MAF-19 con PP (19 mm): 100; PP (12,5 mm): 70-95; PP4: 10-30; PP8: 0-10 y PP200: 0-2. •El material bituminoso a usar para la mezcla será tipo emulsión asfáltica de rotura media o lenta; Si es para tipo de mezcla densa se usa de rotura lenta tipo CRL-57 o CRL-57h; para mezcla de tipo abierta se usara de rotura media CRM-65 **Tipo CRL - 57 y CRL - 57h** - En destilación un contenido de asfalto residual ≥ 57%; Contenido de agua ≤ 43%; Viscosidad con Saybolt-Furol a 25°C entre 20 - 200s (segundos); Estabilidad durante almacenamiento: ≤ 1% (sedimentación a 24h) y ≤ 5% (sedimentación a los 5d); Porcentaje retenido en tamiz N°20 ≤ 0.1%; carga eléctrica de partícula debe ser positiva; pH ≤ 5. **Especificaciones para Emulsión asfáltica solo para tipo CRL - 57** -Sobre el residuo de destilación una penetración (25°C, 100g, 5s) para ARD de entre 60 - 100 décimas de mm (0,1mm) y para ARB de entre 100 - 250; Ductibilidad (25°C, 5cm/min) ≥ 40cm; Solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5% **Especificaciones para Emulsión asfáltica solo para tipo CRL - 57h** -Rotura en ensayo de mezcla con cemento ≤ 2% -Penetración (25°C, 100g, 5s) de entre 60 - 100 décimas de mm (0,1mm); Ductibilidad (25°C, 5cm/min) ≥ 40cm; Solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5% **Tipo CRM-65** -Contenido de asfalto residual ≥ 65%; contenido de aceite ≤ 12%; Viscosidad 50°C entre 50 - 450s (segundos); Estabilidad durante almacenamiento: ≤ 1% (sedimentación a 24h) y ≤ 5% (sedimentación a los 5d); Porcentaje retenido en tamiz N°20 ≤ 0.1%; carga eléctrica de partícula debe ser positiva; pH ≤ 5; cubrimiento del agregado y resistencia al desplazamiento podrá ser Buena (Agregado seco) y satisfactoria (agregado seco y acción del flujo de agua, con agregado húmedo o con agregado húmedo y acción del flujo del agua) -Penetración (25°C, 100g, 5s) entre 100 - 250 décimas de mm (0,1mm); Ductibilidad (25°C, 5cm/min) ≥ 40cm; Solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5% •Para mezclas asfálticas en frío de tipo abierto se realiza un sello de arena-asfalto, donde se usa agregado fino (arena natural y/o de trituración, exenta de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias perjudiciales) con las siguientes especificaciones: perdidas por solidez en sulfato de magnesio ≤ 18% (NT1 y NT2); equivalencia de arena ≥ 50% y valor de azul ≤ 10; angularidad de fracción fina ≥ 45% y riedel weber ≥ 4%. Se usa una gradación tipo SAA-10 y emulsión catiónica CRR-65 o CRR-65m. - SAA-10: PP (9,5 mm): 100; PP4: 95-100; PP8: 80-100; PP16: 50-85; PP30: 25-60; PP50: 10-30 y PP200: 2-10 - CRR-65: Contenido de asfalto residual ≥ 65%, contenido de aceite ≤ 3% y contenido de agua ≤ 35%; Viscosidad a 50°C entre 100 - 400s (segundos); Estabilidad durante almacenamiento: ≤ 1% (sedimentación a 24h) y ≤ 5% (sedimentación a los 5d); Porcentaje retenido en tamiz N°20 ≤ 0.1%; demulsibilidad ≥ 40%; carga eléctrica de partícula debe ser positiva; pH ≤ 5; Penetración para ARD de entre 60 - 100 décimas de mm (0,1mm) y para ARB de entre 100 - 250; Ductibilidad ≥ 40cm; Solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. - CRR-65m: Contenido de asfalto residual ≥ 65%, contenido de disolventes ≤ 3% y contenido de agua ≤ 35%; Viscosidad a 50°C entre 20 - 300s (segundos); Estabilidad durante almacenamiento: ≤ 1% (sedimentación a 24h) y ≤ 5% (sedimentación a los 5d); Porcentaje retenido en tamiz N°20 ≤ 0.1%; rotura con Dioctisulfosuccinato sódico ≥ 40%; carga eléctrica positiva; pH ≤ 5; cubrimiento del agregado y resistencia al desplazamiento debe ser buena para agregado seco y satisfactoria para las demás; Penetración mínima de entre 60 - 100 décimas de mm (0,1mm) y máxima de entre 100 - 250; punto de ablandamiento mínimo de entre 55-45°C; Ductibilidad ≥ 10cm; recuperación elástica por torsión a 25°C ≥ 12%. •El agua debe ser libre debe ser limpia, sin materia orgánica u otras sustancias perjudiciales. Podrá ser agua potable, en caso de no serlo deberá tener un pH de entre 5.5-8 y Contenido de sulfatos SO4 ≤ 1kg/m3 (requisitos que no aplican a mezclas de tipo abierto ya que por lo general no requieren agua)	•Si el valor de desgaste Los Ángeles es superior al especificado se podra aceptar, pero deberá cumplir con el valor de degradación por abrasión (Aplica solo en tráfico NT2 y NT3) •En caso de tráfico NT3 se deberá tener un análisis petrográfico. •Se deberá tener el porcentaje de cubrimiento del agregado con material asfáltico en presencia de agua hirviendo; también la gravedad especifica y absorción. •Las llenantes minerales deberán haberse diseñado con la siguiente granulometría (PP16: 100%; PP30: 97-100%; PP100: 95-100% y PP200: 70-100%) •La franja granulométrica de los agregados, siendo para mezclas densas la MDF-19 o MDF-25 y para tipo abierta será MAF-19 o MAF-25. Estas serán escogidas en la fase de diseño. •Se podrá usar cuando se requiera aditivos mejoradores de adherencia entre los agregados y material bituminoso; se usa cloruro de calcio con certificado de calidad ASTM E449 y cumpla la ASTM D98 en forma solida (hojuelas con 77% de cloruro puro o en esferas con 94% de cloruro puro) o en forma líquida (concentración de 32% y gravedad especifica ≥ 1.30. Para aplicarse, el agua deberá ser agua potable, si no lo es debe tener un pH de entre 5.5-8 y SO4 ≤ 1kg/m3 •Si se realiza un pavimento multicapa asfáltica, es decir, con capa intermedia y capa base, se deberá tener unos requisitos para agregado fino y llenante mineral iguales que para capa de rodadura; y prácticamente iguales para los agregados, donde solo cambia el desgaste Los Ángeles que deberá ser ≤ 35% para capa intermedia en NT1 y ≤ 35% para capa intermedia y base para NT2 y NT3; Degradación por abrasión ≤ 30% para NT2 y ≤ 25% para NT3 (tanto para capa intermedia como base); Resistencia mecánica: Valor en seco ≥ 90kN para capa intermedia y ≥ 75kN para capa base y relación húmedo/seco ≥ 75% para capa intermedia y base (valores solo para NT3) •Se usara una gradación granulométrica MDF-25 para mezclas densas y capa intermedia y MDF-38 para capa base; en mezclas abiertas será MAF-25 para capa intermedia y MAF-38 para capa base. A continuación las gradaciones - MDF-38 con PP (37,5 mm): 100; PP (25 mm): 80-95; PP (12,5 mm): 62-77; PP4: 45-60; PP8: 35-50; PP50: 13-23 y PP200: 3-8. - MAF-38 con PP (37,5 mm): 100; PP (25 mm): 70-95; PP (12,5 mm): 25-55; PP4: 0-15; PP8: 0-5 y PP200: 0-2. •Emulsiones para riego de liga (CRL-40, CRL-57 o MC 30) y riego de imprimación (CRR-60, CRR-65, CRR-60m o CRR-65m): -CRL-40: En destilación un contenido de asfalto residual ≥ 40%; contenido de aceite de 10-20%; Contenido de agua ≤ 50%; Viscosidad a 25°C ≤ 50s; estabilidad durante almacenamiento ≤ 10% (sedimentación a los 5d); porcentaje retenido en tamiz N°20 ≤ 0.1%; carga de particula positiva; pH ≤ 5; sobre el residuo de destilación una penetración de entre 200 - 300 (0,1mm); Ductibilidad ≥ 40cm; Solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5% -MC 30: Punto de inflamación ≥ 38°C; viscosidad a 60°C de 30-60 cSt, viscosidad a 25°C de 75-150 s; destilado a 225°C ≤ 25%, para 260°C de entre 40-70% y para 316°C de 75-93%; residuo por destilación de 50-60%; en los residuos por destilación una penetración de 120-300 (0.1 mm), ductilidad ≥ 100 cm y solubilidad de entre 9.5-100%. -CRR-60: Contenido de asfalto residual ≥ 60% para CRR 60; contenido de aceite ≤ 3%; contenido de agua ≤ 40% para CRR 60; Viscosidad a 25°C entre 20-100s; estabilidad durante almacenamiento a las 24h ≤ 1% y a los 5 d ≤ 5%; porcentaje retenido en tamiz N°20 ≤ 0.1%; demulsibilidad ≤ 40%; carga eléctrica de partícula positiva; pH ≤ 5; índice de rotura a reportar; en los residuos por destilación una penetración de 60-100 en ARD y de 100-250 en ARB, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad ≥ 97.5%. -CRR-60m: Contenido de asfalto residual ≥ 60% para CRR 60m; contenido de aceite ≤ 3%; contenido de agua ≤ 40% para CRR 60m; viscosidad a 50°C de entre 20-100 s para CRR-60m; estabilidad durante almacenamiento a las 24h ≤ 1% y a los 5 d ≤ 5%; porcentaje retenido en tamiz N°20 ≤ 0.1%; demulsibilidad ≤ 40%; carga eléctrica de partícula positiva; pH ≤ 5; en los residuos por destilación una penetración de 60-100 mínimo y de 100-250 máximo, punto de ablandamiento de mínimo 55-45°C, ductibilidad ≥ 10 cm y recuperación elástica por torsión ≥ 12%.

Perú	•Agregados pétreos y polvo mineral deberá ser aquel que al aplicarle el material asfáltico, esta no se desprenda por el agua o tránsito (solo se permitirá usar material con características hidrólificas si se usa además un aditivo eficaz); denominando el agregado grueso como el retenido en el tamiz N°4, el agregado fino el comprendido entre tamiz N°4 y tamiz N°200, y polvo mineral o llenante al que pasa por el tamiz N°200 -El agregado grueso deberá proceder de trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas, estos no deberán ser susceptibles a ningún tipo de meteorización o alteración fisicoquímicas bajo las condiciones más desfavorables(limpios y durables, exentos de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias que perjudiquen el desempeño, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables) -El agregado fino deberá proceder de r arena de trituración o una mezcla de ella con arena natural (los granos deben ser duros, limpios y de superficie rugosa y angular) -Polvo mineral que procede de procesos de trituración de los agregados pétreos o podrá ser de aporte de productos comerciales, generalmente cal hidratada o cemento portland. (Podrá ser polvo mineral proveniente de la clasificación, deberá ser no plástico y tener un peso unitario aparente de entre 0,5 y 0,8 g/cm3 y coeficiente de emulsibilidad inferior a 0.6) •La emulsión deberá tener un certificado del fabricante, con especificaciones precisas del producto. •Se podrán usar aditivos mejoradores de adherencia entre agregados y asfalto en caso de requerirlo. En el caso de mezclas abiertas podrán ser cal tipo I y II de la AASHTO M303, base tipo amina, cenizas de la AASHTO M295 u otros. (con un certificado de que los cumpla)	**Para la mezcla asfáltica en frío:** •El agregado deberá tener: -Desgaste Los Ángeles ≤ 25% (todo tipo de tránsito); Desgaste micro-deval (abrasión) ≤ 25% para tránsito medio y alto (para mezclas abiertas será ≤ 25% para tránsito medio y ≤ 20% para tránsito alto) -Resistencia mecánica por 10% finos: Valor en seco ≥ 110kN y relación húmedo/seco ≥ 75% (valores solo para tránsito alto) -Coeficiente de pulimiento acelerado ≤ 0.45 -Pérdidas mediante prueba de sulfato de magnesio ≤ 18% y por sulfato de sodio ≤ 12% (agregado grueso y agregado fino) -Impurezas en agregado grueso ≤ 0.5% -Equivalencia de arena ≥ 50% (Aplica solo a mezclas densas; si no se cumple con ello se acepta una equivalencia de arena ≥ 40% si el valor de azul de metileno ≤ 10) -Partículas planas y alargadas ≤ 10%; Partículas con una cara fracturada ≥ 75% (tránsito bajo y medio) y ≥ 85% para tránsito alto; partículas con dos caras fracturadas ≥ 60% para tránsito medio y ≥ 70% para tránsito alto. -Angularidad de la fracción fina ≥ 40% para tránsito bajo y ≥ 45% para tránsito medio y alto (solo para mezclas densas) -Adhesividad (resistencia conservada inm-comp) ≥ 75% para tránsito bajo y alto en agregado combinado (solo para mezclas densas) -Adhesividad stripping ≥ 95% (solo para mezclas abiertas) Para el agregado fino. -Proporción de arena natural (agregado fino) deberá ser ≤ 25% de la masa total del agregado combinado y a su vez ≤ 15% para alto tránsito. -Proporción de arena natural ≤ 50% de la masa total de agregado fino. •La mezcla del material de agregado que se usa para la capa de rodadura serán los MDF-2 y MDF-3 para mezclas densas o MAF-1, MAF-2 y MAF-3 para mezclas abiertas. - MDF-2 con PP (25 mm): 100; PP (19 mm): 80-95; PP (9,5 mm): 60-75; PP4: 47-62; PP8: 35-50; PP50: 13-23 y PP200: 3-8. - MDF-3 con PP (19 mm): 100; PP4: 50-65; PP8: 35-50; PP50: 13-23 y PP200: 3-8. - MAF-1 con PP (37,5 mm): 100; PP (25 mm): 95-100; PP (12,5 mm): 25-65; PP4: 0-10; PP8: 0-5 y PP200: 0-2. - MAF-2 con PP (25 mm): 100; PP (19 mm): 95-100; PP (9,5 mm): 20-55; PP4: 0-10; PP8: 0-5 y PP200: 0-2. - MAF-3 con PP (19 mm): 100; PP (12,5 mm): 95-100; PP (9,5 mm): 35-40; PP8: 3-7 y PP200: 0-1. •El material bituminoso a usar para la mezcla será tipo emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta; usando los tipos CSS-1 o CSS-1h **Tipo CSS-1 y CSS-1h** -De la destilación un %Asfalto de residuo ≥ 57% -Viscosidad 25°C entre 20 - 100s (segundos); estabilidad de Almacenamiento ≤ 1% (En 24h) -Carga de la partículas deber ser positivo; prueba del tamiz ≤ 0.1%; contenido de cemento ≤ 2% -Sobre el residuo de destilación una penetración (25°C, 100g, 5s) de 100-250 décimas de mm para CSS-1 y de 40-90 décimas de mm para CSS-1h; Ductilidad (25ºC, 5 cm/min) ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5% •En caso de usar aditivos en mezclas abiertas se deberá tener una efectividad de aditivos con una resistencia conservada ≥ 80. -Si es cal tipo 1 y 2 debe tener un Contenido de Cal Activa ≥ 90%, Contenido de Cal Deshidratada ≤ 7% y contenido de agua ≤ 3%; solo para tipo 2 un contenido de residió de ignición de Óxido de Calcio y Magnesio ≥ 96%, contenido de Dióxido de Carbono (de base recibida) ≤ 7% y contenido de óxido de calcio deshidratado ≤ 3% •El agua deberá ser limpia y libre de materia álcalis y otras sustancias deletéreas, tener un pH de entre 5.5-8 y un contenido de sulfatos SO4 menor a 3000 ppm.	•Si se realiza un pavimento multicapa asfáltica de tipo densa, es decir, con capa intermedia y capa base, se deberá tener unos requisitos para agregado fino y llenante mineral iguales que para capa de rodadura; y prácticamente iguales para los agregados, donde solo cambia: -Desgaste Los Ángeles que deberá ser ≤ 35% para capa intermedia en bajo tránsito y ≤ 35% para capa intermedia y base para tránsito medio y alto. -Desgaste por abrasión ≤ 35% para tránsito medio y alto (tanto para capa intermedia como base). -Resistencia mecánica por 10% finos: Valor en seco ≥ 90kN para capa intermedia y ≥ 75kN para capa base y relación húmedo/seco ≥ 75% para capa intermedia y base (valores solo para tránsito alto) -Partículas con una cara fracturada ≥ 60% para tránsito bajo ≥ 75% para tránsito medio y alto; partículas con dos caras fracturadas (no especifica) •Si es una mezcla abierta se indica, se usaran las mismas especificaciones para los agregados, exceptuando las siguientes: -Desgaste Los Ángeles que deberá ser ≤ 25% para capa intermedia en bajo tránsito y ≤ 35% para capa intermedia en tránsito medio y alto. -Desgaste por abrasión ≤ 30% para tránsito medio y ≤ 25% para tránsito alto. (capa intermedia) -Resistencia mecánica por 10% finos: Valor en seco ≥ 90kN para capa intermedia y relación húmedo/seco ≥ 75% para capa intermedia (valores solo para tránsito alto) -Partículas con una cara fracturada ≥ 60% para tránsito bajo ≥ 75% para tránsito medio y alto; partículas con dos caras fracturadas (no especifica) •Se usara una gradación granulométrica MDF-2 para capa intermedia y MDF-1 para capa base. - MDF-1 con PP (7,5 mm): 100; PP (25 mm): 80-95; PP (12,5 mm): 62-77; PP4: 45-60; PP8: 35-50; PP50: 13-23 y PP200: 3-8. •Para realizar riegos de imprimación se usan emulsiones de curado lento CSS-1, CSS-1h o asfalto líquido MC-30, MC-70 -MC-30: viscosidad cinemática a 60°C de 30-60 cSt; punto de inflamación ≤ 0.2°C; destilado a 225°C ≤ 25%, a 260°C 40-70%, a 315°C ≥ 75-93% y a 360°C ≥ 50%; en residuos de destilación una viscosidad a 60°C de entre 30-120 Pa.s (podrá cambiarse por una penetración a 25°C de 120-250 dmm), ductilidad a 25°C ≥ 100 cm, solubilidad en tricloro ≥ 99% y ensayo de la mancha con resultados negativos para solvente Nafta, Nafta-Xileno o Heptano-Xileno. -MC-70: viscosidad cinemática a 60°C de 70-100 cSt; punto de inflamación ≤ 0.2°C; destilado a 225°C ≤ 20%, a 260°C 20-60%, a 315°C ≥ 65-90% y a 360°C ≥ 55%; en residuos de destilación una viscosidad a 60°C de entre 30-120 Pa.s (podrá cambiarse por una penetración a 25°C de 120-250 dmm), ductilidad a 25°C ≥ 100 cm, solubilidad en tricloro ≥ 99% y ensayo de la mancha con resultados negativos para solvente Nafta, Nafta-Xileno o Heptano-Xileno. •Para realizar riegos de liga se usan cemento asfáltico tipo 40/50, 60/70, 85/100 o 120/150; o tipo emulsión catiónica de rotura lenta o rápida tipo CSS-1, CSS-1h, CRS-1 o CRS-1h. (se encuentran en especificaciones de asfalto para mezclas asfálticas en caliente)

Chile	•Agregados pétreos; denominando el agregado grueso como el retenido en el tamiz N°8 y el agregado fino el que pasa el tamiz N°8. -El agregado grueso deberá estar constituida por partículas chancadas, tenaces, limpias (libres de materia orgánica, arcilla o materias extrañas) -El agregado fino deberá estar constituida por arenas naturales o provenientes de trituración de roca o grava. Partículas duras, tenaces y libres de arcilla o sustancias perjudiciales. (podrá exigirse haber sido limpiados por lavado) •La emulsión asfáltica deberá cumplir las muchas especificadas según la emulsión escogida.	Para la mezcla asfáltica en frío: •El agregado grueso deberá tener: Desgaste Los Ángeles ≤ 25% (podrá ser mayor si se aprueba aunque nunca mayor que 35%); Desintegración en sulfato de sodio ≤ 12%; partículas chancadas ≥ 90%; partículas lajeadas ≤ 10%; adherencia ≥ 95%. •Para el agregado fino: Adherencia riedel-weber de entre 0-5% y desintegración por sulfato de sodio ≤ 15% •Para el agregado combinado: Sales solubles ≤ 2% y equivalencia de arena ≥ 50% •Se tendrán diferentes granulometrías para el agregado con granulometría semidensa, tipos IV-A-12, IV-A-20 o IV-A-25. - IV-A-12 con PP (40 mm): 100; PP (12,5 mm): 80-95; PP (10 mm): 70-85; PP4: 43-58; PP8: 28-42; PP30: 13-24; PP50: 8-17; PP100: 6-12 y PP200: 4-8. - IV-A-20 con PP (25 mm): 100; PP (20 mm): 80-95; PP (12,5 mm): 65-80; PP (10 mm): 57-73; PP4: 40-55; PP8: 28-42; PP30: 13-24; PP50: 8-17; PP100: 6-12 y PP200: 4-8. - IV-A-25 con PP (40 mm): 100; PP (25 mm): 80-100; PP (20 mm): 73-88; PP (12,5 mm): 60-75; PP (10 mm): 55-70; PP4: 39-54; PP8: 28-42; PP30: 13-24; PP50: 8-17; PP100: 6-12 y PP200: 4-8. •Se usara alguno de las siguientes emulsiones asfálticas aniónicas o catiónicas; las aniónicas de quiebre rápido RS-1 o RS-2, quiebre rápido alta flotación HFRS-2, quiebre medio MS-1, MS-2 o MS-2h, quiebre medio alta flotación HFMS-1, HFMS-2 o MFHS-2h, y de quiebre lento HFMS-2s, SS-1 o SS-1h; las catiónicas de quiebre rápido CRS-1 o CRS-2, quiebre medio CMS-2 o CMS-2h, y quiebre lento CSS-1 o CSS-1h. **RS-1 y RS-2:** viscosidad a 25°C de 20-100 SFs (solo para RS-1) y viscosidad a 50°C de 75-400 SFs (solo para RS-2); estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; demulsibilidad (35 ml. 0,02N CaCl2) ≥ 60%; carga de la partícula igual a 0; tamizado ≤ 0.10%; residuo por destilación ≥ 55% para RS-1 y ≥ 63% para RS-2; en residuo de destilación una penetración de 100-200 dmm, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%; equivalente de Xilol ≤ 30% **HFRS-2:** Las mismas especificaciones que para RS-2, añadiendo una flotación a 60°C ≥ 1200 s. **MS-1:** Las mismas especificaciones que para RS-1, exceptuando la emulsibilidad ya que no existe un parámetro y añadiendo una capacidad de cubrimiento buena (agregado seco) y regular (después de esparcido y agregado húmedo) **MS-2 y MS-2h:** viscosidad a 25°C ≥ 100 SFs; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; capacidad de cubrimiento buena (agregado seco) y regular (después de esparcido y agregado húmedo); carga de la partícula igual a 0; tamizado ≤ 0.10%; residuo por destilación ≥ 65%; en residuo de destilación una penetración de 100-200 dmm para MS-2 y de 40-90 dmm para MS-2h, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%; equivalente de Xilol ≤ 30% **HFMS-1:** Las mismas especificaciones que para RS-1, exceptuando la emulsibilidad y tamizado ya que no existe un parámetro y añadiendo un contenido de cemento ≤ 0.1%, capacidad de cubrimiento buena (agregado seco) y regular (después de esparcido y agregado húmedo) y una flotación ≥ 1200 s. **HFMS-2 y HFMS-2h:** Las mismas especificaciones que para MS-2 y MS-2h respectivamente, exceptuando el tamizado ya que no existe parámetro y añadiendo un contenido de cemento ≤ 0.1% y una flotación ≥ 1200 s. **HFMS-2s:** viscosidad a 25°C ≥ 50 SFs; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; capacidad de cubrimiento buena (agregado seco) y regular (después de esparcido y agregado húmedo); carga de la partícula igual a 0; contenido de cemento ≤ 0.10%; residuo por destilación ≥ 65%; aceite destilado por volumen de emulsión de entre 1-7%; en residuo de destilación una penetración ≥ 200 dmm, ductibilidad ≥ 40 cm, solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5% y flotación ≥ 1200 s; equivalente de Xilol ≤ 30%. **SS-1 y SS-1h:** viscosidad a 25°C de 20-100 SFs; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; carga de la partícula igual a 0; tamizado ≤ 2%; contenido de cemento ≤ 0.10%; residuo por destilación ≥ 57%; en residuo de destilación una penetración de 100-200 dmm para SS-1 y de 40-90 dmm para SS-1h, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%; equivalente de Xilol ≤ 30% **CRS-1 y CRS-2:** viscosidad a 50°C de 20-100 SFs para CRS-1 y de 100-400 SFs para CRS-2; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; demulsibilidad ≥ 40%; carga de la partícula positiva; tamizado ≤ 0.10%; aceite destilado por volumen de emulsión residuo ≤ 3%, residuo ≥ 60% para CRS-1 y ≥ 65% para CRS-2; en residuo de destilación una penetración de 100-250 dmm, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%; equivalente de Xilol ≤ 30% **CMS-2 y CMS-2h:** viscosidad a 50°C de 50-450 SFs; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; capacidad de cubrimiento buena (agregado seco) y regular (después de esparcido y agregado húmedo); carga de la partícula positiva; tamizado ≤ 0.10%; aceite destilado por volumen de emulsión residuo ≤ 12%, residuo ≥ 65%; en residuo de destilación una penetración de 100-250 dmm para CMS-2 y 40-90 dmm para CMS-2h, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%; equivalente de Xilol ≤ 30% **CSS-1 y CSS-1h:** viscosidad a 25°C de 20-100 SFs; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; carga de la partícula positiva; tamizado ≤ 0.10%; contenido de cemento ≤ 2%; residuo ≥ 57%; en residuo de destilación una penetración de 100-250 dmm para CSS-1 y 40-90 dmm para CSS-1h, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%; equivalente de Xilol ≤ 30%	•El contenido óptimo de asfalto se determina con el método 8.302.48 del MC-V8 para gradación abierta y 8.302.51 del MC-V8 (basado en la Asphalt Cold Mix Manual MS-14. Asphalt Institute; Asphalt Emulsion Manual MS-19. AEMA – Asphalt Institute; ASTM D 1560; Método 8.302.35 y Método Rupanco. Curso Laboratorista Vial, 4ª Ed., Vol II, LNV Chile.) para gradación gruesa o densa. •La franja granulométrica a usar sera escogida en la etapa de diseño. (tipos IV-A-12, IV-A-20 o IV-A-25) •Existe también la granulometría densa, ya sea tipos IV-12, IV-20 o IV-25; estas se usarán solo si sobre ellas se coloque una mezcla drenante. A continuación la franjas granulométricas: - IV-12 con PP (20 mm): 100; PP (12,5 mm): 80-95; PP (10 mm): 67-85; PP4: 46-65; PP8: 35-48; PP30: 15-25; PP50: 13-23; PP100: 8-16 y PP200: 4-10. - IV-20 con PP (25 mm): 100; PP (20 mm): 80-95; PP (12,5 mm): 65-80; PP (10 mm): 57-75; PP4: 45-63; PP8: 33-48; PP30: 17-29; PP50: 13-23; PP100: 7-14 y PP200: 4-8. - IV-25 con PP (40 mm): 100; PP (25 mm): 80-100; PP (10 mm): 55-75; PP4: 45-62; PP8: 35-50; PP30: 19-30; PP50: 13-23; PP100: 7-15 y PP200: 0-8. •Para construcción multicapa el agregado grueso deberá tener: -Para capa intermedia: Desgaste Los Ángeles ≤ 35%; Desintegración en sulfato de sodio ≤ 12%; partículas chancadas ≥ 70%; partículas lajeadas ≤ 15%; adherencia ≥ 95%. -Para capa base: Desgaste Los Ángeles ≤ 35% para base gruesa y ≤ 30% en base abierta; Desintegración en sulfato de sodio ≤ 12%; partículas chancadas ≥ 60% para base gruesa y ≥ 90% en base abierta; partículas lajeadas ≤ 15% para base gruesa y ≤ 10% en base abierta; adherencia ≥ 95%. •El agregado fino para multicapa tendrá las mismas especificaciones. •El agregado combinado para multicapa, deberá tener una equivalencia de arena ≥ 45% para capa intermedia, para capa base ≥ 40% y ≥ 50% para base abierta; sales solubles ≤ 3% para ambas capas. •Para riego de liga asfalto tipo CRS-1, CRS-2, CMS-2, MCS-2h, CSS-1, CSS-1h, RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1 o SS-1h
España	-	-	-
Estados Unidos	•Según la AASHTO se deberá cumplir que la emulsión asfáltica a usar cumpla con alguno de los requisitos de la AASHTO M208 o AASHTO M140. -La UFGS indica que se debe tener un certificado que corrobore las especificaciones que se necesitan, además, recomienda el uso de emulsiones tipo SS-1 o CSS-1 en climas moderados o fríos y tipo SS-1h o CSS-1h en climas más cálidos. Aunque, se podrá usar cualquier otro de los tipos de asfalto.	•El agregado deberá cumplir con lo siguiente: -Abrasión Los Ángeles ≤ 40% (500 revoluciones) -Estabilidad del agregado con sulfato de sodio permitido será máximo de 10-15%. -Peso seco de la escoria ≤ 1200 kg por m3 y porcentaje de partículas planas y alargadas ≤ 20% en peso de cualquier tamiz. -Cantidad de arena en el agregado deberá ser ≤ 25% •Granulometría para el relleno mineral: -Para partículas de 0.05 mm se acepta un porcentaje más fino de entre 70-100%; para partículas de 0.02 mm de entre 35-65% y para partículas de 0.005 mm de entre 10-22%. •El asfalto a usar dependerá de la norma; en la AASHTO M140 para emulsiones aniónicas serán los RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1, SS-1h o QS-1H; en la AASHTO M208 para emulsiones catiónicas serán los CRS-1, CRS-2, CMS-	•El contenido de asfalto para la mezcla se determinara mediante ensayos y en la etapa de diseño. -El contenido de agua para la mezcla se determina mediante ensayos para escoger quien proporcione la máxima densidad seca; y si además no se usa ligante se determina el contenido de agua en intervalo de 0.5%, desde 0 hasta un máximo de 2.5%. •Para el curado se usa emulsión tipo CSS-1h o SS-1h con las mismas especificaciones que para las mezclas asfálticas en frío añadiendo que estas tendrán un 50-60% en agua.

		2, CMS-2h, CSS-1, CSS-1h o CQS-1h. **-RS-1 y RS-2:** Viscosidad a 25°C de 20-100 segundos (solo para RS-1); viscosidad a 50°C de 75-400 s (solo para RS-2); estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; demulsibilidad (35 ml. 0,02N CaCl2) ≥ 60%; tamizado ≤ 0.10%; residuo por destilación ≥ 55% para RS-1 y ≥ 63% para RS-2; en residuo de destilación una penetración de 100-200 dmm, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. **-HFRS-2:** Las mismas especificaciones que para RS-2, añadiendo una flotación a 60°C ≥ 1200 s. **-MS-1:** Las mismas especificaciones que para RS-1, exceptuando la emulsibilidad ya que no existe un parámetro, añadiendo una capacidad de cubrimiento y resistencia del agua buena (agregado seco) y regular (después de esparcido y agregado húmedo). **-MS-2 y MS-2h:** viscosidad a 25°C ≥ 100 s; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; capacidad de cubrimiento y resistencia del agua buena (agregado seco) y regular (después de esparcido y agregado húmedo); tamizado ≤ 0.10%; residuo por destilación ≥ 65%; en residuo de destilación una penetración de 100-200 dmm para MS-2 y de 40-90 dmm para MS-2h, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. **-HFMS-1:** Las mismas especificaciones que para RS-1, exceptuando la emulsibilidad ya que no existe un parámetro, añadiendo una capacidad de cubrimiento y resistencia del agua buena (agregado seco) y regular (después de esparcido y agregado húmedo), junto a una flotación ≥ 1200 s. **-HFMS-2 y HFMS-2h:** Las mismas especificaciones que para MS-2 y MS-2h respectivamente y añadiendo un contenido una flotación ≥ 1200 s. **-HFMS-2s:** viscosidad a 25°C ≥ 50 s; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; capacidad de cubrimiento y resistencia del agua buena (agregado seco) y regular (después de esparcido y agregado húmedo); residuo por destilación ≥ 65%; aceite destilado por volumen de emulsión de entre 1-7%; en residuo de destilación una penetración ≥ 200 dmm, ductibilidad ≥ 40 cm, solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5% y flotación ≥ 1200 s. **-SS-1 y SS-1h:** viscosidad a 25°C de 20-100 s; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; tamizado ≤ 0.1%; contenido de cemento ≤ 2%; residuo por destilación ≥ 57%; en residuo de destilación una penetración de 100-200 dmm para SS-1 y de 40-90 dmm para SS-1h, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. **-QS-1H:** viscosidad a 25°C de 20-100 s; tamizado ≤ 0.1%; residuo por destilación ≥ 57%; en residuo de destilación una penetración de 40-90 dmm, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. **-CRS-1 y CRS-2:** viscosidad a 50°C de 20-100 SFs para CRS-1 y de 100-400 SFs para CRS-2; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; demulsibilidad ≥ 40%; carga de la partícula positiva; tamizado ≤ 0.10%; aceite destilado por volumen de emulsión residuo ≤ 3%, residuo ≥ 60% para CRS-1 y ≥ 65% para CRS-2; en residuo de destilación una penetración de 100-250 dmm, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. **-CMS-2 y CMS-2h:** viscosidad a 50°C de 50-450 s; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; capacidad de cubrimiento y resistencia al agua buena (agregado seco) y regular (después de esparcido y agregado húmedo); carga de la partícula positiva; tamizado ≤ 0.10%; aceite destilado por volumen de emulsión residuo ≤ 12%, residuo ≥ 65%; en residuo de destilación una penetración de 100-250 dmm para CMS-2 y 40-90 dmm para CMS-2h, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. **-CSS-1 y CSS-1h:** viscosidad a 25°C de 20-100 s; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; carga de la partícula positiva; tamizado ≤ 0.10%; contenido de cemento ≤ 2%; residuo ≥ 57%; en residuo de destilación una penetración de 100-250 dmm para CSS-1 y 40-90 dmm para CSS-1h, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. **-CQS-1h:** viscosidad a 25°C de 20-100 s; carga de la partícula positiva; tamizado ≤ 0.10%; residuo ≥ 57%; en residuo de destilación una penetración de 40-90 dmm, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. •Para la mezcla las siguientes especificaciones: -Tolerancia de mezcla de agregados (Grueso, fino y relleno mineral combinado) se permite una tolerancia de gradación de ± 4% en PP4; será de ± 3% para porcentaje que pasa por tamices N°8, 16, 30 y 50; y de ± 1% para PP100 y PP200 -Se podrá usar el aditivo llamado liquefier en un porcentaje máximo de 0.2% para mejorar la cohesión y adherencia. -Si se usa cal será de entre 0.5 a 1.5% en peso de la mezcla.	•Los agregados según la UFGS deben ser agregados consistentes en piedra triturada, grava triturada, escoria triturada, cribado, arena y relleno mineral, según sea necesario (la AASHTO indica que se deberán cumplir con todos los requisitos que se indiquen en el diseño) -Agregado grueso será el retenido en el tamiz N°4 y el agregado fino el que pasa por el tamiz N°4 y es retenido en el tamiz N°200. El relleno mineral será el que pasa por el tamiz N°200. (Si se usa material reciclado deberá cumplir con una gradación especifica) -El agregado deberá estar limpio, sano y ser duradero. -Se podrán usar materiales reciclados, usando un agente de reciclaje bituminoso, usando asfalto espumado o emulsionado para mejorar sus propiedades y facilitar la reutilización para la nueva mezcla asfáltica	•Estos son los tipos de asfalto que se usan para riego de liga (para superficie existente o juntas) o riego de liga sin rastreo (para superficie existente) y de que normativa son: -AASHTO M20 serán 40-50, 60-70, 85-100, 120-150 o 200-300 -AASHTO M320 serán las PG 46, PG 52, PG 58, PG 64, PG 70, PG 76 o PG 82 -AASHTO M226 serán las AC-2.5, AC-5, AC-10, AC-20 o AC-40 y AR-10, AR-20, AR-40, AR-80 o AR-160 -Las especificaciones para estos riegos de liga son los mismos que se presentan en los requisitos para asfalto en la mezcla asfáltica en caliente.
Sudáfrica	-	-	-	-
Australia y Nueva Zelanda	-	-	-	-
Tailandia	•El agregado debe ser grava o piedra triturada limpia, dura y duradera, libre de tierra u otros materiales no deseados. -La grava triturada es la fracción retenida en el tamiz 4.75 mm •En caso de no indicar el tipo de emulsión asfáltica se debe usar la emulsión asfáltica CMS-2h	•El agregado deberá tener las siguientes especificaciones: -Abrasión los Ángeles ≤ 40% y perdida por desgaste en sulfato de sodio ≤ 9% -Fracción triturada ≥ 75% en peso (grava triturada) y la fracción que pasa el tamiz de 4.75 mm deberá tener una equivalencia de arena ≥ 50% •La granulometría será la siguiente: -Para grado Fino: PP (12.5 mm): 100; PP (9.5 mm): 80-100; PP4: 10-40; PP8: 0-10; PP16: 0-5 y PP200: 0-2. -Para grado Fino: PP (25 mm): 100; PP (19 mm): 80-100; PP (9.5 mm): 20-55; PP4: 5-30; PP8: 0-5 y PP200: 0-2. -Para grado Fino: PP (37.5 mm): 100; PP (25 mm): 80-100; PP (12.5 mm): 25-60; PP4: 0-20; PP8: 0-5 y PP200: 0-2. •El asfalto será el tipo CMS-2h: **-CMS-2h:** viscosidad a 50°C de 50-450 s; separación de capas a 5 d ≤ 5% en peso; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; capacidad de recubrimiento de rocas y resistencia al agua ≥ 80% para piedra seca y ≥ 60% para piedra mojada; cantidad restante en malla 20 ≤ 0.10% en peso; carga de la partícula positiva; aceite destilado por volumen de emulsión residuo ≤ 12%, residuo ≥ 65%; en residuo de destilación una penetración de 40-90 dmm , ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. •En la mezcla se tendrá una dosificación o cantidad de emulsión asfáltica de entre 6-8% para grado fino, de 5-7% para grado medio y de 4.5-6.5% para grado áspero.	•El tipo de asfalto para riego de liga es el RC-70, RC-250, CRS-1 o CRS-2: -CRS-1 y CRS-2: viscosidad a 50°C de 20-100 para CRS-1 y de 100-400 mm2/s para CRS-2; separación de capas a 5 d ≤ 5% en peso; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; demulsibilidad ≥ 40%; cantidad restante en malla 20 ≤ 0.10% en peso; carga de la partícula positiva; aceite destilado por volumen de emulsión residuo ≤ 3%, residuo ≥ 60% para CRS-1 y ≥ 65% para CRS-2; en residuo de destilación una penetración de 90-140 dmm, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. -RC-70: viscosidad cinemática a 60°C de 70-140 mm2/s; destilado a 190°C ≥ 10%, a 225°C ≥ 50%, a 260°C ≥ 70%, a 316°C ≥ 85% y a 360°C ≥ 55%; cantidad de agua ≤ 0.2%; negativo en contenido de nafta estándar, nafta-xileno o heftanoxsileno; en residuo restante de destilación una viscosidad a 60°C de 600-2400 libras (podrá cambiarse por una penetración a 25°C de 80-120 dmm), ductilidad a 25°C ≥ 100 cm, solubilidad a 25°C ≥ 99% -RC-250: viscosidad cinemática a 60°C de 250-500 mm2/s; punto de inflamación ≥ 27°C; destilado a 225°C ≥ 35%, a 260°C ≥ 60%, a 316°C ≥ 80% y a 360°C ≥ 65%; cantidad de agua ≤ 0.2%; negativo en contenido de nafta estándar, nafta-xileno o heftanoxsileno; en residuo restante de destilación una viscosidad a 60°C de 600-2400 libras (podrá cambiarse por una penetración a 25°C de 80-120 dmm), ductilidad a 25°C ≥ 100 cm, solubilidad a 25°C ≥ 99% •Asfalto para riego de imprimación será los tipos CRS-1 y CRS-2 o CSS-1 y CSS-1h.

Nota. Apéndice de la Figura 28

Tabla 48

Especificaciones de proceso constructivo (Mezcla en frío)

País	Construcción	Especificaciones adicionales
Colombia	•La capa sobre la cual se realizara la capa de rodadura deberá tener la densidad y cotas adecuadas. -Se podrán realizar si son requeridos riegos de imprimación junto a arena de protección sobre esta, usando emulsiones diluidas en agua, los tipos CRL-40, CRL-57 o MC 30, aplicando de 0.85 L/m2 a 2.25 L/m2 y obteniendo una cantidad de ligante residual de 500 g/m2 mínimo (Se aplica a temperaturas donde se obtenga una viscosidad de entre 5sSf - 20sSF), además la cantidad de arena sobre ella no será mayor que 13.6 kg/m2. También se podrá aplicar riego de liga con el uso de emulsiones asfálticas tipo CRR-60 o CRR-65 o emulsiones modificadas con polímeros tipo CRR-60m o CRR-65m, aplicando de entre 200-300 g/m2 y a temperaturas donde la viscosidad llegue a los 10-40sSF. •La mezcla se realiza en una planta central o en una planta móvil -Si se realiza en planta fija se realiza en fracciones y deberá ser homogénea y no presentar segregación. (tolvas con contenido de entre 50-100% de la capacidad y 2 tolvas para el fino). Se realiza con las dosificaciones requeridas de agregados, agua y emulsión (aditivos se aplicarán junto al agregado) -Si se realiza en planta móvil se dosifica los agregados en instalaciones fuera de la obra; se dosifica para una correcta proporción de agregados, agua y emulsión (aditivos se aplicarán junto al agregado) -Si es tipo continuo se deberá introducir el agua luego de introducir los materiales; más adelante se agrega la emulsión requerida. Esta deberá variar según la humedad de los mismos. (mezclas asfálticas en frío de tipo abierto) -Si es tipo discontinua se añade el agua luego de que los agregados estén, se da espera al humedecimiento y luego se agrega la emulsión. •Luego de realizada y transportada, se procederá a la transferencia de la mezcla, si se realiza a una Shuttle buggy se descarga sobre la tolva de almacenamiento, esta luego la por medio de bandas transportadoras alimenta la pavimentadora •Se realiza la extensión de la mezcla con la pavimentadora, cumpliendo alineamientos, anchos y espesores; comenzando desde los bordes, evitando el menor número de juntas posibles y evitando segregaciones. •Se procede a compactar la capa, realizándola desde los bordes al centro; en curvas del borde inferior al superior (traslapando cada paso). Teniendo que, la llanta motriz de la compactadora este del lado cercano a la pavimentadora (parte recién extendida) -La compactación de mezcla asfáltica en frío tipo abierto, se realiza en una pasada de rodillo vibratorio liso; luego se aplica arena a razon de 4kg/m2 para eliminar viscosidad. Se termina volviendo a compactar con rodillo neumático hasta obtener la firmeza necesaria. •Se finaliza en el caso de mezcla de tipo abierto con un sello de arena-asfalto para evitar adhesión de las llantas de los vehículos, se podrá hacer cuando la capa cumpla todos los requisitos de capa terminada. Se tiene una dosificación de entre 3.5-7 L/m2 de agregado y 0.7-1 de ligante residual. Si se realiza por franjas, dejar sin cubrir una parte de entre 15-20cm para la próxima franja. Se aplica primero la emulsión y luego la arena. Se compacta con compactador neumático (se inicia luego de colocar la arena). •La capa compactada para mezcla asfáltica en frío deberá ser de entre 40-50 mm para mezcla densa tipo MDF-19 y de entre 50-75 mm para MDF-25; para mezclas abiertas será < 40 mm para MAF-19 y entre 40-75 mm para MAF-25 -Se permite transito luego de 24h de terminado a una velocidad de 30km/h. Y se debe realizar barrido para eliminar excesos por 4d. •Si se realizan juntas deberán ser verticales aplicando un riego de liga. (juntas de capas superpuestas cada 5m mínimo para las transversales y cada 150mm longitudinales) •Las mezclas de tipo denso especifican que se podrá abrir el transito hasta que la capa compactada pueda soportar vehículos, las primeras 48h se podrá transitar a 20km/h. Y para tipo abierto son las primeras 72h a 30km/h	•La construcción de esta capa se realiza con una fórmula de trabajo ya determinada y probada en fase de experimentación; el material elegido ajustado a una franja granulométrica necesaria, proporción en la mezcla, porcentaje de agua, dosificación de aditivos, resistencias a obtener, porcentaje de ligante y emulsión. •Si los acopios se hicieron sobre el terreno natural no se usan los 15cm inferiores y capas de 1.5m •En caso donde la superficie donde se realizara no este limpia y no tenga densidad y planicidad apropiadas se corregirá hasta obtener los requisitos y la aprobación necesaria. •La extensión de la mezcla si no se puede realizar con pavimentadora o planta móvil se podrá realizar a mano (palas y rastrillos) siempre y cuando cumplan las condiciones requeridas para la capa una vez compactada. •Si en la extensión de la mezcla hay segregaciones se suspende hasta corregir la causa. Además, se debe corregir, sino se corrige será removida. •La compactación se debe hacer con equipo neumático, aunque si las zonas son reducidas se usara el equipo adecuado tanto para extensión como compactación. •Si es un pavimento multicapa; si es mezcla densa la capa intermedia deberá tener un espesor ≥ 50mm y capa base ≥ 75mm, para mezcla abierta la capa intermedia deberá estar entre 40-75mm y capa base > 75mm

Perú	•La superficie donde se extenderá debe cumplir con la densidad y cotas apropiadas. •Previo a la extensión se podrán realizar riegos de imprimación (emulsiones de curado lento CSS-1, CSS-1h o asfalto líquido MC-30, MC-70) o de liga (se podrá usar cemento asfáltico tipo 40/50, 60/70, 85/100 o 120/150; tipo emulsión catiónica de rotura lenta o rápida tipo CSS-1, CSS-1h, CRS-1 o CRS-1h) aplicándolo si es cemento asfáltico de 0.1-0.4 L/m2 y si es una emulsión de 0.2-0.7 L/m2 •Para la realización de la mezcla se debe añadirán los agregados mediante pesado y llevados al mezclador, si es de tipo continuo se añade el agua luego de que los agregados estén en el mezclador y más adelante la emulsión requerida; si es discontinuo, luego de añadido el agregado al mezclador, se añade agua y luego de humedecido se añade la emulsión calculada para la bachada; si se realiza en planta ambulante se dosifica el agregado fuera de la obra para luego ser ingresados a la tolva receptora, luego añadiendo por medio de dosificadores este agregado, luego el agua y por último la emulsión. -Los acopios se colocaran cerca al sitio y en espesores de máximo 1.5m y están sobre terreno natural no se usan los 15cm inferiores. Las tolvas podrán contener entre un 50-100% de su capacidad (alimentación de agregado fino mediante 2 tolvas) -Si la mezcla se realiza en plantas fijas se suministra el material de manera fraccionada, con granulometrías homogéneas y sin peligro de segregación. -En los mezcladores de ejes gemelos no sobrepasar los extremos. -La mezcla caerá directamente a la volqueta, banda transportadora, silo donde se vierte a la volqueta o directamente a almacenamiento (La descarga de material se realiza abriendo intermitentemente la tolva para evitar segregaciones en la caída) •Se realiza el transporte mediante volquetas y se realiza la extensión por medio de pavimentadoras. La extensión se realiza de bordes al centro, en zonas peraltadas de la parte inferior a la superior. (extensión realizada buscando tener la mayor continuidad posible, en los anchos y cotas apropiados y buscando el menor número de juntas posibles) -Si se extiende por medio de planta móvil se aplican las mismas instrucciones. •Se realiza la compactación de los bordes al centro, excepto en las curvas peraltadas, donde se inicia de la parte inferior a la superior. Teniendo que la llanta motriz ira al lado cercano de la pavimentadora. •Si se realizan juntas estas deberán tener las mismas cualidades que la capa compactada. El borde donde se realizará la junta se corta verticalmente, a todas las superficies de contacto se aplica un riego de liga, dejándola curar y aplicando la otra capa. (juntas de capas superpuestas cada 5m mínimo para las transversales y cada 150mm longitudinales) •La capa compactada será de 50-75mm si la mezcla es MDF-2 y 40-50mm para MDF-3; para mezclas MAF-1 capas mayores a 75mm, para MAF-2 de entre 40-75mm y para MAF-3 inferiores a 40mm •Se permitirá la apertura de tránsito hasta que la mezcla pueda soportar vehículos sin generarle daños. Durante la apertura, las primeras 48h solo se podrá transitar a 20km/h	•La construcción de esta capa se realiza con una fórmula de trabajo ya determinada y probada en fase de experimentación; definiendo el método definitivo de preparación, transporte, colocación y compactación. •En mezclas abiertas todo el proceso es igual al de mezclas densas exceptuando el uso de agua que generalmente no se usa. •En la realización de la mezcla se añadirá aditivos de ser necesario, estos se unirán a los agregados antes de ingresar la emulsión. •En la extensión no se permite la segregación de materiales, en caso que ocurra se suspende hasta corregir lo que está causándola. •En la extensión en caso de no poderse realizar por medio de máquinas pavimentadoras o plantas móviles se podrá hacer a mano, por medio de palas y rastrillos, realizándolo de forma uniforma y espesor necesario. (el material se descarga fuera de la zona) •La compactación se podrá realizar mediante otra maquinaria si la zona es inaccesible. Estas deberán ser aprobadas. •Si es un pavimento multicapa la capa intermedia deberá tener un espesor ≥ 50mm con MDF-2 y capa base ≥ 75mm con MDF-1
Chile	•La mezcla se realiza en planta; donde el material debe acopiarse en fracciones y en zonas donde no serán contaminadas ni disgregadas. -Se mezclan los agregados o áridos en proporciones tales que la mezcla cumpla los requisitos necesarios. (humedad que no exceda de 1.5% del rango) -Se aplica la emulsión asfáltica en su dosificación necesaria, así como el agua; luego se mezcla hasta que sea uniforme la mezcla. •Se transporta el material en camiones tolva, para luego esparcirla con la terminadora. •La superficie donde se extenderá debe cumplir con los requisitos necesarios, contando además con un riego de liga aplicando de 0.4 a 1 kg/m2 y a temperatura de 20°C a 50°C (riego de liga aplicado cuando la temperaturas atmosférica y de superficie mayores a 10°C; donde se podrá usar emulsiones catiónicas o aniónicas, estas son: CRS-1, CRS-2, CMS-2, MCS-2h, CSS-1, CSS-1h, RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1 o SS-1h) •Luego de esparcida, nivelada y alisada, se procede a compactar hasta alcanzar una superficie uniforme y el nivel de densificación requerido. La compactación se realizará inicialmente con ruedas de acero tipo tándem, luego con rodillos vibratorios y finalizando con rodillos neumáticos. (previo a compactar se verifica que el agua se haya evaporado). La compactación se realiza del borde inferior al centro y luego hacia la parte más alta; realizando un rodillado hasta eliminar toda marca y alcanzar la densidad necesaria. •Si se realizan juntas se deberá compactar parte de la parte anteriormente compactada.	•Previamente se deberá tener una dosificación aprobada por el laboratorio de vialidad, 25 días antes. •La construcción de esta capa se realiza con una fórmula de trabajo ya determinada y probada en fase de experimentación; definiendo el método definitivo de preparación, transporte, colocación y compactación. Para gradación gruesa será 100 m de largo, 3 m de ancho y 0.05 de espesor; y para gradación abierta 100 m de largo, 3 m de ancho y espesor contratado. -Si la emulsión asfáltica es aniónica deberán almacenarse en recipientes limpios y sellados, a temperaturas no inferiores que 4°C. -Además, se deberá tener producido un 20% de los agregados antes de iniciar. •Si la capa terminada no cumple los parámetros se aplicaran multas.
España	-	-

Estados Unidos	Según la AASHTO y UFGS: •La preparación de la mezcla se realiza introduciendo los agregados (acopiados en pilas) a la tolva en frío mediante alimentadores separados para realiza una mezcla de los agregados de manera homogénea y con los requisitos especificados; después se agregan cal o ligantes que se vayan a usar; para luego agregar la emulsión comprobando que su temperatura sea la adecuada, mezclando por mínimo 35 segundos, además la mezcla final no podrá tener un contenido de humedad que exceda el 2% en peso de la mezcla. -La mezclas se realiza a una temperatura de 10-71°C y no se podrá usar agua caliente a menos que se apruebe; si se aplica liquifier ese deberá tener una temperatura de -4°C. •La superficie de extensión de la mezcla será limpiada de suciedad, material suelto o nocivo, junto a que deberá esta tener las especificaciones necesarias (corrigiendo puntos que no cumplan los estándares). Donde se aplica riego de liga, este se aplica cuando la superficie esta seca y descongelada, temperatura del aire mayor a 2°C, superficie mayor a 10°C y sin lluvia. Se aplica este asfalto a razón de 0.15 a 0.7L por m2 (será escogido en la etapa de diseño, así como también como serán diluidos, podrán ser los tipos AASHTO M20 los 40-50, 60-70, 85-100, 120-150 o 200-300; AASHTO M320 las PG 46, PG 52, PG 58, PG 64, PG 70, PG 76 o PG 82 o AASHTO M226 donde están las AC-2.5, AC-5, AC-10, AC-20 o AC-40 y AR-10, AR-20, AR-40, AR-80 o AR-160) •Se realiza la extensión y terminación de la mezcla con la pavimentadora hasta lograr el espesor necesario, controlando la alineación horizontal, controlando la pendiente. Si se realizan juntas se desplazarán las longitudinales de 150-300 mm de la anterior y de 600 mm en juntas transversales (se aplica riego de imprimación en las zonas de juntas). La extensión se deberá hacer manteniendo un suministro constante y así obtener una pavimentación ininterrumpida. •Extendida la mezcla deberá quedar lisa, sin segregaciones o rayaduras. La UFGS, añade que no se podrá realiza en espesores mayores de 50 mm. •Se realizara la compactación inmediatamente después de extendida, donde no se podrá aplastar o desplazar la mezcla y se realizara desde los bordes hacia el centro (Si se requiere colocar más capas se debe dejar curar mínimo 12 horas). El curado de la capa se realiza aplicando un sellador antiniebla compuesto de asfalto CSS-1h o SS-1h diluido hasta obtener un 50% a 60% de este en agua, se aplica de entre 0.2 a 0.7 L/m2 y si se usa capa de arena sobre esta será aplicando se 1 a 5 kg/m2 (arena libre de arcilla o materia orgánica). -La superficie final deberá tener una textura uniforme y que cumpla con todas las especificaciones necesarias.	•Anterior a este proceso se realiza un tramo de prueba de más de 15m a los 2 anchos de la carretera, para comprobar todos los procesos y especificaciones que tendrá los materiales. •Se podrá dejar secciones cortas de 8 m sin pavimentar para permitir el transito mientras se pavimenta la capa adyacente. •La compactación se podrá realizar de manera manual si la zona es inaccesible. •Se podrá realizar la extensión de manera manual, si el equipo falla. •Se podrá luego de terminada la capa añadir una capa superior de agregado, aplicando de entre 3 a 7 kg/m2 (arena seca, cribado de piedra o cribado de escoria donde un PP4 ≥ 95% y PP50 ≤ 40%)
Sudáfrica	-	-
Australia y Nueva Zelanda	-	-
Tailandia	•La mezcla se realiza con la dosificación especificada y la cual deberá quedar de forma homogénea, con contenido de humedad de 0.5 a 3% y tiempo de mezclado de máximo 4 minutos. Esta mezcla podrá estar preparada y almacenada, pero deberá usarse dentro de 2 semanas. •Antes de la extensión se debe revisar que la superficie donde se aplicará cumpla todas las especificaciones y deberá estar limpia (caso contrario se limpia). Además se aplicara una emulsión asfáltica con agua 1:1 con el mismo tipo que se usa en riego de liga, aplicando entre 0.2-0.6 L/m2 (Si la superficie ya tiene un riego de imprimación no es necesario) •La extensión se realiza por medio de la pavimentadora, para realizar una capa homogénea. •Se procede a compactar la capa usando los rodillos de acero neumático, realizando 2 a 4 pasadas a una velocidad de 5 km/h, compactando de los bordes hacia el centro •Luego de compactada, se debe esparcir polvo de piedra o arena gruesa sobre la superficie, esparciendo de 2-4 kg/m2; luego volviendo a compactar con rodillos neumáticos, realizando de 6-10 pasadas y a 5 km/h. Luego se usa rodillo de acero neumático para alisar la superficie.	•Si hay algún cambio de materiales de la mezcla se debera cambiar la fórmula de la mezcla. •El tipo de asfalto para riego de liga es el RC-70, RC-250, CRS-1 o CRS-2. -Si la superficie ya tiene riego de imprimación debe haber sido con MC-30, MC-70, CSS-1 o CSS-1h. (las especificaciones se encuentran en las mezclas asfálticas en caliente)

*N*ota. Apéndice de la Figura 29

Tabla 49

Ensayos preliminares y periódicos en la construcción de la mezcla asfáltica en frío

País	Ensayos preliminares	Ensayos para verificaciones periódicas	Observaciones adicionales
Colombia	-Ensayos a emulsión asfáltica: Destilación (ASTM D 6997-12); contenido de agua (ASTM D244-09); Viscosidad (ASTM D7496-11); sedimentación (ASTM D6930-10 y NTL-140/99); tamizado de emulsiones (ASTM D6933-08); rotura en ensayo de mezcla con cemento (ASTM D6935-11 y NTL 144/98); carga eléctrica para identificación de emulsiones asfálticas catiónicas (ASTM D7402-09 y NTL 194/99); pH de emulsión asfáltica (NTL 195/92); índice de rotura (UNE-EN 13075-1); penetración (ASTM D5-06); ductilidad (ASTM D113-07); solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042-09). -Si el asfalto es para riego de liga tipo MC-30 (los otros tipos, de liga o imprimación tienen los mismo ensayos anteriores): Punto de inflamación mediante copa abierta (ASTM D3143-08); viscosidad cinemática (ASTM D2170/D2170M-10); viscosidad por viscosímetro rotacional (FHWA-SA-94-068 de 1995 y AASHTO T316-06);destilado y residuo por destilación (ASTM D402-08); residuos por destilación una penetración (ASTM D5), ductilidad (ASTM D113-07) y solubilidad (ASTM D2042-09). -Ensayos para agregados: Desgaste en la máquina de Los Ángeles (ASTM C 131-06); Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval(ASTM D 6928-10); Resistencia mecánica por método de 10% finos (BS 812 Part 110-1990); Perdidas en ensayo de solides en sulfatos (ASTM C88-05); Coeficiente de pulimiento acelerado (UNE-EN 1097-8 julio 2000); análisis petrográfico (ASTM C295); impurezas en agregado grueso (NTL 172/86 y UNE 146130:2000 anexo C); índice de plasticidad(ASTM D 4318-10); Equivalencia de arena(ASTM D2419-09) y valor azul de metileno (EN 933-9); Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables (ASTM C142); índices de alargamiento (BS 812-105.1:1989 y BS 812-105.1:1990); Caras fracturadas (ASTM D 5821-01); granulometría del material (ASTM C136-06); angularidad de la fracción fina (ASTM C1252-06); cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo (ASTM D3625-96); adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos Riedel-Weber (NLT 355/93); Gravedad específica y absorción (ASTM C128-07a y ASTM C127-07); granulometría llenante mineral (ASTM D546-10) -Ensayos al agua no potable: pH (ASTM D1293) y contenido de sulfatos SO4 (ASTM D516) -Ensayos para el sello arena-asfalto Para agregados se realiza pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio (ASTM C88-05); índice de plasticidad(ASTM D 4318-10); Equivalencia de arena(ASTM D2419-09) y valor azul de metileno (EN 933-9); angularidad de la fracción fina (ASTM C1252-06); Riedel-Weber (NLT 355/93) y granulometría (ASTM C136-06)	-Los ensayos para la comprobación periódica de la emulsión se realizan cada mes y como mínimo 3 veces durante la ejecución de la obra. Si la obra dura menos de 1 mes se debe realizar como mínimo 1 vez. •Para sello arena-asfalto un control de emulsión con 2 muestras por carrotanque; y para agregado serán: 1 vez por mes a pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio; 1 vez por semana el Riedel-Weber ,equivalencia de arena y valor de azul; 1 vez por jornada la granulometría, índice de plasticidad y angularidad de la fracción fina. -Para el sello arena-asfalto finalizado 5 puntos al azar por lote o 1 por hectómetro para comprobar dosificaciones de asfalto y agregado. Para comprobar resistencia al deslizamiento son 3 puntos por lote para zonas de tangente, 1 en curva horizontal y 1 por zona singular. •Ensayos para el agregado y llenante mineral -Se realizan 4 muestras por procedencia o volumen previsto de agregados y 2 muestras para llenante mineral determinando densidad bulk •Verificación de los agregados -1 vez por mes ensayos de desgaste en la máquina de los ángeles, degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, resistencia mecánica por el método del 10 % de finos, pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio y ensayo de Gravedad específica y absorción también cuando cambie la procedencia del agregado. -1 vez por semana ensayos de impurezas en agregado grueso, equivalente de arena y valor de azul de metileno. -1 vez por jornada ensayos de Granulometría, índice de plasticidad, caras fracturadas y angularidad de la fracción fina, método A. -Cuando cambie la procedencia de los agregados se realizan ensayos de Coeficiente de pulimiento acelerado para rodadura, cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo para agregado grueso y adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método Riedel-Weber) para agregado fino. •Verificación de los llenantes minerales -1 vez por suministro el ensayo de granulometría; 1 vez a la semana y siempre que cambie la procedencia del llenante ensayo de densidad bulk (BS 812: Part 2:1995) y vacíos del llenante seco compactado (BS 812: Part 2: 1995 -Numeral 6.5) •Se realiza control de calidad de la emulsión. •Ensayos para verificación de la mezcla: contenido de asfalto (ASTM D2172/D2172M-11); granulometría de los agregados (ASTM D5444-08); 2 muestras para determinar la resistencia por medio de inmersión - compresión (NLT-389/00). •De la capa terminada se realizan 5 ensayos de densidad para control de compactación (ASTM D3665-07); 3 para resistencia al deslizamiento (ASTM E 2340/E 2340M-11). •Se realizan ensayos del agua si no es potable verificando su Ph y contenido de sulfatos	-Si se almacena la emulsión de rotura lenta más de 5 días se toman 2 muestras para comprobar sus requisitos. Para rotura media son 15d -Cada carrotanque de emulsión se realizan 2 muestras para comprobar todas sus especificaciones. -Los ensayos de revisión pueden reducirse a la mitad si se aprueba. -En caso que en las verificaciones periódicas de material no se den resultados satisfactorios, se realizan 2 pruebas más, si no cumplen igual no se usa el material. -Lote se define como la menor área entre 500m de capa terminada, 3500 m2, obra ejecutada en una jornada de trabajo, obra ejecutada con el mismo material. -La cantidad de ensayos se podrán reducir a la mitad si el material es homogéneo o si en control de recibido se tienen 10 lotes sin objeciones.

Perú	-Ensayos a emulsión asfáltica de acuerdo a lo indicado en la ASTM D 2397: Asfalto de residual y destilación en aceite (ASTM D6997); viscosidad 25°C (ASTM D244); estabilidad de almacenamiento (ASTM D6930); demulsibilidad (ASTM D6936); revestimiento y resistencia al agua (ASTM D244); carga de la partículas (ASTM D244); prueba del tamiz (ASTM D6933); contenido de cemento (ASTM D6935); penetración , ductilidad y solubilidad en tricloroetileno (ASTM D244) -Para el cemento asfáltico de riego de liga (riego de liga por emulsión se aplican los mismo ensayos presentados anteriormente): Penetración (ASTM D5); punto de inflamación (ASTM D3143); Ductilidad (ASTM D133-99); solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042 y AASHTO T44); de manera opcional índice de penetración (ASTM D5); de manera opcional, el ensayo de la Mancha (AASHTO M20); pérdida de masa (ASTM D1754); penetración retenida después del ensayo de la película fina (ASTM D5) y ductilidad de residuo (ASTM D133-99) -Para asfaltos de imprimación se realizan los presentados en la ASTM D3381 (imprimación por emulsión se aplican los mismo ensayos que para emulsión asfáltica): Viscosidad absoluta (ASTM D2171/D2171M); viscosidad cinemática (ASTM D2170/D2170M); penetración (ASTM D5/D5M); punto de inflamación (ASTM D92); solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042); Para el residuo del ensayo de película fina (ASTM D1754), ensayos de viscosidad absoluta (ASTM D2171/D2171M) y ductibilidad (ASTM D113); valor de los solventes en ensayo de la mancha (AASHTO T102). -Ensayos para agregados: Desgaste en la máquina de Los Ángeles (ASTM C131:2006); Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval(ASTM D 7428); Resistencia mecánica por método de 10% finos; Perdidas en ensayo de solides (ASTM C88 y AASHTO T104); Coeficiente de pulimiento acelerado (UNE 146130); impurezas en agregado grueso (UNE 14613); índice de plasticidad(ASTM D4318-98); Equivalencia de arena(ASTM D2419-91) y valor azul de metileno (ASTM C837); partículas planas y alargadas (NLT-354 que corresponde a su vez con las BS 812 Part 1:1975 section 7.4 y BS 812-105.1:1985); Caras fracturadas (ASTM D 5821); granulometría del material (ASTM C136:2006); angularidad de la fracción fina (ASTM C1252) y adhesividad. -Ensayos al agua: pH (NTP 339.073 o ASTM D1293) y contenido de sulfatos SO4 (NTP 339.074 o ASTM D516)	•De cada procedencia de los agregados pétreos se realizan y para cualquier volumen previsto se toman 4 muestras, donde se comprobarán todas las características que este debe de tener. -Se tomaran cada 250 m3 para ensayos de granulometría, partículas fracturadas, partículas chatas y alargadas. -Se tomaran cada 1000 m3 para ensayos de abrasión, pérdida en sulfato de sodio y adhesividad. (en mezclas densas prueba de adhesividad 1 vez a la semana) •Para polvo mineral, 2 muestras por procedencia o volumen previsto. Donde se determina la densidad aparente (NTL 176/92 que a su vez corresponde a la BS 812 Part 2:1975) -Si el polvo mineral es de incorporación independiente, se realizan ensayos de densidad aparente mínimo 1 vez a la semana y siempre que cambie de procedencia y 1 prueba por suministro de su granulometría (ASTM C131, AASHTO T96 y ASTM C535) •Se realizaran controles a la emulsión para la realización de la mezcla. A cada carrotanque que llegue, se revisara su certificado y se realizaran los distintos ensayos. Y para mezclas abiertas, además, indica ensayos al material bituminoso con una frecuencia sacada de la raíz de N, donde N son el número de tancadas de 30000 L •Se realizan controles de calidad del agua. •Ensayos a la mezcla: 3 muestras en mezclas densas y 5 en mezclas abiertas para determinar el Contenido de asfalto (AASTO T164) y granulometría de los agregados (ASTM D546 y AASHTO T30); 2 muestras para determinar la resistencia en ensayo de inmersión-compresión (ASTM D1075) -Se tomaran muestras cada 1000 m3 para determinar el contenido de asfalto, granulometría y densidad. •De la capa compactada se realizan ensayos para determinar la densidad (ASTM D1188 o ASTM D2041 y AASHTO T209 o ASTM D2950) y espesor igualmente (ASTM D3549), resistencia al deslizamiento (ASTM E 303 y AASHTO T278) y solidez de la estructura (ASTM D4695). Para mezclas abiertas serán las mismas anteriores, añadiendo el ensayo (ASTM E965)	•En los ensayos al polvo mineral, en caso de no cumplir lo necesario se tomarán 2 nuevas pruebas para comprobarlos. Deberán ser satisfactorios sino se rechazará. •En los ensayos de resistencia si uno o más requisitos se incumple se rechaza el lote; si se incumple con 2 lotes consecutivos se suspenden los trabajos hasta realizar una nueva fórmula de trabajo.

Chile	•Agregado grueso: Desgaste Los Ángeles (ASTM C131-69 y ASTM C535-69); Desintegración en sulfato de sodio (ASTM C88-73); partículas chancadas y partículas lajeadas (MC V8-8.202.6); adherencia por método estático (ASTM D1664-80) o método dinámico (MC V8-8.302.31) •Para el agregado fino: Índice de plasticidad (MC V8-8.102.4); Adherencia riedel-weber (MC V8-8.302.30) y desintegración por sulfato de sodio (MC V8-8.302.17) •Para el agregado combinado: granulometría (MC V8-8.202.3); Sales solubles (MC V8-8.202.14) y equivalencia de arena (ASTM D2419-74 y AASHTO T176-70) •Emulsión asfáltica se realizaran ensayos son aplicables la ASTM D140 y ASTM D244. -También presenta ensayos de acuerdo al MC V8: Viscosidad por método Saybolt (AASHTO T 72-78); demulsibilidad (MC V8-8.302.5); carga de partícula (MC V8-8.302.5); cantidad de cemento, ensayo de tamizado, ensayo de destilación, capacidad de almacenamiento, ensayo para determinar capacidad de cubrimiento y resistencia al agua(MC V8-8.302.5); ensayos de residuo (MC V8-8.302.5), solubilidad en tricloroetileno (AASHTO T44-78), ductilidad (AASHTO T51), penetración (ASTM D5). Además, unos ensayos adicionales si se requieren hacer como sedimentación y de congelamiento (MC V8-8.302.5)	•Se realizaran ensayos a materiales y mezcla durante todo el proceso constructivo para comprobar sus características. •De la capa terminada: Ensayo de densidad cada 1750 m2 (MC V8-8.302.38) igual que el espesor (ASTM D3549-93a), contenido de asfalto (AASHTO T308-99), macrotextura mediante perfilómetro laser (ASTM E1845-01 y UNE-EN ISO 13473-1) o mediante circulo de arena (ASTM E965-96 y NLT-335/87), resistencia al deslizamiento con SCRIM (TM 032-07-A del 2008 y SCRIM Operation and Maintenance Manual Reino Unido de 1999) o con péndulo británico (TM 032-07-A del 2008, LNLT-175/98, ASTM E 303-93, MASTRAD del 2004 Mastrad Calibration Rig S892), control de rugosidad (MC V8-8.502.8) y lisura (MC V8-8.502.4)	Se podrán realizar remuestreos si se considera necesario.
España	-	-	-
Estados Unidos	•Para el agregado: Ensayo de abrasión Los ángeles (ASTM C131/C131M); ensayo de prueba de solidez (ASTM C88); ensayo para determinación de peso seco de la escoria (ASTCM C29/C29M); granulometría de relleno mineral (ASTM D422); granulometría del agregado (ASTM C117 y ASTM C36/C136M); partículas planas y alargadas (ASTM D4791) •El asfalto a usar respecto a la AASHTO M140: Ensayos de acuerdo a la ASTM D244, allí están todos los ensayos: Viscosidad Saybolt Furol (ASTM D7496); estabilidad de almacenamiento a 24h (ASTM D6930); demulsibilidad (ASTM D6936); capacidad de cubrimiento y resistencia del agua (ASTM D6930); prueba en mezcla con cemento (ASTM D6935); ensayo tamizado (ASTM D6933); residuo por destilación (ASTM D6997); aceite destilado por volumen de emulsión (ASTM D6997); en residuo de destilación ensayos de penetración (ASTM D5), ductibilidad (ASTM D113), solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042) y prueba de flotación (ASTM D139). •El asfalto a usar respecto a la AASHTO M208: Ensayos de acuerdo a la ASTM D244: Viscosidad Saybolt Furol (ASTM D7496); estabilidad de almacenamiento a 24h (ASTM D6930); demulsibilidad (ASTM D6936); prueba de carga de la partícula (ASTM D7402); capacidad de cubrimiento y resistencia del agua (ASTM D6930); prueba en mezcla con cemento (ASTM D6935); ensayo tamizado (ASTM D6933); residuo por destilación (ASTM D6997); aceite destilado por volumen de emulsión (ASTM D6997); en residuo de destilación ensayos de penetración (ASTM D5), ductibilidad (ASTM D113), solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042)	•Se comprueban que todas las especificaciones cumplan con lo requerido mediante distintos ensayos; realizando ensayos en intervalos de tiempo establecidos en diseño. -En la mezcla se realizan ensayos de densidad cada 2000 libras de mezcla colocada (ASTM D2950/D2950M); cada 2000 libras de agregado usado en la mezcla con mínimo 3 ensayos por día se comprueban todas sus características necesarias. También se comprueba el contenido de betún y recubrimiento. Y podrá comprobar el contenido de vacíos (AAHSTO T326) -En la capa terminada se realizan ensayos de densidad y contenido de asfalto, así como comprobar su suavidad y espesor.	-
Sudáfrica	-	-	-
Australia y Nueva Zelanda	-	-	-

Tailandia	-Para agregado: granulometría (AASHTO T27-70); ensayo de abrasión Los Ángeles (ASTM C 131 y C535); ensayo de resistencia a los sulfatos (AASHTO T 104 y ASTM C 88); porcentaje de grava quebrada (Calif. 205-B); equivalencia de arena (AASHTO T176) -Para la emulsión asfáltica, se basan todos según la ASTM D244 y lo indicado en la los siguientes es: Viscosidad Saybolt Furol (ASTM D7496); separación de capas por asentamiento (ASTM D6930); estabilidad de almacenamiento a 24h (ASTM D6930); capacidad de recubrimiento de rocas y resistencia al agua para piedra seca para piedra mojada (ASTM D244); prueba de tamizado (ASTM D6933); carga de la partícula (ASTM D7402); aceite destilado por volumen de emulsión residuo y residuo (ASTM D6997); penetración (ASTM D5); ductibilidad (ASTM D113) y solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042) -Para la emulsión de imprimación tipos CRS-1 y CRS-2 o CSS-1 y CSS-1h según la ASTM D244 y lo indicado en la los siguientes es: Viscosidad Saybolt Furol (ASTM D7496); separación de capas por asentamiento (ASTM D6930); estabilidad de almacenamiento a 24h (ASTM D6930); demulsibilidad (ASTM D6936); prueba de tamizado (ASTM D6933); ensayo para cantidad de cemento (ASTM D6935); carga de la partícula (ASTM D7402); residuo (ASTM D6997); penetración (ASTM D5); ductibilidad (ASTM D113) y solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042). -Para los tipos MC-30, MC-70, RC-70 o RC-250: viscosidad cinemática (ASTM D2170); destilado a 360°C (); cantidad de agua (ASTM D95); contenido de nafta estándar, nafta-xileno o heftanoxsileno (AASHTO T102); en residuo restante de destilación, ensayos de viscosidad (ASTM D2171) o penetración (ASTM D5), ductilidad (ASTM D113), solubilidad (ASTM D2042).	•Se realizarán los ensayos con la frecuencia que se necesite, así deberá cumplir con todas las especificaciones que se indican en el diseño, a continuación, la única prueba que se indica a hacer, el resto serán determinados tanto por el proyecto, así como el interventor: -En capa terminada se realizan el ensayo de densidad (ASTM D2950 y D1188)	-

Nota. Apéndice de la Figura 30

Tabla 50

Criterios de calidad de la capa de rodadura terminada (Mezcla en frío)

País	Criterios de Calidad terminado	Parámetros adicionales
Colombia	-Tolerancia de porcentaje de asfalto residual promedio por lote de ± 0,3% respecto a la de diseño y ± 0,5% para muestras individuales. -Resistencia promedio debe ser ≥ 90% de la resistencia definida en la fórmula de trabajo; ≥ 80% para muestras individuales y ≥ 75% en la resistencia conservada promedio. -La cota en cualquier punto no podrá variar más de 10mm de la proyectada. -Grado de compactación ≥ 95% para mezcla densa en frío; en caso de mezcla de tipo abierto se comprueba la compactación verificando que el equipo sea el idóneo. -Espesor promedio ≥ Espesor de diseño y ≥ 98% a la de diseño para muestras individuales. -Planicidad con variación menor a 10mm -Tolerancia de textura: En caso de mezcla de tipo denso no podrá tener una valore promedio menor que el mínimo admisible de los documentos, que a su vez no es inferior a 0.35 mm (valores individuales podrá ser inferior a un 20%); en el caso de mezcla de tipo abierto, no podrá ser inferior a 1 mm (valores individuales no podrá ser menor a 0,80mm) -Resistencia al deslizamiento no podrá ser menor que las especificadas. Si se realiza por péndulo británico debe tener un coeficiente de 50, 55 y 60 para NT1, NT2 y NT3 respectivamente cuando sean glorietas, curvas con radios menores de 200 metros, pendientes ≥ 5 % en longitudes de 100 metros o más, intersecciones, zonas de frenado frecuente. Y valores de 45, 50 y 50 para otras secciones. -Regularidad superficial con una rugosidad que dependerá del tipo de tránsito, espesor total y porcentaje de hectómetros, se expresa en índice de rugosidad internacional con la ASTM E950 : Para % de hectómetros de 40% si e > 10 cm (NT1 < 2,4; NT2 < 1,9 y NT3 < 1,4), si e ≤ 10 cm (NT1 < 2,9; NT2 < 2,4 y NT3 < 1,9); Para 80% si e > 10 cm (NT1 < 3,0; NT2 < 2,5 y NT3 < 2,0), si e ≤ 10 cm (NT1 < 3,5; NT2 < 3,0 y NT3 < 2,5); Para 100% si e > 10 cm (NT1 < 3,5; NT2 < 3,0 y NT3 < 2,5), si e ≤ 10 cm (NT1 < 4,0; NT2 < 3,5 y NT3 < 3,0). Esta se medirá con mira y nivel y se determinara el IRI (NTL 330-98), si es con perfilómetro pivotante de alta precisión (NTL 331-98) y equipo de referencia inercial validado previamente con 1 de precisión en tramo de 200 m (ASTM E950) -Para sello arena-asfalto en mezcla de tipo abierto no podrán tener una dosificación con tasas de ligante y agregados no podrán variar ± 20% de las requeridas. Además, una resistencia al deslizamiento mínimo de 50 para NT1 y 55 para NT2 para zonas críticas (Glorietas, intersecciones, zonas de frenado frecuente, curvas con radio de curvatura < 200 m, tramos con pendiente > 5 % y longitud ≥ 100 m) o de 45 y 50 para otras secciones	-Los sitios para verificación de compactación se realizan determinando la densidad seca de la capa, escogiendo un sitio al azar. Como mínimo 1 prueba por hectómetro y mínimo 5 ensayos por lote(lote el menor de 500m o 3500m2 de capa compactada, obra ejecutada por jornada, obra ejecutada con el mismo material) -En caso de no cumplir el nivel de compactación y es una mezcla densa en frío se debe levantar la capa con fresado y repuesta. -5 muestras por lote para determinar control de espesor. -En caso que no se cumplan los requisitos de espesor o de resistencia al deslizamiento se levanta la capa con fresado, se remueve y se repone con el espesor adecuado (una alternativa es si no se presentan problemas de altura libre o sobrecargas se pude colocar una capa del mismo tipo de 50mm de espesor y agregando riego de liga entre capas) -Si se presentan incumplimientos en 2 lotes consecutivos se debe parar las obras hasta que se estudie una nueva fórmula de trabajo. -Para control de textura se toman 3 puntos por lote (5 si uno de los 3 no cumple). Si no cumple se levanta la capa mediante fresado y se repone -Para sellos con valores menores se identifica la zona y se hace levantado por fresado y/o microfresado.
Perú	-Tolerancia de porcentaje asfalto residual promedio por lote de ± 0,3% respecto a la de diseño y ± 0,5% para muestras individuales. -Tolerancias en granulometría de los agregados para mezclas densas será de ± 4% para tamiz N°4 y mayores, de ± 3% entre tamiz N°8 y N°50, y de ± 1% para tamiz N°200; para mezclas abiertas será de ± 4% para tamiz N°4 y ± 3% para tamices menores al N°4 -La resistencia media tras curado seco como húmedo dura ser ≥ 90% de la resistencia definida en la fórmula de trabajo; ≥ 80% para muestras individuales y ≥ 75% en la resistencia conservada promedio. -La cota en cualquier punto no podrá variar más de 10mm de la proyectada. -Tolerancia de compactación con una densidad promedio ≥ 98% a la de diseño y para muestras individuales ≥ 97% -El espesor promedio ≥ Espesor de diseño y en muestras individuales ≥ 90% del espesor de diseño. En mezclas abiertas para muestras individuales será ≥ 80%. -Uniformidad de la superficie de máximo 5mm -Coeficiente de resistencia al deslizamiento de como mínimo 0.45 para cada ensayo individual. -Rugosidad por medio de unidades IRI de máximo 2m/km (secciones de 100m) -Para mezclas abiertas una textura con profundidad media ≥ 1mm y valores individuales ≥ 0.8mm.	-Las determinaciones para densidad se realiza por lo menos cada 250 m2 o 6 muestras por tramo -Si se incumple el requisito granulométrico, pero no se salga de la franja granulométrica, se ensayará otra vez y se comprobara que cumpla todos los requisitos necesarios. -si de incumple con los requisitos de densidad o espesor se rechaza el tramo. -Si la textura en mezclas abiertas no cumple se levanta mediante fresado y se repone.

Chile	-Tolerancia de contenido de asfalto será de 0.3%. -Tolerancia de la banda de trabajo de tamiz N°4 y superiores será 5%, N°8 y N°16 de 4%, N°100 de 2% y N°200 de 1.5% -Grado de compactación con una densidad promedio ≥ 96% de la diseñada. -Superficie de textura homogénea, uniforme y exenta de segregaciones. -Tolerancia de espesor para muestras individuales deberá ser ≥ 92% del espesor requerido. -Macrotextura con una tolerancia de 0.6 mm -Tolerancia de resistencia al deslizamiento de 0.55 SFC para secciones rectas y radios ≥ 600m y de 0.65 SFC para el resto de casos (SFC es el Sideway Force Coefficient, medida con SCRIM o equipo homologado); mediante péndulo británico será de 60BPN para rectas y curvas ≥ 600m y 70BPN para los demás casos. -Tolerancia de rugosidad ≤ 2 m/km y a su vez en muestras individuales ≤ 2.8 m/km (5 tramos de 200 m) -Tolerancia de lisura, será de máximo 8mm para TMDA ≥ 1000 veh/dia y de 10 mm si TMDA < 1000 veh/dia	-Si es multicapa una tolerancia en contenido de asfalto de 0.5% -La macrotextura y resistencia al deslizamiento se miden en preferencia luego de 4 meses de empezado a transitar en tramos de 200 m. Con un perfilómetro láser para la macrotextura, también podrá, aunque en casos excepcionales medirse mediante ensayo del círculo de arena con 4 mediciones por km. En caso de resistencia al deslizamiento se usa el SCRIM para su medición, en casos excepcionales se controla mediante el péndulo británico con 20 mediciones cada km -Si la compactación no cumple y es mayor al 95% se aplicará 10% de multa en cualquier capa y si es mayor a 94% será de 25% para rodadura e intermedia y de 15% en capa base, pero si es menor al 94% la multa será del 100% o se rehace la capa. Para muestras individuales serán de mayor a 95% un 10% de multa, para 94% un 25% de multa y si es menor a 93% se aplica multa del 100% o se rehace. -Si el espesor no cumple se aplica 100% de multa o se rehará. -Si la rugosidad no cumple se realizarán correcciones y además se multará dependiendo cuan superior sea. Para 2 < IRI ≤ 2.2 una multa de 25%; 2.2 < IRI ≤ 2.5 será del 50%; 2.5 < IRI ≤ 2.8 será del 75%; 2.8 < IRI ≤ 2.9 será de 100% o se rehace y si IRI > 2.9 se rehace. -Si la lisura presenta irregularidades se multará según la irregularidad; pero si supera la máxima deberá rehacer
España	-	-
Estados Unidos	-Contenido de asfalto podrá tener más o menos 0.3% del indicado. -Se deberá compactar hasta obtener una densidad ≥ 96% de la diseñada y ensayada en muestras de laboratorio. -Tolerancia de espesor de 13 mm máximo. -Tolerancia de superficie de 3 mm máximo	•Si no se cumple con alguno de los parámetros se corregirá la situación y luego de esto se podrá seguir con la construcción. -La corrección de la situación podrá incluir el retiro de la capa ya terminada por completo.
Sudáfrica	-	-
Australia y Nueva Zelanda	-	-
Tailandia	-Tolerancia de los tamices será: Para tamiz 4.75 mm o más grande de ± 6%, para tamiz de 2.36 mm será ± 5%, para tamiz de 1.18-0.3 mm será ± 3% y en tamiz de 0.075 mm será de ± 1% -Tolerancia a contenido de emulsión asfáltica de ± 0.5% -Se deberá compactar hasta obtener una densidad ≥ 95% de la obtenida en pruebas de laboratorio.	-El espesor se comprueba cada 8 m; si no es menor a la necesaria se aplica más concreto asfáltico. -La tolerancia de compactación en multicapa será ≥ 97% para capa base y para capa intermedia ≥ 98%

Nota. Apéndice de la Figura 31

Tabla 51

Especificaciones y requisitos antes de iniciar (Mezcla en caliente)

País	Exigencias	Parámetros adicionales
Colombia	En el momento de la construcción esta debe siempre seguir el procedimiento, usar la maquinaria y el equipo que se indicaron en el documento del proyecto que ya haya sido aprobado y probado en tramos de experimentación o prueba, además de inspeccionar que todos estos cumplan con sus respectivas certificaciones; otro aspecto es que el traslado de material debe ser en el equipo idóneo, cubierto y que mantengan la temperatura de la mezcla.	•La mezclas asfálticas en caliente se realizan en plantas de asfalto de secamiento continuo, con sistema de mezclado y entrega tipo continuo o discontinuo (sistema de dosificación en frío o caliente), estas deberán ser automáticas (mantenimientos cada 1 trimestre máximo y 2 calibraciones al año máximo) con sistemas de dosificación. -Mezcla discontinua (3 tolvas con rebosadero mínimo, dispositivos de alarma, indicadores de temperatura, dispositivos de dosificación con precisión de 0.5% para agregados y 0.3 para llenante y ligante) -Mezcla continua podrá ser de tambor secador-mezclador(sistema de dosificación ponderal con 4 tolvas mínimo, dispositivos de dosificación y pirómetros a la salida para verificar la temperatura), mezclador de ejes paralelos o mezclador de tambor (características que permitan una distribución uniforme) •Equipo de compactación utilizando compactadores autopropulsados de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios, neumáticos o mixtos; como mínimo 1 compactador vibratorio de rodillos metálicos o mixtos y 1 de llantas neumáticas (llantas lisas) •Shuttle buggy para transferencia de la mezcla (opcional) •Pavimentadora autopropulsada para la extensión de la mezcla (no se podrá usar pavimentadoras que dejen marcas o defectos en la superficie) •Si se requiere almacenar en sitios adecuados para prevenir el endurecimiento, protegidos contra incendios, fugas y pérdida excesiva de volátiles, y que cuenten con los equipos adecuados para calentar el producto cuando se requiera. •Para imprimación se requieren elementos mecánicos de limpieza, carrotanques irrigadores de asfalto y, eventualmente, distribuidores mecánicos de agregados. Y para riego de liga se requieren elementos mecánicos de limpieza, carrotanques irrigadores de asfalto y, eventualmente, sistemas de aplicación del riego, incorporados a los de extensión de las mezclas asfálticas.
Perú		•Plantas tipo continuo o discontinuo capaces de manejar simultáneamente en frío el número de agregados necesarios. Con tolvas de agregados en frío y dispositivos de salida. Estas contaran con sistemas de dosificación volumétrico (excepto tipo tambor secador-mezclador), dotada con secador para secado y calentamiento, sistema de extracción de polvo, indicadores de temperatura; además de sistema de almacenamiento, calefacción y alimentación del asfalto. -Plantas tipo tambor secador-mezclador; debe tener un sistema de dosificación ponderal y teniendo en cuenta la humedad de los agregados. -Plantas que no sean tambor secador-mezclador tendrán un sistema de clasificación de agregados en caliente. Con tolvas para este proceso y con rebosadero, sistemas de alarma para peso y volumen del material, dispositivos de muestras, indicadores de temperaturas en la tolva caliente. -Serpientes de aceite o vapor para calentar el asfalto, provistos con dispositivos de calefacción y aislamiento. Junto a termómetros para controlar la salida hacia los tanques de almacenamiento. -Las plantas de tipo discontinuo deben tener dispositivos de dosificación por peso con exactitud menor a 0.5%; para polvo mineral y cemento asfáltico una sensibilidad de 0.5 kg. Además, contar con válvulas de control. -Las plantas de tipo continuo deben contar con mezclador de ejes gemelos, tolvas de agregados clasificados calientes deben tener dispositivos de salida, sistema de dosificación de asfalto con calibradores de temperatura y presión, sincronizado con la alimentación de agregados y polvo mineral. •Pavimentadora autopropulsada para extender y terminar la mezcla. Contará con equipo de dirección adecuado y velocidades para retroceder y avanzar. Estará equipada con vibrador y distribuidor de tornillo sinfín, tipo reversible, capaz de colocar la mezcla delante de los enrasadores; además, con dispositivos mecánicos compensadores para una superficie plana, sistema de calentamiento uniforme en la plancha y extensiones, sensores electrónicos para la homogeneidad. (no se podrá usar pavimentadoras que dejen marcas o defectos en la superficie) •Se podrán usar rodillos autopropulsados de cilindros metálicos, estáticos o vibratorios tándem y de neumáticos. (compactadores sin surcos o irregularidades) -Compactadores vibratorios deben tener dispositivos para eliminar la vibración al invertir marcha. Los neumáticos ruedas lisas (si es necesario faldona de lona para proteger del enfriamiento) -Vías de primer orden no se usan rodillos lisos sino tándem. No se puede usar los que poseen 2 llantas traseras neumáticas. -Se recomienda también el uso de equipo tándem para el resto de vías. •Para riego de liga se usan elementos mecánicos de limpieza y camión irrigador y cisterna de agua. El camión irrigador deberá tener velocímetro calibrado en m/s y disponer de una bomba de impulsión, accionada por motor y provista de un indicador de presión (caldera regadora portátil, con sus elementos de irrigación a presión o camión cisterna con boquilla de expansión cuando no se pueda usar los requeridos).

Chile	•Plantas tambor de tipo continuas o discontinuas que realicen una mezcla con la dosificación correcta. -Contar con mínimo balanzas de precisión no inferior a 5 kg; 3 tolvas para almacenaje y alimentación de agregados en frío; secador de áridos y colector de polvo; una unidad de control de graduación; reja protectora al polvo y ductos de aire auxiliares; ventilador; tolvas para árido caliente; elementos de pesaje u otro para control de producción; elementos de control de pesaje de asfalto o bomba conectada al sistema de alimentación para control de cantidades; mezclador de doble paleta; cinta transportadora y compuertas regulables; recolector de finos y sistema de medición y alimentación del polvo mineral. •Terminadora autopropulsada para la extensión de la mezcla. •Compactador con 2 ruedas de acero tipo tándem y rodillos neumáticos para compactación. •Para preparación de la superficie antes de extender la mezcla se usan barredoras y sopladores para limpieza; y para riego de liga se usa distribuidores a presión sobre camiones o unidades similares, aislados, con boquillas y barra con un ángulo apropiado, termómetros para controlar la temperatura y un sistema de calentamiento, además, un grupo de motobombas para productos con viscosidades de 20-120 cSt, a su salida deberá estar adecuado para que salga en un ángulo de incidencia de 100 ± 5°
España	•La elaboración de la mezcla se podrá realizar en centrales de fabricación continua o discontinua; con capacidad de manejar en frío el agregado; contando con un numero de tolvas mayor o igual a 4, dependiendo de las fracciones de árido. Usando sistemas ponderales si el tráfico es T00 a T2 -Sistemas de almacenamiento para el betún asfaltico o ligante hidrocarbonado, estos deberán contar con termómetros, bocas de ventilación, válvulas para toma de muestras, tuberías y bombas para el para trasiego del betún y dotados de sistemas de calefacción, para evitar que la temperatura del producto no se desvíe en más de 10°C. -Las centrales continuas con tambor secador-mezclador deben tener dosificación ponderal y teniendo en cuenta la humedad de la arena y árido; sistemas de almacenamiento y dosificación de polvo mineral. Si no tiene secador a la vez que mezclador estarán provistas con sistema de clasificación de áridos en caliente. -Las centrales de mezcla discontinua deben tener dosificadores ponderales independientes, mínimo 1 para áridos calientes y precisión de 0.5%, 1 para polvo mineral y 1 para ligante hidrocarbonado con precisiones de 0.3% -Tolvas para material reciclado, al menos 2 si se usara más de 15% para la mezcla. •Se debe usar extendedores autopropulsados con sistemas automáticos de nivelación y calefactor para juntas, si se tiene categoría de tráfico T00 a T2 o cuando la superficie a tratar sea superior a 70000 m2 se debe tener un equipo de transferencia autopropulsado. •Los compactadores deben ser autopropulsados con inversores de sentido de la marcha de acción suave y dispositivos para mantenerlos con las llantas limpias y húmedo si es necesario. Deberá estar compuesto con por lo mínimo 1 compactador vibratorio de rodillos metálicos y 1 compactador de neumáticos. •Para aplicación de capa de adherencia o de imprimación se usa equipo para aplicación de emulsión con dispositivo regador, rampa de riego sobre neumáticos, y deberá capaz de aplicar la dotación especificada a la temperatura prescrita. Extendedores mecánicos incorporadas a un camión o autopropulsadas; para aplicar el árido sobre la emulsión.

Estados Unidos	•Los equipos deben estar certificados. •Planta mezcladora podrá ser continua o discontinua, la cual debe contar con: -Podrá ser planta continua mezcladora tipo secador-tambor que debe contar con tolvas para almacenar por separado el agregado frío, con la capacidad para tener una operación continua, y según la AASHTO M156 con sistemas de pesaje electrónicos de cinta. -Plantas discontinuas deben contar con tolvas para almacenar 3 o más agregados por separado según la gradación, también dispositivos de medición para la dosificación (dosificadores que deberán tener una precisión de 1%). Estas plantas deberán estar modificadas si se usa material reciclado, usando un depósito para almacenarlo en frío. -La mezcla de agregado y cal podrá ser por medio de 3 equipos dependiendo del método. Método A será usando mezclador tipo pugmill, mezclador continuo de doble eje con paletas ajustables. Método B será usando molino de martillos y Método C será por medio de la cinta transportadora. -Si se usa un asfalto modificado con polímeros se debe contar con un sistema de agitación que mantenga a este homogéneo. -Se debe contar con una cinta transportadora para el agregado -Sistema para desperdiciar o reutilizar el material fino. -Contenedores para almacenamiento que deberán ser aislados -Sistemas de alimentación de ±10% de precisión -Sistema de sensores e indicadores para control de cal. -Deberá contar con el equipo necesario para realizar los ensayos requeridos. Así como termómetros para verificación de temperatura. •Equipo de transporte con capacidad de 13 toneladas, con sistema de acarreo y transportador de descarga para poder llevar la mezcla a la tolva •Pavimentadora autopropulsada con niveladores vibratorios ajustadas con tornillos sinfín, con tolva receptora, controles de alimentación automáticos, con controles automáticos para la pendiente y dispositivos de seguridad, además deberá tener una capacidad de realizar capas de hasta 300 mm de espesor. •Skin para control de pendientes en la extensión de la capa. •Distribuidor de asfalto para riego de liga (superficie donde ira la mezcla) •Tres rodillos para compactación donde mínimo 1 debe ser neumático. -Según la AASHTO los rodillos deber poder retroceder sin empujar o rasgar la mezcla, además de tener controles separados de energía y propulsión. -Según la AASHTO PP81 También podrán ser compactadores inteligentes, con software de compactación inteligente y computación en la nube, wifi, capaz de mapear y exportar todos los pases cuadriculados, conectarse a la estación local terrestre de RTK-GPS o una red VRS. Debe ser del tipo autopropulsado vibratorio con acero liso de doble tambor con acelerómetro y sensor de temperatura o rodillo neumático autopropulsado. El sistema debe mostrar, almacenar datos y transferirlos automáticamente a la nube de valor de extensión del rodillo, frecuencia y amplitud de vibración, coordenadas y recuento de pasadas. También, este deberá tener una precisión de ± 50 mm en ejes X y Y, velocidad de ± 0.5 km/h, frecuencia de ± 2hz, amplitud de ± 0.2 mm y temperatura de ± 11.5°C. •Se podrá usar equipos diferentes o alternativos si no es practico usar los anteriores mencionados.

Sudáfrica	•Planta móvil de asfalto para la fabricación de la mezcla, deberá contener una lista de verificación ISO 9002. -Planta mezcladora que cumpla los requisitos de las especificaciones, con sistema de calentamiento de los tanques de almacenamiento del asfalto (no deberá degradarse en el proceso de almacenamiento, calentamiento y producción), sistema de circulación adecuada y continua entre tanques y mezclador, termómetros para los tanques de almacenamiento para registro continuo, sistemas de alimentación en frío (para agregado y relleno) con dispositivos de regulación automático, sistema recolector de polvo. -Se usara mezcladoras de tambor si se usa más de 10% en agregado reciclado y mezclado por lotes si es más de 15%. •Pavimentadora con esparcidor y acabador mecánico autopropulsado capaz de pavimentar en las dimensiones necesarias con reglas electrónicas automáticas, podra tener vigas niveladoras en múltiples patines o vigas deslizantes, con mínimo 12 m de longitud. •Esparcidor autopropulsado y capaz de ir junto a la pavimentadora, capaz de realizar sus operaciones de manera adecuada. •Rodillos autopropulsados de acero vibratorios o neumáticos, con frecuencia y amplitud ajustable; no deberá tener holguras ni fugas de aceite. Deberán contar con rascadores ajustables para mantener las ruedas limpias. •Distribuidor de aglutinante para riego del ligante bituminoso; este deberá tener un certificado no más antiguo que 12 meses con la SANS 3001-BT20; sin fugas de combustible, aceite o del mismo aglutinante; deberá tener una barra de pulverización recta con cabezas que se abran simultáneamente, a la misma inclinación, altura y que no goteen.
Australia y Nueva Zelanda	•Planta fija o móvil para realización de la mezcla, siendo más común la fija. (capacidad normal de 350 a 7000 kg) -Podrá ser mezclador de doble tambor, tipo tándem o de contraflujo. -Si es continua lo más común es que sea de doble tambor, con mezcladores de contraflujo y tambor dentro de un tambor. -Se podrá usar mezclador de flujo paralelo, se usara calentador ya sea de petróleo o gas. -Secador de tambor de acero giratorio (1-3 m de diámetro y 5-16 de longitud), sistema de recolección de polvo, ascensor caliente, cribas para separar el agregado, contenedores y depósitos para agregados calientes, sistema de pesaje, batidora pugmill (si se requiere), sistema de control manual semiautomático o automático. -Se requiere un sistema de circulación aislado en el mezclador -Tolvas de agregados en frío y cinta transportadora. -Si se requiere contar con sistemas de almacenamiento tanto para los materiales como para la mezcla terminada (áreas de almacenamiento de agregados con buen drenaje con paredes para separarla) -Alimentador de tornillo cerrado accionado por un motor de velocidad variable para el relleno mineral. •Escoba rotativa o aspiradora para limpieza del terreno. •Pavimentadora para la colocación de la mezcla, esta incluye una unidad tractora para empujarla, con tolva para recibir la mezcla y unidad de tracción (neumáticos) -Regla pavimentadora (regla hidráulica) -Zapato para control de la pendiente. •Rodillos vibratorios con ruedas de acero, rodillos con ruedas de acero no vibratorios y rodillos con neumáticos; compactadores de impacto como placas vibratorias, apisonadores manuales para áreas inaccesibles o trabajos menores. •Camiones con capacidad de 20-25 toneladas para transportar la mezcla. •Disco de corte para las juntas.
Tailandia	•Planta mezcladora podrá ser del tipo discontinua o continua, con una capacidad de producción de 60 toneladas por hora, capaz de mantener una temperatura y capacidad de producción adecuada, debe contar con tanque de almacenamiento de asfalto (con equipos de calentamiento del tipo bobina de vapor o aceite caliente, electricidad u otro), 4 almacenadores de agregado en caliente, controles de temperatura y sistema de circulación del asfalto, tuberías de rociado de asfalto, 4 tolvas de agregados fríos (con bocas ajustables) y alimentador de agregados, secador (capaz de mantener la temperatura con registros automáticos, contar con termómetro capaz de medir temperaturas desde 90-200°C, pirómetro eléctrico con precisión de 2.5°C a la salida de agregados), alimentadores de correa continua o equivalente para agregados finos, cribadora para separar el material no adecuado, colector de polvo y una unidad de control de asfalto (balanza con 2% de precisión) -La mezcladora de la planta debe contar con doble eje, puertas de descarga que se cierren herméticamente, temporizador y control automático, paletas suficiente para dejar la mezcla de forma homogénea, debe contar con tolva, unidad de tractor, transportador de placas helicoidales (tornillo sin fin) y unidad de regla para control de las dimensiones de la carretera. -La báscula de la planta deberá tener una precisión de 0.5%. •Camión cisterna de agua, escoba rotativa y soplador de aire, para limpiar la superficie donde se extenderá la capa. •Distribuidor de asfalto para aplicar curado a capas terminadas con medidor de cantidades, quemador, termómetro, bomba de asfalto, tubo de aspersión y tanque. •La extensión se realiza mediante una pavimentadora autopropulsada, puede ser tipo de rueda de acero de seguimiento o tipo rueda de goma de calidad equivalente. •Niveladora autopropulsada, con neumáticos lisos y con dimensiones de la placa de 3.6 m x 4.8 m. •Compactadora autopropulsada, estas máquinas deben contar con rodillo tándem de acero de 2 ruedas (no menos de 8 toneladas) y peso por ancho de 3.8 kg/mm, si se requiere hacer con ruedas de goma deberá pesar al menos 10 ton y diámetro de la llanta de 500 mm (llantas con presión de no más de 35 kPa); el rodillo vibratorio debe pesar 4 toneladas para espesores de capa menores que 40 mm y de 6 toneladas para mayores (frecuencia de vibración de 2000 revoluciones por minuto) -Se podrá usar compactador vibratorio o piso de mano pequeño si el área donde se ingresara no se puede ingresar con los necesarios. -Cortadora de juntas.

Nota. Apéndice de la Figura 32

Tabla 52

Especificaciones de materiales a usar (Mezcla en caliente)

País	Observaciones previas	Requisitos	Observaciones adicionales
Colombia	•Existen 4 tipos de mezclas asfálticas en caliente, basándose en su granulometría y son: Mezclas densas (MDC), mezclas semidensas (MSC) y mezclas gruesas (MGC) -Mezclas especiales como las mezclas de alto módulo (MAM) •Los agregados pétreos no deben ser susceptibles a alteraciones físico-químicas bajo las condiciones más desfavorables. -Se tiene una clasificación de agregados pétreos de la siguiente forma: Agregado grueso será el agregado retenido en el tamiz N°4, agregado fino es la proporción comprendida entre tamiz N°4 y N°200 y el llenante mineral la proporción que pasa por el tamiz N°200 (Se considera de aporte si se incorpora a la mezcla por separado) •El agregado grueso proviene de la trituración de roca y/o grava (sin exceso de partículas planas, alargadas y blandas, debe estar exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras) •El agregado fino constituido por arena de trituración o una mezcla de ella con arena natural. •El asfalto se deberá entregar cumpliendo los requisitos, junto con una clasificación por el sistema PG de la AASHTO M320; donde como mínimo estarán la PG 64-22 para asfaltos 40-50 y 60-70, y PG 58-22 para asfalto 80-100 •Los aditivos deberán tener un certificado de calidad con ficha técnica según la NTC 4435. •El llenante mineral podrá provenir de trituración y clasificación de agregados o podrá ser de aporte (cal hidratada o cemento hidráulico) -La cal hidratada debe cumplir con la NTC 4019: Cal hidratada normal (N), especial (S), normal con incorporador de aire (NA) y especial con incorporador de aire (SA). Deben tener: Óxidos de calcio y magnesio (base libre de volátiles) ≥ 95%; Dióxido de carbono (como se recibe la base) ≤ 5% si es en laboratorio y ≤ 7% en otro sitio; Óxidos no hidratados ≤ 8% (solo para S y SA); residuos retenidos en tamiz N°30 ≤ 0.5% (si es mayor no deberá presentar descascaramiento ni picaduras); plasticidad ≥ 200 (Para S o SA luego 30 min de mezclada con agua y para N o NA al ser saturada con agua en periodos de 16 a 24h); retención de agua ≥ 75% para N y NA y ≥ 85% para S y SA -El cemento si es hidráulico deberá ser de acuerdo con la conforme al diseño con pruebas de laboratorio y que sea fabricado según los requisitos dados por la NTC 121 (Cemento hidráulico especificado por desempeño), ASTM C150 (Cemento Portland) y ASTM C595 (Cemento hidráulico adicionado, excluyendo tipo IS >70); si es cemento blanco la NTC 1362. Normas como la ASTM C150, ASTM C595 o ASTM C1157 se podrán usar si se comprueba desempeño similar a la NTC 121. -Según la NTC 121 existen cementos hidráulicos de uso general (UG); de alta resistencia temprana (ART); moderada resistencia a sulfatos (MRS); alta resistencia a los sulfatos (ARS); moderado calor de hidratación (MCH) y bajo calor de hidratación (BCH). Todos podrán aplicar para tener una baja reactividad con agregados (BRA) o incorporadores de aire (A) -Según la ASTM C150 los tipos I (sin exigencia de propiedades especiales), tipo IA (mismos que el I pero con incorporador de aire), tipo II (uso general y resistencia a sulfatos o calor moderado), tipo IIA (mismos usos que el II pero con incorporador de aire), tipo III (alta resistencia temprana), tipo IIIA (mismos que el III pero con incorporador de aire), tipo IV (bajo calor de hidratación) y tipo V (alta resistencia a sulfatos) -Según la ASTM C595 están los tipos IS (portland con escoria de alto horno), tipo IP (portland-puzolana), tipo IL (portland con cemento calizo o cal) y tipo IT (cemento de amasado ternario) -Según la NTC 1362 los tipos de cemento blanco tipo 1 (no se	**Para la mezcla asfáltica en caliente:** •El agregado deberá tener: -Desgaste Los Ángeles ≤ 25% (500 revoluciones) y ≤ 5% (100 revoluciones); Degradación por abrasión ≤ 25% para NT2 y ≤ 20% para NT3 -Resistencia mecánica: Valor en seco ≥ 110kN y relación húmedo/seco ≥ 75% (valores solo para NT3) -Coeficiente de pulimiento acelerado ≤ 45% -Pérdidas mediante prueba de sulfato de magnesio ≤ 18% -Impurezas en agregado grueso ≤ 0.5% -Equivalencia de arena ≥ 50% y valor de azul de metileno ≤ 10 -Partículas planas y alargadas en relación 5:1 ≤ 10%; partículas con una cara fracturada ≥ 75% (NT1 y NT2) y ≥ 85% para NT3; partículas con dos caras fracturadas ≥ 60% para NT2 y ≥ 70% para NT3. -Angularidad de la fracción fina ≥ 40% para NT1 y ≥ 45% para NT2 y NT3 -Adhesividad de los ligantes bituminosos al agregado fino ≥ 4% Para el agregado fino (Requisitos no aplicables para mezclas asfálticas en frío de tipo abierto) -Proporción de arena natural (agregado fino) deberá ser ≤ 25% de la masa total del agregado combinado para NT1 y NT2, a su vez ≤ 15% para NT3. -Proporción de arena natural ≤ 50% de la masa total de agregado fino. Para el llenante mineral (si es material de aporte usar cal hidratado o cemento hidráulico) -Proporción de llenante de aporte ≥ 25% para NT2 y ≥ 50% para NT3 (% en masa del llenante total) -Densidad bulk de entre 0.5-0.8g/cm3 -Vacíos del llenante seco compactado deberá ser ≥ 38% (solo para NT2 y NT3) •La mezcla del material de agregado que se usa para la capa de rodadura serán de tipo densa los MDC-19 (agregado grueso con tamaño máximo 19 mm) MDC-25 (máximo 25 mm) y MDC-10 (máximo 25 mm); tipo semidensa MSC-19; de alto módulo MAM-19 - MDC-25 con PP (25 mm): 100; PP (19 mm): 80-95; PP (12,5 mm): 67-85; PP (9,5 mm): 60-77; PP4: 43-59; PP10: 29-45; PP40: 14-25; PP80: 8-17 y PP200: 4-8. - MDC-19 con PP (19 mm): 100; PP (12,5 mm): 80-95; PP (9,5 mm): 70-88; PP4: 49-65; PP10: 29-45; PP40: 14-25; PP80: 8-17 y PP200: 4-8. - MDC-10 con PP (9,5 mm): 100; PP4: 65-87; PP10: 43-61; PP40: 16-29; PP80: 9-19 y PP200: 5-10. - MSC-19 con PP (19 mm): 100; PP (12,5 mm): 80-95; PP (9,5 mm): 65-80; PP4: 40-55; PP10: 24-38; PP40: 9-20; PP80: 6-12 y PP200: 3-7. - MAM-19 con PP (19 mm): 100; PP (12,5 mm): 80-95; PP (9,5 mm): 65-80; PP4: 40-55; PP10: 24-38; PP40: 9-20; PP80: 6-12 y PP200: 3-7. •El material bituminoso a usar para la mezcla será asfalto convencional 40-50, 60-70 u 80-100; o también los cementos asfálticos modificados con polímeros tipo 40/70-58, 50/70-58 o 55/70-65; Seleccionados según la temperatura anual y el nivel de tránsito. Seleccionando los tipos 40-50 para tráfico NT3 y para temperaturas > 24°C o 15-24°C; tipo 60-70 para NT1 y NT2 con temperaturas > 24°C o 15-24°C, para NT3 para cualquier temperatura (> 24°C o 15-24°C o < 15°C); tipo 80-100 para NT1 y NT2 con temperaturas de 15-24°C o < 15°C, para NT3 con temperaturas < 15°C; Se usaran modificados con polímeros solo para tráfico NT3, usando el 40/70-58 para temperaturas de 15-24°C y también > 24°C, el 55/70-58 para cualquier temperatura (> 24°C o 15-24°C o < 15°C) y el 55/70-65 solo cuando la temperatura es > 24°C **Cemento asfáltico 40-50** -Penetración (25°C, 100g, 5s) de entre 40-50 milésimas de mm (0,1mm); punto de ablandamiento de entre 52-58°C; índice de penetración de entre -1.2 y 0.6; Viscosidad a 60°C ≥ 200 Pa.s (2000 P); Viscosidad a 135°C ≥ 0.5 Pa.s (5 P). -Ductilidad (25° C, 5cm/min) ≥ 80 cm; solubilidad en tricloroetileno ≥ 99%; contenido de agua ≤ 0.2%; contenido de parafinas ≤ 3%; punto de inflamación ≥ 240°C -Cambio de masa por calentamiento ≤ 0.8%; penetración retenida a 25% ≥ 55% de la penetración de asfalto original; incremento en punto de ablandamiento ≤ 8°C; índice de envejecimiento ≤ 4 (relación de viscosidades a 60°C de asfalto residual y original) **Cemento asfáltico 60-70** -Penetración de entre 60-70 (0,1mm); punto de ablandamiento de entre 48-54°C; índice de penetración de entre -1.2 y 0.6; Viscosidad a 60°C ≥ 150 Pa.s (1500 P); Viscosidad a 135°C ≥ 0.4 Pa.s (4 P). -Ductilidad ≥ 100 cm; solubilidad en tricloroetileno ≥ 99%; contenido de agua ≤ 0.2%; contenido de parafinas ≤ 3%; punto de inflamación ≥ 230°C -Cambio de masa por calentamiento ≤ 0.8%; penetración retenida a 25% ≥ 50%; incremento en punto de ablandamiento ≤ 9°C; índice de envejecimiento ≤ 4 **Cemento asfáltico 80-100** -Penetración de entre 80-100 (0,1mm); punto de ablandamiento de entre 45-52°C; índice de penetración de entre -1.2 y 0.6; Viscosidad a 60°C ≥ 100 Pa.s (1000 P); Viscosidad a 135°C ≥ 0.3 Pa.s (3 P). -Ductilidad ≥ 100 cm; solubilidad en tricloroetileno ≥ 99%; contenido de agua ≤ 0.2%; contenido de parafinas ≤ 3%; punto de inflamación ≥ 230°C -Cambio de masa por calentamiento ≤ 1%; penetración retenida a 25% ≥ 46%; incremento en punto de ablandamiento ≤ 9°C; índice de envejecimiento ≤ 4	•Si el valor de desgaste Los Ángeles es superior al especificado se podra aceptar, pero deberá cumplir con el valor de degradación por abrasión (Aplica solo en tráfico NT1) •En caso de tráfico NT3 se deberá tener un análisis petrográfico. •Se deberá tener el porcentaje de cubrimiento del agregado con material asfáltico en presencia de agua hirviendo. •Las llenantes minerales deberán haberse diseñado con la siguiente granulometría (PP16: 100%; PP30: 97-100%; PP100: 95-100% y PP200: 70-100%) •La franja granulométrica de los agregados, siendo para mezclas densas MDC-19, MDC-25 y MDC-10; tipo semidensa MSC-19; de alto módulo MAM-19. Estas serán escogidas en la fase de diseño. •La emulsión bituminosa se deberá escoger según el clima y condiciones de operación de la carretera. •Se permite el uso de aditivos para modificar la reología. Se permite el uso de fibras, aditivos para mezclas tibias, asfalto espumado o cualquier otra tecnología o modificador de las propiedades del concreto asfáltico, siempre y cuando se presenten dosificaciones y evidencia de un comportamiento favorable en campo. •Si se realiza un pavimento multicapa asfáltica, es decir, con capa intermedia y capa base, se deberá tener unos requisitos para agregado fino y llenante mineral iguales que para capa de rodadura; y prácticamente iguales para los agregados, donde solo cambia: -Desgaste Los Ángeles que deberá ser ≤ 35% para capa intermedia en NT1 y ≤ 35% para capa intermedia y base para NT2 y NT3. -Degradación por abrasión ≤ 30% para NT2 y ≤ 25% para NT3 (tanto para capa intermedia como base); -Resistencia mecánica: Valor en seco ≥ 90kN para capa intermedia y ≥ 75kN para capa base y relación húmedo/seco ≥ 75% para capa intermedia y base (valores solo para NT3) -Partículas con una cara fracturada ≥ 60% en capa intermedia y tránsito NT1; ≥ 75% para capa intermedia en tránsito NT2 y NT3; ≥ 60% para capa base de NT2 y NT3 -Angularidad de la fracción fina ≥ 35% para capa intermedia y NT1; ≥ 40 para capa intermedia para NT2 y NT3; ≥ 35% para capa base en NT2 y NT3 •Se usara una gradación granulométrica MDC-25 y MSC-25 para capa intermedia y MSC-25, MGC-38, MGC-25 y MAM-25 para capa base. A continuación las gradaciones - MSC-25 con PP (25 mm): 100; PP (19 mm): 80-95; PP (12,5 mm): 65-80; PP (9,5 mm): 55-70; PP4: 40-55; PP10: 24-38; PP40: 9-20; PP80: 6-12 y PP200: 3-7. - MGC-38 con PP (37,5 mm): 100; PP (25 mm): 75-95; PP (19 mm): 65-85; PP (12,5 mm): 47-67; PP (9,5 mm): 40-60; PP4: 28-46; PP10: 17-32; PP40: 7-17; PP80: 4-11 y PP200: 2-6. - MGC-25 con PP (25 mm): 100; PP (19 mm): 75-95; PP (12,5 mm): 55-75; PP (9,5 mm): 40-60; PP4: 28-46; PP10: 17-32; PP40: 7-17; PP80: 4-11 y PP200: 2-6. - MAM-25: con PP (25 mm): 100; PP (19 mm): 80-95; PP (12,5 mm): 65-80; PP (9,5 mm): 55-70; PP4: 40-55; PP10: 24-38; PP40: 10-20; PP80: 8-14 y PP200: 6-9. •Emulsiones para riego de liga (CRL-40, CRL-57 o MC 30) y riego de imprimación (CRR-60, CRR-65, CRR-60m o CRR-65m): -CRL-40: En destilación un contenido de asfalto residual ≥ 40%; contenido de aceite de 10-20%; Contenido de agua ≤ 50%; Viscosidad a 25°C ≤ 50s; estabilidad durante almacenamiento ≤ 10% (sedimentación a los 5d); porcentaje retenido en tamiz N°20 ≤ 0.1%; carga de partícula positiva; pH ≤ 5; sobre el residuo de destilación una penetración de entre 200 - 300 (0,1mm); Ductibilidad ≥ 40cm; Solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5% -MC 30: Punto de inflamación ≥ 38°C; viscosidad a 60°C de 30-60 cSt, viscosidad a 25°C de 75-150 s; destilado a 225°C ≤ 25%, para 260°C de entre 40-70% y para 316°C de 75-93%; residuo por destilación de 50-60%; en los residuos por destilación una penetración de 120-300 (0.1 mm), ductilidad ≥ 100 cm y solubilidad de entre 9.5-100%.

	le exige propiedades especiales) y tipo 1B (resistencias superiores a la tipo 1) •Las especificaciones dependerán del tipo de tránsito -NT3: N80kN > 5M -NT2: 0.5 < N80kN ≤ 5M -NT1: N80kN ≤ 0.5M	**Cemento asfáltico modificado con polímeros 40/70-58 (penetración de entre 40-70 y punto de ablandamiento ≥ 58°C)** -Ductilidad (5 °C, 5 cm/min) ≥ 15 cm; recuperación elástica por torsión a 25°C ≥ 40%; estabilidad de almacenamiento ≤ 5°C (cambio en punto de ablandamiento); contenido de agua ≤ 0.2%; punto de inflamación ≥ 230°C. -Con la RTFO un cambio de masa a 163°C ≤ 1%; penetración del residuo ≥ 50% de la original; incremento en punto de ablandamiento ≤ 10°C y ductibilidad (5 °C,5 cm/min) ≥ 8cm **Cemento asfáltico modificado con polímeros 50/70-58 (penetración de entre 50-70 y punto de ablandamiento ≥ 58°C)** -Ductilidad (5 °C, 5 cm/min) ≥ 15 cm; recuperación elástica por torsión a 25°C ≥ 40%; estabilidad de almacenamiento ≤ 5°C (cambio en punto de ablandamiento); contenido de agua ≤ 0.2%; punto de inflamación ≥ 230°C. -Con la RTFO un cambio de masa a 163°C ≤ 1%; penetración del residuo ≥ 65% de la original; incremento en punto de ablandamiento ≤ 10°C y ductibilidad (5 °C,5 cm/min) ≥ 8cm **Cemento asfáltico modificado con polímeros 55/70-65 (penetración de entre 55-70 y punto de ablandamiento ≥ 65°C)** -Ductilidad (5 °C, 5 cm/min) ≥ 15 cm; recuperación elástica por torsión a 25°C ≥ 70%; estabilidad de almacenamiento ≤ 5°C (cambio en punto de ablandamiento); contenido de agua ≤ 0.2%; punto de inflamación ≥ 230°C. -Con la RTFO un cambio de masa a 163°C ≤ 1%; penetración del residuo ≥ 65% de la original; incremento en punto de ablandamiento ≤ 10°C y ductibilidad (5 °C,5 cm/min) ≥ 8cm. Aditivos para mejorar la adherencia entre agregados y asfaltos (cuando sea necesario) -Cal tipo 1 según la AASHTO M303 (contenido de cal activa ≥ 83%, óxido de calcio ≤ 7% y contenido de agua ≤ 3%, Porcentaje retenido en tamiz N°30 ≤ 3% y retenido en tamiz N°200 ≤ 20%) -Compuestos del tipo amina, organosilanos y ésteres de fosfato -Cenizas según la AASHTO M295 (Contenido de dióxido de silicio (SiO2) más óxido de aluminio (Al2O3) más óxido de hierro (Fe2O3) ≥ 70% para clases N y F o ≥ 50% para clase C, trióxido de azufre SO3 ≤ 4% para clase N y ≤ 5% para clases F y C, contenido de humedad ≤ 3% y Pérdida por ignición ≤ 5%) -Otros productos de calidad •El agua debe ser libre debe ser limpia, sin materia orgánica u otras sustancias perjudiciales. Podrá ser agua potable, en caso de no serlo deberá tener un pH de entre 5.5-8 y Contenido de sulfatos SO4 ≤ 1kg/m3 (requisitos que no aplican a mezclas de tipo abierto ya que por lo general no requieren agua)	-CRR-60 y CRR-65: Contenido de asfalto residual ≥ 60% para CRR 60 y ≥ 65% para CRR 65; contenido de aceite ≤ 3%; contenido de agua ≤ 40% para CRR 60 y ≤ 35% para CRR 65; Viscosidad a 25°C entre 20-100s (solo para CRR-60), viscosidad a 50°C de entre 100-400 s (solo para CRR-65); estabilidad durante almacenamiento a las 24h ≤ 1% y a los 5 d ≤ 5%; porcentaje retenido en tamiz N°20 ≤ 0.1%; demulsibilidad ≤ 40%; carga eléctrica de partícula positiva; pH ≤ 5; índice de rotura a reportar; en los residuos por destilación una penetración de 60-100 en ARD y de 100-250 en ARB, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad ≥ 97.5%. -CRR-60m y CRR-65m: Contenido de asfalto residual ≥ 60% para CRR 60m y ≥ 65% para CRR 65m; contenido de aceite ≤ 3%; contenido de agua ≤ 40% para CRR 60m y ≤ 35% para CRR 65m; viscosidad a 50°C de entre 20-100 s para CRR-60m y 20-300 s para CRR-65m ; estabilidad durante almacenamiento a las 24h ≤ 1% y a los 5 d ≤ 5%; porcentaje retenido en tamiz N°20 ≤ 0.1%; demulsibilidad ≤ 40%; carga eléctrica de partícula positiva; pH ≤ 5; en los residuos por destilación una penetración de 60-100 mínimo y de 100-250 máximo, punto de ablandamiento de mínimo 55-45°C, ductibilidad ≥ 10 cm y recuperación elástica por torsión ≥ 12%.
Perú	•Agregados pétreos y polvo mineral deberá ser aquel que al aplicarle el material asfáltico, esta no se desprenda por el agua o tránsito (solo se permitirá usar material con características hidrólificas si se usa además un aditivo eficaz); denominando el agregado grueso como el retenido en el tamiz N°4, el agregado fino el comprendido entre tamiz N°4 y tamiz N°200, y polvo mineral o llenante al que pasa por el tamiz N°200 -El agregado grueso deberá proceder de trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas, estos no deberán ser susceptibles a ningún tipo de meteorización o alteración fisicoquímicas bajo las condiciones más desfavorables(limpios y durables, exentos de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias que perjudiquen el desempeño, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables) -El agregado fino deberá proceder de arena de trituración o una mezcla de ella con arena natural (los granos deben ser duros, limpios y de superficie rugosa y angular) -Polvo mineral que procede de procesos de trituración de los agregados pétreos o podrá ser de aporte de productos comerciales, generalmente cal hidratada o cemento portland. (Podrá ser polvo mineral proveniente de la clasificación, deberá ser no plástico y tener un peso unitario aparente de entre 0,5 y 0,8 g/cm3 y coeficiente de emulsibilidad inferior a 0.6) •El cemento asfaltico a usar deberá cumplir con lo especificado además de cumplir con los equivalentes PG de la AASHTO M320. Este se escogerá según la temperatura: -Para temperatura media anual ≥ 24°C se usan los tipos 40-50 o 60-70 o modificado -Temperatura de entre 15-24°C se usará el tipo 60-70 -Para temperatura de entre 5-15°C se usarán los tipos 85-100 y 120-150 -Para temperaturas ≤ 5°C se usará asfalto modificado •Se usan polvo mineral para relleno de vacíos, espesante del asfalto o mejorador de adherencia al agregado-asfalto. Siendo de preferencia cal hidratada tipo I y II de la AASHTO M303. -También se podrán usar cemento Portland, polvo de roca, polvo de escoria, ceniza fina o loes; cumpliendo la ASTM D242	**Para la mezcla asfáltica en caliente:** •El agregado grueso deberá tener: -Durabilidad (al sulfato de magnesio) ≤ 18% para altitudes ≤ 3000 msnm y ≤ 15% para altitudes > 3000 msnm -Abrasión Los Ángeles ≤ 40% para altitudes ≤ 3000 msnm y ≤ 35% para altitudes > 3000 msnm -Adherencia de ≥ 95%; índice de durabilidad ≥ 35%; partículas chatas y alargadas ≤ 10% -partículas con una cara fracturada ≥ 85% para altitudes ≤ 3000 msnm y ≥ 90% para altitudes > 3000 msnm; partículas con dos caras fracturadas ≥ 50% para altitudes ≤ 3000 msnm y ≥ 70% para altitudes > 3000 msnm -Total de sales solubles ≤ 0.5% y Absorción ≤ 1% (La absorción podrá ser mayor si se aseguran durabilidad de la mezcla) Para el agregado fino. -Equivalencia de arena ≤ 60% para altitudes ≤ 3000 msnm y ≤ 70% para altitudes > 3000 msnm; Azul de metileno ≤ 8% -Angularidad del agregado fino ≥ 30% para altitudes ≤ 3000 msnm y ≥ 40% para altitudes > 3000 msnm -Durabilidad al sulfato de magnesio ≤ 18% (solo para altitudes > 3000 msnm) -Índice de durabilidad ≤ 35; índice de plasticidad (malla N°200) ≤ 4 para altitudes ≤ 3000 msnm -Total de sales salubres ≤ 0.5% y Absorción ≤ 0.5% (La absorción podrá ser mayor si se aseguran durabilidad de la mezcla) •La mezcla del material de agregado que se usa para la capa de rodadura serán MAC-1, MAC-2 y MAC-3. Donde la mezcla podra tener un 1% máximo de partículas deleznables y libre de terrones de arcilla. - MAC-1 con PP (25 mm): 100; PP (19 mm): 80-100; PP (12,5 mm): 67-85; PP (9,5 mm): 60-77; PP4: 43-54; PP10: 29-45; PP40: 14-25; PP80: 8-17 y PP200: 4-8. - MAC-2 con PP (19 mm): 100; PP (12,5 mm): 80-100; PP (9,5 mm): 70-88; PP4: 51-68; PP10: 38-52; PP40: 17-28; PP80: 8-17 y PP200: 4-8. - MAC-3 con PP (9,5 mm): 100; PP4: 65-87; PP10: 43-61; PP40: 16-29; PP80: 9-19 y PP200: 5-10. •El cemento asfáltico a usar para la mezcla se clasificara por penetración y viscosidad absoluta. •Clasificación mediante penetración **Cemento asfáltico 40-50** -Penetración (25°C, 100g, 5s) de entre 40-50 milésimas de mm (0,1mm); punto de inflamación ≥ 232°C; Ductilidad (25° C, 5cm/min) ≥ 100 cm; solubilidad en tricloroetileno ≥ 99%; de manera opcional índice de penetración (susceptibilidad térmica) de entre -1 y 1; de manera opcional, el valor de solvente Nafta-Estándar, Solvente Nafta – Xileno, %Xileno y Solvente Heptano – Xileno, %Xileno serán negativos. -Pérdida de masa ≤ 0.8%; penetración retenida ≥ 55% después del ensayo de la película fina. **Cemento asfáltico 60-70** -Penetración de entre 60-70 (0,1mm); punto de inflamación ≥ 232°C; Ductilidad ≥ 100 cm; solubilidad en tricloroetileno ≥ 99%; de manera opcional un índice de penetración de entre -1 y 1, y un valor de los solventes en ensayo de la mancha que sean negativos. -Pérdida de masa ≤ 0.8%; penetración retenida ≥ 52% después del ensayo de la película fina y Ductilidad del residuo (25°C, 5cm/min) ≥ 50 cm. **Cemento asfáltico 85-100** -Penetración de entre 85-100 (0,1mm); punto de inflamación ≥ 232°C; Ductilidad ≥ 100 cm; solubilidad en tricloroetileno ≥ 99%; de	•La gradación de los agregados, siendo estas MAC-1, MAC-2 y MAC-3; serán escogidas en la fase de diseño. •Se podrán escoger también gradaciones superpave cuando el agregado tiene máximo nominal de 19 y 25mm; con una gradación mucho más precisa y que se usara con cualquiera de los asfaltos definidos en la AASHTO M320 (PG 46, PG 52, PG 58, PG 64, PG 70, PG 76 y PG 82). Donde tanto la graduación como el asfalto a escoger serán parte del diseño. •A su vez si se usara un cemento asfáltico modificado, será el modificado con polímeros; que podrá ser Tipo I (I-A, I-B, I-C o I-D), tipo II (II-A, II-B, II-C o II-D), tipo IV (IV-A, IV-B, IV-C o IV-D) , tipo 1, tipo 2 o tipo 3; estos serán seleccionados en la etapa de diseño según el tipo de cemento asfáltico que se quiera lograr. -Tipo I-A tiene una penetración de 100-150 dmm; tipo I-B de 75-100 dmm; tipo I-C de 50-75 dmm y I-D de 40-75 dmm. -Tipo II-A una penetración ≥ 100 dmm; tipo II-B ≥ 70 dmm; tipo II-C ≥ 85 dmm y II-D ≥ 80 dmm. -Tipo IV-A una penetración ≥ 90 dmm; tipo IV-B ≥ 75 dmm; tipo IV-C ≥ 65 dmm y IV-D ≥ 50 dmm. -Tipo 1, 2 y 3 tienen una penetración de 25 dmm •La mezcla en climas fríos con altitud mayor de 3.000 msnm y cambios muy marcados éntrelas máximas y mínimas temperaturas se aconseja usar un porcentaje de asfalto mayor al 6%; recomendando también, el uso de cal hidratada, como material aglomerante, espesante de mezcla y de adhesividad y estabilidad. •La mezcla tipo Pavel deberá tener un porcentaje de vacíos con aire del 4%, porcentaje de la densidad máxima a los giros iniciales ≤ 89% y en giros máximos ≤ 98%, Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta ≥ 80%. -Si el tráfico es ≤ 0,3 (millones de ejes equivalentes) tendrá vacíos llenos con asfalto de entre 70-80, tráficos de entre 0.3-3 serán de 65-78 y tráficos > 3 será de entre 65-75. •Para el riego de liga en juntas se podra usar cemento asfáltico 40/50; 60/70; 85/100 o 120/150; o emulsión catiónica de rotura lenta CSS-1 o CSS-1h diluido con agua; o emulsión catiónica de rotura rápida CRS-1 o CRS-1h. -Tipo CSS-1 y CSS-1h: De la destilación un %Asfalto de residuo ≥ 57%; viscosidad 25°C entre 20 - 100s (segundos); estabilidad de Almacenamiento ≤

	•Se podrán usar aditivos mejoradores de adherencia entre agregados y asfalto en caso de requerirlo. En el caso de mezclas abiertas podrán ser cal tipo I y II de la AASHTO M303, base tipo amina, cenizas de la AASHTO M295 u otros. (con un certificado de que los cumpla)	manera opcional un índice de penetración de entre -1 y 1, y un valor de los solventes en ensayo de la mancha que sean negativos. -Pérdida de masa ≤ 1%; penetración retenida ≥ 47% después del ensayo de la película fina y Ductilidad del residuo (25°C, 5cm/min) ≥ 75 cm. **Cemento asfáltico 120-150** -Penetración de entre 120-150 (0,1mm); punto de inflamación ≥ 218°C; Ductilidad ≥ 100 cm; solubilidad en tricloroetileno ≥ 99%; de manera opcional un índice de penetración de entre -1 y 1, y un valor de los solventes en ensayo de la mancha que sean negativos. -Pérdida de masa ≤ 1.3%; penetración retenida ≥ 42% después del ensayo de la película fina y Ductilidad del residuo (25°C, 5cm/min) ≥ 100 cm. •Clasificación según viscosidad - AC-2.5: Viscosidad absoluta a 60°C de 250±50 Poises; viscosidad cinemática ≥ 80 St (Stokes); penetración ≥ 200 (0,1mm); punto de inflamación COC ≥ 163°C; solubilidad en tricloroetileno ≥ 99% en masa; Para el residuo del ensayo de película fina una viscosidad absoluta a 60°C ≤ 1250 Poises y una ductibilidad ≥ 100 cm; valor de los solventes en ensayo de la mancha que sean negativos. - AC-5: Viscosidad absoluta a 60°C de 500±100 Poises; viscosidad cinemática ≥ 110 St (Stokes); penetración ≥ 120; punto de inflamación ≥ 177°C; solubilidad ≥ 99% ; Para el residuo del ensayo de película fina una viscosidad absoluta a 60°C ≤ 2500 Poises y una ductibilidad ≥ 100 cm; valor de los solventes en ensayo de la mancha que sean negativos. - AC-10: Viscosidad absoluta a 60°C de 1000±200 Poises; viscosidad cinemática ≥ 150 St (Stokes); penetración ≥ 70; punto de inflamación ≥ 219°C; solubilidad ≥ 99% ; Para el residuo del ensayo de película fina una viscosidad absoluta a 60°C ≤ 5000 Poises y una ductibilidad ≥ 50 cm; valor de los solventes en ensayo de la mancha que sean negativos. - AC-20: Viscosidad absoluta a 60°C de 2000±400 Poises; viscosidad cinemática ≥ 210 St (Stokes); penetración ≥ 40; punto de inflamación ≥ 232°C; solubilidad ≥ 99% ; Para el residuo del ensayo de película fina una viscosidad absoluta a 60°C ≤ 10000 Poises y una ductibilidad ≥ 20 cm; valor de los solventes en ensayo de la mancha que sean negativos. - AC-40: Viscosidad absoluta a 60°C de 4000±800 Poises; viscosidad cinemática ≥ 300 St (Stokes); penetración ≥ 20; punto de inflamación ≥ 232°C; solubilidad ≥ 99% ; Para el residuo del ensayo de película fina una viscosidad absoluta a 60°C ≤ 20000 Poises y una ductibilidad ≥ 10 cm; valor de los solventes en ensayo de la mancha que sean negativos. •En caso de usar aditivos en alturas mayores a 3000 msnm deberá tener las siguientes características, si se evalúa con la ASTM D-1075 y/o ASTM D-4867 deberá obtener valores mínimos de 80% -Se deberá tener una efectividad de aditivos con una resistencia conservada ≥ 80. -Si es cal tipo 1 y 2 debe tener un Contenido de Cal Activa ≥ 90%, Contenido de Cal Deshidratada ≤ 7% y contenido de agua ≤ 3%; solo para tipo 2 un contenido de residió de ignición de Óxido de Calcio y Magnesio ≥ 96%, contenido de Dióxido de Carbono (de base recibida) ≤ 7% y contenido de óxido de calcio deshidratado ≤ 3% •Se podrán realizar 3 tipos de mezcla dependiendo del diseño, tipo A, B o C. Donde tienen un porcentaje de vacíos con aire de 3-5%, resistencia a la compresión ≥ 2.1 Mpa y resistencia retenida ≥ 75%, relación polvo-asfalto de entre 0.6-1.3 (relación material del tamiz 0.075 y asfalto efectivo), relación estabilidad-flujo de 1700-4000 kg/cm y una resistencia conservada en prueba de tracción indirecta de 80 minutos. Las únicas diferencias radican en una estabilidad ≥ 8.15 kN en tipo A, ≥ 5.44 kN para tipo B y ≥ 4.53 kN para tipo C; además de un flujo de 8-14 para tipo A, 8-16 para tipo B y 8-20 para tipo C. -También el agregado mineral con unos vacíos que varían en el método marshall de entre 11.5 a 21% para tamices de entre 50 mm a N°8; y en el método Pavel de entre 10.5 a 15% para tamices de entre 50 mm y 9.5 mm. •El agua deberá ser limpia y libre de materia álcalis y otras sustancias deletéreas, tener un pH de entre 5.5-8 y un contenido de sulfatos SO4 menor a 3000 ppm.	1% (En 24h); Carga de la partículas deber ser positivo; prueba del tamiz ≤ 0.1%; contenido de cemento ≤ 2%; sobre el residuo de destilación una penetración (25°C, 100g, 5s) de 100-250 décimas de mm para CSS-1 y de 40-90 décimas de mm para CSS-1h; Ductilidad (25ºC, 5 cm/min) ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5% -Tipo CRS-1: De la destilación un %Asfalto de residuo ≥ 60% y destilado de aceite por volumen de emulsión ≤ 3%; estabilidad de Almacenamiento ≤ 1% (En 24h); Carga de la partículas deber ser positivo; prueba del tamiz ≤ 0.1%; sobre el residuo de destilación una penetración (25°C, 100g, 5s) de 100-250 décimas de mm (también podrá ser de 50-150 dmm); Ductilidad (25ºC, 5 cm/min) ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5% -Tipo CRS-1h no se presentan ninguna especificación.
Chile	•Agregados pétreos; denominando el agregado grueso como el retenido en el tamiz N°8 y el agregado fino el que pasa el tamiz N°8. •Se podrá usar RAP para la mezcla, es decir, mezcla asfáltica recuperada, aunque este deberá estar libre de contaminantes. Y solo se usara en granulometrías semidensas o gruesas, además de que ser incorporadas a mezclas donde se use asfalto tipo CA 24 o CA 14. •Si se añade polvo mineral a la mezcla podrá ser cemento hidráulico, cal u otro material inerte de origen calizo, libre de materia orgánica o partículas de arcilla. •El cemento asfáltico a usar serán tipos CA 24 o CA 14 según la zona y clima; se podrá usar si se especifica cementos asfálticos modificados con polímeros como los CA 60-80, CA 80-100 o CA 60-80 PLUS; o asfaltos de tipo multigrado como los CA 40-60 MG o CA 60-80 MG.	Para la mezcla asfáltica en caliente: •El agregado grueso deberá tener: Desgaste Los Ángeles ≤ 25% (podrá ser mayor si se aprueba aunque nunca mayor que 35%); Desintegración en sulfato de sodio ≤ 12%; partículas chancadas ≥ 90%; partículas lajeadas ≤ 10%; adherencia ≥ 95%. •Para el agregado fino: Adherencia riedel-weber de entre 0-5% y desintegración por sulfato de sodio ≤ 15% Polvo mineral deberá tener la siguiente granulometría: PP30: 100, PP50: 95-100 y PP200: 70-100 •Para el agregado combinado: Sales solubles ≤ 2% y equivalencia de arena ≥ 50% •Se tendrán diferentes granulometrías para el agregado; IV-A de granulometría semidensa, III para granulometría gruesa y II granulometría abierta; tipos IV-A-12 o IV-A-20; tipos III-10, III-12a, III-12b o III-20; y tipos II-5, II-10, II-12, II-20 o II-25 - IV-A-12 con PP (20 mm): 100; PP (12,5 mm): 80-95; PP (10 mm): 70-85; PP4: 43-58; PP8: 28-42; PP30: 13-24; PP50: 8-17; PP100: 6-12 y PP200: 4-8. - IV-A-20 con PP (25 mm): 100; PP (20 mm): 80-95; PP (12,5 mm): 65-80; PP (10 mm): 57-73; PP4: 40-55; PP8: 28-42; PP30: 13-24; PP50: 8-17; PP100: 6-12 y PP200: 4-8. - III-10 con PP (12,5 mm): 100; PP (10 mm): 75-100; PP4: 35-55; PP8: 20-35; PP30: 10-22; PP50: 6-16; PP100: 4-12 y PP200: 2-8. - III-12a con PP (20 mm): 100; PP (12,5 mm): 75-100; PP (10 mm): 60-85; PP4: 35-55; PP8: 20-35; PP30: 10-22; PP50: 6-16; PP100: 4-12 y PP200: 2-8. - III-12b con PP (20 mm): 100; PP (12,5 mm): 75-100; PP (10 mm): 60-85; PP4: 30-50; PP8: 20-35; PP30: 5-20; PP50: 3-12; PP100: 2-8 y PP200: 0-4. - III-20 con PP (25 mm): 100; PP (20 mm): 75-100; PP (10 mm): 45-70; PP4: 30-50; PP8: 20-35; PP30: 5-20; PP50: 3-12; PP100: 2-8 y PP200: 0-4. - II-5 con PP (10 mm): 100; PP4: 40-85; PP8: 5-20 y PP200: 0-4.	•Para construcción multicapa el agregado grueso deberá tener: -Para capa intermedia: Desgaste Los Ángeles ≤ 35%; Desintegración en sulfato de sodio ≤ 12%; partículas chancadas ≥ 70%; partículas lajeadas ≤ 15%; adherencia ≥ 95%. -Para capa base: Desgaste Los Ángeles ≤ 35% para base gruesa y ≤ 30% en base abierta; Desintegración en sulfato de sodio ≤ 12%; partículas chancadas ≥ 60% para base gruesa y ≥ 90% en base abierta; partículas lajeadas ≤ 15% para base gruesa y ≤ 10% en base abierta; adherencia ≥ 95%. •El agregado fino para multicapa tendrá las mismas especificaciones. •El agregado combinado para multicapa, deberá tener una equivalencia de arena ≥ 45% para capa intermedia, para capa base ≥ 40% y ≥ 50% para base abierta; sales solubles ≤ 3% para ambas capas. •Existe también la granulometría densa, ya sea tipos IV-12, IV-20 ; estas se usaran solo si sobre ellas se coloque una mezcla drenante. A continuación la franjas granulométricas: - IV-12 con PP (20 mm): 100; PP (12,5 mm): 80-100; PP (10 mm): 70-90; PP4: 50-70; PP8: 35-50; PP30: 18-29; PP50: 13-23; PP100: 8-16 y PP200: 4-10. - IV-20 con PP (25 mm): 100; PP (20 mm): 80-100; PP (10 mm): 60-80; PP4: 48-65; PP8: 35-50; PP30: 19-30; PP50: 13-23; PP100: 7-15 y PP200: 0-8. •La mezcla ya sea de tipo densa, semidensa, gruesa o fina deberá tener una estabilidad ≥ 8000 N para capa intermedia y ≥ 6000 N para capa base, fluencia

		- II-10 con PP (12,5 mm): 100; PP (10 mm): 70-100; PP4: 20-40; PP8: 5-20 y PP200: 0-4. - II-12 con PP (20 mm): 100; PP (12,5 mm): 70-100; PP (10 mm): 45-75; PP4: 20-40; PP8: 5-20 y PP200: 0-4. - II-20 con PP (25 mm): 100; PP (20 mm): 70-100; PP (10 mm): 35-60; PP4: 15-35; PP8: 5-20 y PP200: 0-4. - II-25 con PP (40 mm): 100; PP (25 mm): 70-100; PP (20 mm): 50-80; PP (10 mm): 25-50; PP4: 10-30; PP8: 5-20 y PP200: 0-4. •Cementos asfalticos: **CA 24 y CA 14:** -Viscosidad original a 60°C ≥ 2400 Poises para CA 24 y ≥ 1400 Poises para CA 14; penetración (25°C, 100g, 5s) ≥ 40 (0,1mm); ductilidad (25° C, 5cm/min) ≥ 100 cm; % xilol ≤ 30%; solubilidad en tricloroetileno ≥ 99%; punto de inflamación ≥ 232°C; punto de ablandamiento: Informar; índice de penetración de entre -2 y 1. -En la película delgada rotatoria una perdida por calentamiento ≤ 0.8%, viscosidad: informar; ductilidad ≥ 100 cm e índice de durabilidad ≤ 4 **CA 60-80, CA 80-100 y CA 60-80 PLUS** -Penetración de entre 60-80 dmm para CA 60-80 y CA 60-80 PLUS, y de entre 80-100 dmm para CA 80-100; punto de ablandamiento ≥ 60°C (será ≥ 65°C para CA 60-80 PLUS); ductilidad ≥ 80 cm; recuperación elástica a 13°C ≥ 50% (será ≥ 60°C para CA 60-80 PLUS); recuperación elástica por torsión a 25°C ≥ 60% (será ≥ 70°C para CA 60-80 PLUS); índice de penetración ≥ +2 (será ≥ +3 para CA 60-80 PLUS); punto de quiebre Fraass ≤ -15°C; punto de inflamación ≥ 235°C; estabilidad de almacenamiento ≤ 5; temperatura de mezclado y temperatura de compactación: informar. -En la película delgada rotatoria un cambio de masa ≤ 1%, penetración ≥ 60% de la original, variación de punto de ablandamiento de -5 a +10 respecto al original, y un grado de desempeño que deberá ser informado. **CA 40-60 MG y CA 60-80 MG** -Penetración de entre 40-60 dmm para CA 40-60 MG y de entre 60-80 para CA 60-80 MG; punto de ablandamiento ≥ 55°C para CA 40-60 MG y ≥ 52°C para CA 60-80 MG; ductilidad ≥ 80 cm; punto de inflamación ≥ 235°C; viscosidad rotacional a 60°C de 7000-13000 Poise para CA 40-60 MG y de 500-11000 Poise para CA 60-80 MG; punto de fragilidad Fraass ≤ -15°C; índice de penetración ≥ +0.3; temperatura de mezclado y temperatura de compactación: informar. -En la película delgada rotatoria un cambio de masa ≤ 1%, penetración ≥ 54% de la original, una viscosidad rotacional a 60°C y un grado de desempeño que deberá ser informado. •La mezcla ya sea de tipo densa, semidensa, gruesa o fina deberá tener una estabilidad ≥ 9000 N, fluencia a 0.25mm de entre 8-16, huecos en la mezcla de 3 a 5% y un TSR (resistencia al daño por humedad) del 75%. Si la mezcla es de tipo abierta debera tener un contenido de asfalto de mínimo 3% siempre que presente un recubrimiento completo del agregado y drenado no superior a 0,2% a la temperatura de mezclado. -Agregado mineral con porcentajes que variara según el tamaño nominal de mínimo 22.5% para tamaños de 1.25mm, 20% para 2.5mm, 17% para 5mm, 15% para 10mm, 14% para 12.5mm, 13% para 20mm y de 12% para tamaños de 25mm.	a 0.25mm de entre 8-16, huecos en la mezcla de 3 a 8% para capa intermedia y 5-10% para capa base. •Para el riego de liga se podrá usar emulsiones catiónicas o aniónicas, estas son: CRS-1, CRS-2, CMS-2, MCS-2h, CSS-1, CSS-1h, RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1 o SS-1h.
España	•El material a usar debe ser áridos que podrán ser de origen natural, artificial o reciclado siempre que cumplan las especificaciones. Estos no deberán ser susceptibles a ningún tipo de meteorización o alteración fisicoquímica apreciable bajo las condiciones más desfavorables. -Estos serán árido grueso (material retenido en el tamiz 2mm) y el árido fino (Pasa por el tamiz de 2mm y retenido en el tamiz 0,063mm); donde el árido grueso procede generalmente de una única procedencia y naturaleza, siendo que para T00 y T0 no podrán provenir de canteras de naturaleza caliza ni por trituración de gravas procedente de yacimiento granular (si se usa grava natural en T1 y T2 el tamaño de partículas antes de triturarse será 6 veces lo que se quiera lograr); y donde el árido fino deberá proceder de trituración de piedra de cantera o grava natural, podrá emplearse arena natural si se tiene un tráfico T3 y T4, donde este no podrá superar el 10% de la mezcla de áridos y no superar el porcentaje de fino triturado. -Para capas de rodadura el uso de árido fino si es de diferente procedencia, el árido grueso deberá cumplir con los tamaños requeridos, con un máximo de 10% retenido en el tamiz 2mm. •Todos los materiales deberán tener un marcado CE que permitan deducir el cumplimiento de las especificaciones contempladas. •Los aditivos a usar serán establecidos por el director de obra. Donde podrán ser cal, cemento u otro que haya sido escogido. En caso de ser distinto a la cal o cemento, deberá presentar todas las especificaciones respecto al mismo. -Usar productos modificadores como fibras, materiales	•El material árido si es combinado deberá tener una equivalencia de arena para para la fracción 0/4mm sera SE4 > 55%, si no lo cumple un valor azul de metileno en la fracción 0/0,125mm MBF < 7 g/kg y SE4 > 45% •Para el árido grueso (Retenido en tamiz 2mm) deberá tener: -Porcentaje de partículas meteorizadas o distinto grado de alteración ≤ 5% en masa -Si la capa de rodadura está expuesta a heladas y frecuentes tratamientos de vialidad invernal, si el valor de absorción es > 1% debe tener un valor mediante ensayo de magnesio MS < 15% -% partículas total y parcialmente trituradas de 100% para tráficos T00 a T2; ≥ 90% para tráficos T3 y ≥ 70% para tráficos T4 -% en masa de proporción de partículas totalmente redondeadas será de 0% para tráficos T00 a T1; ≤ 1% para tráficos T3 y ≤ 10% para tráficos T4 -Indice de lajas ≤ 20 para tráficos T00; ≤ 25 para tráficos T0 a T31 y ≤ 30 para tráficos de T32 a T4 -Coeficiente de los Ángeles ≤ 20 para tráficos T00 a T2 y ≤ 25 para tráficos T3 y T4 -Coeficiente de pulimiento acelerado en capas de rodadura será ≥ 56 para T00 y T0, ≥ 50 para T1 a T31 y ≥ 44 para T32 a T4 -Contenido de impurezas < 0.5% en masa (PP 0,063mm) •Para el árido fino (Pasa por el tamiz de 2mm y retenido en el tamiz 0,063mm). -Deberá cumplir con los mismos coeficientes de Los Ángeles que el árido grueso. •Si se usa polvo mineral (Pasa por el tamiz 0,063): -Se usara polvo mineral de aportación con una proporción de 100% en masa del resto de polvo mineral para tráficos T00 a T2; y ≥ 50% para T3 -No se usara polvo mineral susceptible a contaminación o degradación; en caso de ser inevitable debera ser < 2%. -Granulometría donde el 100% de resultados deberán tener un PP (2mm): 100, PP (0,125mm): 85-100 y PP (0,063mm): 70-100. Aunque para el 90% de los resultados será en tamices de 0.125 y 0.063mm ≤ 10% -Densidad aparente de 0,5 a 0,8g/cm3. -Se usara en una cantidad de polvo mineral respecto al ligante hidrocarbonado (betún) para climas cálido y medio de 1:1.2; y una relación 1:1.1 para climas templados, es decir por cada 1 de polvo serán 1.1 de ligante para climas templados. •La granulometría del árido combinando las distintas fracciones incluyendo el polvo mineral serán los tipos AC16 D o AC16 S o AC22 D o AC22 S:	•Indice de lajas es para determinar si las partículas de un árido deben clasificarse como lajas, es decir, si su grosor es inferior a 0,6 veces su tamaño nominal. •La franja granulométrica de todo el agregado total será escogido en la etapa de diseño. •Si es multicapa la capa intermedia tendrá una dosificación de ligante hidrocarbonado o asfalto de 4% en mezclas densas y semidensas, y de 4.5% para mezclas de alto módulo. Para capa base será de 4% para semidensa y gruesa, y de 4.75% para alto módulo. Junto a una relación de ligante 1:1.1 y 1:1 en capa intermedia y de 1:1 y 1:0.9 en capa base. Aunque si será mezcla de alto modulo será de 1:1.2 o 1:1.3 dependiendo del diseño. •Para la capa intermedia se usará el mismo ligante hidrocarbonado o asfalto que para rodadura. Para capa base será: -Para tráfico T2 y T3 podrán ser Tipo 50/70 o BC50/70 para zona cálida, 50/70 o 70/100 o BC50/70 para zona media y 70/100 para zona templada. -Para tráfico T1 podrán ser 35/50 o 50/70 o BC35/50 o BC50/70 para zona cálida o media, 50/70 o 70/100 o BC50/70 para zona templada. -Para tráfico T00 a T0 podrán ser 35/50 o BC35/50 o PMB 25/55-65 para zona cálida o media, 50/70 o 70/100 o BC50/70 para zona templada. •Si el ligante (betún o asfalto) es de alto módulo deberá ser tipo 15/25 para cualquier tipo de tráfico desde T00 a T2 para capa base; para capa intermedia será PMB 10/40-70 para T00 y T0, y 15/25 para T1 y T2 -Tipo 15/25 (betún asfáltico duro): Penetración a 25°C de entre 15-25 décimas de mm (0,1mm); punto de reblandamiento de entre 60-76°C; valores de resistencia al envejecimiento como cambio de masa ≤ 0,5%, penetración retenida ≥ 55%, incremento punto de reblandamiento ≤ 10°C; índice de

elastoméricos u otros, podrán usarse si se garantiza el buen comportamiento del asfalto, por lo mínimo comportarse como un asfalto modificado.

•La mezcla bituminosa tendrá una designación especifica: Donde AC indica que es tipo hormigón bituminoso; se añadirá un número que indica el tamaño máximo del árido) la palabra base que indica la capa a usar; las letras D, S o G indicando si es una mezcla densa (D), semidensa (S) o gruesa (G); además, si tienen la palabra MAM al final será de alto modulo
•A la mezcla final se le añadirá se le añadirá la palabra surf para rodadura, bin si es intermedia y base si es capa base.
•La mezcla bituminosa de alto módulo (Módulo dinámico a 20°C > 11000 Mpa) se emplean para categorías de tráfico T00 a T2
•Mezclas semicalientes (temperatura mínima de mezclado 40°C menos que la caliente)

•Categorías de tráfico
-T00 ≥ 4 000 IMDp (vehículos pesados/dia)
- 2000 ≤ T0 < 4000 IMDp
- 800 ≤ T1 < 2000 IMDp
- 200 ≤ T2 < 800 IMDp
- La categoría T3 se divide en: 100 ≤ T31 < 200 IMDp; 50 ≤ T32 < 100 IMDp
- La categoría T4 se divide en: 25 ≤ T41 < 50 IMDp; T42 < 25 IMDp

- AC16 D con PP (22 mm): 100; PP (16 mm): 90-100; PP (8 mm): 64-79; PP (4 mm): 44-59; PP (2 mm): 31-46; PP (0.5 mm): 16-27; PP (0.250 mm): 11-20 y PP (0.063 mm): 4-8.
- AC16 S con PP (22 mm): 100; PP (16 mm): 90-100; PP (8 mm): 60-75; PP (4 mm): 35-50; PP (2 mm): 24-38; PP (0.5 mm): 11-21; PP (0.250 mm): 7-15 y PP (0.063 mm): 3-7.
- AC22 D con PP (32 mm): 100; PP (22 mm): 90-100; PP (16 mm): 73-88; PP (8 mm): 55-70; PP (2 mm): 31-46; PP (0.5 mm): 16-27; PP (0.250 mm): 11-20 y PP (0.063 mm): 4-8.
- AC22 S con PP (32 mm): 100; PP (22 mm): 90-100; PP (16 mm): 70-88; PP (8 mm): 50-66; PP (2 mm): 24-38; PP (0.5 mm): 11-21; PP (0.250 mm): 7-15 y PP (0.063 mm): 3-7.

•Se usaran mezclas bituminosas de tipo AC32 base S (Mezcla semidensa con áridos menores a 32mm); AC22 base G(mezcla gruesa con áridos menores a 22mm); AC32 base G (mezcla gruesa con áridos menores a 22mm) o AC 22 base S MAM (mezcla semidensa de alto modulo con áridos menores a 22mm)

•El ligante hidrocarbonaro a usar en la mezcla será del 4.5% de masa (total de la mezcla junto con áridos) para mezclas semidensas y densas; si la densidad de los áridos es diferente a 2.65 g/cm3 se corrigen multiplicándolo por un factor α= 2.65/Pd, donde Pd es la densidad de las partículas.
•El ligante hidrocarbonaro (Betún o asfalto) a usar en la mezcla será según la zona térmica ya sea Cálida, Media o templada:
-Para tráfico T4 podrán ser tipo 50/70 o 70/100 o BC 50/70 para cualquier tipo de clima
-Para tráfico T32 podrán ser Tipo 50/70 o BC50/70 para zona cálida, 50/70 o 70/100 o BC50/70 para zona media y zona templada.
-Para tráfico T2 y T31 podrán ser tipo 35/50 o 50/70 o BC35/50 o BC50/70 o PMB 45/80-60 para zona cálida, 50/70 o BC50/70 o PMB 45/80-60 para zona media, 50/70 o 70/100 o BC50/70 o PMB 45/80-60
-Para tráfico T1 podrán ser 35/50 o BC35/50 o PMB 25/55-65 o PMB 45/80-60 o PMB 45/80-65 para zona cálida, 35/50 o 50/70 o BC35/50 o BC50/70 o PMB 45/80-60 para zona media, 50/70 o 70/100 o BC50/70 o PMB 45/80-60.
-Para tráfico T00 y T0 podrán ser 35/50 o BC35/50 o PMB 25/55-65 o PMB 45/80-65 para zona cálida, 35/50 o BC35/50 o PMB 45/80-60 o PMB 45/80-65 para zona media, 50/70 o BC50/70 o PMB 45/80-60 o PMB 45/80-65 para zona templada.
•Ligante (betún o asfalto) deberán según el tipo tener las siguientes características:
-**Tipo 35/50** (convencional): Penetración a 25°C de entre 35-50 décimas de mm (0,1mm); punto de reblandamiento de entre 50-58°C; valores de resistencia al envejecimiento como cambio de masa ≤ 0,5%, penetración retenida ≥ 53%, incremento punto de reblandamiento ≤ 11°C; índice de penetración de -1.5 a 0.7; punto de fragilidad Fraass ≤ -5°C; punto de inflamación en vaso abierto ≥ 240°C y solubilidad ≥ 99%.
-**Tipo 50/70** (convencional): Penetración a 25°C de entre 50-70 (0,1mm); punto de reblandamiento de entre 46-54°C; valores de resistencia al envejecimiento como cambio de masa ≤ 0,5%, penetración retenida ≥ 53%, incremento punto de reblandamiento ≤ 10°C; índice de penetración de -1.5 a 0.7; punto de fragilidad Fraass ≤ -8°C; punto de inflamación en vaso abierto ≥ 230°C y solubilidad ≥ 99%.
-**Tipo 70/100** (convencional)): Penetración a 25°C de entre 70-100 (0,1mm); punto de reblandamiento de entre 43-51°C; valores de resistencia al envejecimiento como cambio de masa ≤ 0,8%, penetración retenida ≥ 46%, incremento punto de reblandamiento ≤ 11°C; índice de penetración de -1.5 a 0.7; punto de fragilidad Fraass ≤ -10°C; punto de inflamación en vaso abierto ≥ 230°C y solubilidad ≥ 99%.
-**Tipo BC35/50 y BC50/70** son modificados con caucho y deben cumplir las mismas especificaciones que los modificados.
-**Tipo PMB 25/55-65** (modificados con polímeros): Penetración a 25°C de entre 25-55 (0,1mm); punto de reblandamiento ≥ 65°C; cohesión fuerza-ductilidad a 10°C ≥ 2 J/cm2; punto de fragilidad Fraass ≤ -7°C; recuperación elástica a 25°C ≥ 50%; valores de estabilidad al almacenamiento para una diferencia de reblandecimiento ≤ 5°C y diferenciade penetración ≤ 9 (0,1mm); punto de inflamación en vaso abierto ≥ 235°C; valores para durabilidad seran, cambio de masa ≤ 0,8%, penetración retenida ≥ 60%, incremento de punto de reblandamiento ≤ 8°C y disminución ≤ 5°C.
-Tipo PMB 45/80-60 y PMB 45/80-65 (modificados con polímeros): Penetración a 25°C de entre 45-80 (0,1mm); punto de reblandamiento ≥ 60°C para TMB 45/80-60 y ≥ 65°C para TMB 45/80-65; cohesión fuerza-ductilidad a 5°C ≥ 2 J/cm2 para TMB 45/80-60 y ≥ 3°C para TMB 45/80-65; punto de fragilidad Fraass ≤ -12°C para TMB 45/80-60 y ≤ -15°C para TMB 45/80-65; recuperación elástica a 25°C ≥ 50% para TMB 45/80-60 y ≥ 70% para TMB 45/80-65; valores de estabilidad al almacenamiento para una diferencia de reblandecimiento ≤ 5°C y diferenciade penetración ≤ 9 (0,1mm); punto de inflamación en vaso abierto ≥ 235°C; valores para durabilidad serán, cambio de masa ≤ 1%, penetración retenida ≥ 60%, incremento de punto de reblandamiento ≤ 10°C y disminución ≤ 5°C.

•La mezcla bituminosa deberá tener un contenido de huecos entre 4-6% para tráficos T00 y T2; y de 3-6 para tráficos de T3 a T4.
-También podrá tenerse de ser exigido un contenido de huecos en áridos ≥ 14%.
-Pendiente de deformación media luego de 5000 a 10000 ciclos, para clima cálido será ≤ 0.07% para tráfico T00 a T2 y ≤ 0.10% para T3 (en T2 y T3 podrán ser mayores si deformación en pista es ≤ 0.10 en T2 y ≤ 0.15 en T3, y profundidad media es < 5%); en clima medio ≤ 0.07 para tráfico T00 a T1, será ≤ 0.10% para T2 y ≤ 0.15 para T3 (en T1 y T2 podrán ser mayores si deformación en pista es ≤ 0.10 en T1 y ≤ 0.15 en T2, y profundidad media es < 5%); para clima templado ≤ 0.10% para tráficos T00 a T2 (en T1 y T2 podrán ser mayores si deformación en pista es ≤ 0.15 y profundidad media es < 5%). también, La sensibilidad del agua con un valor de resistencia conservada en adhesividad árido-ligante ≥ 85%.

penetración de -1.5 a 0.7; punto de inflamación en vaso abierto ≥ 245°C y solubilidad ≥ 99%.
-Tipo PMB 10/40-70: Penetración de entre 10-40 (0,1mm); punto de reblandamiento ≥ 70°C; cohesión fuerza-ductilidad a 5°C ≥ 2 J/cm2; punto de fragilidad Fraass ≤ -5°C; recuperación elástica a informar; valores de estabilidad al almacenamiento para una diferencia de reblandecimiento ≤ 5°C y diferencia de penetración ≤ 9 (0,1mm); punto de inflamación en vaso abierto ≥ 235°C; valores para durabilidad serán, cambio de masa ≤ 0.8%, penetración retenida ≥ 60%, incremento de punto de reblandamiento ≤ 8°C y disminución ≤ 5°C.

•Para capa intermedia y base se podrá usar material árido procedente del fresado de mezclas bituminosas en caliente que deberán cumplir con los requisitos de un material árido natural, estos deberán pasar por el tamiz 40mm y se podrán usar en una proporción de como máximo 15% de la masa total; dependiendo las circunstancias se podrá incluir > 15% en material pero menos de 60%, si es más de 60% deberá ser autorizado.
•A continuación las especificaciones para áridos que son diferentes respecto a la de rodadura (no se incluye coeficiente de pulimiento ya que solo aplica a rodadura):
-% partículas total y parcialmente trituradas de 100% para tráficos T00 a T1; ≥ 90% para tráficos T2 y ≥ 70% para tráficos T3 (solo aplica capa base)
-% partículas totalmente redondeadas de 0% para tráficos T00 a T1; ≤ 1% para tráficos T2 y ≤ 10% para tráficos T3 (solo para capa base)
-Indice de lajas y contenido de impurezas será igual que la capa de rodadura.
-Coeficiente de los Ángeles ≤ 25 para tráficos T00 a T1 para capa base y para T00 a T4 en capa intermedia; para tráficos T2 y T3 en capa base será ≤ 30

•La franja granulométrica para capa intermedia será los tipo AC22 D o AC22 S o AC32 S o AC22 S MAM; y para capa base serán AC32 S o AC22 G o AC32 G o AC22 S MAM
- AC32 S con PP (45 mm): 100; PP (32 mm): 90-100; PP (16 mm): 68-82; PP (8 mm): 48-63; PP (2 mm): 24-38; PP (0.5 mm): 11-21; PP (0.250 mm): 7-15 y PP (0.063 mm): 3-7.
-AC22 G con PP (32 mm): 100; PP (22 mm): 90-100; PP (16 mm): 65-86; PP (8 mm): 40-60; PP (2 mm): 18-32; PP (0.5 mm): 7-18; PP (0.250 mm): 4-12 y PP (0.063 mm): 2-5.
- AC32 G con PP (45 mm): 100; PP (32 mm): 90-100; PP (16 mm): 58-76; PP (8 mm): 35-54; PP (2 mm): 18-32; PP (0.5 mm): 7-18; PP (0.250 mm): 4-12 y PP (0.063 mm): 2-5.

•La mezcla para multicapa será para capas intermedias de 4-6% en T00 y T0, de 4-7% de T1 a T4. Para capa base será de 4-7% en T00 y T0, y de 4-8% de T1 a T3. Si la mezcla es de alto módulo será de 4-6% para cualquiera de las capas. El contenido de huecos en áridos será igual que en capa de rodadura.
-Para capa intermedia los valores son iguales a capa de rodadura, en cambio para capa base el valor de pendiente en deformación de pista en clima cálido será ≤ 0.07% para tráfico T00 a T1 y ≤ 0.10% para T2 y T31; clima medio ≤ 0.07 para tráfico T00 a T1 y ≤ 0.10% para T1; para clima templado ≤ 0.10% para tráficos T00 y T0. también una sensibilidad al agua ≥ 80%.
-La sensibilidad del agua con un valor de resistencia conservada en adhesividad árido-ligante ≥ 80% para ambas capas.
-Para mezcla de alto módulo un valor de módulo dinámico ≥ 11000 Mpa y resistencia a la fatiga ≥ 100µm/m (microdeformaciones)

•Para imprimación se usan tipo Emulsión C50BF4 IMP o C60BF4 IMP y para riego de adherencia los C60B3 ADH, C60B3 TER, C60BP3 ADH o C60BP3 TER; estas últimas deberán cumplir lo siguiente:
-Para C60B3 ADH, C60B3 TER, C60BP3 ADH o C60BP3 TER: Indice de rotura de 70-155; contenido de ligante (por contenido de agua) de 58-62%; contenido de fluidificante ≤ 2%; tiempo de fluencia (2mm, 40°C) de 40-130%; residuo de tamizado ≤ 0.1% y tendencia a sedimentación a los 7d ≤ 10%; adhesividad ≥ 90%; en el residuo por evaporación una penetración a 25°C ≤ 330 dmm (C60B3 ADH y C60BP3 ADH) y ≤ 50 dmm (C60B3 TER o C60BP3 TER), punto de reblandamiento ≥ 35°C C60B3 ADH y C60BP3 ADH, para C60B3 TER será ≥ 50°C y para C60BP3 TER ≥ 55°C; cohesión ≥ 0,5 J/cm2 para C60BP3 ADH y C60BP3 TER, además de una recuperación elástica ≥ 50 % para C60BP3 TER; y en residuo por evaporación y luego estabilización, una penetración ≤ 220 dmm (C60B3 ADH y C60BP3 ADH) y ≤ 50 (C60B3 TER o C60BP3 TER para C50BF4 IMP); punto de reblandamiento ≥ 35°C para C60B3 ADH, ≥ 50°C para C60B3 TER, ≥ 43°C para C60BP3 ADH y ≥ 55°C para C60BP3 TER, cohesión ≥ 0,5 J/cm2 para C60BP3 ADH y C60BP3 TER, recuperación elástica a 25°C ≥ 50% para C60BP3 ADH.

Estados Unidos	•Esta mezcla se podrá usar en tráficos desde menores a 0.3 millones ESAL hasta mayores de 30 millones ESAL •Según la FHWA se deberá cumplir que el asfalto a usar cumpla con alguno de los requisitos de la AASHTO M320. Aunque, la AASHTO añade que se podrán tener en cuenta requisitos de la normas AASHTO M 20 para asfalto penetrado (que fue descontinuada en 2009), AASHTO M 320 para asfalto de grado de desempeño, o AASHTO M 226 para asfalto de grado de viscosidad; también añade el asfalto rebajado (asfalto y solvente volátil) que cumpla las normas AASHTO M 81 para tipos de curado rápido (RC) y M 82 para tipos de curado medio (MC) •Los agregados no podrán ser aquellos pulidos o carbonatados que contengan menos de 25% en masa de residuos insolubles. -Según la AASHTO el agregado grueso será de piedra triturada, escoria triturada, grava triturada o grava natural. El agregado fino será de arena natural, arena fabricada, cribas de piedra, cribas de escoria o combinación de estos. (Se podrán usar materiales reciclados como hormigón de cemento portland) •Se podrá usar asfalto reciclado o tejas de asfalto reciclado, las cuales debieron cumplir con los parámetros de la AASHTO M323 y AASHTO MP 23 y PP 78 respectivamente. •Se podrán usar aditivos, que en caso de no especificarlo utilizar la Cal •La AASHTO añade que el cemento a usar podrá ser cualquiera de los presentados en la AASHTO M85 y además certificado de que los cumpla. Los tipos que presenta esta normativa son: -Tipo I para uso cuando no se requiere propiedades especiales, tipo IA para el mismo uso que el I cuando se desea incorporar de aire, tipo II para uso general deseando resistencia moderada a los sulfatos, tipo IIA con mismo uso que el II cuando se desea incorporar aire, tipo II (MH) para uso general y cuando se desea calor de hidratación moderado y resistencia moderada a los sulfatos, tipo II(MH)A con mismo usos que tipo II (MH) cuando se desea incorporar de aire, tipo III para alta resistencia inicial, tipo IIIA para el mismo uso que el tipo III cuando se desea incorporar de aire, tipo IV para cuando se desea bajo calor de hidratación, tipo V para alta resistencia a los sulfatos. •El llenante mineral fabricado fuera de sitio deberá ser de un fabricante con certificación ISO 9000 o un sistema efectivo de inspección. •El asfalto deberá ser fabricado en sitios con certificación ISO 9000	**Según la FWHA:** •El agregado deberá tener las siguientes propiedades: -Abrasión Los Ángeles ≤ 35%; Estabilidad del agregado con sulfato de sodio ≤ 12%; caras fracturadas ≥ 90%; angularidad del agregado fino ≥ 40%; partículas planas y alagadas ≤ 10%; equivalencia de arena ≥ 45% -Según la AASHTO, el agregado grueso si es escoria debe tener una densidad de 1120 kg/m3, para el agregado grueso en general, el 40% de la masa que pasa por tamiz de 4.75 mm con al menos 1 cara fracturada y un valor de perdida por sulfato de sodio ≤ 12% y magnesio ≤ 18%, también un valor de degradación ≤ 40% (no aplica a escoria) -La AASHTO M323 presenta unos valores de caras fracturadas para agregado grueso según la profundidad que tiene; para ESALs < 0.3 y profundidad ≤100 mm debe ser ≥ 55%, ESALs de 0.3 a < 3 será de 75% para profundidades ≤100 mm y 50% para mayores a 100 mm, ESALs de 3 a < 10 será de 85/80%(85% una cara y 80% 2 caras) para espesores ≤100 mm y de 60% para > 100 mm, ESAL de 10 a < 30 será de 85/90% para espesores ≤100 mm y de 80/75% para > 100 mm, cuando el tráfico es con un ESAL ≥ 30 será de 100/100% en cualquier espesor. Para agregado fino un contenido de huecos ≥ 40% para ESALs < 3 y cualquier tipo de profundidad, para ESALs < 30 será ≥ 45% en profundidad ≤100 mm y ≥ 40% para > 100 mm, y para ESALs ≥ 30 será ≥ 45% para cualquier tipo de profundidad, y según la ASTM M29 el agregado fino debe pasar por el tamiz 9.5 mm y en su mayoría también por el N°4. También, un porcentaje de partículas planas y elongadas de máximo 10% para cualquier ESAL, una equivalencia de arena ≥ 40% para ESALs < 3, ≥ 45% para ESALs de 3 a < 30 y ≥ 50% para ESALs ≥ 30 -Si se usa material de pavimento asfáltico este deberá pasar el 100% por el tamiz de 50 mm; si es teja asfáltica reciclada el 100% debe pasar por el tamiz de 9.5 mm. •Se tendrá 5 tipos de granulometría, para 25mm, 19 mm, 12.5 mm, 9.5 mm o N°4 -Para 25 mm: PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 90-100, PP (19 mm) menos de 90, PP8: 19-45 y PP200: 1-7 -Para 19 mm: PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 90-100, PP (12.5 mm) menos de 90, PP8: 23-49 y PP200: 2-8 -Para 12.5 mm: PP (19mm): 100, PP (12.5mm): 90-100, PP (9.5mm) menos de 90, PP8: 28-58 y PP200: 2-10 -Para 9.5 mm: PP (12.5mm): 100, PP (9.5mm): 90-100, PP4 menos de 90, PP8: 32-67 y PP200: 2-10 -Para N°4: PP (9.5mm): 100, PP (4.75mm): 95-100, PP8: 70-80 y PP200: 4-10 •Según la AASHTO serán 6 tipos de granulometrías tanto para material reciclado como triturado o natural, para 37.5mm, 25mm, 19 mm, 12.5 mm, 9.5 mm o 4.75mm (los de 25 mm, 19 mm, 12.5 mm y 9.5 mm igual a FHWA) -Para 37.5 mm: PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 90-100, PP (25 mm) < 90, PP (2.36 mm) de 15-41 y PP (0.075): 0-6 -Para 4.75 mm: PP (12.5mm): 100, PP (9.5mm): 95-100, PP (4.75mm): 90-100, PP (1.18): 30-55 y PP (0.075 mm): 6-13 •El asfalto a usar dependerá de la norma; en la AASHTO M20 serán 40-50, 60-70, 85-100, 120-150 o 200-300; en la AASHTO M226 serán la AC-2.5, AC-5, AC-10, AC-20 o AC-40 y AR-10, AR-20, AR-40, AR-80 o AR-160 (los tipo AR son basados en viscosidad del residuo RTFOT); y por último, la AASHTO M320 serán las PG 46, PG 52, PG 58, PG 64, PG 70, PG 76 o PG 82, que a su vez cada uno presenta varias condiciones específicas de grado de desempeño. -**Tipo 40-50, 60-70 y 85-100:** Penetración a 25°C de entre 40-50 dmm para tipo 40-50, de entre 60-70 dmm para tipo 60-70, de entre 85-100 dmm para tipo 85-100; punto de inflamación en vaso abierto ≥ 232°C; ductibilidad a 25°C ≥ 100 cm (5cm por minuto); solubilidad en tricloroetileno ≥ 99%; en pruebas de horno en película delgada deberá tener perdidas por calentamiento de ≤ 0.8% para 40-50 y 60-70, y ≤ 1% para 85-100, penetración del residuo ≥ 58% de la original para 40-50 y será ≥ 54% para 60-70 y ≥ 50% para 85-100, ductibilidad del residuo ≥ 50 cm para 60-70 y ≥ 75% para 85-100 (no presenta para 40-50); opcionalmente una prueba de punto con resultados negativos para nafta estándar, el solvente de nafta-xileno o el solvente de heptano-xileno. -**Tipo 120-150 y 200-300:** Penetración a 25°C de entre 120-150 dmm para tipo 120-150 y de entre 200-300 dmm para tipo 200-300; punto de inflamación en vaso abierto ≥ 218°C para 120-150 y ≥ 177°C para 200-300; ductibilidad a 25°C ≥ 100 cm (solo para 120-150); solubilidad en tricloroetileno ≥ 99%; en pruebas de horno en película delgada deberá tener perdidas por calentamiento de ≤ 1.3% para 120-150 y ≤ 1.5% para 200-300, penetración del residuo ≥ 46% de la original para 120-150 y será ≥ 40% para 200-300, ductibilidad del residuo ≥ 46 cm para 120-150 y ≥ 40% para 200-300; opcionalmente una prueba de punto con resultados negativos. -**Tipo AC-2.5:** Viscosidad a 60°C de 25±5 Pa.s; viscosidad a 135°C ≥ 80 mm2/s; penetración a 25°C ≥ 200; punto de inflamación en vaso abierto ≥ 163°C; solubilidad ≥ 99%; en pruebas de residuos del ensayo de horno de capa fina deberá tener una viscosidad a 60°C ≤ 100 Pa.s, ductibilidad a 25°C de ≥ 100 cm y si no cumple podrá a 15.6°C de 100 cm mínimo; opcionalmente una prueba de punto con resultados negativos. -**Tipo AC-5:** Viscosidad a 60°C de 50±10 Pa.s; viscosidad a 135°C ≥ 100 mm2/s; penetración a 25°C ≥ 120; punto de inflamación en vaso abierto ≥ 177°C; solubilidad ≥ 99%; en pruebas de residuos del ensayo de horno de capa fina deberá tener una viscosidad a 60°C ≤ 200 Pa.s, ductibilidad a 25°C de ≥ 100 cm; opcionalmente una prueba de punto con resultados negativos. -**Tipo AC-10:** Viscosidad a 60°C de 100±20 Pa.s; viscosidad a 135°C ≥ 150 mm2/s; penetración a 25°C ≥ 70; punto de inflamación en vaso abierto ≥ 219°C; solubilidad ≥ 99%; en pruebas de residuos del ensayo de horno de capa fina deberá tener una viscosidad a 60°C ≤ 400 Pa.s, ductibilidad a 25°C de ≥ 50 cm; opcionalmente una prueba de punto con resultados negativos. -**Tipo AC-20:** Viscosidad a 60°C de 200±40 Pa.s; viscosidad a 135°C ≥ 210 mm2/s; penetración a 25°C ≥ 40; punto de inflamación en vaso abierto ≥ 232°C; solubilidad ≥ 99%; en pruebas de residuos del ensayo de horno de capa fina deberá tener una viscosidad a 60°C ≤ 800 Pa.s, ductibilidad a 25°C de ≥ 20 cm; opcionalmente una prueba de punto con resultados negativos. -**Tipo AC-40:** Viscosidad a 60°C de 400±80 Pa.s; viscosidad a 135°C ≥ 30 mm2/s; penetración a 25°C ≥ 20; punto de inflamación en vaso abierto ≥ 232°C; solubilidad ≥ 99%; en pruebas de residuos del ensayo de horno de capa fina deberá tener una viscosidad a 60°C ≤ 1600 Pa.s, ductibilidad a 25°C de ≥ 10 cm; opcionalmente una prueba de punto con resultados negativos. -**Tipo AR-10**: Viscosidad a 60°C de 100±25 Pa.s; viscosidad a 135°C ≥ 140 mm2/s; penetración a 25°C ≥ 65; ductibilidad a 25°C de ≥ 100 cm y si no cumple podrá a 15.6°C de 100 cm mínimo; pruebas en el asfalto original deberá tener un punto de inflamación ≥ 205°C y solubilidad ≥ 99%. -**Tipo AR-20:** Viscosidad a 60°C de 200±50 Pa.s; viscosidad a 135°C ≥ 200 mm2/s; penetración a 25°C ≥ 40; porcentaje de penetración original ≥ 40; ductibilidad a 25°C de ≥ 100 cm y si no cumple podra a 15.6°C de 100 cm mínimo; pruebas en el asfalto original debera tener un punto de inflamación ≥ 219°C y solubilidad ≥ 99%. -**Tipo AR-40:** Viscosidad a 60°C de 400±100 Pa.s; viscosidad a 135°C ≥ 200 mm2/s; penetración a 25°C ≥ 40; porcentaje de penetración original ≥ 40; ductibilidad a 25°C de ≥ 100 cm y si no cumple podra a 15.6°C de 100 cm mínimo; pruebas en el asfalto original debera	•El material debe estar en una de las 5 franjas granulométricas específicas que existen y que se selecciona en la etapa de diseño, aunque según la AASHTO son 6 tipos. •Se añaden granujerías para agregados finos presentados en la ASTM M29, que son para grado N°1, 2, 3, 4 o 5: -N°1: PP (9.5 mm): 100, PP4: 95-100, PP8: 70-100, PP16: 40-80, PP30: 20-65, PP50: 7-40, PP100: 2-20 y PP200: 0-10. -N°2: PP4: 100, PP8: 75-100, PP16: 50-74, PP30: 28-52, PP50: 8-30, PP100: 0-12 y PP200: 0-5. -N°3: PP4: 100, PP8: 95-100, PP16: 85-100, PP30: 65-90, PP50: 30-60, PP100: 5-25 y PP200: 0-5. -N°4: PP (9.5 mm): 100, PP4: 80-100, PP8: 65-100, PP16: 40-80, PP30: 20-65, PP50: 7-40, PP100: 2-20 y PP200: 0-10. -N°4: PP (9.5 mm): 100, PP4: 80-100, PP8: 65-100, PP16: 40-80, PP30: 20-65, PP50: 7-46 y PP100: 2-30 •También si es una mezcla superpave se realizara un diseño según la AASHTO R35. Donde también indica que este diseño puede incluir aditivos antidecapado o de silicona. •Los requisitos para el tipo de asfalto AC, podrán ser distintos a los indicados, donde solo cambian algunos datos: -Para AC-2.5 cambiara la viscosidad a 135°C ≥ 125 mm2/s, penetración a 25°C ≥ 220; para AC-5 la viscosidad a 135°C ≥ 175 mm2/s, penetración a 25°C ≥ 140 y añadiendo en pruebas de residuos un valor de perdida por calentamiento ≤ 1%; en AC-10 la viscosidad a 135°C ≥ 250 mm2/s, penetración a 25°C ≥ 80, añadiendo en pruebas de residuos un valor de perdida por calentamiento ≤ 0.5% y ductibilidad ≥ 75 cm; en AC-20 la viscosidad a 135°C ≥ 300 mm2/s, penetración a 25°C ≥ 60, añadiendo en pruebas de residuos un valor de perdida por calentamiento ≤ 0.5% y ductibilidad ≥ 50 cm; para AC-40 la viscosidad a 135°C ≥ 400 mm2/s, penetración a 25°C ≥ 40, añadiendo en pruebas de residuos un valor de perdida por calentamiento ≤ 0.5% y ductibilidad ≥ 25 cm. -Se añade también el tipo AC-30: Viscosidad a 60°C de 300±60 Pa.s; viscosidad a 135°C ≥ 350 mm2/s; penetración a 25°C ≥ 50; punto de inflamación en vaso abierto ≥ 232°C; solubilidad ≥ 99%; en pruebas de residuos del ensayo de horno de capa fina deberá tener una perdida por calentamiento ≤ 0.5%, viscosidad a 60°C ≤ 1200 Pa.s, ductibilidad a 25°C de ≥ 40 cm; opcionalmente una prueba de punto con resultados negativos. •Los asfaltos tipos PG tienen un apartado para ligantes asfálticos de alto rendimiento con la misma denominación de grados de desempeño, en el cual tienen los mismo requisitos solo añadiendo un valor de temperatura crítica baja de fisuración la cual remplaza y tendrá el mismo valor que rigidez a la fluencia así como de tensión directa. •Estos son los tipos de asfalto que se usan para riego de liga (para superficie existente o juntas) o riego de liga sin rastreo (para superficie existente) y de que normativa son: -AASHTO M20 serán 40-50, 60-70, 85-100, 120-150 o 200-300 -AASHTO M320 serán las PG 46, PG 52, PG 58, PG 64, PG 70, PG 76 o PG 82 -AASHTO M226 seran las AC-2.5, AC-5, AC-10, AC-20 o AC-40 y AR-10, AR-20, AR-40, AR-80 o AR-160 •Las especificaciones para estos riegos de liga son los mismos que se presentan en los requisitos para asfalto en la mezcla asfáltica en caliente.

tener un punto de inflamación ≥ 219°C y solubilidad ≥ 99%.
-**Tipo AR-80:** Viscosidad a 60°C de 800±200 Pa.s; viscosidad a 135°C ≥ 400 mm2/s; penetración a 25°C ≥ 20; porcentaje de penetración original ≥ 50; ductibilidad a 25°C de ≥ 75 cm; pruebas en el asfalto original deberá tener un punto de inflamación ≥ 232°C y solubilidad ≥ 99%.
-**Tipo AR-160:** Viscosidad a 60°C de 1600±50 Pa.s; viscosidad a 135°C ≥ 550 mm2/s; penetración a 25°C ≥ 20; porcentaje de penetración original ≥ 52; ductibilidad a 25°C de ≥ 75 cm; pruebas en el asfalto original deberá tener un punto de inflamación ≥ 238°C y solubilidad ≥ 99%.
-**PG 46** (podrá ser 3 grados de desempeño que será la misma temperatura a superar y son 34, 40 y 46): Temperatura máxima promedio durante 7 días < 46°C; para el asfalto original un punto de inflamación ≥ 230°C, viscosidad de 135°C (3 Pa.s) y corte dinámico ≥ 46°C; para Residuo del Horno de Película Delgada en Movimiento RTFOT un cambio de masa corte ≤ 1% y corte dinámico a 46°C. Para el residuo del recipiente de envejecimiento a presión una temperatura de envejecimiento PAV de 90°C; corte dinámico se realiza a 10°C, 7°C y 4°C para grados de desempeño 34, 40 y 46 respectivamente. Rigidez a la fluencia así como de tensión directa de -24°C, -30°C y -36°C para grados de desempeño 34, 40 y 46 respectivamente.
-**PG 52** (podrá ser 7 grados de desempeño que será la misma temperatura a superar y son 10, 16, 22, 28, 34, 40 y 46): Temperatura máxima promedio durante 7 días < 52°C; para el asfalto original un punto de inflamación ≥ 230°C, viscosidad de 135°C y corte dinámico a 52°C; para Residuo del Horno de Película Delgada en Movimiento RTFOT un cambio de masa corte ≤ 1% y corte dinámico a 52°C. Para el residuo del recipiente de envejecimiento a presión una temperatura de envejecimiento PAV de 90°C; corte dinámico de 25°C, 22°C, 19°C, 16°C, 13°C, 10°C y 7°C para grados de desempeño 10, 16, 22, 28, 34, 40 y 46 respectivamente. Rigidez a la fluencia asi como de tensión directa de 0°C, -6°C, -12°C, -18°C, -24°C, -30°C y -36°C para grados de desempeño 10, 16, 22, 28, 34, 40 y 46 respectivamente.
-**PG 58** (podrá ser 5 grados de desempeño que será la misma temperatura a superar y son 16, 22, 28, 34 y 40): Temperatura máxima promedio durante 7 días < 58°C; para el asfalto original un punto de inflamación ≥ 230°C, viscosidad de 135°C y corte dinámico a 58°C; para Residuo del Horno de Película Delgada en Movimiento RTFOT un cambio de masa corte ≤ 1% y corte dinámico a 58°C. Para el residuo del recipiente de envejecimiento a presión una temperatura de envejecimiento PAV de 100°C; corte dinámico de 25°C, 22°C, 19°C, 16°C y 13°C para grados de desempeño 16, 22, 28, 34 y 40 respectivamente. Rigidez a la fluencia así como de tensión directa de -6°C, -12°C, -18°C, -24°C y -30°C para grados de desempeño 16, 22, 28, 34 y 40 respectivamente.
-**PG 64** (podrá ser 6 grados de desempeño que será la misma temperatura a superar y son 10, 16, 22, 28, 34 y 40): Temperatura máxima promedio durante 7 días < 64°C; para el asfalto original un punto de inflamación ≥ 230°C, viscosidad de 135°C y corte dinámico a 56°C; para Residuo del Horno de Película Delgada en Movimiento RTFOT un cambio de masa corte ≤ 1% y corte dinámico a 64°C. Para el residuo del recipiente de envejecimiento a presión una temperatura de envejecimiento PAV de 100°C; corte dinámico de 31°C, 28°C, 25°C, 22°C, 19°C y 16°C para grados de desempeño 10, 16, 22, 28, 34 y 40 respectivamente. Rigidez a la fluencia así como de tensión directa de 0°C, -6°C, -12°C, -18°C, -24°C y -30°C para grados de desempeño 10, 16, 22, 28, 34 y 40 respectivamente.
-**PG 70** (podrá ser 6 grados de desempeño que será la misma temperatura a superar y son 10, 16, 22, 28, 34 y 40): Temperatura máxima promedio durante 7 días < 70°C; para el asfalto original un punto de inflamación ≥ 230°C, viscosidad de 135°C (3 Pa.s) y corte dinámico a 70°C; para Residuo del Horno de Película Delgada en Movimiento RTFOT un cambio de masa corte ≤ 1% y corte dinámico a 70°C. Para el residuo del recipiente de envejecimiento a presión una temperatura de envejecimiento PAV de 100°C; corte dinámico de 34°C, 31°C, 28°C, 25°C, 22°C y 19°C para grados de desempeño 10, 16, 22, 28, 34 y 40 respectivamente. Rigidez a la fluencia así como de tensión directa de 0°C, -6°C, -12°C, -18°C, -24°C y -30°C para grados de desempeño 10, 16, 22, 28, 34 y 40 respectivamente.
-**PG 76** (podrá ser 5 grados de desempeño que será la misma temperatura a superar y son 10, 16, 22, 28 y 34): Temperatura máxima promedio durante 7 días < 76°C; para el asfalto original un punto de inflamación ≥ 230°C, viscosidad de 135°C (3 Pa.s) y corte dinámico a 76°C; para Residuo del Horno de Película Delgada en Movimiento RTFOT un cambio de masa corte ≤ 1% y corte dinámico a 76°C. Para el residuo del recipiente de envejecimiento a presión una temperatura de envejecimiento PAV de 110°C; corte dinámico de 37°C, 34°C, 31°C, 28°C y 25°C para grados de desempeño 10, 16, 22, 28, 34 y 40 respectivamente. Rigidez a la fluencia así como de tensión directa de 0°C, -6°C, -12°C, -18°C, -24°C y -30°C para grados de desempeño 10, 16, 22, 28, 34 y 40 respectivamente.
-**PG 82** (podrá ser 5 grados de desempeño que será la misma temperatura a superar y son 10, 16, 22, 28 y 34): Temperatura máxima promedio durante 7 días < 82°C; para el asfalto original un punto de inflamación ≥ 230°C, viscosidad de 135°C (3 Pa.s) y corte dinámico a 82°C; para Residuo del Horno de Película Delgada en Movimiento RTFOT un cambio de masa corte ≤ 1% y corte dinámico a 82°C. Para el residuo del recipiente de envejecimiento a presión una temperatura de envejecimiento PAV de 110°C; corte dinámico de 40°C, 37°C, 34°C, 31°C y 28°C para grados de desempeño 10, 16, 22, 28 y 34 respectivamente. Rigidez a la fluencia así como de tensión directa de 0°C, -6°C, -12°C, -18°C y -24°C para grados de desempeño 10, 16, 22, 28 y 34 respectivamente.

•Para la mezcla se deberá tener los siguientes requisitos:
-Contenido de material reciclado ≤ 20% (según la AASHTO será 30% y de tejas asfálticas reciclados que pasen por tamiz 9.5mm de 5%); relación de resistencia a la tracción ≥ 0.8
-Huecos mínimos en agregado mineral para tráficos menores a 0.3 hasta 30 ESAL si es para agregado tipo 25 mm será de 12-15%, para tipo 19 mm será de 13-16%; para tipo 12.5 mm de 14-17% y para 9.5mm de 15-18. Para tráficos mayores a 30 ESAL solo está el parámetro para tipo N°4 y es de 16-19%
-Huecos rellenos de asfalto será para tráfico < 0.3 de 70-80%, para tráfico de 0.3 a < 3 será de 65-78%, para tráfico de 3 a 30 será de 65-78%, para mayores de 30 será de 76-80%
-Relación polvo-aglutinante para tráficos menores a 0.3 hasta 30 ESAL será de 0.8-1.6 y para mayores de 30 ESAL será de 0.6-2
•La FWHA presenta unos requisitos adicionales cuando esta fue diseñada por método Hveem (AASHTO T246 y T247) o por método Marshall (AASHTO T245) y serán tres tipos de mezcla, clase A, B o C.
-Cualquier sea el método deberá tener un porcentaje de vacíos de aire de 3-5%; relación resistencia a la tracción ≥ 0.8 y relación polvo-aglutinante de 0.8-1.6
-Para método Hveem: Valor de estabilometro ≥ 37 para clase A, ≥ 35 para clase B y ≥ 30 para clase C.
-Para método Marshall: Estabilidad para clase A ≥ 8.89kN, para clase B ≥ 6.67kN y para clase C ≥ 4.44kN; flujo (0.25mm) para clase A será de 8-14, para clase B será de 8-16 y clase C de 8-20.
-Huecos en agregado mineral: Para tamiz N°4 si es Hveem será ≥ 16% y para Marshall ≥ 18%; tamiz 9.5 mm si es Hveem será ≥ 14% y para Marshall ≥ 16%; tamiz 12.5 mm si es Hveem será ≥ 13% y para Marshall ≥ 15%; tamiz 19 mm si es Hveem será ≥ 12% y para Marshall ≥ 14%; tamiz 25 mm si es Hveem será ≥ 11% y para Marshall ≥ 13%

Sudáfrica	•El agregado a usar podrá ser material granular de origen natural, manufacturado o reciclado. -Agregado grueso según la SANS 1083 deberá provenir de agregado formado por la desintegración natural de la roca, agregado producido por trituración o molienda mecánica de la roca y/o agregado derivado de una mezcla. -Si es material reciclado podrá ser de asfalto reciclado y deberá estar libre de contaminantes, ni que contenga alquitrán. Además, este material debe tener características similares al no reciclado. -Se podrá usar rellenos como polvo natural, harina de roca, cal hidratada o cemento. -Se podrá usar solo si se indica rejuvenecedores de betún. •Habrá 3 tipos de vías, Nivel IA, Nivel IB, Nivel II o Nivel III; se usara según lo siguiente: -Nivel IA: Bajo riesgo de daño con para tráfico < 0.3 millones (E80) -Nivel IB: Bajo riesgo de daño con tráfico de 0.3 a 3 millones -Nivel II: Mediano a alto riesgo para tráfico > 3 hasta 30 millones -Nivel III: Alta exposición al riego y tráfico > 30 millones. •Se podrá usar emulsión bituminosa o también betún espumado (Si es necesario) -Se usara emulsión aniónica o catiónica para la emulsión; donde generalmente se usa más la emulsión aniónica de grado estable y fraguado lento; ya que la emulsión bituminosa catiónica es más compatible con agregados ácidos con alto porcentaje de sílice y bajo contenido de álcali, como cuarcita, granito, arenisca, riolita, sienita y felsita. Se tiene emulsión catiónica de fraguado lento (CSS60) o una emulsión aniónica de grado estable (SS60) como las normalmente usadas. -Si es para betún espumado se usara betún asfaltico de grado de penetración; con uso de betún de penetración 70/100 •Si se usa cemento como complemento a la mezcla sera cemento de 32.5N y si se usa cal que cumpla la SANS 824 donde se podra usar cal cálcica, cal magnésica o cal dolomítica (CaO + MgO base calcinada ≥ 75%, CO_2 ≤ 5%, Contenido de cal disponible ≥ 60%, contenido de agua libre ≤ 3, PP20 ≤ 1.5%, PP30 ≤ 2.5%, PP200≤ 35%, Factor de solidez(expansion general) ≤ 30)	•Para el agregado: -El agregado grueso deberá ser > 5 mm; valor de trituración ≤ 21%; solvencia en sulfato de magnesio de entre 12-20% (algunas veces ≤ 12% luego de cinco ciclos); prueba de azul de metileno ≤ 5; índice de descamación ≤ 251 para agregados de 20 y 14 mm, y ≤ 30 para partículas de 10 y 7.1 mm; valor de piedra pulida ≥ 502; caras fracturadas ≥ 95%; absorción de agua ≤ 1% -Si es agregado reciclado deberá tener un 95% de material granular de buena calidad y 5% de asfalto envejecido. -El agregado fino deberá ser ≤ 5 mm y > 0.075 mm; debe tener una dureza ≥ 160 kN; valor de trituración ≤ 25%; caras fracturadas ≥ 50%; absorción de agua ≤ 1.5%; equivalencia de arena ≥ 50%; cantidad de partículas de arcilla ≤ 1%; LL ≤ 25% e IP ≤ 4%. -El relleno debe ser < 0.075 mm; si es cal o cemento deberá tener % que pasa por tamiz 0.075 mm ≥ 70%; densidad aparente en tolueno de 0.5-0.9 g/ml; huecos de relleno compactado de 0.3-0.5% y prueba de azul de metileno ≤ 5. •La granulometría de los agregados serán dependiendo del tamaño del agregado grueso y estos a su vez tendrán 2 tipos de franjas. -Tamaño 28 mm (clase 1 y 2): PP (37.5 mm): 100; PP (28 mm): 85-100; PP (20 mm): 0-20 para clase 1 y 0-35 para clase 2; PP (14 mm): 0-5. -Tamaño 20 mm (clase 1 y 2): PP (28 mm): 100; PP (20 mm): 85-100; PP (14 mm): 0-20 para clase 1 y 0-35 para clase 2; PP (10 mm): 0-5. -Tamaño 14 mm (clase 1 y 2): PP (20 mm): 100; PP (14 mm): 85-100; PP (10 mm): 0-20 para clase 1 y 0-35 para clase 2; PP (7.1 mm): 0-5. -Tamaño 10 mm (clase 1 y 2): PP (14 mm): 100; PP (10 mm): 85-100; PP (7.1 mm): 0-20 para clase 1 y 0-35 para clase 2; PP (5 mm): 0-5. -Tamaño 7.1 mm (clase 1 y 2): PP (10 mm): 100; PP (7.1 mm): 85-100 y PP (5 mm): 0-20. -Tamaño 5 mm (clase 1 y 2): PP (7 mm): 100 y PP (5 mm): 85-100. •La granulometría para agregados finos: -Clase 1: PP (7.1 mm): 100; PP (5 mm): 90-100; PP (2 mm): 65-90; PP (1 mm): 45-70; PP (0.6 mm): 30-50; PP (0.3 mm): 18-30; PP(0.15 mm): 10-21 y PP (0.075 mm): 5-15. -Clase 2: PP (7.1 mm): 85-100; PP (5 mm): 70-90; PP (2 mm): 45-70; PP (1 mm): 28-50; PP (0.6 mm): 19-34; PP (0.3 mm): 12-25; PP (0.15 mm): 7-18 y PP (0.075 mm): 5-15. •El asfalto o emulsión a usar serán las nombradas en la SANS 4001-BT1 (tipos 35/50, 50/70, 70/100 o 150/200) y el la SANTS 3208 (Grado 58, 64 o 70); aunque también se presentan las tipo betún-caucho (A-R1, S-R1, A-R2 y S-R2) y las modificadas (A-E1, A-E2 o A-P1): -**Tipo 35/50:** Penetración a 25°C de entre 35-50 (0.1 mm); punto de ablandamiento de 49-59°C; viscosidad a 60°C ≥ 220 Pa.s y viscosidad a 135°C de 0.27-0.65 Pa.s; en pruebas de horno en película delgada deberá tener un porcentaje de cambio de masa ≤ 0.3%, viscosidad a 60°C ≤ 300%, punto de ablandamiento ≥ 52°C y crecimiento de ablandamiento ≤ 7°C, penetración retenida ≥ 60% y prueba de puntos ≤ 30% Xileno. -**Tipo 50/70:** Penetración a 25°C de entre 50-70 (0.1 mm); punto de ablandamiento de 46-56°C; viscosidad a 60°C ≥ 140 Pa.s y viscosidad a 135°C de 0.22-0.45 Pa.s; en pruebas de horno en película delgada deberá tener un porcentaje de cambio de masa ≤ 0.3%, viscosidad a 60°C ≤ 300%, punto de ablandamiento ≥ 48°C y crecimiento de ablandamiento ≤ 7°C, penetración retenida ≥ 55% y prueba de puntos ≤ 30% Xileno. -**Tipo 70/100:** Penetración a 25°C de entre 70-100 (0.1 mm); punto de ablandamiento de 42-51°C; viscosidad a 60°C ≥ 75 Pa.s y viscosidad a 135°C de 0.15-0.40 Pa.s; en pruebas de horno en película delgada deberá tener un porcentaje de cambio de masa ≤ 0.3%, viscosidad a 60°C ≤ 300%, punto de ablandamiento ≥ 44°C y crecimiento de ablandamiento ≤ 7°C, penetración retenida ≥ 50% y prueba de puntos ≤ 30% Xileno. -**Tipo 150/200:** Penetración a 25°C de entre 150-200 (0.1 mm); punto de ablandamiento de 36-43°C; viscosidad a 60°C ≥ 30 Pa.s y viscosidad a 135°C de 0.12-0.30 Pa.s; en pruebas de horno en película delgada deberá tener un porcentaje de cambio de masa ≤ 0.3%, viscosidad a 60°C ≤ 300%, punto de ablandamiento ≥ 37°C y crecimiento de ablandamiento ≤ 7°C, penetración retenida ≥ 50% y prueba de puntos ≤ 30% Xileno. -**Grado PG 58** (S-22, H-22, V-22, E-22): Grado de temperatura ≤ 58°C; temperatura mínima de clasificación de 22°C; viscosidad a 165°C ≤ 0.9 Pa.s; estabilidad de almacenamiento a 180°C ≤ 15%; punto de inflamación ≥ 230°C; luego del RFOT deberá tener un porcentaje de cambio de masa ≤ 1%; módulo de relajación JNR ≤ 4.5, ≤ 2.0, ≤ 1.0 o ≤ 0.5/kPa para S-22, H-22, V-22 o E-22 respectivamente; relación de envejecimiento ≤ 3%; luego de RFTO y PAV deberá tener un riego de fluencia ≤ 300 MPa/s; cambios de temperatura ≥ –5°C y relación de envejecimiento ≤ 6% -**Grado PG 64** (S-16, H-16, V-16, E-16): Grado de temperatura ≤ 64°C; temperatura mínima de clasificación de 16°C; viscosidad a 165°C ≤ 0.9 Pa.s; estabilidad de almacenamiento a 180°C ≤ 15%; punto de inflamación ≥ 230°C; luego del RFOT deberá tener un porcentaje de cambio de masa ≤ 1%; módulo de relajación JNR ≤ 4.5, ≤ 2.0, ≤ 1.0 o ≤ 0.5/kPa para S-16, H-16, V-16, E-16 respectivamente; relación de envejecimiento ≤ 3%; luego de RFTO y PAV deberá tener un riego de fluencia ≤ 300 MPa/s; cambios de temperatura ≥ –5°C y relación de envejecimiento ≤ 6% -**Grado PG 70** (S-10, H-10, V-10, E-10): Grado de temperatura ≤ 70°C; temperatura mínima de clasificación de 10°C; viscosidad a 165°C ≤ 0.9 Pa.s; estabilidad de almacenamiento a 180°C ≤ 15%; punto de inflamación ≥ 230°C; luego del RFOT deberá tener un porcentaje de cambio de masa ≤ 1%; módulo de relajación JNR ≤ 4.5, ≤ 2.0, ≤ 1.0 o ≤ 0.5/kPa para S-10, H-10, V-10, E-10 respectivamente; relación de envejecimiento ≤ 3%; luego de RFTO y PAV deberá tener un riego de fluencia ≤ 300 MPa/s; cambios de temperatura ≥ –5°C y relación de envejecimiento ≤ 6% -**A-R1:** punto de ablandamiento de 55-65°C; viscosidad dinámica a 190°C de 20- 50%; recuperación a la compresión > 80 % en 5 minutos, > 70 % en 1 hora; resiliencia a 25°C de 13-40% y flujo a 60°C de 10-50 mm. -**S-R1:** punto de ablandamiento de 55-65°C; viscosidad dinámica a 190°C de 20- 40%; recuperación a la compresión > 70 % en 5 minutos, y en 1 hora, > 40% en 24 horas; resiliencia a 25°C de 13-35% y flujo a 60°C de 15-70 mm. -**A-R2:** punto de ablandamiento de 65-80°C; viscosidad dinámica a 170°C de 10- 40%; recuperación a la compresión > 70 % en 5 minutos y en 1 hora; resiliencia a 25°C de 10-40% y flujo a 60°C de 0-40 mm. -**S-R2:** punto de ablandamiento de 65-80°C; viscosidad dinámica a 170°C de 10- 40%; recuperación a la compresión > 70 % en 5 minutos y en 1 hora, > 25% en 24 horas; resiliencia a 25°C de 10-40% y flujo a 60°C de 0-40 mm. -**A-E1:** punto de ablandamiento de 55-65°C; recuperación elástica a 15°C > 50%; viscosidad dinámica a 165°C ≤ 0.6 Pa.s; estabilidad de almacenamiento a 180°C ≤ 5°C; punto de inflamabilidad ≥ 230°C; luego del envejecimiento un cambio de masa ≤ 1%, punto de reblandecimiento ≥ 53°C y recuperación elástica a 15°C > 40%. -**A-E2:** punto de ablandamiento de 65-85°C; recuperación elástica a 15°C > 60%; viscosidad dinámica a 165°C ≤ 0.6 Pa.s; estabilidad de almacenamiento a 180°C ≤ 5°C; punto de inflamabilidad ≥ 230°C; luego del envejecimiento un cambio de masa ≤ 1%, punto de reblandecimiento ≥ 63°C y recuperación elástica a 15°C > 50%. -**A-P1:** punto de ablandamiento de 63-73°C; recuperación elástica a 15°C de 30-50%; viscosidad dinámica a 165°C ≤ 0.55 Pa.s; estabilidad de almacenamiento a 180°C ≤ 5°C; punto de inflamabilidad ≥ 230°C; luego del envejecimiento un cambio de masa ≤ 1% y punto de reblandecimiento ≥ 61°C.	•Para el curado de la superficie donde ira la mezcla se podrá usar emulsión tipo MC-10 o MC-30 y deberá cumplir las siguientes especificaciones según la SANS 4001-BT2: -MC-10: viscosidad cinemática a 60°C de 10-20 cSt; viscosidad dinámica de 10-25 mPa.s; punto de inflamación ≥ 38°C; cantidad de agua ≤ 0.2%; destilado a 190°C de 0-20%; a 225°C 20-70%, a 260°C 60-90%, a 316°C ≥ 80-100% y a 360°C ≥ 40%; en residuos de destilación una viscosidad a 60°C ≥ 30 Pa.s. -MC-30: viscosidad cinemática a 60°C de 30-60 cSt; viscosidad dinámica de 30-70 mPa.s; punto de inflamación ≥ 38°C; cantidad de agua ≤ 0.2%; destilado a 190°C de 0-15%; a 225°C 15-60%, a 260°C 50-85%, a 316°C ≥ 80-100% y a 360°C ≥ 50%; en residuos de destilación una viscosidad a 60°C ≥ 30 Pa.s. -También se podrá usar los encontrados en la SANS 4001-BT3-2014 (RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1, SS-1h o QS-1H) o en la SANS 4001-BT4-2014 (CRS-1, CRS-2, CMS-2, CMS-2h, CSS-1, CSS-1h o CQS-1h). Estas a su vez se basan en la AASHTO M104 y AASHTO M208. •Para el curado un agregado que es arena triturada o natural con 100% pasando por tamiz 7.1 mm y menos del 10% por el de 2mm.

		•Para la mezcla: -Los agregados constituirán un 95% en masa, aunque si es una mezcla muy densa será del 85% (De este solo el 20% máximo podrá ser reciclado) -Contenido de material de relleno ≤ 2% •Se podrá aplicar fragmentos pequeños de piedra o grava para la finalización de la capa, esta será su granulometría: -Tamaño 20 mm: PP (20 mm): 100; PP (14 mm): 0-20; PP (10 mm): 0-5; PP (7.1 mm): 0-1 y PP (0.425 mm): 0.5 máximo. -Tamaño 14 mm: PP (14 mm): 100; PP (10 mm): 0-20; PP (7.1 mm): 0-5 y PP (0.425 mm): 0.5 máximo. -Tamaño 10 mm: PP (10 mm): 100; PP (7.1 mm): 0-20 y PP (0.425 mm): 0.5 máximo.	
Australia y Nueva Zelanda	•El agregado a usar podrá ser producto de cantera triturado y cribados, arenas y gravas naturales, agregados manufacturados y materiales reciclados: -Se prefiere agregado con forma angular, casi de cubículo, en lugar de formas escamosas, alargadas o redondas. También deberá ser libre de partículas débiles o erosionadas, partículas friables, terrones de arcilla y materia orgánica. -El agregado grueso es la porción retenida en el tamiz de 4.75 mm -El agregado fino es la porción que pasa por el tamiz de 4.75 mm y retenida en el 0.075 mm. -El relleno es el material que pasa por el tamiz 0.075 mm -Se podrá usar material reciclado como componente de la mezcla, normalmente se usa pavimentos asfálticos recuperados. -Otros materiales que se podrán usar son: otros materiales reciclados, como caucho granulado, escoria, vidrio triturado, hormigón triturado y arena de fundición. -Para el relleno normalmente se usa cenizas volantes y el polvo de los hornos de cemento. •El asfalto a usar podrá ser incluso modificado, e incluso modificarse más, usando fibras, modificadores de flujo, pigmentos o aditivos adicionales. -El asfalto debe cumplir con la AS 2008 para Australia y para Nueva Zelanda la NZTA M01:2002. •Australia presenta asfalto modificados con polímeros, los cuales son: A35P, A25E, A20E, A15E y A10E: -La A35P es para lograr un alto nivel de modificación de polímero plastomético (Polímero EVA), el A25E para bajo nivel de modificación del polímero elastoméricos (Polímero PBD), A20 E para un nivel medio de modificación del polímero elastomérico (Polímero SBS), A15 E para un alto novel de modificación del polímero elastomérico (Polímero SBS) y el A10E para un nivel muy alto de modificación del polímero elastomérico.	•Para los agregados -Valores de absorción ≤ 4%. -Para el agregado grueso de tamaño 10, 14 y 20 mm según la Main Roads especifica: Abrasión Los Ángeles ≤ 35% si es granito u otro tipo de roca, aunque será ≤ 25% si es basalto; índice de descamación ≤ 35%; absorción de agua ≤ 2%; resistencia húmeda ≥ 100 kN; variación de resistencia húmeda/seca ≤ 35%; valor de prueba de extracción ≤ 10%; factor de degradación ≥ 50; contenido de minerales secundarios ≤ 25% y un examen petrográfico. -Según la NZTA M10 el agregado grueso deberá tener las siguientes especificaciones: resistencia al aplastamiento < 10%; caras fracturadas individuales ≥ 98% y 2 caras fracturadas ≥ 60%; gravedad especifica y absorción a informar. -Según la Main Roads para el agregado fino: Valor de absorción de agua ≤ 2%; contracción lineal ≤ 1.5%; deberá ser libre de humedad. -La NZTA M10 añade lo siguiente respecto a agregado fino: resistencia al aplastamiento < 10%; equivalencia de arena ≥ 35%; índice de arcilla; densidad aparente, gravedad especifica y absorción a reportar. •El relleno deberá seguir las siguientes especificaciones según la Main Roads: huecos en relleno seco ≥ 28% y ≤ 45%; una densidad aparente a reportar; deberá cumplir con una granulometría especifica: -PP (0.6 mm): 100, PP (0.3 mm): 95-100 y PP (0.075 mm): 75-100. •Según la AS 2150 los agregados combinados deberá tener la siguiente granulometría: -**20 mm:** PP (26.5 mm): 100, PP (19 mm): 90-100, PP (13.2 mm): 71-86, PP (9.5 mm): 58-75, PP (6.7 mm): 46-64, PP (4.75 mm): 37-55, PP (2.36 mm): 24-42, PP (1.18 mm): 15-32, PP (0.6 mm): 10-24, PP (0.15 mm): 4-12 y PP (0.075 mm): 3-6. •La Main roads de Australia presenta 7 tipos de granulometría para agregado grueso: -**20 mm:** PP (26.5 mm): 100, PP (19 mm): 80-10, PP (16 mm): 0-20, PP (13.20 mm): 0-2 y PP (1.18 mm): 0-0.5 -**16 mm:** PP (19 mm): 100, PP (16 mm): 80-100, PP (13.20 mm): 0-20, PP (9.5 mm): 0-2 y PP (1.18 mm): 0-0.5 -**14 mm:** PP (16 mm): 100, PP (13.20 mm): 80-100, PP (9.5 mm): 0-20, PP (6.7 mm): 0-2 y PP (1.18 mm): 0-0.5 -**10 mm:** PP (13.2 mm): 100, PP (9.5 mm): 80-100, PP (6.7 mm): 0-20, PP (4.75 mm): 0-2 y PP (1.18 mm): 0-0.5 -**10 mm** (calles para buses): PP (13.2 mm): 100, PP (9.5 mm): 90-100, PP (6.7 mm): 73-87, PP (4.75 mm): 60-74, PP (2.36 mm): 41-53, PP (1.18 mm): 29-39, PP (0.6 mm): 19-27, PP (0.3 mm): 12-20, PP (0.15 mm): 7-12 y PP (0.075 mm): 3-7. -**7 mm:** PP (9.5 mm): 100, PP (16 mm): 80-100, PP (13.20 mm): 0-20, PP (9.5 mm): 0-2 y PP (1.18 mm): 0-0.5 -**5 mm:** PP (6.7 mm): 100, PP (4.75 mm): 80-100, PP (2.36 mm): 0-30 y PP (1.18 mm): 0-1 -**3 mm:** PP (4.75 mm): 100, PP (2.36 mm): 80-100, PP (1.18 mm): 0-30 y PP (0.6 mm): 0-5 •La NZTA M10 presenta la granulometría para tráfico muy pesado, pesado y medio (AC10, AC14, AC20 o AC28) y para tráfico bajo (DF7, DG10 o DG14): -**AC10:** PP (13.2 mm): 100, PP (9.5 mm): 90-100, PP (6.7 mm): 68-82, PP (4.75 mm): 50-70, PP (2.36 mm): 32-51, PP (1.18 mm): 22-40, PP (0.6 mm): 15-30, PP (0.3 mm): 10-22; PP (0.15 mm): 6-14 y PP (0.075 mm): 4-7. -**AC14:** PP (19 mm): 100, PP (13.2 mm): 90-100, PP (9.5 mm): 72-83, PP (6.7 mm): 54-71, PP (4.75 mm): 43-61, PP (2.36 mm): 28-45, PP (1.18 mm): 19-35, PP (0.6 mm): 13-27, PP (0.3 mm): 9-20; PP (0.15 mm): 6-13 y PP (0.075 mm): 4-7. -**AC20:** PP (26.5 mm): 100, PP (19 mm): 90-100, PP (13.2 mm): 71-86, PP (9.5 mm): 58-75, PP (6.7 mm): 46-64, PP (4.75 mm): 37-55, PP (2.36 mm): 24-42, PP (1.18 mm): 15-32, PP (0.6 mm): 10-24, PP (0.3 mm): 7-17; PP (0.15 mm): 4-12 y PP (0.075 mm): 3-6. -**AC28:** PP (37.5 mm): 100, PP (26.5 mm): 90-100, PP (19 mm): 73-88, PP (13.2 mm): 58-76, PP (9.5 mm): 47-67, PP (6.7 mm): 37-58, PP (4.75 mm): 30-50, PP (2.36 mm): 20-37, PP (1.18 mm): 13-28, PP (0.6 mm): 9-22, PP (0.3 mm): 6-16; PP (0.15 mm): 4-10 y PP (0.075 mm): 3-6. -**DG7:** PP (9.5 mm): 100, PP (6.7 mm): 80-100, PP (4.75 mm): 66-90, PP (2.36 mm): 44-75, PP (1.18 mm): 29-60, PP (0.6 mm): 19-47, PP (0.3 mm): 12-33; PP (0.15 mm): 8-22 y PP (0.075 mm): 5-12. -**DG10:** PP (13.2 mm): 100, PP (9.5 mm): 79-100, PP (6.7 mm): 63-90, PP (4.75 mm): 50-79, PP (2.36 mm): 32-61, PP (1.18 mm): 22-48, PP (0.6 mm): 15-36, PP (0.3 mm): 10-26; PP (0.15 mm): 6-17 y PP (0.075 mm): 4-11. -**DG14:** PP (19 mm): 100, PP (13.2 mm): 83-100, PP (9.5 mm): 68-90, PP (6.7 mm): 54-79, PP (4.75 mm): 43-70, PP (2.36 mm): 28-55, PP (1.18 mm): 19-43, PP (0.6 mm): 13-32, PP (0.3 mm): 9-23; PP (0.15 mm): 6-16 y PP (0.075 mm): 4-10.	•Si es multicapa el tamaño del agregado en la capa intermedia será igual que en rodadura; en capa base será normalmente un tamaño de 20 mm aunque, podrá ser 28 mm e incluso 40 mm dependiendo la situación. •El diseño australiano de estas mezclas es parecido a la Superpave de Estados Unidos. •Para la mezcla se podrá incluir máximo un 2% de cal; a continuación las especificaciones para la cal hidratada según la AS 1672.1: -Expansión promedio ≤ 10 mm; finura del húmedo-tamizado ≤ 5%; humedad libre ≤ 2.5%; cal disponible ≥ 65%; contenido de dióxido de carbono ≤ 4%. •La mezcla para carril de buses será usando la granulometría para 10 mm exclusiva y un asfalto tipo A15E, además que este asfalto tiene una dosificación de 5% de masa.

•El asfalto a usar en Australia podrán ser los tipos C170, C240, C320, C450, C600, M500, M1000 (siendo el C320 el más común, la C170 para vías de menor tráfico y zonas climáticas frías o para compensar el material reciclado; para C450 será para tráfico intenso o climas cálidos y C600 para mayor rigidez o resistencia; el M500 es muy parecido al C600 y el M1000 es mucho más duro que el C600) y para Nueva Zelanda serán los tipos 40-50 o 180-200 (podrán ser también los tipos 60-70, 80-100 o 130-150 pero más específico o mediante la combinación de los mismos):
-C170: Viscosidad a 60°C de 140-200 Pa.s; viscosidad a 135°C de 0.25-0.45 Pa.s; penetración a 25°C (100 g, 5 s) ≥ 62 (0.1 mm); punto de inflamación ≥ 250°C; porcentaje de materia insoluble en tolueno ≤ 1% en masa; luego del tratamiento RFTO una viscosidad a 60°C ≤ 300% del valor original (Podrá ser 340 por otros métodos), efecto a largo plazo y densidad a 15°C debe ser informado.
-C240: Viscosidad a 60°C de 190-280 Pa.s; viscosidad a 135°C de 0.32-0.55 Pa.s; penetración a 25°C (100 g, 5 s) ≥ 53 (0.1 mm); punto de inflamación ≥ 250°C; porcentaje de materia insoluble en tolueno ≤ 1% en masa; luego del tratamiento RFTO una viscosidad a 60°C ≤ 300% del valor original (Podrá ser 340 por otros métodos), efecto a largo plazo y densidad a 15°C debe ser informado.
-C320: Viscosidad a 60°C de 260-380 Pa.s; viscosidad a 135°C de 0.40-0.65 Pa.s; penetración a 25°C (100 g, 5 s) ≥ 40 (0.1 mm); punto de inflamación ≥ 250°C; porcentaje de materia insoluble en tolueno ≤ 1% en masa; luego del tratamiento RFTO una viscosidad a 60°C ≤ 300% del valor original (Podrá ser 340 por otros métodos), efecto a largo plazo y densidad a 15°C debe ser informado.
-C450: Viscosidad a 60°C y penetración a 25°C debe ser informado; viscosidad a 135°C ≤ 0.70 Pa.s; punto de inflamación ≥ 250°C; porcentaje de materia insoluble en tolueno ≤ 1% en masa; luego del tratamiento RFTO una viscosidad a 60°C de 750-1150% del valor original (Podrá ser de 850-1300 por otros métodos), penetración a 25°C ≥ 26 (0.1 mm), efecto a largo plazo y densidad a 15°C debe ser informado, cambio de masa de ± 0.6%
-C600: Viscosidad a 60°C de 500-700 Pa.s; viscosidad a 135°C de 0.60-0.85 Pa.s; penetración a 25°C (100 g, 5 s) ≥ 20 (0.1 mm); punto de inflamación ≥ 250°C; porcentaje de materia insoluble en tolueno ≤ 1% en masa; luego del tratamiento RFTO una viscosidad a 60°C ≤ 300% del valor original (Podrá ser 340 por otros métodos) y densidad a 15°C debe ser informado.
-M500: Viscosidad a 60°C de 400-600 Pa.s; viscosidad a 135°C ≤ 1 Pa.s; penetración a 25°C (100 g, 5 s) ≥ 65 (0.1 mm); punto de inflamación ≥ 250°C; porcentaje de materia insoluble en tolueno ≤ 1% en masa; luego del tratamiento RFTO, la viscosidad a 60°C, efecto a largo plazo y densidad a 15°C debe ser informado, cambio de masa de ± 0.6%.
-M1000: Viscosidad a 60°C y penetración a 25°C debe ser informado; punto de inflamación ≥ 250°C; porcentaje de materia insoluble en tolueno ≤ 1% en masa; luego del tratamiento RFTO una viscosidad a 60°C de 3000-6500% del valor original (Podrá ser 4000-7400 por otros métodos), penetración a 25°C ≥ 26 (0.1 mm), densidad a 15°C debe ser informado y cambio de masa de ± 0.6%.

-40-50: Penetración a 25°C de 40-50 (0.1 mm); densidad a 25°C deberá ser informada; viscosidad dinámica a 60°C ≥ 330 Pa.s; viscosidad cinemática a 135°C de 600-1150 mm2/s; punto de inflamabilidad ≥ 218°C; solubilidad en tricloroetileno ≥ 99.5 % y en tolueno ≥ 99%; en ensayos de película delgada una penetración retenida ≥ 45%, cambio de masa ± 1000%, ductilidad a 25°C ≥ 0.6 m; durabilidad máxima debe ser informada.
-60-70: Penetración a 25°C de 60-70 (0.1 mm); densidad a 25°C deberá ser informada; viscosidad dinámica a 60°C ≥ 190 Pa.s; viscosidad cinemática a 135°C de 360-850 mm2/s; punto de inflamabilidad ≥ 218°C; solubilidad en tricloroetileno ≥ 99.5 % y en tolueno ≥ 99%; en ensayos de película delgada una penetración retenida ≥ 50%, cambio de masa ± 1.00%, ductilidad a 25°C ≥ 0.6 m; durabilidad ≤ 100 MPa.
-80-100: Penetración a 25°C de 80-100 (0.1 mm); densidad a 25°C deberá ser informada; viscosidad dinámica a 60°C ≥ 115 Pa.s; viscosidad cinemática a 135°C de 300-650 mm2/s; punto de inflamabilidad ≥ 218°C; solubilidad en tricloroetileno ≥ 99.5 % y en tolueno ≥ 99%; en ensayos de película delgada una penetración retenida ≥ 50%, cambio de masa ± 1000%, ductilidad a 25°C ≥ 0.6 m; durabilidad ≤ 100 MPa.
-130-150: Penetración a 25°C de 130-150 (0.1 mm); densidad a 25°C deberá ser informada; viscosidad dinámica a 60°C ≥ 58 Pa.s; viscosidad cinemática a 135°C de 190-450 mm2/s; punto de inflamabilidad ≥ 218°C; solubilidad en tricloroetileno ≥ 99.5 % y en tolueno ≥ 99%; en ensayos de película delgada una penetración retenida ≥ 50%, cambio de masa ± 1000%, ductilidad a 25°C ≥ 0.6 m; durabilidad ≤ 100 MPa.
-180-200: Penetración a 25°C de 180-200 (0.1 mm); densidad a 25°C deberá ser informada; viscosidad dinámica a 60°C ≥ 36 Pa.s; viscosidad cinemática a 135°C de 140-350 mm2/s; punto de inflamabilidad ≥ 218°C; solubilidad en tricloroetileno ≥ 99.5 % y en tolueno ≥ 99%; en ensayos de película delgada una penetración retenida ≥ 50%, cambio de masa ± 1000%, ductilidad a 25°C ≥ 0.6 m; durabilidad ≤ 100 MPa.

•Asfaltos modificados con polímeros son los tipos A35P, A25E, A20E, A15E, A10E:
-A35P: Viscosidad a 165°C ≤ 0.6 Pa.s; recuperación torsional a 25°C de 6-21%; punto de ablandamiento de 62-76°C; relación de tensión a 10°C deberá ser reportada; consistencia 6% a 60°C ≥ 1000 Pa.s; rigidez a 25°C ≤ 120 kPa; segregación ≤ 8%; punto de inflamación ≥ 250°C y perdida por calentamiento ≤ 0.6% en masa.
-A25E: Viscosidad a 165°C ≤ 0.6 Pa.s; recuperación torsional a 25°C de 17-30%; punto de ablandamiento de 52-62°C; relación de tensión a 10°C deberá ser reportada; consistencia 6% a 60°C ≥ 400 Pa.s; rigidez a 25°C ≤ 450 kPa; segregación ≤ 8%; punto de inflamación ≥ 250°C y perdida por calentamiento ≤ 0.6% en masa.
-A20E: Viscosidad a 165°C ≤ 0.6 Pa.s; recuperación torsional a 25°C de 38-70%; punto de ablandamiento de 65-95°C; relación de tensión a 10°C deberá ser reportada; consistencia 6% a 60°C ≥ 500 Pa.s; rigidez a 25°C ≤ 35 kPa; segregación ≤ 8%; punto de inflamación ≥ 250°C y perdida por calentamiento ≤ 0.6% en masa.
-A15E: Viscosidad a 165°C ≤ 0.9 Pa.s; recuperación torsional a 25°C de 55-80%; punto de ablandamiento de 82-105°C; relación de tensión a 10°C deberá ser reportada; consistencia 6% a 60°C ≥ 900 Pa.s; rigidez a 25°C ≤ 30 kPa; segregación ≤ 8%; punto de inflamación ≥ 250°C y perdida por calentamiento ≤ 0.6% en masa.
-A10E: Viscosidad a 165°C ≤ 1.1 Pa.s; recuperación torsional a 25°C de 60-86%; punto de ablandamiento de 88-110°C; relación de tensión a 10°C deberá ser reportada; consistencia 6% a 60°C ≥ 1000 Pa.s; rigidez a 25°C ≤ 30 kPa; segregación ≤ 8%; punto de inflamación ≥ 250°C y perdida por calentamiento ≤ 0.6% en masa.

•Para la mezcla se deberá tener un 96% en masa de agregados(donde máximo un 15% podrá ser reciclado y no se notara cambio, aunque máximo 40% si se requiere, pero si es reciclado in situ podrá ser hasta del 100%), relleno en un porcentaje de 0.6-1.2% en masa; se necesita un contenido de huecos de aire de entre 3-7% (estos huecos también podrán ser relleno de aglutinante efectivo hasta un 80% de ellos, pero nunca más de 85%), el tamaño nominal no podrá ser más grande que el tamiz más grande para retener del 0-10%
-Los tamaños del agregado variaran según el tránsito, será de 7-10 mm para bajo tránsito, de 10-14 mm para tránsito medio a intenso, para carreteras de tránsito intenso será de 14 mm (10 mm también) y pavimentos industriales de servicio pesado será de 14-20 mm.
-Si se quiere una mezcla densa será con un 10-12% de asfalto y aún más densa si este tiene un 25% de caucho.
-Según la NZTA M10 la dosificación será de 4.5-6.5% de asfalto para AC10, para AC14 de 4-6%, para AC20 de 3.8-5.8%, para AC28 de 3.5-5.5%, para DG7 de 5-7%, para DG10 de 4.5-6.5% y para DG14 de 4.3-6.3%.

Tailandia	•El cemento asfáltico a usar en caso de no indicarlo el proyecto deberá ser tipo AC 60-70 y que cumpla con la MOCT 851 y deberá tener un certificado que corrobore esto. -Si se quiere usar otro tipo de asfalto o asfalto modificado con cualquier agente deberá tener estándares iguales o superiores mediante distintas pruebas. •El agregado estará compuesto por: -Agregado grueso será proveniente de roca triturada u otro material aprobado, y es la fracción retenida en el tamiz 4.75 mm (Material resistente, duradero, limpio y sin materiales no deseados) -Agregado fino polvo de roca o arena limpia (libre de impurezas o materiales no deseados) es la fracción que pasa por el tamiz de 4.75 mm. -Relleno mineral se usa en caso de no haber suficiente fino se añade llenante mineral, se usa normalmente polvo de piedra, cemento Portland, cemento de sílice, cal hidratada u otro material aprobado (debe ser seco y no aglomerado)	•Agregado grueso deberá tener una abrasión por desgaste Los Ángeles ≤ 40% y perdida por desgaste en sulfato de sodio ≤ 9% Este agregado podrá tener 2 tipos de agregados con su respectiva franja granulométrica, los tipos son de 9.5 mm o 12.5 mm y tendrán las siguientes especificaciones -Para 12.5 mm: PP (19mm): 100, PP (12.5mm): 80-100, PP4:44-74, PP8: 28-58, PP50: 5-21 y PP200: 2-10 -Para 9.5 mm: PP (12.5mm): 100, PP (9.5mm): 90-100, PP4: 55-85, PP8: 32-67, PP50: 7-23 y PP200: 2-10 •Para el agregado Fino deberá tener una equivalencia ≥ 50% y una perdida por desgaste con sulfato de sodio ≤ 9%. •El relleno mineral deberá cumplir con la siguiente granulometría: -PP30: 100, PP50: 75-100 y PP200: 55-100. •El cemento asfáltico tipo AC 60-70 deberá cumplir con los siguientes requisitos: -Penetración a 25°C de entre 60-70 (0.1 mm); punto de inflamación ≥ 232°C; punto de fragilidad de 45-55°C; resistencia a la tracción a 25°C (5 cm/min) ≥ 100 cm; solubilidad de tricloroetileno ≥ 99% en peso; resistencia al corte dinámico a 64°C ≥ 1 kPa; en los ensayos de película fina, un peso perdido por calentamiento ≤ 0.8%, penetración a 25°C ≥ 54% de la original y una resistencia a la tracción a 25°C ≥ 50 cm. •La mezcla tendrá una dosificación de asfalto que dependerá del tipo de agregado, para agregado de 9.5 mm de entre 4-8% y para 12.5 mm de entre 3-7%. Además, deberá cumplir lo siguiente: -Para tamaños de 9.5 mm y 12.5 mm: estabilidad de 8006 N; flujo de 8-16% (0.25 mm); porcentajes de vacío de aire de 3-5%; agregado VMA ≥ 15 (volumen total de mezcla disponible en el aire); estabilidad / flujo en N/0.25 de 712 mm e índice de fuerza porcentual ≥ 75%	•Se incluyen granulometrías en agregado grueso si será multicapa, para capa intermedia será de tamaño de 19 mm y para capa base será de 25 mm: -Para 19 mm: PP (25mm): 100, PP (19mm): 90-100, PP (9.5mm): 56-80, PP4:35-65, PP8: 23-49, PP50: 5-19 y PP200: 2-8 -Para 25 mm: PP (37mm): 100, PP (25mm): 90-100, PP (12.5mm): 56-80, PP4:29-59, PP8: 19-45, PP50: 5-17 y PP200: 1-7 •La dosificación dependerá del tipo de agregado, para 19 mm será un porcentaje de entre 3-6.5% y para 25 mm será de entre 3-6% •Tanto el agregado y su granulometría como dosificación podrá ser diferente pero deberá ser aprobada. •La mezcla asfáltica en multicapa deberá: -Para capa intermedia: estabilidad de 8006 N; flujo de 8-16% (0.25 mm); porcentajes de vacío de aire de 3-6%; agregado VMA ≥ 13 (volumen total de mezcla disponible en el aire); estabilidad / flujo en N/0.25 de 712 mm e índice de fuerza porcentual ≥ 75% -Para capa base: estabilidad de 7117 N; flujo de 8-16% (0.25 mm); porcentajes de vacío de aire de 3-6%; agregado VMA ≥ 12 (volumen total de mezcla disponible en el aire); estabilidad / flujo en N/0.25 de 645 mm e índice de fuerza porcentual ≥ 75% •Emulsión de curado o riego de liga para construcción de una capa sobre la otra: -CRS-1 y CRS-2 (emulsión catiónica): viscosidad a 50°C de 20-100 para CRS-1 y de 100-400 mm2/s para CRS-2; separación de capas a 5 d ≤ 5% en peso; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; demulsibilidad ≥ 40%; cantidad restante en malla 20 ≤ 0.10% en peso; carga de la partícula positiva; aceite destilado por volumen de emulsión residuo ≤ 3%, residuo ≥ 60% para CRS-1 y ≥ 65% para CRS-2; en residuo de destilación una penetración de 90-140 dmm, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%. -RC-70: viscosidad cinemática a 60°C de 70-140 mm2/s; destilado a 190°C ≥ 10%, a 225°C ≥ 50%, a 260°C ≥ 70%, a 316°C ≥ 85% y a 360°C ≥ 55%; cantidad de agua ≤ 0.2%; negativo en contenido de nafta estándar, nafta-xileno o heftanoxsileno; en residuo restante de destilación una viscosidad a 60°C de 600-2400 libras (podrá cambiarse por una penetración a 25°C de 80-120 dmm), ductilidad a 25°C ≥ 100 cm, solubilidad a 25°C ≥ 99% -RC-250: viscosidad cinemática a 60°C de 250-500 mm2/s; punto de inflamación ≥ 27°C; destilado a 225°C ≥ 35%, a 260°C ≥ 60%, a 316°C ≥ 80% y a 360°C ≥ 65%; cantidad de agua ≤ 0.2%; negativo en contenido de nafta estándar, nafta-xileno o heftanoxsileno; en residuo restante de destilación una viscosidad a 60°C de 600-2400 libras (podrá cambiarse por una penetración a 25°C de 80-120 dmm), ductilidad a 25°C ≥ 100 cm, solubilidad a 25°C ≥ 99% •Para asfalto líquido (MC-30 y MC-70) y para emulsión catiónica (CSS-1 y CSS-1h): -MC-30: viscosidad cinemática a 60°C de 30-60 mm2/s; punto de inflamación ≥ 38°C; destilado a 225°C ≤ 25%, a 260°C 40-70%, a 316°C ≥ 75-93% y a 360°C ≥ 50%; cantidad de agua ≤ 0.2%; negativo en contenido de nafta estándar, nafta-xileno o heftanoxsileno; en residuos de destilación una viscosidad a 60°C de entre 300-1200 libras (podrá cambiarse por una penetración a 25°C de 120-150 dmm), ductilidad a 25°C ≥ 100 cm, solubilidad a 25°C ≥ 99%. -MC-70: viscosidad cinemática a 60°C de 70-140 mm2/s; punto de inflamación ≥ 38°C; destilado a 225°C ≤ 20%, a 260°C 20-60%, a 316°C ≥ 65-90% y a 360°C ≥ 55%; cantidad de agua ≤ 0.2%; negativo en contenido de nafta estándar, nafta-xileno o heftanoxsileno; en residuos de destilación una viscosidad a 60°C de entre 300-1200 Libras (podrá cambiarse por una penetración a 25°C de 120-150 dmm), ductilidad a 25°C ≥ 100 cm, solubilidad a 25°C ≥ 99%. -CSS-1 y CSS-1h: viscosidad a 25°C de 20-100 s; separación de capas a 5 d ≤ 5% en peso; estabilidad de almacenamiento a 24h ≤ 1%; cantidad restante en malla 20 ≤ 0.10% en peso; cantidad de cemento ≤ 2%; carga de la partícula positiva; cantidad de residuo ≥ 57%; en residuo de destilación una penetración de 100-250 para CSS-1 y 40-90 dmm para CSS-1h, ductibilidad ≥ 40 cm y solubilidad en tricloroetileno ≥ 97.5%.

Nota. Apéndice de la Figura 33

Tabla 53

Especificaciones de proceso constructivo (Mezcla en caliente)

País	Construcción	Especificaciones adicionales
Colombia	•La capa sobre la cual se realizara la capa de rodadura deberá tener la densidad, cotas adecuadas y curada. -Se podrán realizar si son requeridos riegos de imprimación junto a arena de protección sobre esta, usando emulsiones diluidas en agua, los tipos CRL-40, CRL-57 o MC 30, aplicando de 0.85 L/m2 a 2.25 L/m2 y obteniendo una cantidad de ligante residual de 500 g/m2 mínimo (Se aplica a temperaturas donde se obtenga una viscosidad de entre 5sSf - 20sSF), además la cantidad de arena sobre ella no será mayor que 13.6 kg/m2. También se podrá aplicar riego de liga con el uso de emulsiones asfálticas tipo CRR-60 o CRR-65 o emulsiones modificadas con polímeros tipo CRR-60m o CRR-65m, aplicando de entre 200-300 g/m2 y a temperaturas donde la viscosidad llegue a los 10-40sSF. •La fabricación deberá ser en fracciones y colocando el material por medio de las tolvas en frío, con una dosificación especificada. Estos deberán ser homogéneos y sin segregaciones. Además, las tolvas tendrán un contenido de entre 50-100% de la capacidad y se destinan 2 tolvas para el agregado fino. Se finaliza calentando el material para su mezcla con el asfalto -Si se elabora en una planta del tipo tambor secador-mezclador, no se debe permitir realizar una predosificación de las fracciones de los agregados pétreos, antes de su vertimiento en las tolvas de agregados en frío de la planta. -Se puede introducir polvo mineral se podrá usar si se prevé su uso. •Si se realiza en una planta de tipo discontinuo, comprobar que la unidad clasificadora en caliente proporcione los agregados a las tolvas en caliente y de forma homogénea. Introduciendo agregados y llenante, usando ligantes si es necesario, para luego agregar el asfalto a la temperatura adecuada (temperatura conveniente entre 150 cSt – 300 cSt, aunque preferible 150 cSt – 190 cSt), todo en las dosificaciones necesarias para cada bachada. Se recomienda que el mezclador no se llene más de 2/3 de la altura total. •La mezcla se podrá almacenar en un silo con todas las precauciones, previniendo la segregación y verificando la temperatura. •Se realiza el transporte de mezcla que se extenderá y compactara en una jornada (cuando hay luz solar, se podrá en la noche si hay iluminación) •Luego de realizada y transportada, se procederá a la transferencia de la mezcla, si se realiza a una Shuttle buggy se descarga sobre la tolva de almacenamiento, esta luego la por medio de bandas transportadoras alimenta la pavimentadora •Se realiza la extensión de la mezcla con la pavimentadora, cumpliendo alineamientos, anchos y espesores; comenzando desde los bordes, evitando el menor número de juntas posibles y segregaciones. Se deberá obtener una superficie lisa y uniforme, sin arrastres ni segregaciones y con un espesor tal que luego de compactada obtenga el espesor requerido. (si se realiza una extensión de manera intermitente se revisará la temperatura) •Se procede a compactar la capa a la temperatura más alta posible con que ella pueda soportar la carga, realizándola longitudinalmente desde los bordes al centro; en curvas del borde inferior al superior (traslapando cada paso). Teniendo que, la llanta motriz de la compactadora este del lado cercano a la pavimentadora (parte recién extendida) -Si se está realizando por franjas se incluirá 15cm de la anterior -Se deben chaflanar los bordes exteriores del pavimento terminado para evitar desplazamientos. •Si se realizan juntas deberán ser verticales aplicando un riego de liga a todas las superficies de contacto anteriores. (juntas de capas superpuestas cada 5m mínimo para las transversales y cada 150mm longitudinales). Deberán presentar las mismas características que la capa. •Se permite transito luego de que la capa obtenga la densidad y la capa alcance en todo su espesor una temperatura menor a 45°C. •La capa compactada para mezcla asfáltica en caliente deberá ser de entre 30-40 mm para mezcla densa tipo MDC-10; de entre 40-60 mm para MDC-19 y MSC-19 y > 60 mm para MDC-25, MDC-19, MSC-19, MAM-19.	•La construcción de esta capa se realiza con una fórmula de trabajo ya determinada y probada en fase de experimentación; el material elegido ajustado a una franja granulométrica necesaria, proporción en la mezcla, porcentaje de agua, dosificación de aditivos, resistencias a obtener, porcentaje de ligante y emulsión. •Si los acopios se hicieron sobre el terreno natural no se usan los 15cm inferiores y capas de 1.5m •En caso donde la superficie donde se realizara no este limpia y no tenga densidad y planicidad apropiadas se corregirá hasta obtener los requisitos y la aprobación necesaria. •Se rechazara toda mezcla heterogénea, carbonizada o sobrecalentada, presente espuma o contaminación, incluso humedad. •La extensión de la mezcla si no se puede realizar con pavimentadora o planta móvil se podrá realizar a mano (palas y rastrillos) siempre y cuando cumplan las condiciones requeridas para la capa una vez compactada. •Si en la extensión de la mezcla hay segregaciones se suspende hasta corregir la causa. Además, se debe corregir, sino se corrige será removida. •La junta al ser vertical se corta con una cortadora de disco o herramienta manual que logre una superficie relativamente plana. •Si es construcción multicapa, la capa intermedia usando mezcla MDC-25 o MSC-25 deberá tener un espesor luego de compactada > 50 mm; si es capa base > 75 mm si es MSC-25, MGC-38 o MGC-25, y entre 60-130 mm para MAM-25
Perú	•La superficie donde se extenderá debe cumplir con la densidad y cotas apropiadas; además de un completo curado. •Previo a la elaboración de la mezcla los agregados se suministran de manera fraccionada, homogénea y sin segregación. -Los acopios se colocarán cerca al sitio y en espesores de máximo 1.5m y están sobre terreno natural no se usan los 15cm inferiores. -Las tolvas en frío podrán contener entre un 50-100% de su capacidad (ajustando la mezcla al diseño) •La elaboración de la mezcla se realiza calentando por medio del secador los agregados, luego el polvo mineral y aditivos si es necesario; el agregado ya preparado se pesa y mide, para llevar la dosificación correcta al mezclador. Finalizando con agregar el asfalto. -Las plantas que no sean tambor secador-mezclador deberán proporcionar agregados homogéneos en caliente a las tolvas en caliente (se comprueba) -Las tolvas en caliente de plantas continuas deben mantenerse encima del mínimo de calibración, sin rebasarlo. -Si es tipo continuo se lleva al mezclador al tiempo la cantidad de asfalto a temperatura apropiada y el agregado -Si es tipo discontinuo luego de los agregados y polvo mineral se agrega automáticamente el asfalto. -El cemento asfáltico se caliente a una temperatura tal que se obtenga una viscosidad de 170 ± 20 cSt (centiStokes) -En cualquier caso no se puede introducir el agregado caliente a una temperatura superior en más de 5°C a la del asfalto. -Mezcladores de ejes gemelos no sobrepasar los extremos. -La mezcla homogénea y con la temperatura necesaria será descargada para su transporte. •Se realiza el transporte mediante volquetas y se realiza la extensión por medio de pavimentadoras. La extensión se realiza de bordes al centro, en zonas peraltadas de la parte inferior a la superior. (extensión realizada buscando tener la mayor continuidad posible, con las tolvas llenas para evitar segregación), realizando la extensión en los anchos y cotas apropiados y buscando el menor número de juntas posibles •Se realiza la compactación de los bordes al centro, excepto en las curvas peraltadas, donde se inicia de la parte inferior a la superior. Teniendo que la llanta motriz ira al lado cercano de la pavimentadora. Además, se deberá tener cuidado con no desplazar los bordes de la mezcla extendida. -Se compactara hasta obtener la densidad especificada y se concluye con un apisonado final para borrar las huellas. •Si la compactación es de una mezcla superpave se debe realizar de forma distinta (debe haber sido comprobada en el tramo de prueba): -Compactación inicial con rodillo tándem vibratorio entrando a temperaturas de 145°C y 150°C (2 pasadas con amplitud de 50-53.33 Hz y 2 pasada con amplitud baja 50-56.67 Hz). Luego se esperará a que la temperatura baje hasta los 115°C para continuar. -Se continua con la compactación intermedia por medio de rodillo neumático de 20.000 a 22.000 kg de peso y presión de 520 kPa - 550 kPa (2 a 4 pasadas con temperaturas de entre 95-115°C). Se finaliza con la compactación final por medio de Rodillo tándem vibratorio usado en modo estático (3 pasadas en un rango de temperatura entre 85ºC y 95ºC) •Si se realizan juntas estas deberán tener las mismas cualidades que la capa compactada. El borde donde se realizará la junta se corta verticalmente, a todas las superficies de contacto se aplica un riego de liga, dejándola curar y aplicando la otra capa. (juntas de capas superpuestas cada 5m mínimo para las transversales y cada 150mm longitudinales) •Se permitira la apertura de tránsito cuando el tramo pavimentado alcance la temperatura ambiente	•La construcción de esta capa se realiza con una fórmula de trabajo ya determinada y probada en fase de experimentación; definiendo el método definitivo de preparación, transporte, colocación y compactación. •Se rechazan todas las mezclas heterogéneas, carbonizadas o sobrecalentadas, las mezclas con espuma, o las que presenten indicios de humedad. •La mezcla realizada se transporta en volquetas y luego pasara a la pavimentadora; aunque en carreteras con tráfico mayor a 4000 vehículos/día o zonas de baja temperatura se llevara a un vehículo de transferencia y de allí a la pavimentadora •Si la extensión es intermitente se debe comprobar frecuentemente la temperatura de la mezcla. •En la extensión en caso de no poderse realizar por medio de máquinas pavimentadoras se podrá hacer a mano, por medio de palas y rastrillos, realizándolo de forma uniforme y espesor necesario. (el material se descarga fuera de la zona)

Chile	•La mezcla se realiza en planta; donde el material debe acopiarse en fracciones y en zonas donde no serán contaminadas ni disgregadas. -Humedad de los áridos a la salida del secador no podrá ser más de 0.5% en peso. Y una temperatura media a la salida del secador de entre 150° a 175°C y de entre 100°C a 120°C para mezclas abiertas en caliente. -Es asfalto cuando aplicado para que sea mezclado con los áridos deberá estar de acuerdo a la temperatura donde obtendrá la viscosidad necesaria. -Se mezclara hasta obtener una mezcla homogénea, además que a su salida del mezclador deberá ser a la temperatura acorde a la viscosidad necesaria. •La superficie donde se extenderá debe cumplir con los requisitos necesarios, contando además con un riego de liga aplicando de 0.4 a 1 kg/m2 y a temperatura de 20°C a 50°C y que la superficie no este congelada (riego de liga aplicado cuando la temperaturas atmosférica y de superficie mayores a 10°C; donde se podrá usar emulsiones catiónicas o aniónicas, estas son: CRS-1, CRS-2, CMS-2, MCS-2h, CSS-1, CSS-1h, RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1 o SS-1h) •Luego de esparcida, nivelada y alisada, se procede a compactar hasta alcanzar una superficie uniforme y el nivel de densificación requerido (la densidad para mezclas abiertas será respecto a la determinada en una cancha de prueba de 100m de largo y 3.5m de ancho). La compactación se realizará mediante 3 pasadas de rodillo liso para mezclas abiertas; el equipo a usar será el adecuado para obtener la compactación requerida. La compactación se realiza del borde inferior al centro y luego hacia la parte más alta, traslapando cada pasada a mitad del ancho del rodillo; realizando un rodillado hasta eliminar toda marca y alcanzar la densidad necesaria. -La compactación se realiza desplazando los rodillos de forma lenta y uniforme con la rueda motriz hacia el lado de la terminadora. (manteniendo húmedos los rodillos) -La compactación se realiza cuando la mezcla tenga una temperatura de entre 110°C a 140°C; si la capa será inferior a 5cm de espesor o que sea una mezcla abierta podrá ser inferior a 110°C la temperatura de la mezcla. Si son mezclas con asfalto modificado o de tipo multigrado se realizará de acuerdo a lo indicado por el proveedor. •Si se realizan juntas se deberá compactar parte de la parte anteriormente compactada.	•Previamente se deberá tener una dosificación aprobada por el laboratorio de vialidad, 25 días antes, caso contrario se iniciara si el inspector lo aprueba. •Si es multicapa, la capa base antes de la colocación deberá comprobarse que la capa cumpla con los requisitos, junto a un riego de imprimación. •La construcción de esta capa se realiza con una fórmula de trabajo ya determinada y probada en fase de experimentación; definiendo el método definitivo de preparación, transporte, colocación y compactación. -Además, se deberá tener producido un 20% de los agregados antes de iniciar. •El concreto asfáltico que quede suelto, este frío, contaminado con polvo o tierra, es decir de alguna forma defectuoso, deberá ser retirado y sustituido por una nueva mezcla. •Si la capa terminada no cumple los parámetros se aplicaran multas.
España	•La superficie deberá tener las especificaciones necesarias y deberá aplicarse un riego de imprimación o adherencia. -Para el riego de adherencia se aplica emulsión para que > 200 g/m2 de ligante residual queden en la superficie, y > 250 g/m2 si sobre ella ira una mezcla discontinua. (la temperatura ambiente debe ser > 10°C o si se aprueba > 5°C) -Se ejecuta un riego de imprimación por medio de emulsión bituminosa y posterior aplicación de áridos si asi se indica. Debiendo quedar como mínimo 500 g/m2 de ligante residual y entre 4-6 L/m2 de árido de cobertura. (la temperatura ambiente debe ser > 10°C o si se aprueba > 5°C) •La fabricación y puesta en obra se realiza luego de verificada la fórmula de trabajo; teniendo en cuenta granulometría, dosificaciones, características de ligante, temperaturas para la mezcla y demás. •La mezcla se realiza en centrales de fabricación continua o discontinua. Donde los áridos serán suministrados en 4 fracciones, acopiando hasta alcanzar máximo 1.5m de altura (si se coloca sobre terreno natural no se usan los primeros 15cm) •La mezcla realizada en planta, se podrá llevar al sitio directamente o almacenar; si es almacenada se debe garantizar que en las 48h luego de fabricada no pierda ninguna de sus características. (las tolvas en frío cargadas de entre un 50-100% y los áridos finos se alimentarán mediante 2 tolvas) •Luego de realizada la mezcla y salga del mezclador, no podrá tener más de 150°C de temperatura para mezclas en caliente; siendo 10°C más que la anterior si es mezcla de alto módulo y no mayor a 140°C para mezclas semicalientes (en categorías T1 a T4 el uso en la mezcla de betunes especiales, aditivos u otros procedimientos podrá disminuir la temperatura mínima 40°C respecto a la equivalente). Además, la mezcla deberá tener un contenido de huecos, resistencia a la deformación permanente, sensibilidad al agua aprobado; en caso de ser de alto módulo también un módulo dinámico y resistencia a la fatiga. •Luego de realizada la mezcla, se llevara en camiones con liquido antiadherente a la extendedora y empezar el proceso de extensión (temperatura al salir de la extendedora deberá ser > 130°C), extensión que se hace comenzando por el borde exterior y de manera longitudinal, se permitirá realizarlo en todo lo ancho si se tiene restricción de tráfico y sea una superficie > 70000 m2 usando 2 extendedoras desfasadas para evitar juntas; además, comprobando el correcto funcionamiento del equipo; se extiende el material para que este quede liso y uniforme, sin segregaciones ni arrastres, con espesor y ancho adecuados. •Se procede con la compactación de manera longitudinal, realizándola a la mayor temperatura posible y hasta obtener la densidad requerida; en mezclas que contienen betunes modificados con caucho, se compactara hasta obtener la temperatura mínima establecida, incluso si ya se hubiera alcanzado la densidad. •Si se realizan juntas se aplica un riego de adherencia, deben tener una separación de 5m para las transversales y 15cm para las longitudinales. •Se realiza en capas de 4-5 cm de espesor si se usó una mezcla AC16 surf D o AC16 surf S; y para AC22 surf D o AC22 surf S > 5 cm •Se permite la circulación de vehículos luego de compactada y alcance la temperatura ambiente; en capas ≤ 10 cm será cuando alcance los 60°C	•Anterior a este proceso se realiza un tramo de prueba de más de 100m para comprobar todos los procesos y especificaciones que tendrá los materiales. •Durante la realización de la mezcla si se usa árido reciclado, el árido no podrá calentarse más de 220°C •La compactación si se realiza por franjas se incluye 15cm de la anterior. •Si es multicapa se realiza en capas de 5-10 cm de espesor para capa intermedia si es mezcla AC22 bin D o AC22 bin S o AC32 bin S o AC22 bin S MAM; y para capa base será de 7-15 cm de espesor para mezclas AC32 base S o AC22 base G o AC32 base G o AC22 base S MAM. •Los riegos de adherencia usan emulsión bituminosa tipo convencionales como :C60B3 ADH o C60B3 TER; o modificadas C60BP3 ADH oC60BP3 TER (recomendando el uso de modificados si hay tráfico tipo T00 a T1 o T2 en autovías con IMD > 5000 veh/d/carril) •Los riegos de imprimación usan emulsiones tipo C50BF4 IMP o C60BF4 IMP
Estados Unidos	**Según la FHWA:** •la mezcla se realiza calentando primero los agregados hasta tener una temperatura uniforme. No realizar la mezcla en plantas diferentes, a menos que se compruebe que tienen las mismas propiedades. •En la preparación de la mezcla se introduce el agregado junto a la cal si se utiliza para luego mezclarlo y calentarlo, luego se agrega el asfalto, el asfalto no podrá ser calentado a más de 185°C y si se usa aditivo antidesprendimiento se dosificara en terminal o a granel en la planta, inyectándolo al menos el 80% del tiempo de transferencia o mezclado. Se mezclará todo hasta que las partículas queden total y uniformemente cubiertas por asfalto (La AASHTO especifica deberá cubrir un 95% del agregado). Además, se debe controlar la humedad, de máximo 0.5% -La mezcla de agregado y cal podrá ser por 3 métodos, usando un mezclador pugmill, usando un molino de martillos con humedad de 2% en agregado grueso y 4% en fino o por ultimo introduciéndolo como si fuera otro agregado. -La AASHTO incluye que para mezclas MC y RC el asfalto se aplica a una temperatura donde se logre una viscosidad cinemática de 150-300 cSt •La superficie de extensión de la mezcla será limpiada de suciedad, material suelto o nocivo, junto a que deberá esta tener las especificaciones necesaria. Donde se aplica una pequeña capa adhesiva de asfalto, este se aplica cuando la superficie esta seca y descongelada, temperatura del aire mayor a 2°C, del suelo mayor a 10°C y sin lluvia. Se aplica este riego de liga a razón de 0.15 a 0.7L por m2 y riego de liga sin rastreo a 0.22-0.45 L por m2. •Se extenderá la mezcla con una temperatura mínima de colocación que dependerá de la temperatura de la carretera: -Para espesores compactados > 75 mm será de 138°C si la temperatura de la superficie es de 1.7 a 4.3°C, de 135°C si es de 4.4 a 9.9°C, de 132°C si es de 10-15.5°C, de 129°C si es de 15.6 a 26.6°C, de 127°C si es de 26.7 a 32.2°C y de 124 si es más de 32.2°C -Para espesores compactados de entre 50-75 mm será de 141°C si es de 4.4 a 9.9°C, de 138°C si es de 10-15.5°C, de 135°C si es de 15.6 a 21.1°C, de 132°C si es de 21.2 a 26.6°C, de 129°C si es de 26.7 a 32.2°C y de 127°C si es más de 32.2°C -Para espesores compactados < 50 mm es de 146°C si es de 10-15.5°C, de 141°C si es de 15.6 a 21.1°C, de 138°C si es de 21.2 a 26.6°C, de 132°C si es de 26.7 a 32.2°C y de 129°C si es más de 32.2°C •Esta extensión de la mezcla se deberá hacer controlando la alineación horizontal, controlando la pendiente. También se deberá realizar evitando el parar y volver a arrancar en la extensión, es decir, que sea ininterrumpido. •Extendida la mezcla deberá quedar lisa, sin segregaciones o rayaduras. •Se realizara la compactación inmediatamente luego de extendida, protegiendo los extremos y hasta obtener la densidad necesaria (si no se alcanza la densidad antes de que enfríe a menos de 80°C se detiene el proceso). También se realizará hasta eliminar las marcas de rodillo, la velocidad de los rodillos en la compactación será máximo de 5km/h o 80m/min. •Si se realizaran juntas cortando verticalmente y aplicando un riego de liga; aplicando la mezcla de la forma más continua posible y cuando se vaya a compactar no tocar los bordes (juntas de capas superpuestas cada 150mm longitudinales). Según la AASHTO la junta deberá incluir entre 150-300 mm de la anterior.	•Anterior a este proceso se realiza un tramo de prueba de más de 300m para comprobar todos los procesos y especificaciones que tendrá los materiales. •Se debe presentar la composición que deberá tener la mezcla mínimo 30 días antes. •Según la FHWA si la mezcla superpave será verificada toda su franja mínimo 30 días antes •La mezcla de agregado cal por medio de molino de matillos será almacenada de 24h a 60 días •Existen restricciones de temperatura adicionales, si la temperatura de la superficie esta entre 1.7 a 4.3°C solo se podrá realiza si se realizara una capa > 75mm; si es entre 4.4 y 9.9°C para capas > 50mm y si es mayor a 10°C para cualquier espesor •Se podrá realizar la extensión de manera manual, si el equipo falla. •La compactación se podrá realizar de manera manual si la zona es inaccesible. •Para la compactación no usar diesel como desmoldante de los rodillos. •Si la compactación es inteligente se realiza mediante parámetros de la AASHTO PP81, deberá tener el sistema operativo así como los diferentes equipos con guías GPS adaptados a planos ya realizados y puntos de referencia marcados virtualmente, también se realizan controles de GPS, mapeo, temperatura; además deberá mostrar mapas codificados por colores en tiempo real de la líneas de trabajo, alineación, ubicación del tambor del rodillo, numero de pasadas, valor de medición de compactación inteligente ICMV para sistemas con acelerómetro y de temperatura. •Para la superficie existente se usan el de riego de liga sin rastreo desde el 1 de mayo hasta 1 de Octubre o riego de liga para el resto de épocas (el riego de liga es diluido y el denominado sin rastreo no deja rastro ni huellas) -El riego de liga para juntas es el mismo tipo que se usa en la superficie.

Sudáfrica	•El agregado recibido no podrá variar más de 0.2% de la que se necesite. •La mezcla realizada en la planta deberá tener una dosificación de materiales de manera correcta, previo calentamiento y luego mezclado; donde el contenido se controla mediante peso o volumen. -Si la mezcla es discontinua se calentara el agregado hasta que tenga una temperatura de entre 0-20°C y contenido de humedad ≤ 0.5%. Si es mezclado en planta de tambor se realiza la mezcla de manera homogénea revisando el mismo parámetro de contenido de humedad. -Se añade el relleno luego del agregado, finalizando con el asfalto también calentado. -El rango de temperatura de mezclado del asfalto será de 140-165°C para tipo 35/50, de 135-160°C para 50/70, de 130-155°C para 80/100 y de 125-150°C para 150/200. -Si se usa betún-caucho como asfalto principal, este se deberá mezclar a una temperatura de 160-180°C; almacenado a máximo 150°C para máximo 10 días en los tipos S-R1 y A-R1, aunque serán más de 14 días para S R2, A R2 y C-R2. Almacenamiento a corto plazo será de 24 horas y de 170°C para S-R1 y A-R1, de 165°C para C-R1; para > 7 días será de 160°C para S-R2, A-R2 y CR-2 -Si se usa asfalto modificado, se deberá mezclar a 175-190°C para A-E1, de 170-180°C para A-E2 y de 150-170°C para A-P1. El almacenamiento a 24 horas deberá ser ≤ 180°C y para almacenamiento de máximo 240 horas será de 160°C para A-E1 y A-E2, y de 150°C para A-P1. •Luego de realizada se transporta en volquetas u otro equipo hasta el sitio y descargado a la pavimentadora por medio de la tolva o almacenado. -La temperatura de almacenamiento para más de 24 horas, será de 145°C, 135°C, 125°C y 115°C para asfaltos tipo 35/50, 50/70, 80/100 y 150/200 respectivamente. Si es menos de 24 horas, será de 175°C para asfaltos tipo 35/50, 50/70 y 80/100, y de 165°C para 150/200. •La superficie donde se extenderá la mezcla deberá estar totalmente limpia, suave, con la pendiente y elevación necesaria; y si se requiere se realiza un riego de imprimación (MC-10 o MC-30; o RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1, SS-1h o QS-1H; o CRS-1, CRS-2, CMS-2, CMS-2h, CSS-1, CSS-1h o CQS-1h) este con un 70% de agua y 30% de la emulsión y aplicándolo a 0.55 L/m2. •La extensión se realiza teniendo el menor número de paradas para que no se enfríe. •El espesor dependerá del tamaño del agregado grueso; para tamaños de 7.1 mm será de 20 mm mínimo (25 mm preferido), para 10 mm será de 30 mm (35 mm preferido), para 14 mm será de 45 mm (50 preferido), para 20 mm será de 80 mm (90 preferido) y para 28 mm será de 110 mm (preferible 120 mm) •A medida que se va pavimentando se irá realizando el esparcido de los áridos que podrá ser por maquinaria o a mano. •La compactación se realiza tan pronto como se termina de extender, a una velocidad adecuada, además que no se podrá usar productos derivados del petróleo para humedecer las llantas de los compactadores. Se realiza del borde inferior al superior en curvas y si es muy pronunciada a una velocidad de 5 km/h. •Si se realizan juntas, será un corte de manera vertical y estas no se podrán realizar sobre otra junta inferior; además, deberá estar limpia y lista para la colocación de la siguiente capa. •Terminada se agrega la pre-cubierta que es una mezcla en planta donde se usa asfalto tipo 50/70 a 175°C máximo y agregado calentado en planta a temperatura de 130-185°C. Luego de mezclado se enfría hasta los 90°C y se rocía con agua. No se podrá desviar más de 10% de la dosificación necesaria. •No se abrirá al tráfico hasta que la capa tenga una temperatura menor a 50°C.	•Se realiza una sección de prueba donde se verificara todos los parámetros que se llevaran a cabo en la construcción de la capa de rodadura. •La mezcla no podrá enfriarse ya que si pasa, se deberá realizar una junta. •Si la mezcla tiene segregaciones o desgarro se suspenden las operaciones hasta corregirlo. •No se permite el trabajo manual luego de realizada la extensión, todos los procesos se deberán hacer con la maquinaria apropiada. •Las clases son determinadas así: -Clase 1: carreteras urbanas o principales de alto tráfico (circulación a +120 km/h) -Clase 2 y 3: Intersecciones de alto tráfico (circulación a 70 km/h para clase 3 y a 80 km/h para clase 2) -Clase 4 y 5: Carretera rural o urbana de tráfico local (circulación a 40 km/h para clase 5 y a 60 km/h para clase 4)
Australia y Nueva Zelanda	•La superficie donde se extenderá deberá estar seca y barrida, eliminando piedras o materiales extraños al menos 300 m mas allá de cada lado donde se pavimentara; podrá tener o aplicar una capa de imprimación •La mezcla se extenderá en caliente a una temperatura de 150-170°C. -Se calientan y secan los agregados, se combinan y luego se agrega el relleno sin tener que calentarlo, se mezclan todos por 5-15 segundos; después se añade el asfalto en la dosificación y temperatura adecuado y se mezcla. (si se realiza por lotes o discontinua se añaden los agregados en frío por medio de las tolvas y cinta transportadora, así como el material reciclado, para luego seguir el mismo proceso) La mezcla se realiza en 55-60 segundos. -El material final deberá ser homogéneo y consistente, no tener segregaciones para luego ser descargado en el equipo de transporte o sitio de almacenamiento. •El proceso de mezclado y extensión deberán realizarse de manera que la extensión sea de manera continua -La extensión se realizara a una velocidad que este dentro de las capacidades del equipo, que quede de forma uniforme. •La compactación se realiza inmediatamente después de extendida, evitando la segregación y que quede un producto homogéneo; deberá estar en el espesor, nivel (podrá hacerse mediante tecnología láser o acústica) y dimensiones necesarias (la pendiente se controla con un zapato junto a la pavimentadora, también se podrá usar viga deslizante múltiple para control de nivel y espesor). Se realiza a una velocidad que no se deslicen las capas. -Se realiza primero con la regla pavimentadora y rodillos vibratorios, y luego una compactación mediante rodillos neumáticos. -Se deberá compactar incluyendo al menos 150 mm de la capa anterior. -Si se usa rodillos con ruedas de acero será a 5km/h la velocidad de compactación, para rodillos vibratorios de 8-10 km/h y para rodillos neumáticos de 6-10 km/h. -La primera pasada será con rodillo con ruedas de acero (2-4 pasadas), se sigue con una compactación con rodillos de acero seguido con neumáticos (2-7 pasadas) y una última compactación con ruedas de acero para eliminar las huellas. •Si se realizan juntas se realiza con un corte tratando para que quede de forma lisa y luego aplicando una capa adhesiva (mismos tipos de asfalto que en imprimación) y así continuar con el siguiente tramo; las juntas longitudinales estas deberán estar separadas a 150 mm de otra junta, así no serán sucesivas. Para juntas transversales serán a 1 m de la otra. •El espesor de la capa será de mínimo 100 mm o 2.5 veces el tamaño nominal; aunque también esta capa no podrá ser mayor al 30% del espesor total del pavimento. -Si el tamaño nominal es de 5 mm el espesor será de 15-20 mm, si es de 7 mm el espesor será de 20-30 mm, si es de 10 mm será de 25-40 mm, si el tamaño nominal de la mezcla es de 14 mm el espesor será de 35-55 mm, si es de 20 mm será de 50-80 mm y si es un tamaño nominal de 28 mm será un espesor de 70-110 mm. -Según la NZTA M10 el espesor será según el agregado, para AC10 será 40 mm, AC14 será 55 mm, AC20 será 80 mm y para AC28 será 110 mm. Para DG7 será de 25 mm, DG10 será 35 mm y DG14 será de 50 mm.	•Para obtener un pavimento mucho más resistente, se recomienda que la capa de rodadura en conjunto con una base granular o estabilizada. También se podrá realizar multicapa, con una base y subbase también en asfalto. •Antes de construir se debe realizar una fase de prueba donde se verifican todas las características y la fórmula de trabajo. •La superficie no puede tener defectos, si los tiene se deberán corregir, sino no se podrá comenzar. •Si en la superficie antes de extender se realiza un riego de imprimación podrá ser los tipos CSS y ASS de la AS 1160 o será usando emulsiones con un 67% de concentración, además serán emulsiones basadas en las especificadas en la AS 4001 BT3 (coincide con la AASHTO M140 para emulsiones aniónicas serán los RS-1, RS-2, HFRS-2, MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s, SS-1, SS-1h o QS-1H) y AS 4001 BT4 (coincide con la AASHTO M208 para emulsiones catiónicas serán los CRS-1, CRS-2, CMS-2, CMS-2h, CSS-1, CSS-1h o CQS-1h); estas especificaciones se encuentran en especificaciones de emulsiones para mezclas asfálticas en frío de Estados Unidos. •Para la realización de la mezcla si se quiere almacenar el agregado en acopios será cada 10 m. •La extensión se podrá hacer a mano si no se puede de otra forma. •Todo el proceso constructivo deberá tener una gestión de calidad AS/NZS ISO 9000.
Tailandia	•La elaboración de la mezcla se realiza en un sitio a máximo 2h de la obra. Donde el asfalto en los tanques de almacenamiento ≤ 100°C y calentada en la planta a 159.8 °C o alcanzar entre 170-120 cSt. -Los agregados deberá calentarse a 163°C y tener una humedad ≤ 1% -El cemento asfáltico deberá calentarse a temperaturas que no superen los 100°C. -Luego de mezclado deberá tener una temperatura de entre 121-168 °C. •La mezcla elaborada deberá cubrir un 95% de los agregados •Para transportar la mezcla se aplica jabón, cal o cualquier agente que contenga menos de 5% de aceite. •Antes de la extensión se debe revisar que la superficie donde se aplicara cumpla todas las especificaciones y deberá estar limpia (caso contrario se limpia). Además deberá contar con una capa de imprimación, si está muy vieja se considera aplicar un riego de liga. •La extensión de la mezcla se realiza controlando el grosor e inclinación de la superficie -La temperatura del asfalto durante la colocación no podrá desviarse en más de 14°C y no podrá ser menor que 120°C •Se empieza a compactar inmediatamente luego de extendido, donde la temperatura de la mezcla deberá estar entre 120-150°C, se realiza de tratando de realizar el mínimo número de paradas, si debe retroceder se realiza de manera suave -La compactación se realiza primero con las juntas y luego siguiendo a la máquina pavimentadora lo más cerca posible (usando rodillo compactador de dos ruedas de acero o un rodillo vibratorio pero sin vibración). Se realizan 3 pasadas, la capa no podrá tener grietas. En juntas se hace incluyendo 50 mm de la anterior y las siguientes pasadas avanzando 150-200 mm en cada pasada y en junta trasversal desplazándose a lo largo de 0.5-1 m. -La compactación se realiza de bordes a centro, en curvas de inferior a superior, en intersecciones se hace en el ángulo y luego de manera paralela al borde (humedeciendo las ruedas del compactador). Se debera superponer en 150 mm sobre la anterior compactada.	•30 días antes de iniciar ya se debe tener los documentos de diseño. Si los materiales a usar cambian, esta fórmula de trabajo se debe cambiar. •Si hay algún cambio de materiales de la mezcla se deberá cambiar la fórmula de la mezcla. •Si la superficie donde se aplicara la mezcla no cumple con algún requisito esta deberá ser corregida antes de extender la mezcla, donde si no se repara de manera efectiva se podrá escarificar y volver a compactar. •Si se requiere un curado rápido para colocar otra capa sobre otra se podrá usar un riego de liga para este proceso. Se podrán usar RC-70 (aplicado a 50-110°C de temperatura), RC-250 (se aplica a 75-130°C), CRS-1 o CRS-2 (se aplica a 50-85°C). Aplicando entre 0.1-0-3 L/ m2 -Si se requiere un curado se podrá usar un asfalto líquido de imprimación para este proceso. Se podrán usar MC-30 (porcentaje de asfalto residual de 60% y aplicado a 30-90°C de temperatura), MC-70 (porcentaje de asfalto residual de 73% y se aplica a 50-110°C), CSS-1 o CSS-1h (porcentaje de asfalto residual de 75 y se aplica a 20-70°C). Aplicando entre 0.6-1 L/ m2 y error de 15-17% (aplicación que se hace incluyendo mínimo 50 mm de la

-La velocidad de compactación se deberá realizar a velocidad baja y constante; si es rodillo se realiza 10 veces cada 300 mm o 33 veces cada metro; rodillo de acero a 3km/h en compactación inicial, 5km/h en compactación intermedia y 5km/h en la compactación final (esta última incluye rodillos vibratorios); rodillo con rueda de goma será de 5km/h para compactación inicial e intermedia y de 8km/h para la final; el vehículo de reducción de vibraciones será de 4-5km/h en compactación inicial o intermedia. (compactación intermedia cuando la temperatura de la mezcla es ≥ 95°C) -La compactación si la capa es menor a 25 mm se realiza con rodillo vibratorio y a la mínima vibración, si esta entre 25-50 mm se realiza a una vibración más alta y mayores a 50 mm una vibración aún más alta. -La compactación en pendientes pronunciadas se realiza con rodillos compactadores de acero sin vibraciones, con las ruedas hacia adelante y lo más cerca de la pavimentadora. -Si se colocara otra capa encima deberá primero esta alcanzar el nivel de curado necesario. •Las capas tendrán un espesor que dependerá de la granulometría; será de 25-35 mm para cuando se usa material de tamaño de 9.5 mm y de 40-70 mm para 12.5 mm. •Las juntas se realizaran y se traslapa entre 25-50 mm. -Si se realizan juntas transversales, se colocara cartón rígido prefabricado u otro material prefabricado; deben tener una separación de 5m respecto a la otra junta transversal. (Adyacentes también 5 m) -Las juntas transversales y longitudinales se aplicará una capa de riego de liga para luego aplicar la capa de concreto asfáltico.	anterior y curado de 48h) •Extensión de la mezcla se podrá hacer con niveladora si la pavimentadora no es viable. -También en trabajos de pavimentación y nivelación se podrá hacer a mano, si es imposible acceder con cualquiera de los equipos. •Si en la compactación se presentan ondulaciones o movimiento de mezcla se cambia el método de compactación. -Si se presenta segregación se corrige aplicando mezcla en la zona afectada. -Si se usa rodillo vibratorio debe tener una vibración de entre 2000-3000 revoluciones por minuto. -Si no se puede usar el equipo de compactación debido a que no se puede operar con estos, se podran usar otros tipos de compactadoras más pequeños y adecuados.

Nota. Apéndice de la Figura 34

Tabla 54

Ensayos preliminares y periódicos en la construcción de la mezcla asfáltica en caliente

País	Ensayos preliminares	Ensayos para verificaciones periódicas	Observaciones adicionales
Colombia	-Ensayos al asfalto: Penetración (ASTM D5-06); punto de ablandamiento (ASTM D36/D36M-09); índice de penetración (NLT 181/99 y The rheological properties of asphaltic bitumens by Pfeiffer J of Journal of instiure of petroleum technologist y Materiales asfalticos bituminosas de Eberto Petroni); viscosidad (ASTM D2171/D2171M-10 o AASHTO T316-06 y FHWA-SA-94-068 o NTC 5117:2017); ductibilidad (ASTM D113-07); Solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042-09); contenido de agua (ASTM D95-05); contenido de parafinas (UNE-EN-12606-Mayo 2000); Punto de inflamación mediante copa abierta de Cleveland (ASTM D92-11); cambio de masa por calentamiento (ASTM D2872-04); Penetración retenida a 25 °C (ASTM D5-06); índice de envejecimiento (ASTM D2171/D2171M-10 o AASHTO T316-06 y FHWA-SA-94-068 o NTC 5117:2017). -Si el asfalto es para riego de liga tipo MC-30 (los otros tipos, de liga o imprimación tienen los mismo ensayos anteriores): Punto de inflamación mediante copa abierta (ASTM D3143-08); viscosidad cinemática (ASTM D2170/D2170M-10); viscosidad por viscosímetro rotacional (FHWA-SA-94-068 de 1995 y AASHTO T316-06);destilado y residuo por destilación (ASTM D402-08); residuos por destilación una penetración (ASTM D5), ductilidad (ASTM D113-07) y solubilidad (ASTM D2042-09). -Ensayos para agregados: Desgaste en la máquina de Los Ángeles (ASTM C 131-06); Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval(ASTM D 6928-10); Resistencia mecánica por método de 10% finos (BS 812 Part 110-1990 y SABS Method 842); coeficiente de pulimiento acelerado (UNE-EN 1097-8 julio 2000); Perdidas en ensayo de solides en sulfato de magnesio (ASTM C88-05); Coeficiente de pulimiento acelerado (UNE-EN 1097-8 julio 2000); análisis petrográfico (ASTM C295); impurezas en agregado grueso (NTL 172/86 y UNE 146130:2000 anexo C); Indice de plasticidad(ASTM D 4318-10); Equivalencia de arena(ASTM D2419-09) y valor azul de metileno (EN 933-9); porcentaje partículas planas y alargadas (ASTM D4791-10); Caras fracturadas (ASTM D 5821-01); Granulometría del material (ASTM C136-06); angularidad de la fracción fina (ASTM C1252-06); cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo (ASTM D3625-96); adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos Riedel-Weber (NLT 355/93); granulometría llenante mineral (ASTM D546-10), densidad bulk (BS 812: Part 2: 1995-Numeral 6.4) y vacíos del llenante seco compactado (BS 812 Part 2:1995-Numeral 6.5)	•Control de emulsión con 2 muestras por carrotanque: 1 vez por mes y mínimo 3 veces durante la ejecución de la obra. •Ensayos para el agregado y llenante mineral, se realizan 4 muestras por procedencia o volumen previsto de agregados y 2 muestras para llenante mineral determinando densidad bulk: •Ensayos para agregados -1 vez por año un análisis petrográfico por medio de porcentajes relativos de los diferentes minerales y las tipologías de rocas que componen el agregado (solo para NT3) -1 vez por mes ensayos de desgaste en la máquina de los ángeles, degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, resistencia mecánica por el método del 10 % de finos, pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio y ensayo de Gravedad específica y absorción también cuando cambie la procedencia del agregado. -1 vez por semana ensayos de impurezas en agregado grueso, equivalente de arena y valor de azul de metileno, índice de alargamiento y aplanamientos, partículas planas y alargadas 5:1. -1 vez por jornada ensayos de Granulometría, índice de plasticidad, caras fracturadas y angularidad de la fracción fina, método A. -Cuando cambie la procedencia de los agregados se realizan ensayos de Coeficiente de pulimiento acelerado para rodadura, cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo para agregado grueso y adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método Riedel-Weber) para agregado fino. •Verificación de los llenantes minerales -1 vez por suministro el ensayo de granulometría; 1 vez a la semana y siempre que cambie la procedencia del llenante ensayo de densidad bulk (BS 812: Part 2:1995) y vacíos del llenante seco compactado (BS 812: Part 2: 1995 -Numeral 6.5) •Ensayos para verificación de la mezcla: 3 muestras por lote para contenido de asfalto (ASTM D2172/D2172M-11); granulometría de los agregados (ASTM D5444-08); 2 muestras por lote para determinar la gravedad especifica bulk (ASTM D2726-11 o ASTM D6752/6752M-11), estabilidad y flujo en el ensayo Marshall (ASTM D6926-10 y ASTM D6927-06 o ASTM D5581-07a) ; 2 muestras para determinar la resistencia por medio de inmersión - compresión (NLT-389/00). -Ensayo de modulo resiliente solo para mezclas de alto módulo, tomando 2 muestras a 20°C y 10Hz (ASTM D7369-11), 4 muestras para el módulo completo (UNE-EN 12697-26 anexo D) y 2 muestras para leyes de fatiga (AASHTO T321-07 o UNE-EN 12697-24:2006+A1) •De la capa terminada se realizan 5 ensayos de densidad para control de compactación (ASTM D3665-07); 3 por lote y 1 por curva para resistencia al deslizamiento (ASTM E 2340/E 2340M-11).	-Cada carrotanque de emulsión se realizan 2 muestras para comprobar todas sus especificaciones. -Los ensayos de revisión pueden reducirse a la mitad si se aprueba. -En caso que en las verificaciones periódicas de material no se den resultados satisfactorios, se realizan 2 pruebas más, si no cumplen igual no se usa el material. -Lote se define como la menor área entre 500m de capa terminada, 3500 m2, obra ejecutada en una jornada de trabajo, obra ejecutada con el mismo material. -La cantidad de ensayos se podrán reducir a la mitad si el material es homogéneo o si en control de recibido se tienen 10 lotes sin objeciones. -Si alguna prueba en los agregados o llenante es insatisfactorio se realizan 2 pruebas, donde deberán ser satisfactorios ambos, caso contrario se rechaza.
Perú	-Para el cemento asfáltico: Penetración (ASTM D5); punto de inflamación (ASTM D3143); Ductilidad (ASTM D133-99); solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042 y AASHTO T44); de manera opcional índice de penetración (ASTM D5); de manera opcional, el ensayo de la Mancha (AASHTO M20); pérdida de masa (ASTM D1754); penetración retenida después del ensayo de la película fina (ASTM D5) y ductilidad de residuo (ASTM D133-99) -Para asfaltos según viscosidad se realizan los presentados en la ASTM D3381: Viscosidad absoluta (ASTM D2171/D2171M); viscosidad cinemática (ASTM D2170/D2170M); penetración (ASTM D5/D5M); punto de inflamación (ASTM D92); solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042); Para el residuo del ensayo de película fina (ASTM D1754), ensayos de viscosidad absoluta (ASTM D2171/D2171M) y ductibilidad (ASTM D113); valor de los solventes en ensayo de la mancha (AASHTO T102). -Ensayos a emulsión asfáltica para riego de liga de acuerdo a lo indicado en la ASTM D 2397: Asfalto de residual y destilación en aceite (ASTM D6997); viscosidad 25°C (ASTM D244); estabilidad de almacenamiento (ASTM D6930); demulsibilidad (ASTM D6936); revestimiento y resistencia al agua (ASTM D244); carga de la partículas (ASTM D244); prueba del tamiz (ASTM D6933); contenido de cemento (ASTM D6935); penetración , ductilidad y solubilidad en tricloroetileno (ASTM D244) -Ensayos para agregados gruesos: Abrasión Los Ángeles (ASTM C131:2006); Durabilidad al Sulfato de Magnesio (ASTM C88); adherencia (AASHTO T182); índice de durabilidad (ASTM D3744); partículas chatas y alargadas (ASTM 4791); Caras fracturadas (ASTM D 5821); sales solubles (Manual de carreteras de chile Vol.N°8 - 8.202.1, también la 8.202.14 y 8.202.18, donde este último se basa en la NCh1444 of 2010 que a su vez se basa en la EN 1744-1:1988); absorción (ASTM C121-2012) -Ensayos para agregados finos: Equivalencia de arena(ASTM D2419-91); angularidad el agregado fino (MTC E 222 basado en la National aggregates asscociation); azul de metileno (AASTHO TP 57); índice de plasticidad (ASTM D4318-98); Durabilidad al Sulfato de Magnesio (ASTM C88); índice de durabilidad (ASTM D3744); sales solubles (Manual de carreteras de chile Vol.N°8 - 8.202.1, también la 8.202.14 y 8.202.18, donde este último se basa en la NCh1444 of 2010 que a su vez se basa en la EN 1744-1:1988); absorción (ASTM C121-2012).	•De cada procedencia de los agregados pétreos se realizan y para cualquier volumen previsto se toman 6 muestras, donde se comprobarán el desgaste de los ángeles, pérdidas en el ensayo de solidez en sulfato de sodio o de magnesio, equivalencia de arena, la plasticidad, sales solubles totales, adherencia entre el agregado y el bitumen (según la norma MTC E 220 / MTC E 517.) y azul de Metileno. •Para polvo mineral, 4 muestras por procedencia o volumen previsto. Donde se determina la densidad aparente (NTL 176/92 que a su vez corresponde a la BS 812 Part 2:1975) y coeficiente de emulsibilidad. -Si el polvo mineral es de incorporación independiente, se realizan ensayos de densidad aparente mínimo 1 vez a la semana y siempre que cambie de procedencia y 1 prueba por suministro de su granulometría y peso específico (ASTM C131, AASHTO T96 y ASTM C535) •Para los agregados en general se realizan los siguientes ensayos según la frecuencia. -Se tomaran cada 250 m3 para ensayos de granulometría y plasticidad. -Cada 500 m3 ensayos para determinar las partículas fracturadas, partículas planas y alargadas. -Se tomaran cada 1000 m3 para equivalencia de arena, desgaste los ángeles, angularidad del agregado fino, pérdida en sulfato de magnesio y azul de metileno. (se comprueban en la tolva en frío) •Se realizarán controles a asfalto para la realización de la mezcla. A cada carrotanque que llegue, se revisara su certificado y se realizaran comprobación de la curva viscosidad - temperatura y el grado de penetración del asfalto. Además, indica ensayos al material bituminoso con una frecuencia sacada de la raiz de N, donde N son el número de tancadas de 30000 L. •Ensayos a la mezcla: 2 muestras por jornada o 6 por lote para el Contenido de asfalto (AASTO T164) y granulometría de los agregados (ASTM D546 y AASHTO T30); 2 muestras para determinar la resistencia en ensayo de Marshall junto a estabilidad media y flujo (ASTM D6926 y D6927), adherencia cada 1000 m3 (ASTM D2489), resistencia conservada a la tracción cada 1000 m3 (AASHTO T283) y prueba de Hamburgo wheel track cada 1000 m3. (AASHTO T324) •De la capa compactada se realizan ensayos para determinar la densidad cada 250 m2 (ASTM D1188, ASTM D2041 y AASHTO T209, y ASTM D2950) y espesor igualmente (ASTM D3549), resistencia al deslizamiento cada día (ASTM E 303 y AASHTO T278), adherencia cada 1000 m3 (ASTM D2489) y solidez de la estructura (ASTM D4695).	•Se comprueba la temperatura de la mezcla cada volqueta que llegue.

Chile	•Agregado grueso: Desgaste Los Ángeles (ASTM C131-69 y ASTM C535-69); Desintegración en sulfato de sodio (ASTM C88-73); partículas chancadas y partículas lajeadas (MC V8-8.202.6); adherencia por método estático (ASTM D1664-80) o método dinámico (MC V8-8.302.31) •Para el agregado fino: Índice de plasticidad (MC V8-8.102.4); Adherencia riedel-weber (MC V8-8.302.30) y desintegración por sulfato de sodio (MC V8-8.302.17) •Para el agregado combinado: Granulometría (MC V8-8.202.3); Sales solubles (MC V8-8.202.14) y equivalencia de arena (ASTM D2419-74 y AASHTO T176-70) •Para el cemento asfáltico se realizaran ensayos de Viscosidad absoluta (AASHTO T 202-80) y rotacional (MC V8-8.302.24 donde se tienen encuentra MC V8-8.301.1, 8.301.8 y 8.302.63, junto a la AASHTO T 316-19); penetración (ASTM D36, ASTM C670, ASTM E1 y ASTM E77); ductilidad (AASHTO T51); punto de inflamación (AASHTO T48); solubilidad (AASHTO T44-78); ensaye de la mancha (AASHTO T102-82); punto de ablandamiento (ASTM D36-76); ensaye de película delgada rotatoria (AASHTO R28-12); índice de penetración (MC V8-8.302.18) -Para cemento asfáltico modificado con polímeros los ensayos de penetración; punto de ablandamiento; ductilidad; recuperación elástica (DIN 52013); punto de quiebre Fraass (NTL 182/72 y EN 1259:2007); punto de inflamación; índice de penetración y ensaye de película delgada rotatoria. •Para riego de liga la emulsión asfáltica se realizaran ensayos son aplicables la ASTM D140 y ASTM D244. -También presenta ensayos de acuerdo al MC V8: Viscosidad por método Saybolt (AASHTO T 72-78); demulsibilidad (MC V8-8.302.5); carga de partícula (MC V8-8.302.5); cantidad de cemento, ensayo de tamizado, ensayo de destilación, capacidad de almacenamiento, ensayo para determinar capacidad de cubrimiento y resistencia al agua(MC V8-8.302.5); ensayos de residuo (MC V8-8.302.5), solubilidad en tricloroetileno (AASHTO T44-78), ductilidad (AASHTO T51), penetración (ASTM D5). Además, unos ensayos adicionales si se requieren hacer como sedimentación y de congelamiento (MC V8-8.302.5)	•Se realizaran ensayos a materiales y mezcla durante todo el proceso constructivo para comprobar sus características. •De la capa terminada: Ensayo de densidad cada 1750 m2 (MC V8-8.302.38) igual que el espesor (ASTM D3549-93a), contenido de asfalto (AASHTO T308-99), macrotextura mediante perfilometria laser (ASTM E1845-01 y UNE-EN ISO 13473-1) o mediante circulo de arena (ASTM E965-96 y NLT-335/87), resistencia al deslizamiento con SCRIM (MCV8-8.502.17 basado en la TM 032-07-A del 2008 y SCRIM Operation and Maintenance Manual Reino Unido de 1999) o con péndulo británico (TM 032-07-A del 2008, LNLT-175/98, ASTM E 303-93, MASTRAD del 2004 Mastrad Calibration Rig S892), control de rugosidad (MC V8-8.502.8) y lisura (MC V8-8.502.4)	-Se podrán realizar remuestreos si se considera necesario (A máximo 15 días de obtenidos los resultados se podrá solicitar) -La extracción de testigos o muestras para determinación de calidad son al menos 25 por obra. Si así se solicita.

España	-Si se tiene un marcado CE, deber tener todos los datos para su identificación, se verifica que las propiedades que dice sean las correctas y las requeridas, aunque se podrán hacer los ensayos que considere oportunos si se tiene una sospecha de alguna anomalía. En el caso de áridos un marcado CE con un sistema de evaluación de la conformidad 2+ -La mezcla bituminosa deberá tener un marcado CE con un sistema de evaluación de la conformidad 2+ Caso contrario al árido se ensaya lo siguiente: -Árido grueso: Granulometría (UNE-EN 933-2); valor de absorción (UNE-EN 1097-6); ensayo de sulfato de magnesio (UNE-EN 1367-2); Porcentaje de caras fracturadas (UNE-EN 933-5); índice de lajas (UNE-EN 933-3); coeficiente los Ángeles (UNE-EN 1097-2); coeficiente de pulimiento acelerado (UNE-EN 1097-8); contenido de finos del árido grueso (UNE-EN 933-1). -Árido fino: granulometría (UNE-EN 933-2); coeficiente los ángeles (UNE-EN 1097-2). -Para el polvo mineral (4 muestras): granulometría (UNE-EN 933-10); la densidad aparente (UNE-EN 1097-3 Anexo A) -Árido combinado, incluyendo el polvo mineral se realizan los siguientes ensayos: granulometría (UNE-EN 933-1); equivalencia de arena (UNE-EN 933-8 Anexo A) y valor de azul de metileno (UNE-EN 933-9 Anexo A); densidad de los áridos de ser necesario (UNE-EN 1097-6); -Para el betún asfáltico lo siguiente: Penetración (UNE-EN 1426); punto de reblandecimiento (UNE-EN 1427); cambio de masa (UNE-EN 12607-1); penetración retenida (UNE-EN 1426); incremento de punto de reblandecimiento (UNE-EN 1427); índice de penetración (UNE-EN 12591 y UNE-EN 13924 Anexo A); punto de fragilidad Fraass (UNE-EN 12593); punto de inflamación en vaso abierto (ISO 2592) y solubilidad (UNE-EN 12592) -Si es modificado con polímeros los siguientes: Penetración (UNE-EN 1426); punto de reblandecimiento (UNE-EN 1427); cohesión Fuerza-ductilidad (UNE-EN 13589 y UNE-EN 13703); punto de fragilidad Fraass (UNE-EN 12593); recuperación elástica (UNE-EN 13398); diferencia de punto de reblandecimiento (UNE-EN 13399 y UNE-EN 1427); diferencia de penetración (UNE-EN 13399 y UNE-EN 1426); punto de inflamación (ISO 2592); cambio de masa (UNE-EN 12607-1); penetración retenida (UNE-EN 1426); incremento y diminución del punto de reblandecimiento (UNE-EN 1427). -Para riego de imprimación la emulsión deberá cumplir los siguientes: índice de rotura (UNE-EN 13075-1); contenido de ligante (UNE-EN 1428); contenido de fluidificante (UNE-EN 1431); tiempo de fluencia (UNE-EN 12846-1); residuo de tamizado (UNE-EN 1429); tendencia a sedimentación (UNE-EN 12847); adhesividad (UNE-EN 13614); en el residuo por evaporación (UNE-EN 13074-1), ensayos de penetración (UNE-EN 1426), punto de reblandamiento (UNE-EN 1427); y en residuo por evaporación (UNE-EN 13074-1) y luego estabilización (UNE-EN 13074-2), penetración (UNE-EN 1426) y punto de reblandamiento (UNE-EN 1427) -Para riego de adherencia la emulsión deberá cumplir los mismos ensayos que para imprimación solo añadiendo los siguientes ensayos: cohesión y recuperación elástica (UNE-EN 13588)	Si se tiene un marcado CE se verifica que las propiedades que dice sean las correctas y las requeridas, aunque se podrán hacer los ensayos que considere oportunos, tomando los que consideren convenientes de cuando no tienen marcado CE. **Si no tiene marcado CE se debe verificar el cumplimiento de las especificaciones** -Para los áridos se realizan ensayos cada 150-600 ton en tráfico tipo T00 a T2 y para tráfico T3 a T4 cada 250-1000 ton de material un análisis granulométrico de cada fracción, equivalencia de arena y en su caso índice de azul de metileno. 1 vez por semana o cuando se cambie la procedencia, ensayo de índice de lajas del árido grueso, proporción de caras de fractura de las partículas de árido grueso, contenido de finos del árido grueso. 1 vez por mes o cuando se cambie la procedencia, coeficiente de los Ángeles del árido grueso, Densidad relativa del árido grueso y del árido fino y Absorción del árido grueso y del árido fino. -Polvo mineral se tomarán muestras sobre cada partida que se reciba, mediante ensayos, se determinara la densidad aparente y el Análisis granulométrico del polvo mineral. Si es polvo mineral proveniente de áridos se realiza 1 vez por día ensayos de densidad aparente y 1 vez a la semana análisis granulométrico. -Control de betún cada camión cisterna y también antes de entrar al mezclador, tomando 2 muestras; determinando penetración y punto de reblandamiento y calculando el índice de penetración. -Para la mezcla bituminosa, en su fabricación se toman 2 muestras al día (una por la mañana y otra por la tarde) con ensayos el análisis granulométrico, equivalencia de arena e índice de azul de metileno. 1 muestra de la mezcla de áridos en caliente para la granulometría. Terminada la mezcla se realiza control de humedad, se realizan cada 250-1000 ton (dependiendo del nivel de conformidad) ensayos para determinar la granulometría de áridos y contenido de ligante. además, para categorías de tráfico pesado T00 a T31 se realizaran, 1 vez al mes o menor frecuencia si se desea, ensayos de Resistencia a las deformaciones plásticas mediante el ensayo de pista de laboratorio (norma UNE-EN 12697-22), Resistencia conservada a tracción indirecta tras inmersión (norma UNE-EN 12697-12); para mezclas de alto módulo se realizan adicionalmente, el valor del módulo dinámico a 20ºC (Anexo C de la norma UNE-EN 12697-26) y la resistencia a la fatiga (Anexo D de la norma UNE-EN 12697-24) -Para la emulsión de riego de imprimación se toman 2 muestras por procedencia y cualquier volumen para ensayar granulometría (UNE-EN 933-2), el equivalente de arena (SE4) (UNE-EN 933-8 anexo A), y la plasticidad (UNE 103103 y UNE 103104). -La emulsión sea para imprimación o adherencia se deberá ensayar para comprobar que esta cumple con los requisitos necesarios. (3 puntos por lote para comprobar la dotación) **Para la mezcla extendida** Se realizan al menos 1 vez por lote la determinación del contenido de huecos (UNE-EN 12697-8) y densidad aparente (UNE-EN 12697-6) por medio del ensayo UNE-EN 13108-20. Junto a esto, pero a juicio del director de obra, ensayos de comprobación de dosificación de ligante (UNE-EN 12697-1) y granulometría de los áridos extraídos (UNE-EN 12697-2) **Para la capa compactada** -De cada lote se tomarán 3 muestras por lote determinando la densidad aparente y espesor (UNE-EN 1267-6), adherencia de capas (NLT-382). Cada 1000 metros luego de 24h de terminada el ensayo para control del índice de regularidad superficial (NLT-330). Cada día se realiza tomando 3 puntos por lote el método volumétrico para macrotextura (UNE-EN 13036-1). También una vez terminada y antes de puesta en servicio la resistencia al deslizamiento (UNE 41201 IN)	-De cada cisterna de betún asfáltico se toman 2 muestras de 1kg. Verificando penetración y la otra para contrastar la información. -Para control a la entrada del mezclador del betún se considera lote cada 300 ton. -Si se tiene betún modificado con polímeros que ha sido almacenado más de 15 días se toman 2 muestras de la parte superior e inferior, comprobando penetración y punto de reblandecimiento. -Lote se define como la menor entre 500m de calzada, 3500 m2 y la fracción construida en un día. -Si el ensayo de resistencia al deslizamiento no cumple se volverá a hacer luego de 1 mes de puesta en marcha.

Estados Unidos	-Para el agregado: Ensayo de abrasión Los ángeles (AASHTO T96); ensayo de resistencia a los sulfatos (AASHTO T 104); caras fracturadas (ASTM D5821); angulosidad (AASHTO T304 method A); partículas planas y alargadas (ASTM D4791); equivalencia de arena (AASHTO T176 Method 2); ensayo granulométrico(ASTM C136/AASHTO T27 y AASHTO T11); ensayo para determinar el residuo insoluble (ASTM D3042) -Ensayo para el asfalto que cumpla con la AASHTO M320, las cuales tienen los siguientes ensayos: Determinación de grado de rendimiento (AASHTO R29); solubilidad (AASHTO T44 o ASTM D5546);punto de inflamación por claveland (AASHTO T48); ensayos en película delgada (AASHTO T240); rigidez a la fluencia por deflexión método de viga de flexión (AASHTO T313); propiedades de fractura en tensión directa (AASHTO T314); propiedades reológicas mediante corte dinámico (AASHTO T315); viscosidad mediante viscosímetro rotacional (AASHTO T316) -Si es asfalto que cumpla la AASHTO M226 serán las siguientes: solubilidad (AASHTO T44); punto de inflamación (AASHTO T48); penetración (AASHTO T49); ductibilidad (AASHTO T51); ensayos en puntos de interés para nafta estándar, el solvente de nafta-xileno o el solvente de heptano-xileno (AASHTO T102); ensayos de horno en película delgada (AASHTO T179); viscosidad a 135°C (AASHTO T201) y viscosidad a 60°C (AASHTO T202); ensayos en película delgada (AAHSTO T240) -Si es asfalto que cumpla la AASHTO M20: penetración (AASHTO T49); solubilidad (AASHTO T44); ductibilidad (AASHTO T51);punto de inflamación (AASHTO T48); prueba en capa delgada (AASHTO T149) y prueba en puntos de interesa para nafta estándar, el solvente de nafta-xileno o el solvente de heptano-xileno (AASHTO T102)	•Se comprueban que todas las especificaciones cumplan con lo requerido mediante distintos ensayos. -Se comprueba el agregado con una frecuencia de uno por tipo o por fuente; calidad del asfalto (AASHTO M320); granulometría del agregado cada 2 días (AASHTO T27 y T11) -La AASHTO presenta que se deberá realizar ensayos granulométricos del material grueso y fino combinado (AASHTO R 90) Ensayos para la mezcla en la banda de control: 3 mínimo para la gradación (AASHTO T30); 3 para contenido de asfalto (AASHTO T308); 3 para huecos en agregado mineral (AASHTO R35); 5 para densidad (AASHTO T166); 3 para gravedad especifica (AASHTO T209) y por carga para conformidad. Ensayos para la mezcla en producción: contenido de asfalto (AASHTO T308), huecos en agregado mineral (AASHTO R35) y densidad (AASHTO T166) cada 700 toneladas; por cada carga la temperatura; 1 por día para gravedad especifica (AASHTO T209); calidad del asfalto (AASHTO M320); gradación salida en planta (AASTO T27 y T11); 1 cada 700 toneladas la gradación en la pavimentadora (AASHTO T30); contenido de humedad (AASHTO T255); cada 700 toneladas para ensayo de densidad para determinar conformidad(AASHTO T166) y 1 cada 150 m para control de densidad (ASTM D2950); cada 700 toneladas los huecos de aire (AASHTO T312 y T166); vacíos llenos de asfalto (AASHTO R35) Ensayos para la mezcla terminada: Rugosidad (AASHTO R56 y R57) y controles superficiales; un ejemplo de control superficial es la prueba de perfilografo realizada en capas de más de 65 mm o si a velocidad en el carril es mayor a 60km/h, realizando un perfil cada metro y paralelo cada 3.6 m (California Test 528)	-Si el material es rechazado se enviarán nuevas muestras. -Luego de compactada la capa se toman muestras aleatorias a toda su profundidad.
Sudáfrica	-Ensayos al agregado: Análisis granulométrico (SANS 3001-AG1:2009); valor de trituración (SANS 3001-AG10); solidez en magnesio (SANS 3001-5839); azul de metileno (SANS 3001-6243); índice de descamación (SANS 3001-AG4); piedra pulida (BS 812-114); caras fracturadas (SANS 3001 AG4/TMH1/ASTM D 5821); absorción de agua (SANS 3001-AG20 y AG21); equivalencia de arena (SANS 3001-AG5); dureza (SANS 3001-AG10). -Ensayos para asfalto tipos 35/50, 50/70, 70/100 y 150/200: Penetración (EN 1426); punto de ablandamiento (ASTM D36); viscosidad (ASTM D4402); en pruebas de horno en película delgada ()ASTM D2872), ensayos de cambio de masa (ASTM D2872), viscosidad (ASTM D4402), punto de ablandamiento (ASTM D36) y crecimiento de ablandamiento (ASTM D36), penetración retenida (EN 1426) y prueba de puntos (AASHTO T02). -Ensayos para asfalto Grado 58, 64 y 70: Grado de temperatura; temperatura mínima de clasificación (); viscosidad (ASTM D4402); estabilidad de almacenamiento (ASTM D2175); punto de inflamación (ASTM D92); luego del RFOT (ASTM D2872 y ASTM D7405), ensayos de porcentaje de cambio de masa (SATS 3208); módulo de relajación (ASTM D7405); relación de envejecimiento (ASTM D2872); luego de RFTO y PAV (ASTM D2872 y ASTM D6521), ensayos de riego de fluencia (ASTM D6648); cambios de temperatura (ASTM D7175) y relación de envejecimiento (ASTM D2872) -Ensayos para asfaltos tipo A-R1, S-R1, A-R2 y S-R2: punto de ablandamiento (MB-17); viscosidad dinámica (MB-13); recuperación a la compresión (MB-11); resiliencia a 25°C (MB-10) y flujo (MB-12). -Para la emulsión usada en riego en la superficie donde ira la mezcla (MC-10 y MC-30): viscosidad cinemática (ASTM D2170); viscosidad dinámica (ASTM D4402); punto de inflamación (ASTM D93); cantidad de agua (ASTM D95); destilado a 360°C (ASTM D402); en residuos de destilación, ensayos de viscosidad (ASTM D4402). -Si se usa los tipos de la SANS 4001-BT3 o BT4: Viscosidad Saybolt Furol (ASTM D7496); estabilidad de almacenamiento a 24h (ASTM D6930); demulsibilidad (ASTM D6936); prueba de carga de la partícula (ASTM D7402); capacidad de cubrimiento y resistencia del agua (ASTM D6930); prueba en mezcla con cemento (ASTM D6935); ensayo tamizado (ASTM D6933); residuo por destilación (ASTM D6997); aceite destilado por volumen de emulsión (ASTM D6997); en residuo de destilación ensayos de penetración (ASTM D5), ductibilidad (ASTM D113), solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042) y prueba de flotación.	Se realizan ensayos de manera aleatoria para comprobar que todos los parámetros cumplan con lo exigido, a continuación algunos de los ensayos mencionados: -1 ensayo al azar de 5 muestras tomadas para determinar la viscosidad y RFTO; y 1 cada 10 para punto de inflamación, relación de envejecimiento y PAV -Se realizan pruebas de tamiz, tomando 6 por lote y revisando la cantidad de vacíos (SANS 3001 AS10) -Para la capa terminada se realizan 6 ensayos por lote, determinando el contenido de asfalto (SANS 3001-AS20), granulometría del material (SANS 3001-AS20); 2 ensayos por lote para determinar la cantidad de vacíos en la mezcla (SANS 3001 AS10), 4 para la densidad y 1 por día para el grosor de capa. -También se podrán realizar ensayos de módulo dinámico (CSIR SANRAL/AASHTO TP79), fatiga (AASHTO T321), deformación permanente (AASHTO T324), trabajabilidad (ASTM D6925), durabilidad (ASTM D4897M), Resistencia a la tracción indirecta (ASTM 6931), Módulo de fluencia dinámica (CSIR RMT-004) y permeabilidad (EN 12697-19). -Se debe comprobar los parámetros necesarios del agregado, tales como: Indice de plasticidad, limite líquido, limite plástico, granulometría y demás. Ensayos para determinar la calidad de compactación por medio de densidad (SANS 3001-GR30); contenido de humedad (SANS 3001-GR20); resistencia a la tracción indirecta (TG2, Test Method BSM4)	-Lote se considera a la sección que se construye al mismo tiempo, con los mismos materiales y con el mismo método

	•Para los agregados: Granulometría (AS 1141.11 y NZS 4407); Valores de absorción (AS 1141.6.1); abrasión Los ángeles (AS 1141.22); índice de descamación (WA 216.1); absorción de agua (AS 1141.6.1); resistencia húmeda (AS 1141.22); variación de resistencia húmeda/seca (AS 1141.22); valor de prueba de extracción (AS 1141.50); factor de degradación (AS 1141.25.2); contenido de minerales secundarios (AS 1141.26) y un examen petrográfico (AS 1141.24). -Para el agregado fino: Valor de absorción de agua (AS 1141.6.1); contracción lineal (AS 1289.3.4.1). -Para el relleno mineral: huecos en relleno seco (AS/NZS 1141.17); densidad aparente (AS/NZS 1141.7); una granulometría (AS 1141.11) -Según la NZTA M10 para el agregado grueso: Resistencia al aplastamiento (NZS 4407 Test 3.10); índice de calidad de la meteorización (NZS 4407 Test 3.11); caras fracturadas (NZS 4407 Test 3.14); gravedad especifica (ASTM C127 or AS 1141.6) y absorción (ASTM C127 or AS 1141.6). -Ensayos según la NZTA M10 para el agregado fino: Resistencia al aplastamiento (NZS 4407 Test 3.10); equivalencia de arena (NZS 4407 Test 3.6); índice de arcilla (NZS 4407 Test 3.5); densidad aparente, gravedad especifica y absorción (ASTM C128 or AS 1141.5).		
Australia y Nueva Zelanda	•Para asfaltos tipo C170, C240, C320, C450, C600, M500 y M1000: Viscosidad a 60°C (AS 2341.2) y a 135°C (AS 2341.2 o AS 2341.3 o AS 2341.4); penetración (AS 2341.12); punto de inflamación (AS 2341.14 o ASTM D92); porcentaje de materia insoluble en tolueno (AS 2341.8 or AS/NZS 2341.20); luego del tratamiento RFTO, ensayos de viscosidad a 60°C (AS/NZS 2341.10 o AS 2341.2), penetración (AS/NZS 2341.10 o ASTM D2872 y AS 2341.12), efecto a largo plazo (AS/NZS 2341.13 y/o AS/NZS 2341.5) y densidad a 15°C (AS 2341.7), cambio de masa (AS/NZS 2341.10 o ASTM D2872). •Para asfaltos A35P, AP25E, A20E, A15E, A10E: Viscosidad a 165°C (AS/NZS 2341.4 o AGPT/T111); recuperación torsional a 25°C (AGPT/T122); punto de ablandamiento (AGPT/T131); relación de tensión (AGPT/T125); consistencia y rigidez (AGPT/T121); segregación (AGPT/T108); punto de inflamación (AGPT/T112) y perdida por calentamiento (AGPT/T103). •Para asfaltos 40-50, 60-70, 80-100, 130-150 y 180-200: Penetración a 25°C (ASTM D5); densidad a 25°C (ASTM D70); viscosidad dinámica a 60°C (ASTM D2171); viscosidad cinemática a 135°C (ASTM D2170); punto de inflamabilidad (ASTM D92); solubilidad en tricloroetileno y en tolueno (ASTM D2042 o AS/NZS 2341.8); en ensayos de película delgada (ASTM D2872), ensayos de penetración retenida (ASTM D5), cambio de masa (ASTM D2872), ductilidad a 25°C (ASTM D113); durabilidad máxima (NZTA T13).	•Se debe comprobar que se cumplan todos los parámetros necesarios del agregado durante el proceso de fabricación de la mezcla así como luego de realizada; el mismo caso con el asfalto, deberá ser ensayado con frecuencia tal que se comprueben todos los parámetros necesarios. •En la mezcla ensayos de: Densidad de aglutinante; densidad aparente de relleno, agregado fino, y agregado grueso (AS 1141.5, AS 1141.6.1 o AS 1141.6.2 y AS 1141.7); distribución del tamaño de partículas (AS 1141.11); contenido de asfalto (AS 2891.2.1); módulo de resiliencia (AS 2891.13.1) •Ensayos para determinar la compactación de la mezcla por compactador Gyropac y el Servopac (AS 2891.2.2) o marshall (AS 2891.5); estabilidad y fluidez (AS 2891.5); densidad (AS2891.9 y 2891.7.1)	-
Tailandia	-Para agregado grueso: granulometría (AASHTO T27-70); ensayo de abrasión Los Ángeles (ASTM C 131 y C535); ensayo de resistencia a los sulfatos (AASHTO T 104 y ASTM C 88) -Para agregado fino: equivalencia de arena (AASHTO T176) y una perdida por desgaste con sulfato de sodio (AASHTO T104 y ASTM C88) -Para relleno mineral un ensayo de granulometría (AASHTO T27-70) -Para el asfalto los siguientes: Penetración a 25°C (AASHTO D5-06); punto de inflamación (ASTM D 92-12); punto de fragilidad (ASTM D 36/D36M-12); resistencia a la tracción a 25°C (ASTM D 113-07) ; solubilidad de tricloroetileno (ASTM D 2042-09); resistencia al corte dinámico (AASHTO T 315); en los ensayos de película fina, ensayo de peso perdido por calentamiento (ASTM D 1754/D1754M-09), penetración a 25°C (ASTM D 1754/D1754M-09 y ASTM D 5-06) y resistencia a la tracción a 25°C (ASTM D 1754/D1754M-09 y ASTM D 113-07) -Para la emulsión de imprimación tipos CRS-1 y CRS-2 o CSS-1 y CSS-1h según la ASTM D244 y lo indicado en la los siguientes es: Viscosidad Saybolt Furol (ASTM D7496); separación de capas por asentamiento (ASTM D6930); estabilidad de almacenamiento a 24h (ASTM D6930); demulsibilidad (ASTM D6936); prueba de tamizado (ASTM D6933); ensayo para cantidad de cemento (ASTM D6935); carga de la partícula (ASTM D7402); residuo (ASTM D6997); penetración (ASTM D5); ductibilidad (ASTM D113) y solubilidad en tricloroetileno (ASTM D2042). -Para los tipos MC-30, MC-70, RC-70 o RC-250: viscosidad cinemática (ASTM D2170); destilado a 360°C (); cantidad de agua (ASTM D95); contenido de nafta estándar, nafta-xileno o heftanoxsileno (AASHTO T102); en residuo restante de destilación, ensayos de viscosidad (ASTM D2171) o penetración (ASTM D5), ductilidad (ASTM D113), solubilidad (ASTM D2042).	•Se realizaran los ensayos con la frecuencia que se necesite, así deberá cumplir con todas las especificaciones que se indican en el diseño, a continuación las únicas pruebas que se indican a hacer, el resto serán determinados tanto por el proyecto así como el interventor: -En capa terminada se realizan el ensayo de densidad tomando 8 muestras por día (ASTM D1559) -Ensayos de densidad en capa terminada (ASTM D1559) realizando ensayos usando maquina perforadora con muestras cada 250 metros o cada 100 ton.	-De cada camión se comprueba la temperatura con un termómetro, aproximadamente en el centro del camíon y a 150 mm desde el fondo.

Nota. Apéndice de la Figura 35

Tabla 55

Criterios de calidad de la capa de rodadura terminada (Mezcla en caliente)

País	Criterios de Calidad terminado	Parametros adicionales
Colombia	-Tolerancia de porcentaje de asfalto residual promedio por lote de ± 0,3% respecto a la de diseño y ± 0,5% para muestras individuales. -Valor promedio de vacíos con aire no podrá variar más de 0.5% del diseño (valores normales de entre 3-5% para cualquier tipo de tránsito y de 4-6% para mezclas de alto módulo) -Estabilidad media ≥ 90% de la estabilidad presentada en la fórmula de trabajo, pero tampoco estar por encima de ella más de un 25%. (diseño preliminar de 5000N para NT1, 7500 para NT2, 9000 para NT3 y 15000N para alto módulo, si es agregado mayor a 25mm 16875N para NT2 y 20250N para NT3) -Flujo medio entre un 80-120% del valor aprobado en la fórmula de trabajo. (2-4mm para NT1 y NT2, 2-3.5mm para NT2 y 2-3mm para alto módulo, si es agregado mayor a 25mm 3-6mm para NT2 y 3-5.3mm para NT3) -La relación estabilidad/flujo deberá estar entre los límites de diseño (2-4 kN/mm para NT1, 3-5 para NT2 y 3-6 para NT3, si el agregado es mayor a 25mm serán 4.5-7.5kN/mm para NT2 y 4.5-9 para NT3) -La resistencia del grupo curado en húmedo debe ser ≥ 80% de la del grupo curado en seco. -Contenido de agua no podrá ser mayor a 0.5% -Para mezclas de alto modulo deberá tener un valor módulo resiliente ≥ 8000Mpa, módulo complejo y leyes establecidos en el proyecto. -La cota en cualquier punto no podrá variar más de 10mm de la proyectada. -Grado de compactación ≥ 94% para NT1 y NT2; y ≥ 93% para NT3 -Espesor promedio ≥ Espesor de diseño -Planicidad con variación menor a 10mm -Tolerancia de textura, no podrá tener un valor promedio menor que el mínimo admisible de los documentos, que a su vez no es inferior a 0.9 mm (valores individuales podrá ser inferior a un 20%). -Resistencia al deslizamiento no podrá ser menor que las especificadas. (tomando 3 puntos por lote luego de 30d de puesta en servicio) Si se realiza por péndulo británico debe tener un coeficiente de 50, 55 y 60 para NT1, NT2 y NT3 respectivamente cuando sean glorietas, curvas con radios menores de 200 metros, pendientes ≥ 5 % en longitudes de 100 metros o más, intersecciones, zonas de frenado frecuente. Y valores de 45, 50 y 50 para otras secciones. -Regularidad superficial con una rugosidad que dependerá del tipo de tránsito, espesor total y porcentaje de hectómetros, se expresa en Indice de rugosidad internacional con la ASTM E950 : Para % de hectómetros de 40% si e > 10 cm (NT1 < 2,4; NT2 < 1,9 y NT3 < 1,4), si e ≤ 10 cm (NT1 < 2,9; NT2 < 2,4 y NT3 < 1,9); Para 80% si e > 10 cm (NT1 < 3,0; NT2 < 2,5 y NT3 < 2,0), si e ≤ 10 cm (NT1 < 3,5; NT2 < 3,0 y NT3 < 2,5); Para 100% si e > 10 cm (NT1 < 3,5; NT2 < 3,0 y NT3 < 2,5), si e ≤ 10 cm (NT1 < 4,0; NT2 < 3,5 y NT3 < 3,0). Esta se medirá con mira y nivel y se determinara el IRI (NTL 330-98), si es con perfilómetro pivotante de alta precisión (NTL 331-98) y equipo de referencia inercial validado previamente con 1 de precisión en tramo de 200m (ASTM E950)	-Los sitios para verificación de compactación se realizan determinando la densidad seca de la capa, escogiendo un sitio al azar. Como mínimo 1 prueba por hectómetro y mínimo 5 ensayos por lote(lote el menor de 500m o 3500m2 de capa compactada, obra ejecutada por jornada, obra ejecutada con el mismo material) -Para determinar el módulo resiliente en mezclas de alto módulo se toman muestras cada 5000 m3. -En caso de no cumplir el nivel de compactación o textura se debe levantar la capa con fresado y repuesta. -5 muestras por lote para determinar control de espesor. -En caso que no se cumplan los requisitos de espesor o de resistencia al deslizamiento se levanta la capa con fresado, se remueve y se repone con el espesor adecuado (una alternativa es si no se presentan problemas de altura libre o sobrecargas se pude colocar una capa del mismo tipo de 50mm de espesor y agregando riego de liga entre capas) -Si se presentan incumplimientos en 2 lotes consecutivos se debe parar las obras hasta que se estudie una nueva fórmula de trabajo. -Para control de textura se realiza luego de 30d de compactada, se toman 3 puntos por lote (5 si uno de los 3 no cumple). Si no cumple se levanta la capa mediante fresado y se repone -Los valores de IRI se presentan en valores de m/km en tramos consecutivos de 100m, donde 5 tramos constituyen un l lote. Donde si el IRI excede el límite en no más de 20% se realiza una corrección mediante fresado a un espesor establecidos y colocando una nueva capa; si es superior al 20% se retira por completo mediante fresado y se repone la capa.
Perú	-Tolerancia de porcentaje asfalto residual promedio por lote de ± 0,2% respecto a la de diseño y ± 0,3% para muestras individuales. -Tolerancias en granulometría de los agregados será de ± 5% para tamiz N°4 y mayores, de ± 4% para el tamiz N°8, de ± 3% para tamiz N°30; de ± 2% para tamiz N°200. -La estabilidad media deberá ser ≥ 95% de la definida en la fórmula de trabajo; ≥ 90% para muestras individuales. -Flujo medio de 0.90 ≤ Fm ≤ 1.10 de la obtenida en la fórmula de trabajo. -La cota en cualquier punto no podrá variar más de 5 mm de la proyectada. -Tolerancia de compactación con una densidad promedio ≥ 98% a la de diseño y para muestras individuales ≥ 97% -El espesor promedio ≥ Espesor de diseño y en muestras individuales ≥ 95% del espesor de diseño. -Uniformidad de la superficie de máximo 5 mm -Coeficiente de resistencia al deslizamiento de como mínimo 0.45 para cada ensayo individual. -Rugosidad por medio de unidades IRI de máximo 2m/km (secciones de 100m)	-Las determinaciones para densidad se realiza por lo menos cada 250 m2 o 6 muestras por tramo -La determinación de espesor se realiza cada 250 m2 -Si es multicapa la uniformidad de capas base será de 10 mm. -Si se incumple con los requisitos de densidad o espesor se rechaza el tramo.
Chile	-Tolerancia de contenido de asfalto será de 0.3%. -Tolerancia de la banda de trabajo de tamiz N°4 y superiores será 5%, N°8 y N°16 de 4%, N°30 y N°50 de 3%, N°100 de 2% y N°200 de 1.5% -Grado de compactación con una densidad promedio ≥ 97% de la diseñada. -Superficie de textura homogénea, uniforme y exenta de segregaciones. -Tolerancia de espesor para muestras individuales deberá ser ≥ 92% del espesor requerido. También se aceptara si el promedio de 5 muestras consecutivas es mayor o igual al de diseño. -Macrotextura con una tolerancia de 0.6 mm -Tolerancia de resistencia al deslizamiento de 0.55 SFC para secciones rectas y radios ≥ 600m y de 0.65 SFC para el resto de casos (SFC es el Sideway Force Coefficient, medida con SCRIM o equipo homologado); mediante péndulo británico será de 60BPN para rectas y curvas ≥ 600m y 70BPN para los demás casos. -Tolerancia de rugosidad ≤ 2 m/km y a su vez en muestras individuales ≤ 2.8 m/km (5 tramos de 200 m) -Tolerancia de lisura, será de máximo 8mm para TMDA ≥ 1000 veh/dia y de 10 mm si TMDA < 1000 veh/dia	-Si es multicapa una tolerancia en contenido de asfalto de 0.5% -La macrotextura y resistencia al deslizamiento se miden en preferencia luego de 4 meses de empezado a transitar en tramos de 200 m. Con un perfilómetro láser para la macrotextura, también podrá, aunque en casos excepcionales medirse mediante ensayo del círculo de arena con 4 mediciones por km. En caso de resistencia al deslizamiento se usa el SCRIM para su medición, en casos excepcionales se controla mediante el péndulo británico con 20 mediciones cada km -Si la compactación no cumple se rehace o se aplican multas; si es mayor al 96% se aplicará 10% de multa en cualquier capa y si es mayor a 95% será de 25% para rodadura e intermedia y de 15% en capa base, pero si es menor al 94% la multa será del 100%, pero si es menor a esto se rehace. Para muestras individuales serán de mayor a 96% un 10% de multa, para 95% un 25% de multa, para un 94% un 100% y si es menor a 94% se rehace. -Si el espesor en muestras individuales no cumple se aplica 100% de multa o se rehará; en los promedio variara según la diferencia tomando una multa o rehaciendo, si es menor al contratado y ≥ 98% de ella es 5% de multa, ≥ 96% será 15%, ≥ 94% será de 25%, ≥ 92% de 35%, ≥ 90% de 100% y si es < 90% se rehace. -Contenido de asfalto para capas de rodadura en caso de ser mayor a 0.3 y menor que 0.5 se multa con un 25% y en caso de ser mayor a 0.5 será de 100% o se rehace. Para capas intermedias o base serán, si es mayor que 0.5 y menor a 0.7 de 25% y si es mayor a 0.7 de 100% o se rehace. -Si la rugosidad no cumple se realizaran correcciones y además se multara dependiendo cuan superior sea. Para 2 < IRI ≤ 2.2 una multa de 25%; 2.2 < IRI ≤ 2.5 será del 50%; 2.5 < IRI ≤ 2.8 será del 75%; 2.8 < IRI ≤ 2.9 será de 100% o se rehace y si IRI > 2.9 se rehace. -Si la lisura presenta irregularidades se multará según la irregularidad; pero si supera la máxima deberá rehacer

España	-Deberá tener una densidad luego de compactada ≥ 98% de la densidad máxima para capas de espesor ≥ 6 cm y ≥ 97% para < 6 cm. -La rasante deberá tener una textura uniforme, sin segregaciones u ondulaciones y con las pendientes adecuadas; no deberá diferir en ningún punto más de 10mm. -Un espesor que no deberá ser nunca inferior al previsto; y una anchura comprobada cada 20 m que no podrá ser inferior a la teórica. si se supera por la mínima se compensara en la capa superior, pero si demasiado se debe corregir mediante fresado. -Regularidad superficial con una rugosidad se expresa en Indice de rugosidad internacional IRI en tramos de 1000 m cada 100 m, con la NTL-330: Para % de hectómetros de 50% < 1.5; para 80% < 1.8 para calzadas de autopistas y autovías (para el resto de vías será < 2.0), para 100% < 2.0 para calzadas de autopistas y autovías (para el resto de vías será < 2.5) -Macrotextura superficial ≥ 0.7 mm (medida después de puesta en obra) y una resistencia al deslizamiento ≥ 65% (luego de 1 mes de servicio) -Tolerancias de granulometría: Para tamices superiores a 2 mm será de ± 4% respecto a la presentada en la fórmula de trabajo, tamiz de 2 mm será ± 3%; tamices entre 2 mm y 0.063 mm será de ± 2% y para tamiz de 0.063 mm será de ± 1% -Tolerancias respecto a dosificación de ligante será de ± 0.3%	-Si el valor de densidad es menor al especificado, pero ≥ 95% se penalizará con un 10%; si es menor a esto se demolerá mediante fresado. Tampoco se permiten que más de 1 individuo de muestra ensayada en el lote tenga un valor individual menor a 2% del especificado, si no se cumple se divide el lote para realizar una inspección detallada. -Si es multicapa tendrá una tolerancia en la superficie de 15 mm para capa base (para capa intermedia será igual a capa de rodadura). La anchura no podrá ser inferior a la teórica; para capa base si es superior al 80% de la teórica y no existe zonas de acumulación de agua, se deberá compensar en la capa superior, pero si es menor no se acepta. En capa intermedia aplica lo mismo solo que deberá ser superior al 90% y además se multara con un 10%. -El IRI se comprobara en tramos de 1000 metros, cada 100 m. -Regularidad superficial para capas de base e intermedia será para % de hectómetros de 50% < 2.0; para 80% < 2.5 , para 100% < 3.0. -La rasante y espesor se comprueban cada 20 metros -Si la rasante no cumple con las tolerancias en la capa base e intermedia, será decisión del director de obra si se compensa esta con la capa superior, si se rebasa en exceso se debe corregir por fresado. -En la capa de rodadura, si la regularidad superficial supera a la establecida, pero es en < 10% del tramo será corregida mediante fresado; si es ≥ 10% se extiende una nueva capa de espesor determinado. -En capa de rodadura la microtextura, si es inferior pero ≥ 90% se aplica penalización económica de 10%, pero si es < 90% se rechaza la capa, teniendo que demolerse y reponerla. Tampoco se permiten que más de 1 individuo de muestra ensayada tenga un valor individual menor a 1% del especificado, si no se cumple se divide el lote para realizar una inspección detallada. -Si la resistencia al deslizamiento es menor a la mínima, pero ≥ 90% se multa con un 10% y si es < 90% se rechaza. Además, no se permiten que más de un 5% de la longitud total presente un resultado menor en más de 5 unidades.
Estados Unidos	-Tolerancias respecto contenido de asfalto será de ± 0.4% -Tolerancia de tamices será: Para tamiz de 25mm hasta N°8 de ±3.0%; para Tamiz N°30 y N°50 de ±2.0% y para tamiz N°200 de ±1.0% -Tolerancia de huecos de aire serán de 3-5% del estipulado -Según la FHWA se deberá compactar hasta obtener una densidad ≥ 91% (AASHTO T166 y AASHTO T209); la AASHTO añade que se deberá compactar hasta obtener una densidad ≥ 92% de la densidad máxima teórica y ≥ 95% de la densidad máxima de laboratorio. -Tolerancia de superficie si se usan estacas de máximo 10mm y si no se usa serán 13mm. -Tolerancia de espesor de 13 mm máximo. -Tolerancia de planicidad según la AASHTO de máximo 5 mm -Indice de perfil promedio debe ser menor a 140mm/km	La densidad máxima se determina con la AASHTO T 180 (proctor modificado) o AASHTO T 99(proctor estándar) •Si no se cumple con alguno de los parámetros se corregirá la situación y luego de esto se podrá seguir con la construcción. •Si no cumple la planicidad se debe moler la superficie y realizar las correcciones. •Se suspende la pavimentación si el índice de perfil es mayor a 180mm/km; se corrige mediante fresado, rectificando, superponiendo o retirando y reemplazando.
Sudáfrica	-Tolerancia a contenido de asfalto de ± 0.3% -Tolerancia de los tamices será: Para tamiz 28mm a 7.1 mm de ± 5%, para tamiz de 5 mm a 0.6 mm de ± 4%, para tamiz de 0.3 mm de ± 3%; para tamiz de 0.15 mm de ± 2% y para 0.075 mm de ± 1% -Se debe compactar hasta alcanzar entre un 97% de densidad máxima. -Regularidad superficial con una tolerancia de máximo 0.8 mm e individual de 4 mm. -Se tendrá una tolerancia de nivelación de 20 mm -Tolerancia a lo ancho deberá mínimo ser igual a la especificada y nunca del borde exterior estar más adentro de 15 mm. -La tolerancia del borde exterior será de 3 mm del requerido. -Tolerancia máximo de espesor máximo 8 mm. -Tolerancia de la superficie será de máximo 6 mm para autopistas y 20 mm para otras carreteras. -Tolerancia de profundidad de huella para una longitud de 10% peor que el límite será una profundidad de 6 mm (clase 1), 8 mm (clase 2, 3 y 4) y de 10 mm (clase 3). Para un 5% peor será de 8 mm (clase 1), 10 mm (clase 2, 3 y 4) y de 15 mm (clase 3). Para un 0% peor será de 10 mm (clase 1), 15 mm (clase 2, 3 y 4) y de 20 mm (clase 3) -Tolerancia de rugosidad IRI será a una longitud de 10% peor que el valor límite de rugosidad de 1.8 mm (clase 1), 2 mm (clase 2), 2.5 mm (clase 3), 3 mm (clase 4) y 3.5 mm (clase 5). Para un 5% peor que el valor límite de rugosidad de 2.1 mm (clase 1), 2.2 mm (clase 2), 3 mm (clase 3), 3.5 mm (clase 4) y 4 mm (clase 5). Para un 0% peor que el valor límite de rugosidad de 2.3 mm (clase 1), 2.5 mm (clase 2), 3.5 mm (clase 3), 4 mm (clase 4) y 4.5 mm (clase 5). -Tolerancia de permeabilidad del agua ≤ 4 mm/s, permeabilidad del agua ≤ 1 y permeabilidad Marvil < 1 L/hora.	-Se controla el nivel de la capa cada 20m mínimo -Se controla el borde exterior cada 10 m longitudinal y cada 1 m transversal.
Australia y Nueva Zelanda	-Tolerancia a contenido de asfalto de ± 0.5% respecto al diseñado, aunque la Main Roads índice una tolerancia de ± 0.3% -Tolerancia de los tamices será: Para tamiz 13.2mm -3 a 7%, para tamiz de 9.5 mm a 4.75 mm de ± 7%, para tamiz de 2.36 a 1.18 mm de ± 5%; para tamiz de 0.6 a 0.3 mm de ± 4%; para tamiz de 0.125 de ± 2.5% y para 0.075 mm de ± 1.5% -Se deberá compactar hasta obtener una densidad ≥ 93% de la máxima. -Tolerancia de planicidad será de 3 mm longitudinalmente y 6 mm transversalmente. -Tolerancia de espesor de 5 mm. -Tolerancia a los bordes será de 25 mm.	-
Tailandia	-Tolerancia de los tamices será: Para tamiz N°8 de ± 5%, para N°16 y N°30 de ± 4%, para tamiz N°100 de ± 3% y en tamiz N°200 de ± 2% -Tolerancia a contenido de asfalto de ± 0.3% -Tolerancia de planicidad será ≤ 6 mm en dirección perpendicular y ≤ 3 mm en dirección paralela -Se deberá compactar hasta obtener una densidad ≥ 98% de la máxima para capas con espesor de al menos 25 mm. -Tolerancia de espesor de +/- 10mm -Tolerancia de superficie de +/- 10 mm -Tolerancia de planicidad de máximo 5 mm -Tolerancia de a lo ancho de 0-100mm	-El espesor se comprueba cada 8 m; si no es menor a la necesaria se aplica más concreto asfáltico. -La tolerancia de compactación en multicapa sera ≥ 97% para capa base y para capa intermedia ≥ 98%

Nota. Apéndice de la Figura 36

Tabla 56

Especificaciones y requisitos antes de iniciar (Pavimento rígido)

País	Exigencias	Parámetros adicionales
Colombia		•Todo el equipo debe tener una acreditación ONAC para su calibración. •Se podrá usar una Planta externa para elaboración del concreto, con precisión de ± 3% para agregar aditivos, con temporizador de amasado y descarga del mezclador (deben estar protegidos) •Se podrá usar mezcladoras estacionarias en el lugar de la obra para mezclas en el sitio. •Silos para almacenar el cemento a granel, debe tener dispositivos de medida y seguridad, sistema de filtros, dispositivos de para toma de muestras y ademas ser herméticos. •Para almacenar el agregado se debe disponer de sistemas de drenaje apropiados. •Tolvas para pasar los materiales y contar con dispositivos automáticos de dosificación. •Según la ACI 304R un aparato de recribado para los agregados. -Tanques ventilados para almacenar los aditivos líquidos. •Camiones mezcladores o agitadores con tambor giratorio cerrado y paletas internas, junto a cuentarrevoluciones para el transporte del concreto. -Podrá ser también en volquetas para distancias cortas, debe contar con sistema de descarga basculante o por bandas o tornillos, con lona cobertora -Se podrá usar camiones agitadores, buggies u otros si son aprobados. •La colocación del concreto deberá contar con el siguiente equipo: -Para NT1: Contar con formaleta fija, flota motorizada de magnesio o de aleación equivalente, regla vibratoria tipo cercha, rodillo extendedor sencillos, rodillo extendedor de 3 tubos con o sin vibradores (si no tiene vibradores contar con vibradores manuales externos) -Para NT2: formaleta fija, cercha con rodillo transversal sobre rieles, rodillo extendedor de 3 tubos con o sin vibraciones (si no tiene vibradores contar con vibradores manuales externos) -Para NT3: Pavimentadora de formaleta o cimbra deslizante, regla vibratoria o rodillo extendedor de 3 tubos, cercha con rodillo transversal sobre rieles, texturizador automático (alternativa del manual), equipo de aplicación de membrana de curado automático (alternativa a aspersores motorizados) -Para cualquier tránsito: Un Kit de pavimentación que incluye, engrasador o regla articulada de chequeo con rótula y extensiones suficientes (sección mínima de 10cm x 5cm x 3m); flotador o flota de magnesio o material equivalente (longitud o ancho mínimo de 3 m) con rótula y extensiones suficientes; tela o costal de microtexturado de fique, yute u otro; cepillo o peine de macrotexturizado; aspersores motorizados para aplicación de retardante de evaporación y membrana de curado; cortadora manual o autopropulsada (con disco diamantado y refrigeración por agua); hidrolavadora para retiro de masilla de corte; soplador o compresor para limpieza; aplicador para garantizar profundidad de tirilla de respaldo y aplicador del elastómero (poliuretano o silicona) •Se podrá usar bandas transportadoras con incorporación de brazos giratorios. Otro podrá ser, el camión basculante. •La ACI 304R indica tolvas para el vertimiento del concreto; podrán usarse carritos manuales o eléctricos, así como toboganes de caída. •Se podrá usar canastas para pasadores y para barras de amarre. •Tirilla o cordón de respaldo con un diámetro 25% más ancho que el ancho de la cavidad del sellado.
Perú	En el momento de la construcción esta debe siempre seguir el procedimiento, usar la maquinaria y el equipo que se indicaron en el documento del proyecto que ya haya sido aprobado y probado en tramos de experimentación o prueba, además de inspeccionar que todos estos cumplan con sus respectivas certificaciones; otro aspecto es que el traslado de material debe ser en el equipo idóneo, cubierto de ser necesario. En el caso del concreto garantizando la homogeneidad y cumpliendo con los tiempos para evitar el fraguado	•Centrales de mezcla discontinua con capacidad de manejar el número de fracciones necesarias; contara con tolvas con paredes resistentes y estancas, dispositivos para evitar intercontaminaciones; balanzas con una precisión de ± 0.3%; dosificadores ponderales aislados de vibraciones y de movimientos de otros equipos (precisión de ±1% para el cemento y agua, ±1,5% para cada fracción del agregado o ±1% para el total de las fracciones, para aditivos será de ±3%); contar con temporizador de amasado y de descarga. -Equipos de dosificación automática. -Si se alimenta el cemento con granel se necesita una balanza independiente de la utilizada para los agregados. -Mecanismo de carga protegido contra eventuales cierres y mecanismos de descarga protegidos contra una eventual apertura. •Silos para almacenar el cemento a granel •Camiones con elementos de agitación o camiones cerrados de tambor giratorios (mixer, provistos con paletas y a su vez con cuentarrevoluciones. •Encofrados fijos, encofrados deslizantes o equipo de extensión manual. -Si son encofrados fijos, deben contar con encofrados de longitud mínima 3 m y altura según el espesor, con rigidez suficiente para soportar el concreto y posible funcionamiento como rieles para el paso de equipos; deben contar con orificios a la mitad para insertar varillas de unión o anclaje. (Número de encofrados seran los suficientes para 3 horas de trabajo más el tiempo de desencofrado, es decir 16 horas desde su colocación) -Pasadores para el anclaje de encofrados fijos. •Extendedora o esparcidora para la extensión; terminadora transversal con elementos de enrase, compactación por vibración y aislado transversal y una terminadora longitudinal para el alisado. -Regla vibradoras. -Vibradores superficiales con frecuencia mayor a 3500 hz y los de inmersión a 5000 hz (capaces de generar una onda a 30 cm del vibrador) -Planchas para acabado superficial. •Pavimentadora de encofrados deslizantes, debe contar con sistema de sensores de dirección y altura; vibradores transversales o serie de unidades de vibrado longitudinal (separadas entre 50-75 cm), donde cada unidad debe tener una frecuencia de vibración mayor a 5000 hz (capaces de generar una onda a 30 cm del vibrador); contar con placa conformadora; -La separación entre unidad de vibrado externo y cara interna de encofrado debe ser menor que 15 cm. •Sierras con disco aprobado para juntas en concreto endurecido (disco de diamante u otro elemento abrasivo), con una potencia de mínimo 13428 watt. También podrán ser si el concreto es fresco se usa cuchillas vibrantes o se podrán emplear dispositivos para la inserción de tiras continuas de plástico. -Equipos de lavado, secado y sellado de juntas; bombas de agua de bajo consumo y alta presión para limpieza de la cavidad de la junta (Presión de mínimo 10 Mpa); compresores de aire para el secado (Compresores de 1 Mpa y caudal de 70 L/s) •Enrasador o flotador para acabado superficial; longitud de 3m y 15cm de ancho (podrá ser de 1.5 m y 10 cm de ancho en ciertas zonas) -Terminadora autopropulsada para la terminación. •Fibra vegetal de fique o yute y cepillo de texturizado para el acabado (cuerpo de 0.8 m de largo y dientes de 3 mm) •Equipo para dispersión del curado. -Equipos pulverizadores si es membrana de curado. •Equipo manual para extensión y compactación si no se puede emplear los demás (palas para la distribución y regla vibratoria para enrasarlo)
Chile		•Planta de fabricación o Hormigonera; con dosificadores medido en masa con tolerancia de cemento a granel de ± 1% y áridos ± 3%, el agua podrá ser en masa o en volumen con tolerancia de ± 1%. -La hormiguera debe tener una tolerancia de entrega de mezcla de ± 3%, aunque si se aprueba podrá ser ± 5%. •Camiones de tambor mezclador o agitador; podrá ser también camión tipo tolva. •Sierras de corte para las juntas y cordón para protección de junta. (Para el corte se usa sistemas autopropulsados) -Calentadores con dispositivos para control de temperatura, sistema mecánico de agitación, elemento para mantener la temperatura y boquilla de aplicación. •Moldes fijos fabricados de planchas de acero de espesor 6 mm y 3 m de largo. -Moldes deslizantes. •Vibradores con frecuencia de vibración si son de superficie ≥ 3500 ciclos por minuto, y si son de inmersión será ≥ 5000 ciclos. -El radio de acción del vibrador debe ser mínimo de 0.30 m. •Equipo autopropulsado para terminaciones, este debe tener uno o más tubos metálicos flotantes o similar giratorios. -Si se construye con moldes deslizantes podrá usarse equipo automático. -Se podrá usar regla o enrasadora, aplanadora de mango corto (terminación de areas pequeñas), bordeadora o rodón, terminador superficial o buff float (Terminación a grandes superficies de pavimento), cortador de golpe o bump cutter (Para corregir irregularidades de la regla), perfil canal de mayor alma o channel float (Aplana la superficie) -Escobillón u otro equipo para la textura final. •Se podra usar atomizador de agua para curado.

España	•Centrales de mezcla discontinua capaces de manejar, simultáneamente, el número de fracciones del árido que exija la fórmula de trabajo adoptada; y capacidad de producción para realizar alimentación del equipo de extensión de manera continua. -Dosificadores ponderales aislados de vibraciones con precisión de ± 0.5% para áridos, ± 0.3% para cemento y agua ± 1%, si se usaran aditivos una precisión de ± 3%, si era en polvo se dosifican en masa y si es en forma líquida o en pasta será en masa o volumen. Tendrá tolvas para áridos, mínimo 1 para cada fracción de árido grueso y 2 para árido, una adicional para arena; para el cemento una báscula independiente (enclavado contra un eventual cierre) y dispositivos contra la apertura; temporizador del amasado y descarga. -Si es para tránsitos T00 a T1 debe incluir un dosificador de agua computarizado con medición integrada y sistema de registro. -Si se realizara un pavimento en 2 capas o si la superficie es > 70000 m2 se tienen centrales de fabricación o amasadores independientes. •Silos aislados para almacenar el cemento; además de cisternas presurizadas y dotadas de medios neumáticos para el trasvase rápido de su contenido a los silos -Agitadores para los sitios donde se almacena aditivos líquidos. •No se podrá emplear elementos de transporte con dispositivos de agitación de la mezcla. •Se podrá usar extendedoras equipadas con trompetas para colocar la armadura. •Extendedora para el reparto del hormigón solo para tráfico T00 a T1; en el resto de casos será el especificado por el director de obra. •Pavimentadora de encofrados deslizantes capaz de extender, vibrar y enrasar el hormigón; también se incorpora la fratasadora mecánica. -Incorpora una guía por cable o sistemas de guiado tridimensional, con servomecanismos correctores (Si la pavimentadora se desvía ±3 mm en alzado o ±10 mm en planta), dotada con encofrados móviles; vibradores internos con velocidades de 7000-12000 rpm, estarán cada 350-500 mm y a una altura que quede a mitad del espesor de capa (Separación entre vibrador y cara del encofrado ≤ 150 mm) -Fratás mecánico transversal oscilante en caso de ser doble capa se usa para tráfico pesado T00 a T2 en extensión de la capa superior. -Equipo de inserción para pasadores o barras de unión; con dispositivos que señalen automáticamente su posición y tolerancia máxima de ±50 mm respecto a la real. -2 pavimentadora si se realiza un pavimento con 2 capas, 1 pavimentadora para cada capa; se adaptan para que trabajen de maneta simultanea y continua, separadas < 12 m. (Equipo de inserción de pasadores en la primera y equipos de fratasado y arpillera en la pavimentadora superior) •Sierras con potencia de 18 CV para juntas, serán tantas como sea necesarias y se tendrá 1 de reserva. •Aspillera para borrar las huellas, está conformada por paño de yute con peso ≥ 300 g/m2 y longitud de 1.5 m. (Tendrán guía de referencia para adegurar la distancia) •Dispositivos para mantener limpios los caminos. •Vibradores internos para compactación. •Equipo para distribuir el producto filmógeno. •1 barredora mecánica y 1 equipo aspirados o recogedor de mortero.
Estados Unidos	•Planta para realización de la mezcla -Podrá ser una planta dosificadora y debe contar con tolvas individuales, tolvas de pesaje y balanzas para cada tamaño de árido; contar con un contador de lotes, equipos automáticos e interconectados de proporción para pesar áridos y cemento a granel. Con tolerancias de dosificación de cemento será de ± 1%, para áridos será de ± 2% y para agentes o aditivos será de ± 3%. -Planta central con mezcladoras para la combinación de agregados, contar con temporizador de mezclado, campana u otro dispositivo de advertencia para cuando se libere el bloqueo, contador de lotes, tolvas para agregados. •Silos para almacenar áridos lavados •Camiones mezcladores o agitadores (También se usan del tipo no agitadores) •Equipos de pavimentación por deslizamiento o podrá ser también equipos para pavimentación estacionaria. -Usar vibradores superficiales para pavimentos de hasta 200 mm de espesor; también se podrá usar vibradores internos con tubos o múltiples espadas; tendrán un límite de frecuencia de vibración de 3500 para vibradores superficiales, de 500 para vibradores de tubo y 7000 para vibradores de espadas. Los vibradores deben estar conectados a la esparcidos, máquina de acabado o montados por separado. -Reglas transversales oscilantes; flotadora manual, mecánica o de corte y alisado para acabado •Formas o encofrados metálicos como moldes, tendrán 3m de largo y un grosor de 5 mm (Su altura será dependiendo del espesor del pavimento) •Sierras de concreto para realizar las juntas. •Compresores de aire equipados con separador de aceite y agua, para evitar contaminar el agua, con capacidad de presión de 689 kPa. -Se podra usar máquina de chorro de agua a alta presión, con capacidad de 75.7-83.3 L/min y presión de 58.6 a 68.9 Mpa y capa •Fundidor de doble caldero o un aplicador para sellante en caliente. •Rociador de niebla para aplicar agua de curado; rociador mecánico atomizado, equipado con agitador de tanque y protección contra el viento.
Sudáfrica	•Planta de dosificadora de hormigón; con suministro ininterrumpido de concreto -Tolerancia de dosificación de materiales cementosos y del agua será con una precisión de 2%; para agregados será de 3%, aditivos será de 2% •Silos para almacenar materiales •Encofrados laterales, suficientes para para que no sea necesario retirarlos en menos de 12 horas. •Podrá ser usarse una pavimentadora que funcione de forma continua para encofrado lateral, tendrá: -Tolva para ingresar el concreto -Vibradores mecánicos de superficie (frecuencia ≥ 3500 rpm), vibradores internos (frecuencia para vibradores de tubo ≥ 5000 rpm, de punta ≥ 7000 rpm) y apisonadores apropiados, los vibradores deben estar contra encofrado laterales y conjunto de juntas. (Vibrador interno tipo espada debe tener una frecuencia ≥ 3500 rpm y separados a cada 750 m). El vibrador interno debe ser capaz de producir una energía de 2.5 kN por metro de ancho por 300 mm de profundidad. -Finalizador que incorpore 2 vigas de acabado oscilante oblicua, ajustables a altura e inclinación, con viga principal vibrada; estará sobre un carro de 2 ruedas de cada lado separadas a 3.5 m, donde cada viga pesa más de 170 kg/m. •Podrá usarse una pavimentadora que deba ser ajustable en cuanto a la corona y la superelevación, y capaz de dar forma y consolidar el concreto en una masa densa y estable hasta la sección transversal requerida; tendrá: -Rieles con suficiente área para poder operar; reglas oscilantes; depósitos de extrusión o una combinación de ambos; con encofrados laterales móviles; Cables guía con sensores en las 4 esquinas para niveles de alineación (Se podrá implementar tecnología 3D/GPS) •Equipo de arrastre de arpillera, esta deberá ir al frente la máquina de texturizado u otra que abarque todo el ancho del pavimento. -Dimensiones de arpillera que al menos 1 m toque la superficie a lo largo del área, 2 capas juntas donde la inferior es 150 mm más larga que la superior y cada una pesa 340g (Podrán aumentarse el número de capas) eliminando hilos transversales en la parte posterior dentro de un rango de 150-300 mm. •Máquina para texturización con púas, guiada en cuanto a nivel y dirección de rieles (Encofrado lateral) o por cables guías (Encofrado deslizante) -Púas de ranurado serán de acero plano, cada púa con 0.6mm de grosor, 3mm de ancho y 125 mm de longitud, espaciadas entre 12-25 mm y capaz de realizar texturizado de 2 m de ancho. •Aplicador de membrana de curado, deberá ser autopropulsada, capaz de agitar continuamente el compuesto y aplicarlo por rociado. -Boquillas de pulverización estarán equipadas con protectores contra el viento adecuados para garantizar una aplicación uniforme. -Se puede usar aspersión manual para aplicar el compuesto.

Australia y Nueva Zelanda	•Planta dosificadora de concreto, con espacio y acceso para el almacenamiento de materias primas, con tambor capaz de satisfacer la producción. -Equipo móvil donde sea necesario. •Camiones mezcladores para transporte de mezcla. -Mezcladora volqueta de concreto de tambor dividido de 4-6 m3 de capacidad, produciendo una carga de 10-15t. Este tipo de equipo es para zonas rurales. •Peine de acero para ranurado, sus púas son de 2-3 mm de ancho y profundidad de 2-3 mm de sección cuadrada; las púas podrán tener un espaciado aleatorio, de espaciado promedio de entre 10-30 mm. Australia recomienda un patrón aleatorio de 10, 14, 16, 11, 10, 13, 15, 16, 11, 10, 13 y 10 mm, así produciendo un ranurado promedio de 12.5 mm. •Pavimentadora de motor diesel -Si es para encofrado por deslizamiento tendrá una velocidad de 1m/minuto y capacidad de 2.5 m3/minuto (Para pavimentos de 10m de ancho y 250 mm de espesor); debe tener marcos de tractor que pueden ser miembros telescópicos hidráulicos y/o extensiones estructurales rígidas atornilladas, perfilador de material, vibradores hidráulicos tipo inmersión L, barra de compactación, bandeja de perfil, encofrado lateral, sistema de ajuste y bandeja flotante para control secundario de superficie. -Equipo de vibración de inmersión o internos y reglas vibratorias (Profundidad operativa máximo de 200 mm), en caso de compactar de forma manual. El vibrador de inmersión tendrá un diámetro de cabeza de 50-90 mm, frecuencia de vibrado de 130-200 Hz (5000-8000 rpm), amplitud de 0.6-1.3 mm, radio de acción de 180-360 mm y tasa de colocación de concreto de 4.6 a 15 m3/h por vibrador. •Tela de arpillera que pueda cubrir toto el ancho de la superficie. •Escoba de cerdas duras o rastrillos de púas para texturas gruesas y escoba de cerdas suaves para texturas medias o finas. •Hoja de sierra para realización de juntas, espesor de 3 mm. Para concreto fresco equipo de 10-150 kg y rueda de 65 mm de espesor. •Tambor de pulido de diamante convencional utilizado en superficies de pavimento, para verificar la textura (Opcional) •Rociadora motorizada con múltiples boquillas para curado.
Tailandia	•Planta de mezcla de concreto por lote estacionaria o móvil; debe incluir compartimentos para los materiales y tolvas de pesaje, o áreas separadas para almacenar materiales; balanzas para pesaje de arena, piedra y grava; dispositivos de regulación de descarga y se pueda cerrar de manera hermética; además, la mezcladora con su indicativo de capacidad del tambor y velocidad de rotación del tambor. -Si se usa cemento en silo, debe tener una balanza de peso. -Las balanzas para piedras, grava, arena y cemento deben ser tipo brazo y precisión del 0.5% (No usar balanzas de resorte); dispositivos de advertencia de llenado (Cuando falten 100 kg para alcanzar el máximo); 10 contrapesos de 25 kg para verificación de balanza. -Tolerancia de pesaje será del 1% para cemento; del 2% para piedras, grava y arena; y del 1% para el agua. -La mezcla se puede realizar en camiones mezcladores, los cuales deben contar con dispositivo para contar las revoluciones. -Para planta central un sistema de suministro de agua debe utilizar un tanque de medición con una capacidad precisa o un medidor. •Equipo de protección contra las lluvias: Lonas, toldos u otros dispositivos. (En caso de ser temporada de lluvias) •Para pavimentación fija se necesita el siguiente equipo: -Pavimentadora de concreto del tipo deslizante sobre la formaleta fija o sobre rieles instalados con esparcidor de concreto del tipo tornillo sin fin o de paletas, controladas con sistema mecánico, eléctrico o hidráulico. -Vibrador por motor vibratorio interno que irá montado en la pavimentadora o equipo de acabado en fila a lo ancho, con frecuencia de vibración de 5000 rpm y tamaño de cabeza de 50 mm (Contar con 2 vibradores adicionales de reserva); también, contar con placa vibratoria móvil -Regla de acabado móvil a lo largo del ancho. -Tubo de acero redondo o un nivelador de superficie, con una longitud mayor al ancho del pavimento (Mas de 600 mm) •Para pavimentación deslizante se necesita el siguiente equipo: -Sistema de control de velocidad -Sistema de distribución de concreto mediante tornillo sin Fin (Auger), regla oscilante y sistema de control. -Regla y sistema de control de acabado -Sistema de control de alineación y nivelación usando sensores hidráulicos u otros sistemas adecuados -Sistema para instalas barras de amarra y anclaje -Accesorio de flotación automática o placa de extrusión. •Sierra de corte para juntas •Formas (Formaletas) para encofrado, deben ser de bordes rectos, grosor ≥ 5 mm, altura según el espesor de la capa, longitud de 3 m

Nota. Apéndice de la Figura 37

Tabla 57

Especificaciones de materiales a usar (Pavimento Rígido)

País	Observaciones previas	Requisitos	Observaciones adicionales
Colombia	•La mezcla será de agregados, material cementante, adiciones suplementarias, agua, aditivos y eventualmente adiciones suplementarias. -El agregado grueso será la porción retenida en el tamiz N°4 y debe estar compuesto de grava, grava triturada o roca triturada o su combinación o concreto triturado fabricado con cemento hidráulico. (No podrá ser agregado proveniente de alto horno, debe estar exento de polvo, tierra, terrones u otros) -El agregado fino será la porción que pasa por el tamiz N°4 y debe provenir de arenas naturales o de la trituración de rocas, gravas, escorias siderúrgicas u otro producto. (Si en este hay arenas provenientes de escorias siderúrgicas se debe comprobar que no tenga silicatos inestables, compuestos ferrosos, ni algun otro que cause daño) -Se debe usar cemento hidráulico certificado y que cumpla con la NTC 121 y si es cemento blando la NTC 1362; se podrán usar bajo la denominación ASTM C150, ASTM C595 o ASTM C1157 si se demuestra que tienen un desempeño similar que la NTC121. El cemento debe ser de la misma marca, tipo y planta de fabricación (Podrá ser diferente si se tiene un diseño que lo apruebe) -La adición suplementaria podrán ser cenizas volantes y puzolanas naturales calcinadas o crudas bajo la NTC 3493 (ASTM C618) o ACI 232.1R; si es escoria de alto horno la NTC 4018 (ASTM C989-89) o ACI 233R y si es humo de sílice la ASTM C1240. -Se podrá usar aditivos reductores de agua y control de fraguado bajo la NTC 1299 (ASTM C494), inclusores de aire bajo la ASTM C260, reforzado con fibras bajo la NTC 5541 (ASTM C1116), colorantes con la ASTM C979 o cualquier aditivo que cumpla con la ACI 212.3R (presenta 18 tipos y sus normativas) •El acero a usar ya sea para elementos de amarre o transferencia en las juntas o como refuerzo de las losas deberá ser indicado en el diseño. Si son barras de acero deben estar certificados de cumplir la NTC 161 (ASTM A615), que según estas el acero deben ser fabricado por solera abierta, básico al oxígeno, horno eléctrico o por cualquier proceso aceptado. Las barras y rollos a partir de palanquillas provenientes de lingotes laminados en caliente o de procesos de colada continua. •Para las juntas se podrá usar sellos elastoméricos (ASTM D5893, EN 14188-2 y requisitos propios), sellos asfálticos aplicados en caliente (ASTM D6690) o sellos preformados (ASTM D3575). -En sellos elastométricos podrán ser siliconas, poliuretanos o material equivalente. •Para el curado se podrá usar agua, vapor de agua, mediante polietileno blanco o de papel	**Para los agregados:** •Se podrá usar agregado grueso reciclado en un total de 10% del peso total del agregado grueso. **Agregado fino:** •Módulo de finura de 2.3 a 3.1; perdida con sulfato de sodio ≤ 10% y de magnesio ≤ 15%; contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables ≤ 3%; contenido de partículas livianas ≤ 0.5% si es importante la apariencia superficial (será ≤ 1% en el resto de casos); color permisible será el de la placa orgánica N°3 (si no cumple se acepta una resistencia relativa ≥ 95%); contenido de sulfatos ≤ 1.2%; el porcentaje de arena de trituración debe ser ≤ 15% del total del agregado fino (podrá ser ≤ 30% si se aprueba) •El agregado fino deberá cumplir una única granulometría: -PP (9.5 mm): 100; PP4: 95-100, PP8: 80-100, PP16: 50-85, PP30: 25-60, PP50: 5-30, PP100: 0-10 y PP200: 0-3 **Agregado grueso** •Se deberá cumplir las siguientes especificaciones: Desgaste los ángeles ≤ 40% (500 revoluciones) y ≤ 8% (100 revoluciones); degradación por abrasión ≤ 30%; resistencia mecánica en seco ≥ 90kN y húmedo/seco ≥ 75%; perdida con sulfato de sodio ≤ 12% y de magnesio ≤ 18%; contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables ≤ 3% y contenido de partículas livianas ≤ 0.5%; partículas fracturadas (una cara) ≥ 60%, índice de alargamiento ≤ 25% e índice de aplanamiento ≤ 25%; proporción de sulfatos del material combinado SO4 ≤ 1%. •Para el agregado grueso alguno de las siguientes granulometrías (si es tamaño nominal de 25 mm deber ser con los tipos AG-1 y AG-2): -AG-1 (2" a 1"): PP (63 mm): 100, PP (50 mm): 90-100, PP (37.5 mm): 35-70, PP (25 mm): 0-15 y PP (12.5 mm): 0-5 -AG-1 (1" a N°4): PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 95-100, PP (12.5 mm): 25-60, PP4: 0-10 y PP8: 0-5 -AG-2 (1 1/2" a 3/4"): PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 90-100, PP (25 mm): 20-55, PP (19 mm): 0-15 y PP (9.5 mm): 0-5 -AG-2 (3/4" a N°4): PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 90-100, PP (9.5 mm): 20-55, PP4: 0-10 y PP8: 0-5 -AG-3 (1" a N°4): PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 95-100, PP (12.5 mm): 25-60, PP4: 0-10 y PP8: 0-5 -AG-4 (2" a N°4): PP (63 mm): 100, PP (50 mm): 95-100, PP (25 mm): 35-70, PP (12.5 mm): 10-30 y PP4: 0-5 -AG-5 (1 1/2" a N°4): PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 95-100, PP (19 mm): 35-70, PP (9.5 mm): 10-30 y PP4: 0-5 -AG-6 (1" a 1/2"): PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 90-100, PP (19 mm): 20-55, PP (12.5 mm): 0-10 y PP (9.5 mm): 0-5 -AG-7 (1" a 3/8"): PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 90-100, PP (19 mm): 40-85, PP (12.5 mm): 10-40, PP (9.5 mm): 0-15 y PP4: 0-5. -AG-8 (3/4" a 3/8"): PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 90-100, PP (12.5 mm): 20-55, PP (9.5 mm): 0-15 y PP4: 0-5. •Las barras de acero según la NTC 161 (ASTM A615) -Las barras serán de los siguientes diámetros: 5.5mm, 6mm, 6.35mm (1/4"), 7mm, 8mm, 9mm, 9.13mm (23/64"), 9.52mm (3/8"), 10mm, 12mm, 12.7mm (1/2"), 13mm, 14mm, 15.87mm (5/8"), 16mm, 3/4", 7/8", 1", 1 1/8", 1 1/4", 1 3/8", 1 1/2", 1 5/8", 1 3/4", 1 7/8" y 2". -Deberá tener un límite de fluencia ≥ 216 Mpa (Grado AH-22), será ≥ 235 Mpa (Grado AH-24) y ≥ 275 Mpa (Grado AH-28); resistencia a la tracción ≥ 333 Mpa (Grado AH-22), ≥ 363 Mpa (Grado AH-24) y ≥ 480 Mpa (Grado AH-28); un % de alargamiento ≥ 20% para grado AH-22, ≥ 18% para grado AH-24 y ≥ 11% para el grado AH-28. -Este acero tendrá una composición química que cumpla la NTC 243 (SAE J403:2009) -Según la ASTM A615 serán 4 tipos, Grado 40 (280 Mpa), grado 60 (420 Mpa), grado 75 (520 Mpa) y grado 80 (550 Mpa): Resistencia a la tracción para grado 40 será ≥ 420 Mpa y límite elástico ≥ 280 Mpa, Grado 60 una resistencia a tracción ≥ 620 Mpa y límite elástico ≥ 420 Mpa, para Grado 75 resistencia a tracción ≥ 690 Mpa y límite elástico ≥ 520 Mpa y para Grado 80 una resistencia a tracción ≥ 725 Mpa y límite elástico ≥ 550 Mpa •El cemento según la NTC 121 será el denominado portland, y los tipos son los tipo 1, tipo 1M, tipo 2, tipo 3, tipo 4 o tipo 5 (si no se tiene cual usar, se especifica usar el tipo 1): -Todos deberán tener una Finura ≥ 280 m2/kg en superficie especifica (excepto tipo 3 que no presenta un valor de finura); estabilidad ≤ 0.8%; tiempo de fraguado por agujas de Vicat ≥ 45 minutos, tiempo final ≤ 8 horas (De manera opcional un tiempo de fraguado ≥ 60 min y tiempo final ≤ 10 horas; falso fraguado ≥ 50% de penetración final) -**Tipo 1:** Resistencia a compresión de 8 Mpa a los 3 días, de 15 Mpa a los 7 días y 24 Mpa a los 28 días; se podrá usar agua y sulfato de calcio si tiene un % de Trióxido de azufre ≤ 3.5%. -**Tipo 1M:** Resistencia a compresión de 12.5 Mpa a los 3 días y de 19.5 Mpa a los 7 días; se podrá usar agua y sulfato de calcio si tiene un % de Trióxido de azufre ≤ 3.5% y pérdida al fuego ≤ 5%. (Opcional una resistencia a la compresión de 28 Mpa a los 28 días) -**Tipo 2:** Resistencia a compresión de 10.5 Mpa a los 3 días y de 17.5 Mpa a los 7 días; se podrá usar agua y sulfato de calcio si tiene una pérdida al fuego ≤ 5%. (Opcional un calor de hidratación de 290 kJ/kg a los 7 días y de 330 kJ/kg a los 28 días; una resistencia a la compresión de 24 Mpa a los 28 días) -**Tipo 3:** Resistencia a compresión de 10 Mpa al 1 día y de 21 Mpa a los 3 días; se podrá usar agua y sulfato de calcio si tiene un % de Trióxido de azufre ≤ 4.5% y pérdida al fuego ≤ 4%. -**Tipo 4:** Resistencia a compresión de 7 Mpa a los 7 días y de 17.5 Mpa a los 28 días; se podrá usar agua y sulfato de calcio si tiene una pérdida al fuego ≤ 4%. (Opcional un calor de hidratación de 250 kJ/kg a los 7 días y de 290 kJ/kg a los 28 días) -**Tipo 5:** Resistencia a compresión de 8.5 Mpa a los 3 días, de 15.5 Mpa a los 7 días y 21 Mpa a los 28 días; se podrá usar agua y sulfato de calcio si tiene un % de Trióxido de azufre ≤ 7%. (Opcional una expansión a los sulfatos ≤ 0.045% a los 14 días) •El cemento blanco según la NTC 1362 será los tipo 1 y Tipo 1B: -Ambos deberán tener una permeabilidad de Blaine ≥ 2800 cm2/kg en promedio y ≥ 2600 cm2/kg individual; estabilidad ≤ 0.8%: tiempo de fraguado por agujas Gilmore ≥ 60 minutos el tiempo inicial, por agujas Vicat un tiempo inicial ≥ 45 minutos y final ≥ 10 horas; contenido de Óxido de magnesio ≤ 5%, anhídrido Sulfúrico ≤ 3%, residuo insoluble ≤ 2.5% y óxido férrico ≤ 0.5%. -**Tipo 1:** Resistencia a la compresión de 65 kg/cm2 a los 3 días, de 130 kg/cm2 a los 7 días y de 210 kg/cm2 a los 28 días; resistencia a la tensión de 10 kg/cm2 a los 3 días, de 19 km/cm2 a los 7 días y de 24 kg/cm2 a los 28 días. -**Tipo 1B:** Resistencia a la compresión de 85 kg/cm2 a los 3 días, de 145 kg/cm2 a los 7 días y de 245 kg/cm2 a los 28 días; resistencia a la tensión de 11 kg/cm2 a los 3 días, de 20 km/cm2 a los 7 días y de 25 kg/cm2 a los 28 días.	•El tamaño máximo nominal del agregado no podrá superar 1/3 del espesor de diseño de capa. •En la etapa de diseño se escogerá la franja granulométrica para agregado grueso que se necesite usar. -La combinación de las 2 franjas (agregado fino y grueso) deberá asemejarse a la formulada Fuller o Bolomey. •Las membranas a usar podrán ser Tipo 1 (claro y traslucido), Tipo 1-D (claro y traslucido con tinte fugitivo y distinguibles a las 4 horas e imperceptible a los 7dias) o tipo 2 (pigmento blanco) -Deben tener una pérdida de agua ≤ 0.55 kg/m2 a 72h; reflectancia diurna ≥ 60% (solo tipo 2) y secado ≤ 4 horas. •Para curado mediante polietileno blanco o de papel de curado según la ASTM C171 deben: Ser materiales resistentes, fuertes, resilientes y capaces de resistir el uso normal; tasa de transmisión de vapor de agua ≤ 10 g/m2 en 24 horas; reflectancia a la luz del día del lado blanco del papel de curado ≥ 50% y para polietileno blanca del lado del polietileno ≥ 70%; resistencia a la tracción ≥ 5.25 kN/m de ancho en dirección de la maquina y ≥ 2.62 en la dirección transversal. -Las láminas de polietileno tienen un grosor nominal ≥ 0.10 mm y en ningún punto menor a 0.075 mm, donde según la ASTM D4397 tendrá resistencia a la tracción ≥ 11.7 Mpa en dirección longitudinal y ≥ 8.3 Mpa en dirección transversal; alargamiento ≥ 225% en dirección longitudinal y ≥ 350% en dirección transversal. También una resistencia al impacto ≥ 165 g (0.10 mm), ≥ 205 g (0.125 mm), ≥ 260 g (0.15 mm), ≥ 315 g (0.175 mm), ≥ 370 g (0.20 mm), ≥ 420 g (0.225 mm) y ≥ 475 g (0.25 mm) •Para selladores elastométricos de silicona la ASTM D5893 indica los tipos NS (sin hundimiento) y SL (autonivelante): Curado total a los 21 días; sellador NS no podrá hundirse más de 7.6 mm, tasa de extrusión en S ≥ 50mL/min; no podrán estar pegajosos luego de 5 h; perdida por envejecimiento ≤ 10%; en adhesión no presenten grietas, separaciones u otros; dureza ≤ 25 (podrá ser ≤ 30); no debe haber flujo luego de 72 h; alargamiento final ≥ 600%, tensión de tracción ≤ 310 kPa; luego de 500 h no puede mostrar ningún cambio físico; resiliencia del sellante ≥ 75%. •Sellos elastométricos de poliuretano: contenido de sólidos ≥ 98%; gravedad específica ≥ 1.30; dureza de 40 ± 5; formación de piel ≤ 2 horas; adherencia al concreto ≥ 5.4 kN/m; adherencia al concreto luego de inmersión ≥ 4.9 kN/m y adherencia al concreto húmedo > 2.6 kN/m (solo para concreto húmedo o menos de 28d de curado); pasa la prueba de envejecimiento acelerado; resistencia a la tensión ≥ 1720 kPa; elongación ≥ 600%; inclinación de aplicación máximo 5%; resistencia al rasgado ≥ 240 kPa y capacidad de movimiento ≥ ± 35%. •Para sellos en caliente podrán ser el Tipo I (para climas moderados), Tipo II (para mayoría de climas), tipo III (para mayoría de climas) y tipo IV (para climas muy fríos); estos deberán cumplir lo siguiente: -Penetración a 25°C ≤ 90 (para tipos I, II y III) y 90-150 (para tipos IV); punto de ablandamiento ≥ 80°C; adhesión no inmersa con 50% de extensión (Tipo I, II y III) y 200% de extensión (Tipo IV), además una adhesión e inmersión con 50% de extensión (solo para tipo III); resiliencia ≥ 60% (para tipos II, III y IV) y resiliencia luego de envejecimiento ≥ 60% (solo para tipo III); una compatibilidad con asfalto aprobado. •Para sellos preformados: elongación de rotura ≥ 357%; resistencia a la tensión ≥ 372 kPa; compresión set ≥ 40% (para 1/2 hora) y ≥ 13% (para 24 horas); resistencia al desgarro ≥ 2.2 N/mm; densidad de 32 kg/m3; absorción de agua ≤ 1% en volumen y dureza shore de 0-48. •Para espumas de poliuretano de alta densidad para juntas de expansión, los siguientes requisitos: Elongación a rotura ≥ 150%; resistencia a la tensión ≥ 0.124 Mpa o 18 psi y capacidad térmica de movimiento a 500 ciclos de +60 a -60%. -La ASTM D944 añade una absorción de agua ≤ 2.5% para un espesor de 25 mm, ≤ 3% para espesor de 20 mm, ≤ 4% para 15 mm y ≤ 5% para espesores de 10 mm; deflexión ≤ 25 mm.

	que cumpla la ASTM C171 o también podrá ser mediante membranas de curado que cumpla la ASTM C309 •El agua para la mezcla deberá cumplir con la ASTM C1602, no podrá tener aceites, ácidos, azúcares, detergentes, sólidos disueltos, sales, materia orgánica o cualquier otra sustancia perjudicial. Además, indica que el agua potable no necesita cumplir requisitos ya que es potable.	•Las cenizas volantes según la NTC 3493 (ASTM C 618) podrán ser de 3 tipos: -Para todos los tipos los siguientes requisitos físicos: Finura a una cantidad retenida al tamiz N°325 ≤ 34%; índice de actividad de resistencia con cemento a los 7d y 28d ≥ 75%, con cal a los 7d ≥ 5500 kPa (Excepto clase C); Contracción o expansión en el autoclave ≤ 0.8%; gravedad especifica ≤ 5% y retenido en el tamiz N°325 ≤ 5%. (Opcional un incremento en la contracción a 28d ≤ 0.03%; requisito de uniformidad al concreto con aire ≤ 20%; expansión de mortero 14d ≤ 0.020%) -**Clase N** (Puzolanas naturales, calcinadas o crudas): En requisitos químicos una cantidad de (Dióxido de sílice + óxido de aluminio + óxido de hierro) ≥ 70%, trióxido de azufre ≤ 4%, contenido de humedad ≤ 3% y pérdida al fuego ≤ 10% (Opcional un contenido de álcalis disponible ≤ 1.5%); requisitos físicos un porcentaje de agua requerida ≤ 115%, (Opcional un requisito de uniformidad con una reducción de la expansión a 14d ≥ 75%). -**Clase F** (Producidas en la quema del carbón antracítico o bituminoso): En requisitos químicos una cantidad de (Dióxido de sílice + óxido de aluminio + óxido de hierro) ≥ 70%, trióxido de azufre ≤ 5%, contenido de humedad ≤ 3% y pérdida al fuego ≤ 6% (Opcional un contenido de álcalis disponible ≤ 1.5%); requisitos físicos un porcentaje de agua requerida ≤ 105%, (Opcional un requisito de factor múltiple ≤ 255%). -**Clase C** (A partir de carbón lignítico o sub bituminoso): En requisitos químicos una cantidad de (Dióxido de sílice + óxido de aluminio + óxido de hierro) ≥ 50%, trióxido de azufre ≤ 5%, contenido de humedad ≤ 3% y pérdida al fuego ≤ 6% (Opcional un contenido de álcalis disponible ≤ 1.5%); requisitos físicos un porcentaje de agua requerida ≤ 105%. •La escoria de alto horno según la NTC 4018 deberá cumplir lo siguiente según el grado (Grado 80, grado 100 o grado 120): Para requisitos físicos una finura retenida en tamiz N°325 ≤ 20%, superficie específica (determinar pero no hay exigencia), contenido de aire ≤ 12%, para grado 80 un índice de actividad a los 28d ≥ 75%, para grado 100 a los 28d será ≥ 95%, para grado 120 a los 28d ≥ 115% (muestra individual para grado 80, 100 y 120 será 70, 90% y 110 para 28d); en requisitos químicos un contenido de azufre en sulfuro ≤ 2.5% e Ion sulfato ≤ 4% (si se requiere para determinar la actividad de la escoria un total de álcalis de 0.6-0.9% y resistencia a compresión 28d de 35Mpa). •Para humo de sílice según la ASTM C1240 se deberá cumplir lo siguiente: Para los requisitos químicos un contenido de silica ≥ 85%, contenido de humedad ≤ 3% y perdida por ignición ≤ 6%; requisitos físicos con un porcentaje retenido en tamiz N°325 ≤ 10% (variación de máximo 5%), índice de actividad de fuerza puzolánica acelerada con cemento a los 7d ≥ 105%, superficie especifica ≥ 15 m2/g (Opcional, un requisito de reactividad con álcalis del cemento ≥ 80%, expansión de resistencia al sulfato ≤ 0.10% y una uniformidad si se incluye aire ≤ 20%) •El agua deberá cumplir según la ASTM C1602 el agua no potable deberá cumplir con lo siguiente: concentración de cloruro ≤ 500 ppm, sulfato ≤ 3000 ppm, alcalinos ≤ 600 ppm y un total de solidos ≤ 50000 ppm por masa. -La normativa colombiana añade un pH ≥ 6.5; resistencia a la compresión a los 7d ≥ 90% (cubo de mortero) y tiempo de fraguado respecto al de control de 1:00 inicial y 1:30 final (horas: minutos); contenido de Ion Cloro ≤ 500 ppm (concreto pretrensado) y ≤ 1000 ppm (concreto reforzado); contenido de sulfatos ≤ 3000 ppm; contenido álcalis ≤ 600 pmm; solidos solubles ≤ 50000 pmm. •Si se usan aditivos bajo la NTC1299 (ASTM C494) podrán ser Tipo A (reductor de agua), tipo B (retardantes), tipo C (acelerantes), tipo D (reductores de agua y retardantes), tipo E (reductores de agua y acelerantes), tipo F (reductor de agua de alto rango) y tipo G (reductores de agua de alto rango y retardantes) -Todas tienen en común los siguientes requisitos: Porcentaje del control de 135% y aumento sobre el control de 0.010, un factor de durabilidad relativa ≥ 80 para concreto con aire. -Contenido de agua ≤ 95% en tipo A, D y E; para tipos F y G ≤ 88%. -Para tipo A y F un fraguado inicial y final de 1:00 antes ni 1:30 después; para tipo B, D y G un fraguado inicial de 1:00 despues-3:30 después y fraguado final de 3:30 después; para tipo C y E un fraguado inicial de 1:00 antes-3:30 antes y fraguado final de 1:00 antes. -Resistencia a compresión a los 28 días será ≥ 110% para tipos C, E, F y G; será ≥ 100% para tipos A, D y ≥ 90% para tipo B. Resistencia a la flexión a los 3 días será ≥ 110% para tipos A, D, E, F y G; será ≥ 100% para tipo C y ≥ 90% para tipo B. -Resistencia a la compresión a 1 año al igual que resistencia a la flexión a los 28 días respecto a la de control ≥ 100% para tipos A, D, E, F y G; y ≥ 90% para B y C. •Si se usan aditivos con incorporación de aire deberá tener lo siguiente: -Tiempo de fraguado inicial de 1:15 antes ni 1:15 después y final de 1:15 antes ni 1:15 después. -Resistencia a la compresión así como flexión a los 28 días ≥ 90% del de control; porcentaje del de control será 120%, aumento sobre el control de 0.006, factor de durabilidad ≥ 80 y exudación de cantidad neta de agua ≤ 2%. •Si se usa fibra, podrán ser tipo I (Fibra de acero), tipo II (fibra de vidrio) o tipo III (fibra sintética). •Si se usan colorantes deberán cumplir lo siguiente: Debe ser humectable con agua, pigmento tratado con hidróxido de sodio no deberá mostrar ningún cambio de color; sulfatos totales ≤ 5%; solubilidad en agua ≤ 2% en masa.	
Perú	•El agregado grueso provendrá de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas (sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables); esta es la porción retenida en el tamiz N°4. •El agregado fino provendrá de arenas naturales o de la trituración de rocas, gravas, escorias siderúrgicas u otro producto que resulte adecuados; será el porcentaje que pasa por tamiz N°4. •El cemento a usar deberá ser especificado en el diseño, sino se especifica, será el presentado en las norma NTP 334.009 como tipo 1; si tiene adiciones será respecto a la NTP 334.090 (ASTM C 595); si es con cenizas volantes o	**•Para el agregado fino:** -Perdidas de solidez en sulfatos para ≥ 3 000 msnm con sulfato de sodio ≤ 10% y sulfato de magnesio ≤ 15%; índice de plasticidad no plástico; equivalencia de arena para f`c ≤ 21 MPa será ≥ 65% y para f`c > 21 MPa será ≥ 75%; contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables ≤ 3%; contenido de carbón y lignito ≤ 0.5%; material que pasa por tamiz N°200 ≤ 3%; en contenido de materia orgánica el color más oscuro permisible será igual a muestra patrón; contenido de sulfatos ≤ 1.2%; contenido de cloruros ≤ 0.1%; absorción de agua ≤ 4%. -Porcentaje de arena de trituración ≤ 30% y módulo de finura de 2.3-3.1; deberá cumplir con una franja granulométrica específica donde no se podrá tener el 45% del material retenido en 2 tamices adyacentes, a continuación la franja granulométrica: PP (9.5 mm): 100, PP4: 95-100, PP8: 80-100, PP16: 50-85, PP30: 25-60, PP50: 10-30 y PP100: 2-10 **•Para el agregado grueso:** -Desgaste Los ángeles ≤ 40%; perdidas de solidez en sulfatos para ≥ 3 000 msnm con sulfato de sodio ≤ 12% y sulfato de magnesio ≤ 18%; contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables ≤ 3%; contenido de carbón y lignito ≤ 0.5%; partículas fracturadas mecánicamente con (una cara) ≥ 60%; cantidad de partículas chatas y alargadas (relación 5:1) ≤ 15%; contenido de sulfatos ≤ 1% y contenido de cloruros ≤ 0.1%. Se deberá cumplir con una de las 15 franjas que se podrán usar, dependiendo a su vez del uso y tamaño nominal: -Tipo 1 (90-37.5 mm): PP (100 mm): 100, PP (90 mm): 90-100, PP (63 mm): 25-60, PP (37.5 mm): 0-15 y PP (19 mm): 0-5. -Tipo 2 (63-37.5 mm): PP (75 mm): 100, PP (63 mm): 90-100, PP (50 mm): 35-70, PP (37.5 mm): 0-15, PP (19 mm): 0-5. -Tipo 3 (50-25 mm): PP (63 mm): 100, PP (50 mm): 90-100, PP (37.5 mm): 35-70, PP (25 mm): 0-15, PP (12.5 mm): 0-5.	•Si no cumple con la materia orgánica se podrá aceptar si se obtendrá en el mortero una resistencia relativa a 7 días ≥ 95% •La granulométrica para el agregado grueso se deberá escoger en la etapa de diseño entre las 15 franjas granulométricas presentadas. •La mezcla de agregado grueso y fino debe ser continua y asemejarse a las fórmulas de Fuller o Bolomey •Para tanto agregado grueso como fino no podrán tener reactividad potencial con los álcalis del cemento. •Las membranas para el curado según la ASTM C309 a usar podrán ser Tipo 1 (claro y traslucido), Tipo 1-D (claro y traslucido con tinte fugitivo y distinguibles a las 4 horas e imperceptible a los 7dias) o tipo 2 (pigmento blanco), Clase A (No restricciones) y clase B (debe ser resina) -Deben tener una pérdida de agua ≤ 0.55 kg/m2 a 72h; reflectancia diurna ≥ 60% (solo tipo 2) y secado ≤ 4 horas. •Para curado mediante polietileno blanco o de papel de curado según la ASTM

puzolanas crudas o calcinadas seran las clase C, F ó N de la especificación NTP 334.104 (ASTM C-618); si es escoria de alto horno molida y granulada será según la ASTM C989 para los grados 100 o 120. •Se podrá usar aditivos reductores de agua y control de fraguado bajo la ASTM C494 o inclusores de aire bajo la ASTM C260. •El acero a usar deberá cumplir con la ASTM A615 -Las barras deben tener un marcaje para envío y almacenamiento con la MIL-STD-129 y para envío la Fed. Std. No. 123. •El agua deberá ser potable, si no es potable deberá cumplir ciertas especificaciones. •El curado se podrá hacer con productos químicos, el cual deberá tener un certificado de calidad cumpliendo con la ASTM C309 (si la base es de parafina los tipos tipo 2, clase B, o clase A); o también podrá ser mediante láminas de curado de polietileno blanco o de papel de curado que cumpla la ASTM C171 (papel de curado que deberá ser claro libre de defectos visibles y tendrá un aspecto uniforme, tendrá al menos una superficie blanca) •Para la separación de la capa base de rodadura si se requiere, se usa una membrana de polietileno blanco o de papel de curado que cumpla la ASTM C171 •Para sello de juntas se podrá usar sello de silicona o sello de aplicación en caliente (ASTM D3405) -Tirilla de cordón de respaldo deberá ser espuma de polietileno extruida de celda cerrada y cumpla la ASTM D5249 -Material de relleno para juntas de expansión (ASTM D 994, ASTM D 1751 o ASTM D 1752)	-Tipo 357 (50-4.75 mm): PP (63 mm): 100, PP (50 mm): 95-100, PP (25 mm): 35-70, PP (12.5 mm): 10-30, PP4: 0-5. -Tipo 4 (37.5-19 mm): PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 90-100, PP (25 mm): 20-55, PP (19 mm): 0-15, PP (9.5 mm): 0-5. -Tipo 467 (37.5-4.75 mm): PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 95-100, PP (19 mm): 35-70, PP (9.5 mm): 10-30, PP4: 0-5. -Tipo 5 (25-12.5 mm): PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 90-100, PP (19 mm): 20-55, PP (12.5 mm): 0-10, PP (9.5 mm): 0-5. -Tipo 56 (25-9.5 mm): PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 90-100, PP (19 mm): 40-85, PP (12.5 mm): 10-40, PP (9.5 mm): 0-15, PP4: 0-5. -Tipo 57 (25-4.75 mm): PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 95-100, PP (12.5 mm): 25-60, PP4: 0-10, PP8: 0-5. -Tipo 6 (19-9.5 mm): PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 90-100, PP (12.5 mm): 20-55, PP (9.5 mm): 0-15, PP4: 0-5. -Tipo 67 (19-4.75 mm): PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 90-100, PP (9.5 mm): 20-55, PP4: 0-10, PP8: 0-5. -Tipo 7 (12.5-4.75 mm): PP (19 mm): 100, PP (12.5 mm): 90-100, PP (9.5 mm): 40-70, PP4: 0-15, PP8: 0-5. -Tipo 8 (9.5-2.36 mm): PP (12.5 mm): 100, PP (9.5 mm): 85-100, PP4: 10-30, PP8: 0-10, PP16: 0-5. -Tipo 89 (9.5-1.18 mm): PP (12.5 mm): 100, PP (9.5 mm): 90-100, PP4: 20-55, PP8: 5-30, PP16: 0-10, PP50: 0-5. -Tipo 9A (4.75-1.18 mm): PP (9.5 mm): 100, PP4: 85-100, PP8: 10-40, PP16: 0-10, PP50: 0-5. •Las barras de acero según la ASTM A615 serán los denominados como Grado 40 (280 Mpa), grado 60 (420 Mpa), grado 75 (520 Mpa) y grado 80 (550 Mpa) -Las barras serán de los siguientes diámetros: 3/8" (10 mm), 1/2" (13 mm), 5/8" (16 mm), 3/4" (19 mm), 7/8" (22 mm), 1" (25 mm), 9/8" (29 mm), 5/4" (32 mm), 11/8" (36 mm), 7/4" (43 mm) y 9/4" (57 mm). -El contenido de fosforo debe ser ≤ 0.06%. -Resistencia a la tracción para grado 40 será ≥ 420 Mpa y límite elástico ≥ 280 Mpa, Grado 60 una resistencia a tracción ≥ 620 Mpa y límite elástico ≥ 420 Mpa, para Grado 75 resistencia a tracción ≥ 690 Mpa y límite elástico ≥ 520 Mpa y para Grado 80 una resistencia a tracción ≥ 725 Mpa y límite elástico ≥ 550 Mpa -Alargamiento (A una longitud de 200 mm) para grado 40 será ≥ 11% para barras de 3/8" y ≥ 12 para barras de 1/2", 5/8" y 3/4". Para grado 60 será ≥ 9% para barras desde 3/8" hasta 3/4", será ≥ 8% para barras de 7/8" y 1" y ≥ 7% para barras desde 9/8" hasta 9/4". Para grado 75 y 80 será ≥ 7% para barras desde 3/8" hasta 1" y ≥ 6% para barras desde 9/8" hasta 9/4". •El tipo de cemento a usar será el tipo I (Para uso general) de los tipos de cemento presentados en la NTP 334.009: -**Tipo I:** Contenido de óxido de magnesio ≤ 6%; contenido de trióxido de azufre cuando el Silicato Tricálcico ≤ 8% será ≤ 3% y cuando el Silicato Tricálcico > 8% será ≤ 3.5%; pérdida por ignición ≤ 3% y residuo insoluble ≤ 0.75% (Opcional un contenido de álcalis equivalente ≤ 0.6%); contenido de aire en el mortero ≤ 12%; finura de la superficie especifica por turbidímetro ≥ 160 m2/kg y por permeabilidad ≥ 280 m2/kg; expansión en autoclave ≤ 0.80%; Resistencia a compresión de 12 Mpa a los 3 días y 19 Mpa a los 7 días; tiempo de fraguado por Gilmore con un inicial no menor que 60 min y final no mayor que 600 minutos, por vicat será inicial de 45 y final de 375 minutos. (Opcional un falso fraguado ≥ 50%, resistencia a la compresión de 28 Mpa a los 28 días) •Los tipos presentados en la NTP 334.090 (ASTM C 595) son los IS (con escoria de alto horno), IP (puzolánico), tipo I (PM, puzolánico modificado), tipo IT (adicionado terniario) y tipo ICo (compuesto); donde podrán ir acompañado de un número que indica el porcentaje de material o donde estos podrán ir acompañados de las letras MS (Moderada resistencia a sulfatos), HS (alta resistencia a sulfatos), MH (moderado calor de hidratación), LH (bajo calor de hidratación) y A (incorporación de aire). -La puzolana a usar en cemento adicionales y escoria en cemento portland IS (< 25) e IT (S<25) deben cumplir lo siguiente: Finura (retenido en tamiz N°325) ≤ 20%; reactividad alcalina de la puzolana en tipos I (PM)(<15), IT (P<15) e I(PM)(<15)-A será ≤ 0.05%; índice de actividad con cemento portland a 28días ≥ 75%. **-Requisitos químicos** (la P es puzolana y la S es escoria)**:** Contenido de magnesio será ≤ 6% para IP, I (PM), IT (P > S) e ICo; contenido de azufre como trióxido de azufre ≤ 3% para IS (<70) e IT (P<S<70) y ≤ 4% para los tipos IS (≥70), IT (S≥70), IP, I (PM), IT (P > S) e ICo; un contenido de azufre ≤ 2% y residuo insoluble ≤ 1%,ambos para IS (<70), IT (P<S<70), IS (≥70) e IT (S≥70); pérdida por ignición ≤ 3% para IS (<70) e IT (P<S<70), ≤ 4% para los tipos IS (≥70) e IT (S≥70) y ≤ 5% para los tipos IP, I (PM) e IT (P > S). Para los tipos **IS (<70), IP, IT (P<S<70), IT (P>S), ICo, IS (<70)(MS), IP (MS), IT (P<S<70)(MS), IT (P>S) (MS), IS (<70)(HS), IT (P<S<70)(HS), IP (HS), IT (P>S)(HS), IS(≥70), IT (S≥70), IP (LH) e IT (P>S)(LH),** tendrán las siguientes especificaciones: -Expansión en autoclave ≤ 0.80%; contracción autoclave ≤ 0.20%; tiempo de fraguado vicat no menos que 45 minutos y no más que 7 horas; contenido de aire del mortero ≤ 12%; expansión del mortero a los 14 días ≤ 0.2% y a las 8 semanas ≤ 0.060%. -Resistencia a la compresión de 13Mpa a los 3 días, 20 a los 7 días y 25 Mpa a los 28 días para los tipos IS (<70), IP, IT (P<S<70), IT (P>S), ICo; resistencia a la compresión de 11Mpa a los 3 días, 18 a los 7 días y 25 Mpa a los 28 días para los tipos IS (<70)(MS), IP (MS), IT (P<S<70)(MS), IT (P>S) (MS), IS (<70)(HS), IT (P<S<70)(HS), IP (HS), IT (P>S)(HS); resistencia a la compresión de 5Mpa a los 7 días y 11 Mpa a los 28 días para los tipos IS(≥70), IT (S≥70) y resistencia a la compresión de 11 Mpa a los 7 días y 21 Mpa a los 28 días para los tipos IP (LH) e IT (P>S)(LH). -Calor de hidratación de 290 kJ/kg a los 7d y 330 kJ/kg a los 28d para los tipos IS (<70), IP, IT (P<S<70), IT (P>S), ICo, IS (<70)(MS), IP (MS), IT (P<S<70)(MS), IT (P>S) (MS), IS (<70)(HS), IT (P<S<70)(HS), IP (HS), IT (P>S)(HS); Calor de hidratación de 250 kJ/kg a los 7d y 290 kJ/kg junto a un contenido de agua ≤ 64% de peso del cemento y contracción por secado ≤ 0.15% para los tipos IP (LH) e IT (P>S)(LH). -Resistencia a los sulfatos con una expansión a los 180 días (si no cumple se revisa que los cumpla al año) ≤ 0.10% para los tipos IS (<70), IP, IT (P<S<70), IT (P>S), ICo, IS (<70)(MS), IP (MS), IT (P<S<70)(MS), IT (P>S) (MS); expansión a los 180 días ≤ 0.05% y a 1 año ≤ 0.10% para los tipos IS (<70)(HS), IT (P<S<70)(HS), IP (HS), IT (P>S)(HS). •Los tipos presentados en la NTP 334.104 (ASTM C618) a usar será los clases C, F ó N, que deben cumplir lo siguiente: -Todos deben cumplir los siguientes requisitos: Fineza (retenida en tamiz N°325) ≤ 34%; índice de actividad resistente a 7 y 28 días ≥ 75%; demanda de agua ≤ 115% de control; estabilidad en expansión o contracción en autoclave ≤ 0.8%; densidad con una variación del promedio ≤ 5% para el porcentaje retenido en tamiz N°325 ≤ 5%. -De manera opcional los siguientes: incremento de la contracción por secado de las barras de mortero a 28 días ≤ 0.03% (diferencia sobre el control); uniformidad cuando especifica concreto con aire ≤ 20%; efectividad en control de reacción sílice-álcali en expansión de la mezcla a 14d ≤ 100%; efectividad de resistencia a los sulfatosa los 6 meses con exposición moderada ≤ 0.10% y ≤ 0.05 en exposiciones altas de sulfatos, si es por medio de porcentaje cemento resistente a sulfatos después de 6 meses ≤ 100% de expansión. **-Tipo N:** Contenido de dióxido de silicio + óxido de aluminio + óxido de fierro ≥ 70%; Trióxido de azufre ≤ 4%; contenido de humedad ≤ 3%; pérdidas por calcinación ≤ 10%. **-Tipo F:** Contenido de dióxido de silicio + óxido de aluminio + óxido de fierro ≥ 70%; Trióxido de azufre ≤ 5%; contenido de humedad ≤ 3%; pérdida por calcinación ≤ 6%. **-Tipo C:** Contenido de dióxido de silicio + óxido de aluminio + óxido de fierro ≥ 50%; Trióxido de azufre ≤ 5%; contenido de humedad ≤ 3%; pérdida por calcinación ≤ 6%. •Escoria de alto horno molida y granulada será según la ASTM C989 serán las clases 100 y 120, que cumplirán lo siguiente: Finura (retenida en tamiz N°325) ≤ 20%; contenido de aire ≤ 12%; índice de actividad resistente a 28 días ≥ 95% promedio para clase 100 y ≥ 115% para clase 120; además deberán tener un contenido de sulfuro de azufre ≤ 2.5% (Todo con un cemento de referencia que tenga una resistencia a la compresión a 28 días ≥ 35 Mpa, con contenido de alcalis de 0.60-0.90%)	C171 deben: Ser materiales resistentes, fuertes, resilientes y capaces de resistir el uso normal; tasa de transmisión de vapor de agua ≤ 10 g/m2 en 24 horas; reflectancia a la luz del día del lado blanco del papel de curado ≥ 50% y para polietileno blanca del lado del polietileno ≥ 70%; resistencia a la tracción ≥ 5.25 kN/m de ancho en dirección de la maquina y ≥ 2.62 en la dirección transversal. -Las láminas de polietileno tienen un grosor nominal ≥ 0.10 mm y en ningún punto menor a 0.075 mm, donde según la ASTM D4397 tendrá resistencia a la tracción ≥ 11.7 Mpa en dirección longitudinal y ≥ 8.3 Mpa en dirección transversal; alargamiento ≥ 225% en dirección longitudinal y ≥ 350% en dirección transversal. También una resistencia al impacto ≥ 165 g (0.10 mm), ≥ 205 g (0.125 mm), ≥ 260 g (0.15 mm), ≥ 315 g (0.175 mm), ≥ 370 g (0.20 mm), ≥ 420 g (0.225 mm) y ≥ 475 g (0.25 mm) •Sello de silicona para juntas deberá cumplir lo siguiente: -Esfuerzo de tensión a 150% de elongación (7 días de curado a 25°C± 5ºC y 45% a 55% de humedad relativa) ≤ 310 kPa; flujo a 25°C (±5ºC) no deberá fluir del canal; tasa de extrusión a 25°C (±5ºC) de 75-250 gm/min; gravedad especifica de 1.01-1.51; dureza a -18°C (7 días de curado a 25°C ±5ºC) de 10-25; una resistencia a intemperismo después de 5000 horas donde no presente agrietamientos, pérdida de adherencia o superficies polvorientas por desintegración; superficie seca (25ºC ± 5ºC y 45% a 55% de humedad relativa) ≤ 75 minutos; elongación a la rotura a 21 días ≥ 750%; fraguado al tacto (25ºC ± 5ºC y 45% a 55% de humedad relativa) ≤ 75 minutos; vida en contenedor ≥ 6 meses; adhesión a bloques de mortero ≥ 345 kPa; capacidad de movimiento y adhesión con una extensión de 100% a 18°C (7 días de curado al aire y 7 en agua, a 25°C ± 5ºC) donde no presenta ninguna falla por adhesión o cohesión después de 5 ciclos. •Sello en caliente para juntas según la ASTM D3405: Penetración del cono ≤ 90; flujo ≤ 3 mm; desarrollo de grietas, separaciones o aberturas ≤ 6.4 mm (prueba de sellador a -29°C); resiliencia con una recuperación ≥ 60%. •Para tirillas o cordón de acuerdo a la ASTM D5249 serán los Tipo 1 (Varillas redondas para selladores en frío y caliente), tipo 2 (Láminas o tiras para selladores en frío y caliente) y tipo 3(Varillas redondas solo para selladores en frío) y deberán cumplir lo siguiente: -Densidad ≤ 96.1 kg/m3 para tipo 1 y 3, y ≤ 64.1 kg/m3 para tipo 2; resistencia a la tracción ≥ 20 psi (solo tipo 1 y 3); absorción de agua ≤ 0.5% en volumen; Fuerza de deflexión por compresión del 25 % ≤ 15 psi; recuperación de compresión ≥ 90%; resistencia al calor de 200 ± 2.8°C (solo para tipo 1 y 2) y contracción máxima de 10% (solo tipo 1 y 2). •Para espumas de poliuretano de alta densidad para juntas de expansión según la ASTM D994, los siguientes requisitos: Absorción de agua ≤ 2.5% para un espesor de 25 mm, ≤ 3% para espesor de 20 mm, ≤ 4% para 15 mm y ≤ 5% para espesores de 10 mm; deflexión ≤ 25 mm. -La ASTM D1751 añade que los tipos no exudantes y bituminosos resilientes deben tener una pérdida de peso por compresión ≤ 3%; extrusión ≤ 6.4 mm; recuperación de grosor ≥ 70%; absorción de agua ≤ 15% del volumen en 24 horas para grosor nominal de 13 mm y ≤ 20% para el resto de grosores; contenido de asfalto deberá ser al menos del 35%. -La ASTM D1752 añade que si son rellenos preformados de caucho esponjoso, corcho y PVC reciclado podrán ser Tipo I (Caucho esponjoso), Tipo II (Corcho), Tipo III (Corcho autoexpandible) y Tipo IV (PVC reciclado), los cuales deben cumplir con lo siguiente: Recuperación ≥ 90% de su grosor; extrusión ≤ 6.4 mm; expansión ≥ 140% de su grosor (solo Tipo III); los tipo I y II no deberán presentar evidencias de desintegración grave con ebullición en ácido clorhídrico; La densidad ≥ 480 kg/m3 (Tipo 1) y ≥ 801 kg/m3 (Tipo 4).

		•Si se usan aditivos podrán reductores de agua y control de fraguado podrá ser Tipo A (reductor de agua), tipo B (retardantes), tipo C (acelerantes), tipo D (reductores de agua y retardantes), tipo E (reductores de agua y acelerantes), tipo F (reductor de agua de alto rango) y tipo G (reductores de agua de alto rango y retardantes) -Todas tienen en común los siguientes requisitos: Porcentaje del control de 135% y aumento sobre el control de 0.010, un factor de durabilidad relativa ≥ 80 para concreto con aire. -Contenido de agua ≤ 95% en tipo A, D y E; para tipos F y G ≤ 88%. -Para tipo A y F un fraguado inicial y final de 1:00 antes-1:30 después; para tipo B, D y G un fraguado inicial de 1:00 antes-3:30 después y fraguado final de 3:30 después; para tipo C y E un fraguado inicial de 1:00-3:30 antes y fraguado final de 1:00 antes. -Resistencia a la compresión respecto a la de control a los 28 días ≥ 110% para tipos A, D, E, F y G; ≥ 90% para B y ≥ 100% para C. Al año serán ≥ 100% para tipos A, D, E, F y G; y ≥ 90% para B y C. -Resistencia a la flexión respecto a la de control a los 28 días ≥ 100% para tipos A, D, E, F y G; y ≥ 90% para B y C. •Si se usan aditivos con incorporación de aire deberá tener lo siguiente: -Tiempo de fraguado inicial de 1:15 antes ni 1:15 después y final de 1:15 antes ni 1:15 después. -Resistencia a la compresión asi como flexión a los 28 días ≥ 90% del de control; porcentaje del de control será 120%, aumento sobre el control de 0.006, factor de durabilidad ≥ 80 y exudación de cantidad neta de agua ≤ 2%. •El agua deberá ser limpia y libre de álcalis u otras sustancias deletéreas, además, deberá cumplir lo siguiente: pH de 5.5-8.5; contenido de sulfatos SO4 ≤ 3000 ppm. -El concreto con esta agua deberá tener una resistencia a compresión a los 7d de 90% y tiempo de fraguado con una desviación de 1h más temprano a 1.5h más tarde respecto al control. -De manera opcional los siguientes límites químicos para el agua de mezclado: Contenido de cloruro ≤ 500 ppm; sulfatos SO4 ≤ 3000 ppm; álcalis ≤ 600 ppm; solidos totales ≤ 50000 ppm por masa. •Para la mezcla un contenido de cemento por m3 ≥ 300 kg, relación agua cemento ≤ 0.5 y asentamiento de 50-75 mm.	
Chile	•Los agregados a usar son: -El agregado grueso: Árido retenido en el tamiz de 4.75 mm -Agregado fino: Árido que pasa por el tamiz de 4.75 mm y retenido en el tamiz de 0.075 mm -Filler de árido es aquel que pasa por el tamiz de 0.075 mm (N°200) •El cemento a usar deberá cumplir con la NCh 148 y ser de alta resistencia, junto a un certificado del proveedor; estos podrán ser: -Cemento portland: Compuesto de clinquer y yeso -Cemento siderúrgico: Podrá ser a su vez cemento portland siderúrgico (Con máximo 30% de escoria básica granulada de alto horno) o cemento siderúrgico (Entre 30-75% de escoria básica granulada de alto horno) -Cemento con agregado tipo A: Podrá ser cemento portland con agregado tipo A (Máximo 30% de este agregado) o cemento con agregado tipo A (30-50% en peso de este agregado). El agregado tipo A es un material calcáreo-arcilloso (calcinado a más de 900°C) y otros materiales a base de óxidos de silicio, aluminio y fierro, además un contenido de calcio de 5-30%. -Cemento puzolánico: Podrá ser cemento portland puzolánico (Máximo 30% de	**•Para el agregado grueso:** -Requisitos físicos: Contenido de finos ≤ 1%; absorción de agua ≤ 2%; resistencia al desgaste Los ángeles ≤ 35%; coeficiente de forma del árido grueso ≥ 80%; partículas desmenuzables ≤ 3%; resistencia al desgaste con sulfato de sodio ≤ 10% y magnesio ≤ 15%; índice de trituración para hormigón sometido a desgaste ≤ 20% y para otro tipo de hormigón ≤ 15%; contenido de partículas chancadas ≥ 50%; contenido de lajas ≤ 2% (cuando sea para mezclas de más de 5000 m3); contenido de carbón y lignito para hormigón a la vista ≤ 0.5% y para otro tipo de hormigón ≤ 1%. -Requisitos químicos: Contenido de cloruros Cl ≤ 0.0005 kg Cl/Kg árido; contenido de sulfatos solubles en agua ≤ 0.003 kg SO4/Kg árido; reacción de álcali-árido cuando el Rc > 70 mmol/L se considera reactivo si Sc > Rc, si Rc < 70 mmol/L si Sc > 35±0.5Rc (Sc es sílice soluble y Rc es reducción alcalinidad) -Este deberá cumplir con 1 de las 9 franjas granulométricas: **-Grado 63-37.5 mm:** PP (75 mm): 100, PP (63 mm): 90-100, PP (50 mm): 35-70, PP (37.5 mm): 0-15 y PP (19 mm): 0-5. **-Grado 50-25 mm:** PP (63 mm): 100, PP (50 mm): 90-100, PP (37.5 mm): 35-70, PP (25 mm): 0-15 y PP (12.5 mm): 0-5. **-Grado 50-4.75 mm:** PP (63 mm): 100, PP (50 mm): 90-100, PP (25 mm): 35-70, PP (12.5 mm): 10-30 y PP (4.75 mm): 0-5. **-Grado 37.5-19 mm:** PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 90-100, PP (25 mm): 20-55, PP (19 mm): 0-15 y PP (9.5 mm): 0-5. **-Grado 37.5-4.75 mm:** PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 90-100, PP (19 mm): 35-70, PP (9.5 mm): 10-30 y PP (4.75 mm): 0-5. **-Grado 25-4.75 mm:** PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 90-100, PP (12.5 mm): 25-60, PP (4.75 mm): 0-10 y PP (2.36 mm): 0-5. **-Grado 19-4.75 mm:** PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 90-100, PP (9.5 mm): 20-55, PP (4.75 mm): 0-10 y PP (2.36 mm): 0-5. **-Grado 12.5-4.75 mm:** PP (19 mm): 100, PP (12.5 mm): 90-100, PP (9.5 mm): 40-70, PP (4.75 mm): 0-15 y PP (2.36 mm): 0-5. **-Grado 9.5-2.36 mm:** PP (12.5 mm): 100, PP (9.5 mm): 90-100, PP (4.75 mm): 10-30, PP (2.36 mm): 0-10 y PP (1.18 mm): 0-5. **•Para el agregado fino:** -Requisitos físicos: Contenido de finos ≤ 5% para áridos naturales; equivalencia de arena ≥ 75%; absorción de agua ≤ 3%; partículas desmenuzables ≤ 3%; resistencia al desgaste con sulfato de sodio ≤ 10% y magnesio ≤ 15%; índice de trituración para hormigón sometido a desgaste ≤ 4% y para otro tipo de hormigón ≤ 5%; contenido de carbón y lignito para hormigón a la vista ≤ 0.5% y para otro tipo de hormigón ≤ 1%. (Si no cumple el contenido de finos o la equivalencia de arena se podrá aceptar si tiene un valor azul ≤ 0.30g para exposición severa y ≤ 60g para otros casos) -Requisitos químicos: Impurezas químicas medida desde más claro a más oscuro deberá ser igual, si es por vidrios de color ≤ 3; Contenido de cloruros Cl ≤ 0.0005 kg Cl/Kg árido; contenido de sulfatos solubles en agua ≤ 0.003 kg SO4/Kg árido; reacción de álcali-árido cuando el Rc > 70 mmol/L se considera reactivo si Sc > Rc, si Rc < 70 mmol/L si Sc > 35±0.5Rc (Sc es sílice soluble y Rc es reducción alcalinidad)	•La franja granulométrica deberá ser escogida entre las presentadas, este proceso se realiza en la etapa de diseño. •El agregado tipo A para el cemento según la NCh 160 tiene un índice de resistencia mecánica IR ≥ 4 •La puzolana para el cemento puzolánico Según la NCh 161 (ASTM C340-66) debe tener una resistencia a la compresión a los 7 días ≥ 42 kg/cm2 •Se podrá usar cemento con un sodio equivalente mayor al indicado si se demuestra que no tendrá reacción con los áridos. •Para la membrana del curado bajo la MC V8-8.401.2 podrán ser los tipo 1 (Claros o traslúcidos), tipo 1D (Claros o traslúcidos con tinte fugitivo) o tipo 2 (con pigmentación blanca) -Deben tener una pérdida de agua ≤ 0.65 kg/m2 a 72h y secado ≤ 4 horas. •Para sellantes de aplicación en frío bajo la MC V8-8.701.1 (ASTM D1850-74) deberá cumplir lo siguiente: Penetración ≤ 235; flujo luego de curado ≤ 5 mm; ligazón (5 ciclos de elongación y compresión) se considera que falla si produce grietas mayores a 6.5 mm. -Elastométrico aplicado en caliente bajo la MC V8-8.701.3 (ASTM D3406-78): Penetración ≤ 130; No deberá fluir a 70°c ± 1°C; ligazón (3 ciclos de elongación y compresión) se considera que falla si produce grietas mayores a 6.5 mm; resiliencia con recuperación ≥ 60%; tensión de adhesión debe ser ≥ 500% de elongación; el sellante no puede fluir, ser pegajoso, no generar cambios físicos en la superficie. -Elástico aplicado en caliente bajo la MC V8-8.701.2 (ASTM D1190-74): Penetración ≤ 90; flujo a 60°c ≤ 5 mm; ligazón (5 ciclos de elongación y compresión) se considera que falla si produce grietas mayores a 6.5 mm. -De aplicación en caliente bajo la MC V8-8.701.4 (ASTM D3405-78): Penetración ≤ 90; flujo a 60°c ≤ 3 mm; ligazón (3 ciclos de elongación y compresión) se

puzolana) o cemento puzolánico (30-50% de puzolana). La puzolana es un material silíceo-aluminoso. -Cemento con fines especiales: Serán aquellos que cumplirán las especificaciones que el diseño presente. •Se podrán usar aditivos bajo la NCh 2182 (ASTM C494-08, ASTM C260-06 y UNE-EN 934-2:2002) •Solo se pueden usar retardadores de evaporación si son a base de alcoholes alifáticos, demostrando su eficacia y que no provoque efectos adversos al hormigón, debe ser ensayado y certificado con laboratorios acreditados por la INN. •Se podrá incorporar fibra estructural ya sea de sintética bajo la ASTM D7508 o de acero bajo la ASTM A820. -Las fibras de acero deberán ser inoxidables si el hormigón tiene exposición a agentes corrosivos. •Se usaran barras de acero serán de grado A630-420H o A440-280H, se podrán usar aceros extranjeros como aceros de la ASTM A706 debe acreditar que cumpla los requisitos. Debe estar marcado y certificado. •Los sellantes para juntas deben cumplir con la MC V5-5.410.204 y se clasifican en: -Aplicación en frío bajo la MC V8-8.701.1 (ASTM D1850-74) -Elastométrico aplicado en caliente bajo la MC V8-8.701.3 (ASTM D3406-78) -Elástico aplicado en caliente bajo la MC V8-8.701.2 (ASTM D1190-74) -De aplicación en caliente bajo la MC V8-8.701.4 (ASTM D3405-78)	-Este deberá cumplir la siguiente granulometría; aunque también tendrá otras 7 por si no se cumplen (se enumeran desde el 1 al 7) -PP (9.5 mm): 100, PP4: 95-100, PP8: 80-100, PP16: 50-85, PP30: 25-60, PP50: 5-30, PP100: 0-10 y módulo de finura de 3.45-2.15. -Tipo 1 (Muy gruesa): PP (10 mm): 100, PP4: 60-75, PP8: 35-55, PP16: 27-50, PP30: 15-40, PP50: 8-25, PP100: 3-10 y módulo de finura de 3.45-4.52. -Tipo 2 (Gruesa): PP (10 mm): 100, PP4: 75-90, PP8: 55-80, PP16: 35-60, PP30: 22-40, PP50: 12-25, PP100: 3-10 y módulo de finura de 2.95-3.98. -Tipo 3 (Media o normal): PP (10 mm): 100, PP4: 95-100, PP8: 80-100, PP16: 50-85, PP30: 25-60, PP50: 5-30, PP100: 0-10 y módulo de finura de 2.15-3.38. -Tipo 4 (Media gruesa): PP (10 mm): 100, PP4: 70-90, PP8: 40-80, PP16: 40-70, PP30: 40-60, PP50: 25-37, PP100: 6-13 y módulo de finura de 2.50-3.79. -Tipo 5 (Fina): PP (10 mm): 100, PP4: 90-100, PP8: 85-100, PP16: 70-90, PP30: 60-80, PP50: 37-50, PP100: 12-20 y módulo de finura de 2.46-3.60. -Tipo 6 (Muy fina): PP (10 mm): 100, PP4: 95-100, PP8: 90-100, PP16: 85-100, PP30: 80-100, PP50: 50-62, PP100: 15-20 y módulo de finura de 1.13-1.80. -Tipo 7 (Discontinua): PP (10 mm): 100, PP4: 30-60, PP8: 30-40, PP16: 30-40, PP30: 17-40, PP50: 9-25, PP100: 4-10 y módulo de finura de 3.85-4.80. •El Filler deberá tener la siguiente granulometría: -PP10: 100, PP125: 85-100 y PP200: 70-100. **Para el cemento:** -Cualquiera de los tipos de cemento podrán contener máximo un 3% de materias extrañas y sodio equivalente (contenido total de álcalis solubles en agua) ≤ 0.6%; expansión o contracción en autoclave ≤ 1%; peso específico ≥ 3 kg/m3 -Para que sea un cemento de alta resistencia deberá tener: Tiempo de fraguado inicial ≥ 45 minutos y final ≤ 10 horas; resistencia a la compresión a los 7 días ≥ 250 kg/cm2 y a los 28 días ≥ 350 kg/cm2; resistencia a la flexión a los 7 días ≥ 45 kg/cm2 y a los 28 días ≥ 55 kg/cm2 -Cemento portland: Pérdida con calcinación ≤ 3%; residuo insoluble ≤ 1.5%; Contenido de SO3 ≤ 4%; contenido de óxido de magnesio MgO ≤ 5%. -Cementos siderúrgicos: Pérdida con calcinación ≤ 5%; residuo insoluble ≤ 3% para portland siderúrgico y ≤ 4% para siderúrgico; Contenido de óxido de azufre SO3 ≤ 4%; contenido de óxido de manganeso Mn2O3 ≤ 2%. -Cementos puzolánicos: Pérdida con calcinación ≤ 4% para portland puzolánico y ≤ 5% para puzolánico; residuo insoluble ≤ 30% para portland puzolánico y ≤ 50% para puzolánico; Contenido de SO3 ≤ 4%. -Cementos con agregado tipo A: Pérdida con calcinación ≤ 7% para portland con agregado tipo A y ≤ 9% con agregado tipo A; residuo insoluble ≤ 21% para portland con agregado tipo A y ≤ 35% con agregado tipo A; Contenido de SO3 ≤ 4%. •La fibra sintética estructural bajo la ASTM D7508 (Debe cumplir también la ASTM C1116) indica que se podrán usar la fibra macro de poliolefina (Densidad lineal ≥ 580 deniers, diámetro equivalente ≥ 0.3 mm), fibra micro de poliolefina (Densidad lineal < 580 deniers, diámetro equivalente < 0.3 mm), fibra híbrida (Combinación de fibras macro de poliolefina y fibras micro de poliolefina), fibras de longitud múltiple (Hebras cortadas de diversas longitudes de fibra) o fibra graduada (gradación de múltiples longitudes y deniers de fibra); estas deberán cumplir lo siguiente: -Para fibras cortadas microscópicas un Denier ≤ 580, contenido de acabado ≤ 1.5% y largo de corte de 3-50 mm. Para fibras macroscópicas un Denier ≤ 580, contenido de acabado ≤ 1%, resistencia a tracción ≥ 344.4 Mpa y un largo de corte de 12-65 mm. Para Hebras Cortadas Híbridas un contenido de acabado ≤ 1.5% para microporciones y ≤ 1% para macroporciones, resistencia a tracción ≥ 344.4 Mpa (Solo microporciones) •La fibra de acero estructural bajo la ASTM A820 podrá ser Tipo I (Alambre estirado en frío), tipo II (Lamina cortada), tipo III (Extraído de fusión) o tipo IV (Otras fibras) y deberán cumplir lo siguiente: -Podrán ser rectas o deformadas; resistencia a la tracción promedio ≥ 345 Mpa; Resistencia a ser dobladas alrededor de un pasador de 3.18 mm de diámetro hasta un ángulo de 90° a temperaturas no inferiores a 16°C sin romperse.	considera que falla si produce grietas mayores a 6.5 mm; resiliencia con recuperación ≥ 60%; no podrá tener falla por adhesión.
•Para el curado será el uso de compuestos líquidos formadores de membranas bajo el MC V8-8.401.2 (AASHTO M148) •El agua deberá ser limpia y exenta de sustancias perjudiciales y satisfacer los requisitos necesarios.	•Si se usan aditivos podrán reductores de agua y control de fraguado podrá ser Tipo A (plastificantes), tipo B (retardantes), tipo C (acelerantes), tipo D (plastificantes y retardantes), tipo E (plastificantes y acelerantes), tipo F (superplastificantes), tipo G (superplastificantes y retardantes) y tipo H (incorporadores de aire) -Contenido de agua ≤ 95% en tipo A, D y E; para tipos F y G ≤ 88%. -Para tipo A y F un fraguado inicial de máximo 1:00-2:00 más; para tipo B, D y G un fraguado inicial mínimo 1:00 y máximo 6:00; para tipo C y E un fraguado inicial de mínimo 1:00 y máximo 3:30 menos; para tipo H un fraguado inicial máximo de 1:15-1:15 más. -Resistencia a la compresión respecto a la de control a los 3 días ≥ 110% para tipos A y D; ≥ 90% para B y H; ≥ 125% para C, E, F y G. A los 28 días ≥ 110% para tipos A, D, E, F y G; ≥ 90% para B y H, y ≥ 95% para C. -Resistencia a la flexión respecto a la de control a los 28 días ≥ 100% para tipos A, D, E, F y G; y ≥ 90% para B, C y H. -Para el Tipo H una durabilidad a 50 ciclos de congelación/deshielo con una expansión ≤ 0.05% **Para el acero:** **-Acero grado A630-420H según la NCh 3334 (ASTM A706/A706M-13):** Acero al carbono; tensión ≥ 630 Mpa; límite de fluencia ≥ 420 Mpa (Máximo 580 Mpa); relación resistencia ultima y resistencia a tracción Fu/Fy ≥ 1.25; alargamiento (% probeta con longitud de 200 mm) será 7000/Fu -K (K es un coeficiente de alargamiento según el diámetro); contenido de carbono ≤ 0.3%, manganeso ≤ 1.5%, fósforo ≤ 0.035%, azufre ≤ 0.045% y silicio ≤ 050%. Los diámetros de acero son: 8 mm, 10 mm, 12 mm, 14 mm, 16 mm, 18 mm, 20 mm, 22 mm, 25 mm, 28 mm, 32 mm, 36 mm y 40 mm. **-Acero grado A440-280H según la NCh 204 (NBR 7480:1996, IRAM-IAS U500-528:2004 y ASTM C615/A615M-04):** Acero al carbono; tensión de fluencia Fy ≥ 280 Mpa; resistencia a tracción ≥ 440 Mpa; relación resistencia ultima y resistencia a tracción Fu/Fy ≥ 1.25; alargamiento (% probeta con longitud de 200 mm) será 16; contenido de carbono ≤ 0.3%, manganeso ≤ 1.5%, fósforo ≤ 0.035%, azufre ≤ 0.045% y silicio ≤ 050%. Los diámetros de acero son: 6mm, 8 mm, 10 mm, 12 mm, 14 mm, 16 mm, 18 mm, 20 mm, 22 mm, 25 mm, 28 mm, 32 mm, 36 mm y 40 mm. **Para la mezcla:** -El hormigón podrá tener un contenido de sulfatos SO4 ≤ 2% del peso del cemento; relación agua/cemento máxima de 0.40 y profundidad de penetración del agua ≤ 20 mm (Solo si está expuesto a sales fundentes); contenido de aire de 6% para tamaño nominal de árido de 19 mm y de 5.5% para tamaño nominal de 37.5 mm (Hormigón sometido a congelación y deshielo) -Resistencia a la compresión a los 90 días ≥ 35 Mpa; contenido de cemento ≥ 300 kg/m3 de hormigón elaborado	

España	•El material a usar debe ser áridos que no serán susceptibles a ningún tipo de meteorización o alteración fisicoquímica apreciable bajo las condiciones más desfavorables. No podrán ser reactivos con el cemento, ni contendrán sulfuros oxidables, sulfato cálcico o compuestos ferrosos inestables, que puedan originar fenómenos expansivos en la masa del hormigón (si son reactivos requiere de un estudio). -Estos serán árido grueso (material retenido en el tamiz 4 mm) y el árido fino (Pasa por el tamiz de 4 mm) El árido fino es en general una arena natural rodada. -Se podrá usar material reciclado solo para la capa inferior cuando se construya el pavimento en 2 capas. -No se podrán emplear áridos procedentes de canteras de naturaleza caliza, obtenidos mediante la trituración de gravas procedentes de yacimientos granulares, salvo en el caso de que fueran a utilizarse en la capa de hormigón inferior. •El cemento debe ser salvo justificación de 32.5N o 42.5N. -Podrán ser los tipos CEM I, CEM II, CEM III, CEM IV y CEM V -Se podrá usar cemento portland con caliza (CEM II/A-L, CEM II/B-L, CEM II/A-LL y CEM II/B-LL) solo para la capa inferior cuando se construya el pavimento en 2 capas. -Para épocas frías podrá usarse clase resistente 42.5R. -Los CEM I son cemento portland, CEM II son cementos portland con diferentes componentes, CEM III son cementos con escorias de horno alto, CEM IV son cemento puzolánico y CEM IV son cementos compuestos •Se podrán usar aditivos, los cuales deberán cumplir con la UNE-EN 934-2, donde se encuentran los tipos: -Reductores de agua / Plastificantes -Reductores de agua de alta actividad / Superplastificantes -Modificadores de fraguado / Aceleradores, retardadores -Inclusores de aire o Multifuncionales •Se usan membranas para separación de capas o para curado. •Para el curado se usan productos filmógenos para reducir la perdida de humedad y elevación de temperatura; este producto deberán tener documentación donde se indiquen	**Para áridos:** **Para árido grueso:** -Si la carretera será sometida a heladas y frecuentes tratamientos de vialidad invernal, si el valor de la absorción > 1% debe tener un valor bajo el sulfato de magnesio MS < 15%. -Tamaño máximo será de 40 mm y ≤ 1/4 del espesor de capa (Si es pavimento de hormigón armado continuo ≤ 1/4 de la distancia libre entre armaduras longitudinales) -Coeficiente Los ángeles LA < 35 (Si es para capa inferior con materiales reciclados que alcancen una resistencia a compresión > 35 Mpa se acepta un LA < 40); índice de lajas FI < 35. -Cuando el tráfico es T00 a T1, expuesto directo al tráfico y será para pavimento en 2 capas, un tamaño máximo de agregado ≤ 12 mm; LA < 20 para T00 y LA < 25 para T0 y T1; FI < 20 para T00 y FI < 25 para T0 y T1; proporción de partículas total y parcialmente trituradas ≥ 90% y partículas totalmente redondeadas < 1%; coeficiente de pulimento acelerado PSV ≥ 56 para T00 y T0, y PSV ≥ 50 para T1. **Para árido fino:** -Proporción mínima de partículas silíceas ≥ 30%; proceda de árido grueso con PSV > 44. (Si será para construir pavimento en 1 capa: Proporción mínima de partículas silíceas ≥ 35%; proceda de árido grueso con PSV > 50) -Equivalencia de arena SE4 ≥ 70% y ≥ 75% para invierno a heladas y frecuentes tratamientos de vialidad invernal. -PP (0.063 mm): 0-6 para áridos redondeados o áridos de machaqueo no calizos sometidos a corrosión por cloruros o ataque químico; PP (0.063 mm): 0-10 para áridos de machaqueo calizos expuestos a ataque químico y áridos de machaqueo no calizos expuestos a hielo-deshielo, erosión o corrosión; y PP (0.063 mm): 0-16 para áridos de machaqueo calizos que podrán estar expuestos a nada o a corrosión. -Si es categoría de tráfico T00 a T2 se deberá cumplir la siguiente curva granulométrica: PP (4 mm): 81-100, PP (2 mm): 58-85, PP (1 mm): 39-68, PP (0.5 mm): 21-46, PP (0.250 mm): 7-22, PP (0.125 mm): 1-8 y PP (0.063 mm): 0-4 (Podrá ser de 0-6 si es tráfico T3 y T4) **Para el cemento** -Todos los tipos podrán tener un principio de fraguado deber tener lugar después de los 100 minutos; contenido de cromo soluble en cemento ≤ 2 ppm; componentes minoritarios será de 0-5; contenido de cloruros ≤ 0.10%.; contenido de óxido de sodio equivalente ≤ 0.6% Requisitos a la compresión: Para 32.5 una resistencia inicial a 7 días ≥ 16 Mpa y a los 28 días ≥ 32.5 Mpa y ≤ 52.5 Mpa. Para 42.5 N una resistencia inicial a 2 días ≥ 10 Mpa y a los 28 días ≥ 42.5 Mpa y ≤ 62.5 Mpa -En exigencias químicas: Una perdida por calcinación ≤ 5% y residuo insoluble ≤ 5%; Contenido de sulfatos SO3 si es de 32.5 N ≤ 3.5% (Para CEM I, CEM, II, CEM IV y CEM V). y si es de 42.5N debe ser ≤ 4% (Para CEM I, CEM, II, CEM IV, CEM V); para CEM III debe ser ≤ 4% para todas; puzolanicidad aplica para todos los tipos de la CEM IV. **-CEM I:** Contenido de Clinker de 95-100% **-CEM II** se clasifican en: -Cemento portland con escoria CEM II/A-S (Clinker de 80-94% y escoria de alto horno de 6-20%) y CEM II/B-S (Clinker de 65-79% y escoria de alto horno de 21-35%); con humo de sílice CEM II/A-D (Clinker de 90-94% y humo de sílice de 6-10%). -Con puzolana los CEM II/A-P (Clinker de 80-94% y puzolana natural de 6-20%), CEM II/B-P (Clinker de 65-79% y puzolana natural de 21-35%), CEM II/A-Q (Clinker de 80-94% y puzolana natural calcinada de 6-20%) y CEM II/B-Q (Clinker de 65-79% y puzolana natural calcinada de 21-35%) -Con ceniza volante los CEM II/A-V (Clinker de 80-94% y cenizas silícea de 6-20%), CEM II/B-V (Clinker de 65-79% y cenizas silícea de 21-35%), CEM II/A-W (Clinker de 80-94% y cenizas calcáreas de 6-20%), CEM II/B-W (Clinker de 65-79% y puzolana natural de 21-35%) -Con esquisto calcinado los CEM II/A-T (Clinker de 80-94% y esquistos calcinados de 6-20%), CEM II/B-T (Clinker de 65-79% y esquistos calcinados de 21-35%) -Con caliza CEM II/A-L (Clinker de 80-94% y caliza L de 6-20%), CEM II/B-L (Clinker de 65-79% y caliza L de 21-35%), CEM II/A-LL (Clinker de 80-94% y caliza LL de 6-20%) y CEM II/B-LL (Clinker de 65-79% y caliza LL de 21-35%) -Mixto los CEM II/A-M (Clinker de 80-94% y la mezcla de componentes será de 6-20%), CEM II/B-M (Clinker de 65-79% y la mezcla de componentes será de 21-35%) **-CEM III los CEM III/A** (Clinker de 35-64% y escoria de alto horno de 35-65%), CEM III/B (Clinker de 20-34% y la mezcla de componentes sera de 66-80%) y EM III/C (Clinker de 5-19% y escoria de alto horno de 81-95%) **-CEM IV son los CEM IV/A** (Clinker de 65-89% y humo de sílice, puzolana y cenizas volantes de 11-35%), CEM IV/B (Clinker de 45-64% y humo de sílice, puzolana y cenizas volantes de 36-55%) **-CEM V son los CEM V/A** (Clinker de 40-64%, escoria de alto horno de 18-30% y puzolanas con cenizas volantes de 18-30%), CEM V/B (Escoria de escoria de alto horno 31-50% y puzolanas con cenizas volantes de 31-50%) **Para el acero:** •Las armaduras para el pavimento de armado continuo deberán cumplir con la EHE, donde para elementos longitudinales serán barras corrugadas de acero B500S o B500SD (cuyo diámetro nominal sea ≥ 20 mm para pavimentos con espesor ≥ 22 cm, y el resto de casos sera diametro nominal ≥ 16 mm); los elementos transversales, podrán estar constituidos por barras o alambres corrugados, en todos los casos de 12 mm de diámetro nominal. •Si son barras de acero corrugado podran ser los siguientes tipos:	•Para la franja granulométrica de agregado fino se podrá exigir un módulo de finura donde no se experimente una variación superior a 5% de la franja necesaria. •La mezcla del cemento y áridos debe generar una masa unitaria total donde las partículas que pasa por tamiz 0.125 debe ser menor a 450 kg/m3 (si es en 2 capas, la superior podrá ser menor a 500 kg/m3) -Para capas doble un contenido de finos en que se requiere un Porcentaje de partículas cernidas por tamiz 0.063 mm que será: Para capa superior el árido grueso < 0,5 % y árido fino < 10 %; para capa inferior < 1,5 % y < 10%. •La membrana para curado o separación de capas, debe ser resistente a la alcalinidad del cemento en estado fresco y no perjudicarlo; además: -Resistencia a tracción en rotura > 15 Mpa; alargamiento en rotura > 250%; en caso de usar láminas de plástico un espesor ≥ 0.1 mm •Los productos filmógeno de curado y sus características se presentaran en el diseño. Serán compuestos líquidos integrados por una base y un disolvente volátil; constara con un pigmento blanco y vehículo compuesto de ceras naturales o sintéticas, o bien de resinas. (Vehículo es la parte de una pintura que no es pigmento y que sirve como agente portador). Debe cumplir lo siguiente: -No permanecerá viscoso luego de 12h de aplicado e índice de eficacia del curado ≥ 60%. •Los sellantes de tipo caliente bajo la UNE EN 14188-1, podrán ser del tipo N1 (Elástico-alta tensión), N2 (Normal-extensión baja), F1 (Resistente al combustible de alta tensión) y F2 (Resistente al combustible de baja tensión); estos deberán cumplir lo siguiente: **-N1 y N2** (No resistente al combustible): Punto de reblandecimiento ≥ 85°C; penetración de 40-130 dmm (Para N1) y de 40-100 dmm (Para N2); penetración y resiliencia ≥ 60% (Para N1) y de ≤ 60% (Para N2); Estabilidad térmica tendrá los mismos valores de penetración y penetración y resiliencia; resistencia al flujo, inicial y degradación por calor (+60°C, 5h, ángulo de 75°) ≤ 2 mm (Para N1) y de ≤ 3 mm (Para N2); resistencia a la adhesión una extensión total en 5h ≥ 5 mm, tensión ≤ 1 N/mm2 y tensión final ≤ 0.15 N/m2; ningún fallo de adherencia o fallo de cohesión. **-F1 y F2** (Resistente al combustible): Punto de reblandecimiento ≥ 85°C (Para F1) y ≥ 75°C (Para F2); penetración de 40-130 dmm (Para F1) y de 40-100 dmm (Para F2); penetración y resiliencia ≥ 60% (Para F1) y de ≤ 60% (Para F2); Estabilidad térmica tendrá los mismos valores de penetración y penetración y resiliencia; resistencia al flujo, inicial y degradación por calor ≤ 5 mm (Para F1) y de ≤ 10 mm (Para F2); solubilidad (50°C y 24 h) ≤ 2% cambio de masa (solo para F1) y solubilidad (35°C y 24 h) ≤ 2%; resistencia a la adhesión una extensión total en 5h ≥ 5 mm; adherencia con caras de bloque completamente separados < 50 mm, y profundidad de separación < 3 mm; fallo de cohesión un área superficial total de las grietas < 20 mm y profundidad de grietas < 3 mm. •Los sellantes de tipo frío bajo la UNE EN 14188-2, podrán ser Clase A (Sin requisitos de resistencia química), Clase B (Utilizado en contacto con combustible para aviones y productos químicos para deshielo), Clase C (Utilizado en contacto con gasolina, diésel y productos químicos para deshielo) y Clase D (Productos químicos líquidos según sea necesario); estos deberán cumplir lo siguiente: -Extrudabilidad ≥ 70 mL/min; resistencia al flujo con inclinación vertical y horizontal ≤ 2 mm; perdida de volumen ≤ 5 % por volumen; Cambio en masa y volumen después de la inmersión será ≤ – 25 % por masa y ≤ ± 30 % por volumen; resistencia a la hidrólisis un cambio de dureza ≤ ± 50 %; deberá tener resistencia al fuego; sin falla a cohesión (a -20°C será ≤0.6 MPa); sin falla en cohesión en zonas frías (a -20°C será ≤1.0 MPa); fuerza de adhesión Módulo de tracción al 100% elongación) a 23°C ≥ 0,15 MPa y a -20 °C ≤ 0,6 MPa; recuperación elástica ≥ 70%;

instrucciones de uso, dotación óptima y tiempo máximo de almacenamiento.

•Para sellado de juntas se usa sellado aplicado en caliente (UNE-EN 14188-1), aplicados en frío (UNE-EN 14188-2) y juntas preformadas (UNE-EN 14188-3).
-Si se realiza riego de imprimación será bajo la UNE-EN 14188-4
-Para juntas de dilatación se usa material de relleno compresible y no perjudicial para el hormigón.

•El agua a usar deberá ser según la Instrucción de Hormigón Estructural.

•Las barras de acero deberán cumplir con la EHE
-Para juntas se usar acero o alambres corrugados

•Todos los materiales deberán tener un marcado CE que permitan deducir el cumplimiento de las especificaciones contempladas.

•El hormigón a obtener dependerá de la resistencia, podrá ser HF-5.0 (5 Mpa), HF-4.5 (4.5 Mpa), HF-4.0 (4 Mpa) o HF-3.5 (3.5 Mpa)

-B 400 S: límite elástico Fy ≥ 400 N/mm2; carga unitaria de rotura Fs ≥ 440 N/mm2; alargamiento de rotura ≥ 14%; alargamiento total ≥ 5%; relación Fs/Fy ≥ 1.05.
-B 500 S: límite elástico Fy ≥ 500 N/mm2; carga unitaria de rotura Fs ≥ 550 N/mm2; alargamiento de rotura ≥ 12%; alargamiento total ≥ 5%; relación Fs/Fy ≥ 1.05.
-B 400 SD: límite elástico Fy ≥ 400 N/mm2; carga unitaria de rotura Fs ≥ 480 N/mm2; alargamiento de rotura ≥ 20%; alargamiento total ≥ 7.5%; 1.20 ≤ relación Fs/Fy ≤ 1.35; relación Fy real/ Fy nominal ≤ 1.20; valores respecto a ensayo de fatiga serán
-B 500 BS: límite elástico Fy ≥ 500 N/mm2; carga unitaria de rotura Fs ≥ 575 N/mm2; alargamiento de rotura ≥ 16%; alargamiento total ≥ 7.5%; 1.15 ≤ relación Fs/Fy ≤ 1.35; relación Fy real/ Fy nominal ≤ 1.25.
•Si es alambre corrugado podrán ser los siguientes tipos:
-Acero tipo B500T tiene un Límite elástico Fy de 500 N/mm2; carga unitaria de rotura Fs de 550 N/mm2; alargamiento de rotura de 8%; relación Fs/Fy de 1.03; y un resultado de doblado-desdoblado de 5d (Diámetro nominal del alambre)

•Si son barras de acero corrugado para juntas deben ser de 12 mm de diámetro y 80 cm de longitud, podrán ser los tipos B400S, B500S, B400SD o B500SD
•Si es alambre corrugado para juntas deben ser de 12 mm de diámetro y 80 cm de longitud, y ser el tipos B500T.
•Los pasadores son barras lisas de acero de 25 mm de diámetro y 50 cm de longitud, usando acero tipo S-275-JR.

Para el agua
-El agua a usar deberá tener según la Instrucción de Hormigón Estructural un pH ≥ 5, Sustancia disueltas ≤ 15 gramos por litro, sulfatos SO4 ≤ 1 gramo por litro.

Para aditivos según la UNE-EN 934-2 (Todos los requisitos son de hormigón con aditivo):
-Reductores de agua / Plastificantes: Reducción de agua ≥ 5% con relación a la del hormigón testigo; resistencia a compresión a 7 y 28 días ≥ 110% que la del hormigón testigo; contenido de aire en el hormigón fresco ≤ 2% en volumen encima del hormigón testigo.
-Reductores de agua de alta actividad/ superplastificantes: Reducción de agua ≥ 12%, resistencia a compresión ≥ 140% a los 7 días y ≥ 115% a los 28 días, contenido de aire ≤ 2%; aumento de consistencia con un aumento del asentamiento ≥ 120 mm y aumento de escurrimiento ≥ 160 mm respecto a los iniciales; 30 minutos después de la adición no puede tener una consistencia menor a la inicial; resistencia a compresión a 28 días ≥ 90%; contenido de aire en el hormigón fresco ≤ 2% en volumen encima del hormigón testigo.
-Retenedores de agua: Exudación ≤ 50%; resistencia a la compresión a los 28 días ≥ 80%; contenido de aire en hormigón fresco ≤ 2%.
-Inclusores de aire: contenido de aire en hormigón fresco (aire incluido) ≥ 2.5% en volumen encima del hormigón testigo; huecos de aire un factor de espaciado ≤ 0.200 mm; resistencia a compresión a 28 días ≥ 75%
-Aceleradores de fraguado: Tiempo de inicio de fraguado a 20°C ≥ 30 minutos y a 5°C será ≤ 60% del correspondiente mortero testigo; resistencia a compresión a 28 días ≥ 80% y a 90 días debe ser mayor que a 28 días; contenido de aire en hormigón fresco ≤ 2%.
-Aceleradores de endurecimiento: Resistencia a compresión a 20°C y 24h será ≥ 120%, a 20°C y 28d será ≥ 90% y a 5°C y 48h será ≥ 130%; contenido de aire en hormigón fresco ≤ 2%.
-Retardadores de fraguado: Tiempos de fraguado inicial ≥ que el testigo + 90 min y final ≤ que el testigo + 360 minutos; Resistencia a compresión a 7 días ≥ 80% y a 28 días ≥ 90%; contenido de aire en hormigón fresco ≤ 2%.
-Hidrófugos: Absorción capilar a 7 días después de 7 días de curado ≤ 50% y a 28 días después de 90 días de curado ≤ 60%; resistencia a compresión a 28 días ≥ 85%; contenido de aire en hormigón fresco ≤ 2%.
-Retardadores de fraguado/reductores de agua/plastificantes: Resistencia a compresión a 28 días ≥ 100%; Tiempos de fraguado inicial ≥ que el testigo + 90 min y final ≤ que el testigo + 360 minutos; reducción de agua ≥ 5%; contenido de aire en hormigón fresco ≤ 2%.
-Retardadores de fraguado/reductores de agua de alta actividad/superplastificantes: Resistencia a la compresión a 7 días ≥ 100% y a 28 días ≥ 125%; Tiempos de fraguado inicial ≥ que el testigo + 90 min y final ≤ que el testigo + 360 minutos; reducción de agua ≥ 12% y contenido de aire en hormigón fresco ≤ 2%.
-Aceleradores de fraguado/reductores de agua/plastificantes: 60 minutos después de la adición no puede tener una consistencia menor a la inicial; resistencia a la compresión a 28 días ≥ 90% (Podrá ser ≥ 100%) y contenido de aire en hormigón fresco ≤ 2%; tiempo de principio de fraguado a 20°C ≥ 30 minutos y a 5°C ≤ 60% del correspondiente mortero testigo; reducción de agua ≥ 5% y contenido de aire en hormigón fresco ≤ 2%.

meteorización artificial por irradiación UV ≤ ± 20 %; sin fallas por adhesión/cohesión después de la inmersión en productos químicos líquidos.

•Sellantes para juntas preformadas bajo la UNE-EN 14188-3 seran la clase 40, 50, 60, 70 y 80; deberán cumplir lo siguiente:
-Para todos: Tolerancia a la dureza ≤ 5 IRHD; resistencia a tracción ≥ 9 Mpa; compresión establecida a +70°C ≤ 20% y a -25°C ≤ 60°C; envejecimiento acelerado en el aire un cambio de dureza de -5 a +8 IRHD, cambio de resistencia a tracción de -20 a +40% y cambio en alargamiento de rotura de -30 a +10% (excepto para la clase 80 que es de -40 a +10%); recuperación a -25°C ≥ 65% y a +70°C ≥ 80%; presentar resistencia al ozono que no presente grietas; protección contra la sobreextensión con una elongación en el primer efecto de la fibra ≤ 2%, elongación a una fuerza de tracción de 300 N ≤ 5% y fuerza de tracción en la primera rotura de la fibra ≥ 300; fuerza a compresión mínima en zonas de clima frío ≥ 0.03.
-Clase 40: Dureza de 36-45 IRHD; elongación de rotura ≥ 400%; relajación del estrés en compresión de 50%
-Clase 50: Dureza de 46-55 IRHD; elongación de rotura ≥ 375%; relajación del estrés en compresión de 50%
-Clase 60: Dureza de 56-65 IRHD; elongación de rotura ≥ 300%; relajación del estrés en compresión de 50%
-Clase 70: Dureza de 66-75 IRHD; elongación de rotura ≥ 200%; relajación del estrés en compresión de 55%
-Clase 80: Dureza de 76-85 IRHD; elongación de rotura ≥ 125%; relajación del estrés en compresión de 55%

•Para riegos de imprimación bajo la UNE-EN 14188-4 serán la clase PBH (aplicados en caliente a base de asfalto), PRH (aplicados en caliente a base de resina), PRC-s (aplicados en frío a base de resina, un solo componente) y PRC-m (aplicados en frío a base de resina, varios componente); deberá cumplir lo siguiente:
-Deberá ser homogéneo; resistente contra los álcalis; comportamiento de secado después de 60 minutos ≥ 90% en masa y después de 90 minutos ≥ 95% en masa; punto de inflamación ≥ 21°C; punto de reblandamiento de 53-63°C (solo para PBH)

Estados Unidos	•El agregado fino consiste en arena natural o arena fabricada, o combinaciones de ambas, que tengan partículas duras, fuertes y duraderas. Libre de cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas. •El agregado grueso consiste en grava, grava triturada, piedra triturada, escoria de alto horno enfriada al aire triturada o concreto triturado, o una combinación de estos materiales. -Se podrá usar agregado reciclado que cumpla con los requisitos necesarios. •El cemento a usar deberá cumplir con la AASHTO M85 podrá ser: -Tipo I: Uso cuando no se requiere propiedades especiales -Tipo IA: Cemento con aireación para mismos usos que el tipo I -Tipo II: Uso general, resistencia moderada al sulfato -Tipo IIA: Cemento con aireación para mismos usos que el tipo II -Tipo II (MH): Uso general, moderada generación de calor de hidratación y moderada resistencia a sulfatos -Tipo II (MH) A: Cemento con aireación para mismos usos que el tipo II (MH) -Tipo III: Cuando se desea alta resistencia temprana -Tipo IIIA: Con aireación para mismo uso que el tipo III -Tipo IV: Cuando se desea baja generación de calor de hidratación -Tipo V: Cuando se desea alta resistencia al sulfato. •Se podrán incluir en la mezcla materiales como: -Cenizas volantes y puzolanas naturales crudas o calcinadas (AASHTO M295) -Escoria granulada de alto horno molido (AASHTO M302) •Las barras de acero deberán cumplir con la AASHTO M31/M31 (ASTM A615/A615M) y la ASTM 706/706M (Baja aleación) -Los elementos de transferencia de carga serán bajo la AASHTO M31/M31 (ASTM A615/A615M) -Las barras deben tener un marcaje para envío y almacenamiento con la MIL-STD-129 y para envío la Fed. Std. No. 123. -Se podrán presentar barras recubiertas con epoxi que cumpla ASTM A775, deberá estar marcada con toda la información necesaria y certificada en el proceso de recubrimiento con epoxi. -También los pasadores podrán estar recubiertos contra corrosión bajo la AASHTO M254, siendo tipo A que genera una resistencia de unión con el concreto sin necesidad de separador de adherencia; o tipo B que genera una resistencia de unión con el concreto tal que necesita de separador de adherencia.	**Para el agregado fino (AASHTO M6):** -Deberá cumplir la siguiente granulometría: PP (9.5 mm): 100, PP4: 95-100, PP8: 80-100, PP16: 50-85, PP30: 25-60, PP50: 10-30 y PP100: 2-10. El PP50 y PP 100 podrá reducirse a 5 y 0, si el agregado se usa en cemento con aire incluido con más de 237 kg/m3 de cemento o sin aire con 297kg/m3, o si se usa aditivo mineral -Módulo de fineza de 2.3-3.1, y no deberá tener más del 45% podrá pasar por cualquier tamiz y se retenga en el tamiz consecutivo. -Deberá cumplir unos límites de sustancias nocivas, que son Clase A y Clase B; deberá cumplir con: Cantidad de trozos de arcilla y partículas friables ≤ 3%; contenido de carbón y lignito ≤ 0.25% para clase A y ≤ 1% para clase B; material más fino que el tamiz 200 en concreto sujeto a abrasión superficial ≤ 2% para clase A y ≤ 4% para clase B, para todas las demás clases de hormigón ≤ 3% para clase A y ≤ 5% para clase B; contenido de otras sustancias nocivas (Esquito, álcali, mica, granos recubiertos, partículas blandas y escamosas) según se especifique; cantidad de impurezas orgánicas debe producir un color estándar y no más oscuro que este (Podrá aceptarse si la causa de decoloración es presencia de materiales que lo causen o si se obtiene una resistencia relativa en mortero a 7d ≥ 95%) -Solidez en sulfato de sodio ≤ 10% y magnesio ≤ 15%. (Si no cumple se puede aceptar si se comprueba que brindara un servicio satisfactorio) **Para el agregado grueso (AASHTO M80):** •Cuando este sea usado para concreto que estará expuesto a humedecimiento, no podrán contener materiales que reacciones de manera perjudicial con el álcalis en el cemento en cantidad suficiente que cause expansión excesiva (Se podrá usar si el cemento tienen menos de 0.6% en álcalis) -Se dividen en varios tipos según su exposición, Clase B (Severo), Clase C (Moderado) y Clase D (Despreciable); estas deberán cumplir los siguientes requisitos: Abrasión (Desgaste Los Ángeles) ≤ 50%; solidez en sulfato de sodio ≤ 12%; material más fino que el tamiz 200 ≤ 1%; contenido de carbón y lignito ≤ 0.5%; Contenido de terrones de arcilla y partículas friables ≤ 3% para clase B y ≤ 5% para clase C y D; si se considera contaminante un contenido de chert (Roca alta en silíce) ≤ 3% para clase B, ≤ 5% para clase C y ≤ 8% para clase D; suma de terrones de arcilla, partículas friables y chert ≤ 5% para clase B, ≤ 7% para clase C y ≤ 10% para clase D. •Se deberá cumplir según la AASHTO M43 con una de las 19 franjas que se podrán usar, dependiendo a su vez del uso y tamaño nominal: -Tipo 1 (90-37.5 mm): PP (100 mm): 100, PP (90 mm): 90-100, PP (63 mm): 25-60, PP (37.5 mm): 0-15 y PP (19 mm): 0-5. -Tipo 2 (63-37.5 mm): PP (75 mm): 100, PP (63 mm): 90-100, PP (50 mm): 35-70, PP (37.5 mm): 0-15, PP (19 mm): 0-5. -Tipo 24 (63-19 mm): PP (75 mm): 100, PP (63 mm): 90-100, PP (37.5 mm): 25-60, PP (19 mm): 0-10, PP (12.5 mm): 0-5. -Tipo 3 (50-25 mm): PP (63 mm): 100, PP (50 mm): 90-100, PP (37.5 mm): 35-70, PP (25 mm): 0-15, PP (12.5 mm): 0-5. -Tipo 357 (50-4.75 mm): PP (63 mm): 100, PP (50 mm): 95-100, PP (25 mm): 35-70, PP (12.5 mm): 10-30, PP4: 0-5. -Tipo 4 (37.5-19 mm): PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 90-100, PP (25 mm): 20-55, PP (19 mm): 0-15, PP (9.5 mm): 0-5. -Tipo 467 (37.5-4.75 mm): PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 95-100, PP (19 mm): 35-70, PP (9.5 mm): 10-30, PP4: 0-5. -Tipo 5 (25-12.5 mm): PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 90-100, PP (19 mm): 20-55, PP (12.5 mm): 0-10, PP (9.5 mm): 0-5. -Tipo 56 (25-9.5 mm): PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 90-100, PP (19 mm): 40-85, PP (12.5 mm): 10-40, PP (9.5 mm): 0-15, PP4: 0-5. -Tipo 57 (25-4.75 mm): PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 95-100, PP (12.5 mm): 25-60, PP4: 0-10, PP8: 0-5. -Tipo 6 (19-9.5 mm): PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 90-100, PP (12.5 mm): 20-55, PP (9.5 mm): 0-15, PP4: 0-5. -Tipo 67 (19-4.75 mm): PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 90-100, PP (9.5 mm): 20-55, PP4: 0-10, PP8: 0-5. -Tipo 68 (19-2.36 mm): PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 90-100, PP (9.5 mm): 30-65, PP4: 5-25, PP8: 0-10, PP16: 0-5. -Tipo 7 (12.5-4.75 mm): PP (19 mm): 100, PP (12.5 mm): 90-100, PP (9.5 mm): 40-70, PP4: 0-15, PP8: 0-5. -Tipo 78 (12.5-2.36 mm): PP (19 mm): 100, PP (12.5 mm): 90-100, PP (9.5 mm): 40-75, PP4: 5-25, PP8: 0-10, PP16: 0-5. -Tipo 8 (9.5-2.36 mm): PP (12.5 mm): 100, PP (9.5 mm): 85-100, PP4: 10-30, PP8: 0-10, PP16: 0-5. -Tipo 89 (9.5-1.18 mm): PP (12.5 mm): 100, PP (9.5 mm): 90-100, PP4: 20-55, PP8: 5-30, PP16: 0-10, PP50: 0-5. -Tipo 9 (4.75-1.18 mm): PP (9.5 mm): 100, PP4: 85-100, PP8: 10-40, PP16: 0-10, PP50: 0-5. -Tipo 10 (n°4-0): PP (9.5 mm): 100, PP4: 85-100, PP100: 10-30. **Para Agregado de hormigón reciclado (ASTM C33):** •Si se usa para agregado grueso este podrá ser de 3 diferentes tipos, clase 4S (Temperización Severa), clase 4M (Temperización Moderada), clase 1N (Temperización Despreciable). Sus propiedades son casi idénticas a las clase B, C y D de la AASHTO M80; solo cambian los aspectos de contenido de chert, también el contenido permisible de la suma de terrones de arcilla, partículas friables y chert, por último la solidez de sulfato de sodio; a continuación sus especificaciones: Contenido de chert ≤ 5% para clase 4S y 4M (No presenta para 1N); suma de terrones de arcilla, partículas friables y chert ≤ 5% para clase 4S y ≤ 7% para clase 4M (No presenta para 1N); y solidez por sulfato de magnesio ≤ 18% para clase 4S y 4M (No presenta para 1N) -La granulometría gruesa para reciclado será casi la misma encontrada en la AASHTO M43, pero quitando las fracciones tipo 24, 68, 78 y 10; entonces para este quedarían las siguientes: tipo 1, 2, 3, 357, 4, 467, 5, 56, 57, 6, 67, 7, 8, 89 y 9. -Cuando este sea usado para concreto que estará expuesto a humedecimiento, no podrán contener materiales que reacciones de manera perjudicial con el álcalis en el cemento en cantidad suficiente que cause expansión excesiva (Se podrá usar si el cemento tienen menos de 0.6% en álcalis) •Si se usa para agregado fino deberá cumplir unos límites de sustancias nocivas: Contenido de trozos de arcilla y partículas friables ≤ 3%; material más fino que el tamiz 200 para concreto sujeto a abrasión ≤ 3% y para el resto de concretos ≤ 5%; contenido de carbón y lignito donde es importante la apariencia ser ≤ 0.5% y el resto del concreto ≤ 1%; solidez con sulfato de sodio ≤ 10% y con sulfato de magnesio ≤ 15%. -Deberá cumplir la siguiente granulometría: PP (9.5 mm): 100, PP4: 95-100, PP8: 80-100, PP16: 50-85, PP30: 25-60, PP50: 5-30 y PP100: 0-10. -Módulo de fineza de 2.3-3.1, y no deberá tener más del 45% podrá pasar por cualquier tamiz y se retenga en el tamiz consecutivo. -Cantidad de impurezas orgánicas debe producir un color estándar y no más oscuro que este (Podrá aceptarse si la causa de decoloración es por presencia de materiales que lo causen o si se obtiene una resistencia relativa en mortero a 7d ≥ 95%) y Cuando este sea usado para concreto que estará expuesto a humedecimiento, no podrán contener materiales que reacciones de manera perjudicial con el álcalis en el cemento en cantidad suficiente que cause expansión excesiva (Se podrá usar si el cemento tienen menos de 0.6% en álcalis)	•El cemento a usar deberá ser escogido en la etapa de diseño, se escogerá entre los 10 tipos mencionados. •Requisitos para barras de acero recubiertas con protector epoxi: -El epoxi se aplica en polvo a la barra limpiada por chorro (Abrasiva por chorro), luego mediante fusión el polvo se derrite y adhiere a la barra, formando un recubrimiento. (Aplicado en líquido solo para reparar recubrimiento dañados o recubrir zonas no recubiertas) -Material en polvo que deberá ser orgánico y pigmento inorgánico -Recubrimiento de 175 a 300 µm de grosor para barrar 3/8" a 5/8" y de 175 a 400 µm para barras de 3/4" a 9/4" •Los pasadores recubiertos con material tipo A o B para evitar la corrosión deben tener un recubrimiento de 0.64 ± 0.13 mm para clase A y de 0.18 ± 0.05 mm para clase B. •Cordón para juntas según la ASTM D5249 podrá ser tipo 1 (Barras redondas de varios diámetros para usar con sellantes en frío o caliente), tipo 2 (Tiras o láminas de varios espesores para usar con sellantes en frío o caliente) o tipo 3 (Barras redondas de varios diámetros limitadas solo para frío) y deberán cumplir con lo siguiente: -Densidad ≤ 64.1 kg/m3 para tipo 2 y ≤ 96.1 kg/m3 para tipos 1 y 3; resistencia a la tracción ≥ 20 psi (solo tipo 1 y 3); absorción de agua ≤ 10.5%; 25% de fuerza de deflexión por compresión ≤ 15 psi; recuperación de compresión ≥ 90%; resistencia al calor de 200 ± 2.8°C (Solo para tipo 1 y 2); contracción ≤ 10% (Solo para tipo 1 y 2); alcanzar el secado a los 8 minutos. •Lubricantes según la ASTM D2835 para instalar luego sellos de compresión prefabricados deberá cumplir lo siguiente: Debe ser uniforme y no contener grumos ni aglomerados; contenido no volátil del lubricante ≥ 24% en peso; Viscosidad tipo 1 de 3000-8000 cP (para aplicación manual o con máquina) y tipo 2 de 8000-15000 cP (Aplicación con máquina) •Relleno prefabricado para juntas de expansión de concreto, tipo bituminoso (ASTM M33): Composición de mastic bituminoso (asfalto o brea), formada y encapsulada entre dos capas de fieltro impregnado de bitumen o dos capas de fieltro de fibra de vidrio, compuesto por rellenos minerales y fibras de refuerzo y podrá contener tiras delgadas de material de hoja de refuerzo. Deberá tener: -Porción de mastis (excluyendo las láminas rígidas) ≥ 70% de material soluble en disulfuro de carbono en material de más de 6,4 mm y ≥ 65% para los materiales menores; deflexión ≤ 25 mm; no podrá romperse bajo el corte de prueba; absorción de agua ≤ 2.5% si el espesor de junta es de 25 mm, ≤ 3% para espesor de 19 mm, ≤ 4% para espesor de 13 mm y ≤ 5% para espesor de 9.5 mm; compresión a 50% sera bajo carga de 5171 kPa. •Relleno prefabricado de esponja de caucho y corcho para juntas de expansión (ASTM M153) podrán ser tipo I (Caucho esponjoso), tipo II (Corcho), tipo III (corcho autoexpandible) y clase IV (caucho reciclado unido con poliuretano) deberán cumplir lo siguiente: -Rango de espesores de 6, 9.5, 13, 19 y 25 mm, un ancho de 900 o 1200 mm y longitudes de 900, 1500, 1800, 3000 o 3700 mm. -Recuperación ≥ 90%; carga necesaria para compresión del 50% será de 340-10350 kPa; extrusión del borde libre ≤ 6 mm; expansión no debe tener un espesor ≥ 140% del espesor original (Solo para tipo III); no deberá mostrar evidencia de desintegración grave al ser expuesto a hervido en ácido clorhídrico; densidad de relleno seco al aire ≤ 480 kg/m3 (Solo para tipo I) •Relleno prefabricado para juntas de dilatación, tipos bituminosos resistentes y no extrusivos (ASTM M213): compresión de 690-5200 kPa para comprimirlo 50%; extrusión ≤ 50%; recuperación ≥ 70%; densidad secado al aire ≥ 304 kg/m3; absorción de agua en 24 h ≤ 15% para espesor de 13 mm y ≤ 20% para demás espesores; contenido de asfalto ≥ 35% en masa. •Rellenos de tablero de poliestireno bajo la ASTM C203: Resistencia mínima a la flexión de 0.25 MPa y una resistencia a la compresión que varíe entre 0.1 a 0.3 MPa al 5 por ciento de compresión. •Sellante para juntas tipo elastométrico en caliente (ASTM D3406) deberá cumplir

•El sellado de juntas podrá ser por medio de: -Sellante tipo elastométrico en caliente (ASTM D3406) -Sellante en caliente (ASTM D6690) -Sellante Elastomérico de Policloropreno (ASTM D2628 y D2835) -Sellante de silicona en frío (ASTM D5893/D5893M) •Materiales de relleno podrán ser: -Relleno prefabricado para juntas de expansión de concreto, tipo bituminoso (ASTM M33) -Relleno prefabricado de esponja de caucho y corcho para juntas de expansión (ASTM M153) -Relleno prefabricado para juntas de dilatación, tipos bituminosos resistentes y no extrusivos (ASTM M213) -Rellenos de tablero de poliestireno (ASTM C203) •Para el curado se podrán usar: -Tela de arpillera hecha de yute o kenaf (AASHTO M182) -Materiales en lámina para el curado del concreto (ASTM C171) -Compuestos líquidos formadores de membrana para el curado del concreto (ASTM C309) •Los aditivos que se podrán usar son: -Aditivos con incorporación de aire (AASHTO M154) -Aditivos bajo la AASHTO M194 (ASTM C494) •El agua a usar según AASHTO M157 debe ser clara y estar libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácido, álcali, materia orgánica u otras sustancias perjudiciales y no debe ser salada o salobre. Si la calidad es cuestionable se realizarán ensayos de aceptación.	**Para las barras de acero según la AASHTO M31/M31 (ASTM A615/A615M)** •Las barras de acero serán los denominados como Grado 40 (280 Mpa), grado 60 (420 Mpa), grado 75 (520 Mpa) y grado 80 (550 Mpa) -Las barras serán de los siguientes diámetros: 3/8" (10 mm), 1/2" (13 mm), 5/8" (16 mm), 3/4" (19 mm), 7/8" (22 mm), 1" (25 mm), 9/8" (29 mm), 5/4" (32 mm), 11/8" (36 mm), 7/4" (43 mm) y 9/4" (57 mm). -El contenido de fosforo debe ser ≤ 0.06%. -Resistencia a la tracción para grado 60 será ≥ 550 Mpa y límite elástico de 420-540 Mpa, para Grado 80 una resistencia a tracción ≥ 690 Mpa y límite elástico de 550-675 Mpa -Alargamiento (A una longitud de 200 mm) para grado 60 será ≥ 14% para barras desde 3/8" hasta 3/4", será ≥ 12% para barras de 7/8" y 11/8" y ≥ 10% para barras desde 7/4" hasta 9/4"; para grado 80 será ≥ 12% para barras desde 3/8" hasta 11/8" y ≥ 10% para barras desde 7/4" hasta 9/4". **Para las barras de acero según la ASTM 706/706M** •Las barras de acero serán los denominados como grado 60 (420 Mpa) y grado 80 (550 Mpa) -Las barras serán de los siguientes diámetros: 3/8" (10 mm), 1/2" (13 mm), 5/8" (16 mm), 3/4" (19 mm), 7/8" (22 mm), 1" (25 mm), 9/8" (29 mm), 5/4" (32 mm), 11/8" (36 mm), 7/4" (43 mm) y 9/4" (57 mm). -El contenido de carbón debe ser ≤ 0.3%; contenido de manganeso ≤ 1.5%; contenido de fosforo ≤ 0.035%; contenido de azufre ≤ 0.045% y contenido silicio ≤ 0.5% -Resistencia a la tracción para grado 40 será ≥ 420 Mpa y límite elástico ≥ 280 Mpa, Grado 60 una resistencia a tracción ≥ 620 Mpa y límite elástico ≥ 420 Mpa, para Grado 75 resistencia a tracción ≥ 690 Mpa y límite elástico ≥ 520 Mpa y para Grado 80 una resistencia a tracción ≥ 725 Mpa y límite elástico ≥ 550 Mpa -Alargamiento (A una longitud de 200 mm) para grado 40 será ≥ 11% para barras de 3/8" y ≥ 12 para barras de 1/2", 5/8" y 3/4". Para grado 60 será ≥ 9% para barras desde 3/8" hasta 3/4", será ≥ 8% para barras de 7/8" y 1" y ≥ 7% para barras desde 9/8" hasta 9/4". Para grado 75 y 80 será ≥ 7% para barras desde 3/8" hasta 1" y ≥ 6% para barras desde 9/8" hasta 9/4". **Para el cemento** según la AASHTO M85 (ASTM C150) debe cumplir lo siguiente: **•Requisitos químicos** -Para todos los tipos se permite una cantidad de piedra caliza ≤ 5%, adiciones de procesamiento inorgánico ≤ 5%, adiciones de procesamiento orgánico ≤ 1% e incorporación de aire. -Tipo I: Contenido de óxido de magnesio ≤ 6%; contenido de azufre cuando C3A es 8% o menos ≤ 3%, cuando C3A es superior a 8% o menos ≤3.5%; pérdida por ignición ≤ 3% (Cuando la piedra caliza no es un ingrediente) y ≤ 3.5% (Cuando la piedra caliza es un ingrediente); residuo insoluble ≤ 1.5% -Tipo IA: Contenido de óxido de aluminio ≤ 6%; contenido de óxido férrico ≤ 6%; contenido de óxido de magnesio ≤ 6%; contenido de azufre cuando C3A es 8% o menos será ≤ 3%; pérdida por ignición ≤ 3% (Cuando la piedra caliza no es un ingrediente) y ≤ 3.5% (Cuando la piedra caliza es un ingrediente); residuo insoluble ≤ 1.5%; contenido de aluminato tricálcico ≤ 8%. -Tipo II y IIA: Contenido de óxido de aluminio ≤ 6%; contenido de óxido férrico ≤ 6%; contenido de óxido de magnesio ≤ 6%; contenido de azufre cuando C3A es 8% o menos será ≤ 3%; pérdida por ignición ≤ 3% (Cuando la piedra caliza no es un ingrediente) y ≤ 3.5% (Cuando la piedra caliza es un ingrediente); residuo insoluble ≤ 1.5%; contenido de aluminato tricálcico ≤ 8%. -Tipo II (MH) y II (MH) A: Contenido de óxido de aluminio ≤ 6%; contenido de óxido férrico ≤ 6%; contenido de óxido de magnesio ≤ 6%; contenido de azufre cuando C3A es 8% o menos será ≤ 3%; pérdida por ignición ≤ 3% (Cuando la piedra caliza no es un ingrediente) y ≤ 3.5% (Cuando la piedra caliza es un ingrediente); residuo insoluble ≤ 1.5%; contenido de aluminato tricálcico ≤ 8% y cantidad de C3S + 4.75C3A ≤ 100%. -Tipo III y IIIA: Contenido de óxido de magnesio ≤ 6%; contenido de azufre cuando C3A es 8% o menos ≤ 3.5%, cuando C3A es superior a 8% o menos ≤4.5%; pérdida por ignición ≤ 3% (Cuando la piedra caliza no es un ingrediente) y ≤ 3.5% (Cuando la piedra caliza es un ingrediente); residuo insoluble ≤ 1.5%; contenido de aluminato tricálcico ≤ 15%. (Opcional un contenido de aluminato tricálcico ≤ 8% y aluminato tricálcico ≤ 5%) -Tipo IV: Contenido de óxido férrico ≤ 6.5%; contenido de óxido de magnesio ≤ 6%; contenido de azufre cuando C3A es 8% o menos sera ≤ 2.3%; pérdida por ignición ≤ 2.5% (Cuando la piedra caliza no es un ingrediente) y ≤ 3.5% (Cuando la piedra caliza es un ingrediente); residuo insoluble ≤ 1.5%; cantidad de tricálcico ≤ 35%, silicato dinámico ≥ 40% y contenido de aluminato tricálcico ≤ 7% -Tipo V: Contenido de óxido de magnesio ≤ 6%; contenido de azufre cuando C3A es 8% o menos será ≤ 2.3%; pérdida por ignición ≤ 3% (Cuando la piedra caliza no es un ingrediente) y ≤ 3.5% (Cuando la piedra caliza es un ingrediente); residuo insoluble ≤ 1.5%; cantidad de y contenido de aluminato tricálcico ≤ 5%; aluminoferrita tetracálcica más el doble de aluminato tricálcico (C.AF + 2(C,A)), o solución sólida (C.AF + C2F) ≤ 25%. **•Requisitos físicos** -Para todos: Expansión del autoclave ≤ 0.8%; Tiempo de fraguado (Gilmore) inicial ≥ 60 minutos y final ≤ 600 minutos; Tiempo de fraguado (Vicat) inicial ≥ 45 minutos y final ≤ 375 minutos. (Opcional una rigidez temprana con penetración final ≤ 50%) -Una permeabilidad al aire ≥ 260 para tipos I, IA, II, IIA, II (MH), II (MH) A, IV y V, los tipos II (MH), II (MH) A y IV añaden que debe ser ≤ 430. -Tipo I: Resistencia a la compresión a los 3 días ≥ 12 Mpa, a los 7d ≥ 19 Mpa. (Opcional una resistencia a compersión a los 28d será ≥ 28Mpa) -Tipo IA: Resistencia a la compresión a los 3 días ≥ 10 Mpa, a los 7d ≥ 16 Mpa. (Opcional una resistencia a compersión a los 28d será ≥ 21Mpa) -Tipo II: Resistencia a la compresión a los 3 días ≥ 10 Mpa, a los 7d ≥ 17 Mpa. (Opcional una resistencia a compersión a los 28d será ≥ 28Mpa) -Tipo IIA: Resistencia a la compresión a los 3 días ≥ 8 Mpa, a los 7d ≥ 14 Mpa. (Opcional una resistencia a compersión a los 28d será ≥ 28Mpa) -Tipo II (MH): Resistencia a la compresión a los 3 días ≥ 10 Mpa, a los 7d ≥ 17 Mpa. (Opcional una conducción isotérmica calorimetría a 3 días ≤ 335 kJ/g, una resistencia a compersión a los 28d será ≥ 28Mpa)	lo siguiente: -Penetración ≤ 130; no debe haber flujo luego de 72 horas a 70 ± 1°C; deberá cumplir con los valores de adherencia especificados; no podrá presentar ninguna grieta en ensayos realizados; resiliencia con una recuperación ≥ 60% (Mismo valor para resiliencia después de envejecimiento); el sellante no debe fluir, mostrar viscosidad, la presencia de una película similar al aceite o volver a una sustancia tipo masilla, formar ampollas en la superficie (intactas o rotas), formar cavidades internas, tener cuarteaduras, grietas, endurecimiento o pérdida de propiedades tipo goma. •Sellante en caliente para juntas (ASTM D6690) podrán ser el Tipo I (para climas moderados), Tipo II (para mayoría de climas), tipo III (para mayoría de climas) y tipo IV (para climas muy fríos); estos deberán cumplir lo siguiente: -Penetración a 25°C ≤ 90 (para tipos I, II y III) y 90-150 (para tipos IV); punto de ablandamiento ≥ 80°C; adhesión no inmersa con 50% de extensión (Tipo I, II y III) y 200% de extensión (Tipo IV), además una adhesión e inmersión con 50% de extensión (solo para tipo III); resiliencia ≥ 60% (para tipos II, III y IV) y resiliencia luego de envejecimiento ≥ 60% (solo para tipo III); una compatibilidad con asfalto aprobado. •Sellante Elastomérico de Policloropreno según la ASTM D2628 deberá cumplir lo siguiente: Resistencia a la tracción ≥ 13.8 Mpa; elongación de rotura ≥ 250%; dureza de 55 ± 5; por envejecimiento una pérdida de resistencia a la tracción ≤ 20%, perdida por elongación ≤ 20% y cambio de dureza de 0 a 10; hinchazón de petróleo un cambio de peso ≤ 45%; resistencia al ozono con 20% de tensión donde no presente grietas; rigidez a baja temperaturas un cambio de dureza de 0-15; recuperación a baja temperatura con 50% de deflexión ≥ 88%; recuperación a baja temperatura (22 h a -29°c y 50% de deflexión) ≥ 83%; recuperación a alta temperatura (70 h a 100°C y 50% recuperación) ≥ 85%; compresión-deflexión (80% de ancho nominal) ≥ 613 N/m. •Sellante de silicona en frío según la ASTM 5893 indica los tipos NS (sin hundimiento) y SL (autonivelante), deberán cumplir lo siguiente: Curado total a los 21 días; sellador NS no podrá hundirse más de 7.6 mm (No presentar burbujas), tasa de extrusión en S ≥ 50mL/min; no podrán estar pegajosos luego de 5 h; perdida por envejecimiento ≤ 10%; en adhesión no presenten grietas, separaciones u otros; dureza ≤ 25 (podrá ser ≤ 30); no debe haber flujo luego de 72 h; alargamiento final ≥ 600%, tensión de tracción ≤ 310 kPa; luego de 500 h no puede mostrar ningún cambio físico; resiliencia del sellante ≥ 75%. •Tela de arpillera hecha de yute o kenaf (AASHTO M182), indica 1 tipo de arpillera y podrán ser los clase 1 (masa de 233 g/m), tipo 2 (masa de 248 g/m), tipo 3 (masa de 310 g/m) y tipo 4 (masa de 372 g/m): -Siendo yute una fibra del líber obtenido con varios especies de corchous y kenaf es fibra del líber obtenida de Hibiscus cannabinus -Requisitos físicos: Hilos por metro de urdimbre será de 315-433 para clase 1, de 354-472 para clase 2, de 433-512 para clase 3 y 4; hilos por metro de relleno sera de 315-433 para clase 1, de 354-433 para clase 2, de 394-472 para clase 3, de 433-512 para clase 4. •Para curado con láminas podrá ser mediante polietileno blanco, polietileno o de papel de curado según la ASTM C171 deben: Ser materiales resistentes, fuertes, resilientes y capaces de resistir el uso normal; tasa de transmisión de vapor de agua ≤ 10 g/m2 en 24 horas; reflectancia a la luz del día del lado blanco del papel de curado ≥ 50% y para polietileno blanca del lado del polietileno ≥ 70%. -Para papel de curado una resistencia a la tracción ≥ 5.25 kN/m de ancho en dirección de la maquina y ≥ 2.62 en la dirección transversal. -Las láminas de polietileno tienen un grosor nominal ≥ 0.10 mm y en ningún punto menor a 0.075 mm, donde según la ASTM D4397 tendrá resistencia a la tracción ≥

		-Tipo II (MH) A: Resistencia a la compresión a los 3 días ≥ 8 Mpa, a los 7d ≥ 14 Mpa. (Opcional una conducción isotérmica calorimetría a 3 días ≤ 335 kJ/g, una resistencia a compersión a los 22d sera ≥ 28Mpa) -Tipo III: Resistencia a la compresión a 1 día ≥ 12 Mpa, a los 3d ≥ 24 Mpa. -Tipo IIIA: Resistencia a la compresión a 1 día ≥ 10 Mpa, a los 3d ≥ 19 Mpa. -Tipo IV: Resistencia a la compresión a 7 días ≥ 7 Mpa, a los 28d ≥ 17 Mpa. (Opcional una conducción isotérmica calorimetría a 3 días ≤ 200 kJ/g y a 7 días ≤ 225 kJ/kg) -Tipo V: Resistencia a la compresión a los 3 días ≥ 8 Mpa, a los 7d ≥ 15 Mpa. y a los 28d ≥ 21 Mpa. (Opcional una resistencia a sulfatos a 14 días ≤ 0.04% de expansión) •Las cenizas volantes y puzolanas naturales según la AASHTO M295 (ASTM C 618) podrán ser de 3 tipos: -Para todos los tipos los siguientes requisitos físicos: Finura a una cantidad retenida al tamiz N°325 ≤ 34%; índice de actividad de resistencia con cemento a los 7d y 28d ≥ 75%; expansión o contracción de la autoclave ≤ 0.08%; densidad con una variedad ≤ 5% y retenido en el tamiz N°325 ≤ 5%. (Opcional un incremento en la contracción a 28d ≤ 0.03%; requisito de uniformidad al concreto con aire ≤ 20%; expansión de mortero 14d ≤ 100%; resistencia al sulfato luego de 6 meses para exposición moderada ser ≤ 0.10 y para exposición alta ≤ 0.05%; resistencia a los sulfatos por porcentaje de control podrá también ser ≤ 100%) -Clase N (Puzolanas naturales, calcinadas o crudas): En requisitos químicos una cantidad de (Dióxido de sílice + óxido de aluminio + óxido de hierro) ≥ 70%, trióxido de azufre ≤ 4%, contenido de humedad ≤ 3% y pérdida al fuego ≤ 5% (Opcional un contenido de álcalis disponible ≤ 1.5%); requisitos físicos un porcentaje de agua requerida ≤ 115%, (Opcional un requisito de uniformidad con una reducción de la expansión a 14d ≥ 75%). -Clase F (Producidas en la quema del carbón antracítico o bituminoso): En requisitos químicos una cantidad de (Dióxido de sílice + óxido de aluminio + óxido de hierro) ≥ 70%, trióxido de azufre ≤ 5%, contenido de humedad ≤ 3% y pérdida al fuego ≤ 5% (Opcional un contenido de álcalis disponible ≤ 1.5%); requisitos físicos un porcentaje de agua requerida ≤ 105%, (Opcional un requisito de factor múltiple ≤ 255%). -Clase C (A partir de carbón lignítico o sub bituminoso): En requisitos químicos una cantidad de (Dióxido de sílice + óxido de aluminio + óxido de hierro) ≥ 50%, trióxido de azufre ≤ 5%, contenido de humedad ≤ 3% y pérdida al fuego ≤ 5% (Opcional un contenido de álcalis disponible ≤ 1.5%); requisitos físicos un porcentaje de agua requerida ≤ 105%. •La escoria de alto horno según la AASHTO M302 (ASTM C989) deberá cumplir lo siguiente según el grado, y son Grado 80, grado 100 o grado 120: Para requisitos físicos una finura retenida en tamiz N°325 ≤ 20%, superficie específica (determinar pero no hay exigencia), contenido de aire ≤ 12%, para grado 80 un índice de actividad a los 28d ≥ 75%, para grado 100 a los 28d será ≥ 95%, para grado 120 a los 28d ≥ 115% (muestra individual será 70, 90 y 110% para grado 80, 100 y 120); en requisitos químicos un contenido de azufre en sulfuro ≤ 2.5% e Ion sulfato ≤ 4% (si se requiere para determinar la actividad de la escoria un total de álcalis de 0.6-0.9% y resistencia a compresión 28d de 35Mpa). •Si se usan aditivos con incorporación de aire según la AASHTO M154 (ASTM C260) deberá tener lo siguiente: -Tiempo de fraguado inicial de 1:15 antes ni 1:15 después y final de 1:15 antes ni 1:15 después. -Resistencia a la compresión asi como flexión a los 28 días ≥ 90% del de control; porcentaje del de control será 120%, aumento sobre el control de 0.006, factor de durabilidad ≥ 80 y exudación de cantidad neta de agua ≤ 2%. •Si se usan aditivos bajo la AASHTO M194 (ASTM C494) podrán ser Tipo A (reductor de agua), tipo B (retardantes), tipo C (acelerantes), tipo D (reductores de agua y retardantes), tipo E (reductores de agua y acelerantes), tipo F (reductor de agua de alto rango) y tipo G (reductores de agua de alto rango y retardantes) -Todas tienen en común los siguientes requisitos: Porcentaje del control de 135% y aumento sobre el control de 0.010, un factor de durabilidad relativa ≥ 80 para concreto con aire. -Contenido de agua ≤ 95% en tipo A, D y E; para tipos F y G ≤ 88%. -Para tipo A y F un fraguado inicial y final de 1:00 antes ni 1:30 después; para tipo B, D y G un fraguado inicial de 1:00 despues-3:30 después y fraguado final de 3:30 después; para tipo C y E un fraguado inicial de 1:00 antes-3:30 antes y fraguado final de 1:00 antes. -Resistencia a compresión a los 28 días será ≥ 110% para tipos C, E, F y G; será ≥ 100% para tipos A, D y ≥ 90% para tipo B. -Resistencia a la flexión a los 3 días será ≥ 110% para tipos A, D, E, F y G; será ≥ 100% para tipo C y ≥ 90% para tipo B. -Resistencia a la compresión a 1 año al igual que resistencia a la flexión a los 28 días respecto a la de control ≥ 100% para tipos A, D, E, F y G; y ≥ 90% para B y C. •El agua según la AASHTO M157 deberá cumplir lo siguiente: Resistencia a compresión a los 7d ≥ 90%; tiempo de fraguado de 1:00 antes a 1:30 después; en cuanto a requisitos químicos, una concentración de cloruro ≤ 0.06% para hormigón pretrensado , sera ≤ 0.10% para hormigón armado en ambiente húmedo y expuesto a cloruros, y ≤ 0.15% si no está expuesto a cloruros; contenido de sulfato de 3000 ppm; contenido de álcalis de 600 ppm y contenido total de solidos de 50000 ppm.	11.7 Mpa en dirección longitudinal y ≥ 8.3 Mpa en dirección transversal; alargamiento ≥ 225% en dirección longitudinal y ≥ 350% en dirección transversal. También una resistencia al impacto ≥ 165 g (0.10 mm), ≥ 205 g (0.125 mm), ≥ 260 g (0.15 mm), ≥ 315 g (0.175 mm), ≥ 370 g (0.20 mm), ≥ 420 g (0.225 mm) y ≥ 475 g (0.25 mm) -Para lamina de polietileno blanco consiste en aspillera con un peso de 305 g/m2 recubierta por extrusión con polietileno opaco blanco de grosor de 0.10 mm; y cumplirá las mismas especificaciones que láminas de polietileno. •Las membranas bajo la ASTM C309 a usar podrán ser Tipo 1 (claro y traslucido), Tipo 1-D (claro y traslucido con tinte fugitivo y distinguibles a las 4 horas e imperceptible a los 7dias) o tipo 2 (pigmento blanco), los sólidos disueltos en el vehículo son clase A (sin restricciones) y B (resina) -Deben tener una pérdida de agua ≤ 0.55 kg/m2 a 72h; reflectancia diurna ≥ 60% (solo tipo 2) y secado ≤ 4 horas.
Sudáfrica	•El agregado deberá ser agregado formado por la desintegración natural de roca; agregado producido por la trituración mecánica o molienda de roca; o agregado derivado de una combinación de ambos tipos, deberán cumplir la SANS 1083 •El agregado grueso será todo aquel material > 5 mm •El agregado fino serán todas las fracciones de agregado ≤ 5 mm •El cemento a usar deberá cumplir con la SANS 50197-1 (EN 197-1), en estos encontramos los CEM I, II, III, IV y V. Además de estar certificado. -Los CEM I son cemento portland, CEM II son cementos portland con diferentes componentes, CEM III son cementos con escorias de horno alto, CEM IV son cemento puzolánico y CEM IV son cementos compuestos •Adicionales podrán ser la escoria de alto horno granulada molida bajo la SANS 55167-1 (EN 15167-1) y ceniza volante según la SANS 50450-1 (EN 450-1)	**Para agregado fino** -Deberá cumplir con la siguiente granulometría: PP (5 mm): 92-100, PP (4.75 mm): 90-100 y PP (0.15 mm): 5-25. -Contenido de polvo (Equivalencia de arena) ≤ 5% para los derivados de desintegración natural de roca, y ≤ 10% para los trituración mecánica o molienda de roca. Si se exceden los valores, se debe tener un valor de absorción de azul de metileno ≤ 0.7. -Contenido de arcilla ≤ 2%; módulo de finura de 1.2-3.5; contenido de cloruro para hormigón pretensado ≤ 0.01% en masa, para hormigón armado normal y no armado ≤ 0.03%; insolubilidad ácida ≤ 40%. -Para los derivados de desintegración natural de roca, deben cumplir adicionalmente lo siguiente: Contenido de impurezas donde el color del líquido sobre el agregado fino no debe ser más oscuro que el color de la solución de referencia; libre de azúcar (A menos que cumpla con el requisito para impurezas nocivas solubles); para impurezas nocivas solubles una resistencia de la muestra ≥ 85% de las lavadas. **Para el agregado grueso** -Contenido de polvo ≤ 2%; Valor de Trituración del Agregado (Trituración desde 13.2 mm a 9.5 mm) ≤ 29% en masa; valor de trituración del 10% del agregado fino será ≥110 kN; índice de aplanamiento ≤ 35; dureza en seco ≥ 210 kN y húmedo ≥ 160 kN; tamaño nominal de 37.5 mm para espesor de losa > 175 mm, de 28 mm para espesores > 150 mm, de 20 mm para espesores < 150 mm y de 14 mm para espesores < 100 mm. Deberá cumplir con uno de las 8 franjas granulométricas, según el tamaño del agregado: -75 mm: PP (75 mm): 100, PP (53 mm): 0-50, PP (50 mm): 0-43, PP (37.5 mm): 0-25, PP (28 mm): 0-7 y PP (26.5 mm): 0-5. -53 mm: PP (75 mm): 100, PP (53 mm): 85-100, PP (50 mm): 70-85, PP (37.5 mm): 0-50, PP (28 mm): 0-28, PP (26.5 mm): 0-25, PP (20 mm): 0-7 y PP (19 mm): 0-5. -37.5 mm: PP (53 mm): 100, PP (50 mm): 98-100, PP (37.5 mm): 85-100, PP (28 mm): 15-55, PP (26.5 mm): 0-50, PP (20 mm): 0-28, PP (19 mm): 0-25, PP (14 mm): 0-7 y PP (13.2 mm): 0-5 -26.5 mm: PP (37.5 mm): 100, PP (28 mm): 90-100, PP (26.5 mm): 85-100, PP (20 mm): 15-55, PP (19 mm): 0-50, PP (14 mm): 0-28, PP (13.2 mm): 0-25, PP (10 mm): 0-7 y PP (9.5 mm): 0-5. -19 mm: PP (26.5 mm): 100, PP (20 mm): 90-100, PP (19 mm): 85-100, PP (14 mm): 15-55, PP (13.2 mm): 0-50, PP (10 mm): 0-28, PP (9.5 mm): 0-25, PP (7.1 mm): 0-9 y PP (6.7 mm): 0-5.	•Los agregados en caso de presentarse no podrán tener una reacción alcalina-agregado dañina. •Si se mezclan aditivos no podrán exceder la dosis máxima recomendada por el fabricante de aditivos y tampoco debe exceder el 5 % en masa del ligante cementante total. •Las membranas bajo la ASTM C309 a usar en curado podrán ser Tipo 1 (claro y traslucido), Tipo 1-D (claro y traslucido con tinte fugitivo y distinguibles a las 4 horas e imperceptible a los 7dias) o tipo 2 (pigmento blanco), los sólidos disueltos en el vehículo son clase A (sin restricciones) y B (resina) -Deben tener un índice de eficiencia ≥ 90%; debe ser capaz de endurecerse en un plazo de 30 minutos.; reflectancia diurna ≥ 60% (solo tipo 2) y secado ≤ 4 horas. •Material de relleno según la ASTM D994, serán espumas de poliuretano de alta densidad para juntas de expansión, deberá cumplir los siguientes requisitos: Absorción de agua ≤ 2.5% para un espesor de 25 mm, ≤ 3% para espesor de 20 mm, ≤ 4% para 15 mm y ≤ 5% para espesores de 10 mm; deflexión ≤ 25 mm. -La ASTM D1751 añade que los tipos no exudantes y bituminosos resilientes deben tener una pérdida de peso por compresión ≤ 3%; extrusión ≤ 6.4 mm; recuperación de grosor ≥ 70%; absorción de agua ≤ 15% del volumen en 24 horas para grosor nominal de 13 mm y ≤ 20% para el resto de grosores; contenido de asfalto deberá ser al menos del 35%. •Material de relleno según la ASTM M153 que será del tipo prefabricado de

•Aditivos deberán cumplir con la SANS 50934 (EN 934), ASTM C494 o AASHTO M194. También podrá ser con la ASTM C260 o AASHTO M154. Además, de tener una respectiva certificación.

•El acero será el siguiente:
-Acero de refuerzo y barras de unión bajo la SABS 920
-Malla de acero soldadas bajo la SABS 1024
-Pasadores en juntas transversales será según la DIN 1013

•El agua deberá cumplir con los requisitos presentados en la SANS 51008 (EN 1008)

•Para relleno de juntas:
-Relleno para juntas de dilatación será según la AASHTO M153
-Relleno para juntas de aislamiento debe ser preformado y cumpla la ASTM D994
-Tirilla de cordón de respaldo deberá ser espuma de polietileno extruida de celda cerrada y cumpla la ASTM D5249
•Para sellado de juntas:
-El sellante deberá ser sellador de silicona, no podrá ser de curado ácido, ser compatible con la superficie a la que se aplica y tener las propiedades necesarias.

•Para el curado deberá ser a base de resina pigmentada de color blanco que no contenga agua y cumpla la ASTM C309. Deben tener un certificado no más antiguo que 3 meses.

-13.2 mm: PP (19 mm): 100, PP (14 mm): 90-100, PP (13.2 mm): 85-100, PP (10 mm): 15-55, PP (9.5 mm): 0-55, PP (7.1 mm): 0-30, PP (6.7 mm): 0-25, PP (5 mm): 0-7 y PP (4.75 mm): 0-5
-9.5 mm: PP (13.2 mm): 100, PP (10 mm): 90-100, PP (9.5 mm): 85-100, PP (7.1 mm): 25-58, PP (6.7 mm): 0-55, PP (5 mm): 0-28, PP (4.75 mm): 0-25, PP (2.36 mm): 0-5 y PP (2 mm): 0-4.
-6.7 mm: PP (9.5 mm): 100, PP (7.1 mm): 92-100, PP (6.7 mm): 85-100, PP (5 mm): 15-55, PP (4.75 mm): 0-55, PP (2.36 mm): 0-25, PP (2 mm): 0-4, PP (1.18 mm): 0-5 y PP (1 mm): 0-4.

Para el acero
•**Acero de refuerzo y barras de unión bajo la SABS 920 (SANS 920)** podrá ser de diámetro de 6, 8, 10, 16, 20, 25, 32 o 40 mm; deberán cumplir lo siguiente:
-La resistencia última a la tracción de la barra debe ser al menos un 15 % mayor que el límite elástico o el límite de proporcionalidad del 0.20 %; si es acero suave un límite elástico ≤ 400 Mpa
-Resistencia a la tracción ≥ 250 Mpa si es acero leve y ≥ 450 Mpa si es de alto rendimiento; deslizamiento por extracción será ≤ 0.2 mm.
•**Malla de acero soldadas bajo la SABS 1024** deberá cumplir lo siguiente: La malla no podrá tener óxido suelto, aceite, grasa o cualquier otro contaminante; el alambre de la malla debe ser alambre de acero estirado en frío de sección transversal redonda, con una superficie lisa, dentada o deformada de otra manera; diámetro nominal ≤ 6.3 mm; el rollo de malla tendrá un tamaño nominal de 60 m x 2.4 m y las hojas serán de 6 m x 2.4 m; soldada con soldadura a tope por resistencia; esfuerzo de cedencia ≥ 485 Mpa y resistencia a tracción ≥ 510 Mpa (Resistencia a tracción debe ser al menos 5% mayor que la de cedencia), alargamiento ≥ 12%; no presentar fracturas cuando se pruebe a flexión.
•**Pasadores en juntas transversales será según la DIN 1013** podrá ser de diámetro de 16.5 a 165 mm.

Para el cemento:
•Se podrán usar 5 tipos de cemento, que serán CEM I, II, III, IV y IV:
-Valor promedio dióxido de carbono debe ser ≤ 925 kg CO_2e.
-Requisitos a la compresión: Para 32.5 una resistencia inicial a 7 días ≥ 16 Mpa y a los 28 días ≥ 32.5 Mpa y ≤ 52.5 Mpa. Para 42.5 N una resistencia inicial a 2 días ≥ 10 Mpa y a los 28 días ≥ 42.5 Mpa y ≤ 62.5 Mpa
-Deberán tener un principio de fraguado ≥ 75 minutos para cemento de 32.5 Mpa, será ≥ 60 minutos para cemento de 42.5 Mpa.
-En exigencias químicas: Una perdida por calcinación ≤ 5% y residuo insoluble ≤ 5%; Contenido de sulfatos SO_3 si es de 32.5 N ≤ 3.5% (Para CEM I, CEM, II, CEM IV y CEM V). y si es de 42.5N debe ser ≤ 4% (Para CEM I, CEM, II, CEM IV, CEM V); para CEM III debe ser ≤ 4% para todas; contenido de cloro ≤ 10% y puzolanicidad que cumpla con ensayos.
•Composición que deberán tener
-**CEM I:** Contenido de Clinker de 95-100%
-**CEM II** se clasifican en:
-Cemento portland con escoria CEM II/A-S (Clinker de 80-94% y escoria de alto horno de 6-20%) y CEM II/B-S (Clinker de 65-79% y escoria de alto horno de 21-35%); con humo de sílice CEM II/A-D (Clinker de 90-94% y humo de sílice de 6-10%).
-Con puzolana los CEM II/A-P (Clinker de 80-94% y puzolana natural de 6-20%), CEM II/B-P (Clinker de 65-79% y puzolana natural de 21-35%), CEM II/A-Q (Clinker de 80-94% y puzolana natural calcinada de 6-20%) y CEM II/B-Q (Clinker de 65-79% y puzolana natural calcinada de 21-35%)
-Con ceniza volante los CEM II/A-V (Clinker de 80-94% y cenizas silícea de 6-20%), CEM II/B-V (Clinker de 65-79% y cenizas silícea de 21-35%), CEM II/A-W (Clinker de 80-94% y cenizas calcáreas de 6-20%), CEM II/B-W (Clinker de 65-79% y puzolana natural de 21-35%)
-Con esquisto calcinado los CEM II/A-T (Clinker de 80-94% y esquistos calcinados de 6-20%), CEM II/B-T (Clinker de 65-79% y esquistos calcinados de 21-35%)
-Con caliza CEM II/A-L (Clinker de 80-94% y caliza L de 6-20%), CEM II/B-L (Clinker de 65-79% y caliza L de 21-35%), CEM II/A-LL (Clinker de 80-94% y caliza LL de 6-20%) y CEM II/B-LL (Clinker de 65-79% y caliza LL de 21-35%)
-Mixto los CEM II/A-M (Clinker de 80-94% y la mezcla de componentes será de 6-20%), CEM II/B-M (Clinker de 65-79% y la mezcla de componentes será de 21-35%)
-**CEM III** los CEM III/A (Clinker de 35-64% y escoria de alto horno de 35-65%), CEM III/B (Clinker de 20-34% y la mezcla de componentes será de 66-80%) y EM III/C (Clinker de 5-19% y escoria de alto horno de 81-95%)
-**CEM IV** son los CEM IV/A (Clinker de 65-89% y humo de sílice, puzolana y cenizas volantes de 11-35%), CEM IV/B (Clinker de 45-64% y humo de sílice, puzolana y cenizas volantes de 36-55%)
-**CEM V** son los CEM V/A (Clinker de 40-64%, escoria de alto horno de 18-30% y puzolanas con cenizas volantes de 18-30%), CEM V/B (Escoria de escoria de alto horno 31-50% y puzolanas con cenizas volantes de 31-49%)
-Se podrán tener cemento con resistencia al sulfato, donde solo cambia su contenido de aluminato tricálcico (C_3A), entre ellos están: CEM I-SR 0 (C_3A =0), CEM I-SR 3 (C_3A ≤ 3%), CEM I-SR 5 (C_3A ≤ 5%), CEM III/B-SR y CEM III/B-SR no presentan requisito, CEM IV/A-SR y CEM IV/B-

esponja de caucho y corcho podrán ser tipo I (Caucho esponjoso), tipo II (Corcho), tipo III (corcho autoexpansible) y clase IV (caucho reciclado unido con poliuretano) deberán cumplir lo siguiente:
-Rango de espesores de 6, 9.5, 13, 19 y 25 mm, un ancho de 900 o 1200 mm y longitudes de 900, 1500, 1800, 3000 o 3700 mm.
-Recuperación ≥ 90%; carga necesaria para compresión del 50% será de 340-10350 kPa; extrusión del borde libre ≤ 6 mm; expansión no debe tener un espesor ≥ 140% del espesor original (Solo para tipo III); no deberá mostrar evidencia de desintegración grave al ser expuesto a hervido en ácido clorhídrico; densidad de relleno seco al aire ≤ 480 kg/m3 (Solo para tipo I)

•Para tirillas o cordón de acuerdo a la ASTM D5249 serán los Tipo 1 (Varillas redondas para selladores en frío y caliente), tipo 2 (Láminas o tiras para selladores en frío y caliente) y tipo 3(Varillas redondas solo para selladores en frío) y deberán cumplir lo siguiente:
-Densidad ≤ 96.1 kg/m3 para tipo 1 y 3, y ≤ 64.1 kg/m3 para tipo 2; resistencia a la tracción ≥ 20 psi (solo tipo 1 y 3); absorción de agua ≤ 0.5% en volumen; Fuerza de deflexión por compresión del 25 % ≤ 15 psi; recuperación de compresión ≥ 90%; resistencia al calor de 200 ± 2.8°C (solo para tipo 1 y 2) y contracción máxima de 10% (solo tipo 1 y 2).

•El sellante deberá cumplir lo siguiente: Esfuerzo a tracción ≤ 0.31 Mpa; no deberá fluir; tasa de extrusión a -18°C ≥ 75 g/minuto y a 38°C ≤ 250 g/minuto; densidad relativa/gravedad específica de 1.01-1.51; dureza durométrica a -18°C (curado durante 7 días a 25°C) de 10-25; sin tiza, agrietamiento o pérdida de adherencia; no pegajoso en menos de 75 minutos; elongación ≥ 500%; se podrá tocar en menos de 75 minutos; vida útil ≥ 6 meses; adherencia ≥ 0.34 Mpa; sin fallo adhesivo o cohesivo después de 5 ciclos; deberá ser de color gris.

SR (C3A ≤ 9%)

•La escoria de alto horno granulada molida bajo la SANS 55167-1 (EN 15167-1):
-Cantidad total de agente de molienda ≤ 1,0 %; contenido orgánico de cualquier agente de molienda ≤ 0,2 %
-Requisitos químicos: Contenido de óxido de magnesio ≤ 18%; sulfuro ≤ 2%; sulfato ≤ 2.5%; perdida por ignición corregida por oxidación de sulfuro ≤ 3%; cloruro ≤ 0.10% y contenido de humedad ≤ 1%
-Requisitos físicos: Finura ≤ 275 m2/kg; índice de actividad a los 7 días ≥ 45% y a los 28 días ≥ 70%.

•La ceniza volante según la SANS 50450-1 (EN 450-1):
-Requisitos químicos: Perdidas por calcinación para categoría A será ≤ 5% en masa, categoría B de 2-7% y en categoría C de 4-9%; contenido de cloruro ≤ 0.10%; anhidrido sulfúrico ≤ 3%; óxido de calcio libre ≤ 2.5%; óxido de calcio reactivo ≤ 10%; dióxido de silicio reactivo ≥ 25%; dióxido de silicio +óxido de aluminio+ óxido de hierro ≥ 70%; contenido total de álcalis ≤ 5%; óxido de magnesio ≤ 4% y fosfato soluble ≤ 100 mg/kg.
-Requisitos físicos: Finura para categoría N ≤ 40% y para categoría S ≤ 12%; índice de actividad a 28 días ≥ 75% y a 90 días ≥ 85%; estabilidad de volumen con una expansión ≤ 10 mm; densidad de partículas no debe desviarse más de ± 200 kg/m3; tiempo de fraguado inicial ≤ 120 minutos del tiempo inicial del cemento de ensayo puro.

•El agua deberá ser potable, caso contrario podrá ser de procesos en la industria del hormigón, fuentes subterráneas, natural superficial y agua residual industrial, de mar o agua salobre y agua residual; debe cumplir lo siguiente:
-Huellas no más que visibles de aceite y grasas; cualquier espuma debe desaparecer en 2 minutos; deberá tener un color aceptable; contenido de sedimento ≤ 4 mL; sin olores (Podrá tener un ligero olor a cemento o ligero olor a sulfuro de hidrógeno; pH ≥ 4; también evaluar la materia húmica.
-Contenido de sulfuro ≤ 500 mg/L para hormigón pretensado, será ≤ 1000 mg/L para hormigón con refuerzo o metal embebido y ≤ 4500 mg/L para hormigón sin refuerzo ni metal embebido; contenido de sulfatos ≤ 2000 mg/L; contenido de álcalis ≤ 1500 mg/L; sustancias nocivas un contenido de azucares ≤ 100 mg/L, fosfatos ≤ 100 mg/L, nitratos ≤ 500 mg/L, plomo ≤ 100 mg/L y zinc ≤ 100 mg/L; tiempo de fraguado inicial en muestras hechas con agua deben ser ≥ 1h y no diferir más de 25% del inicial hechas con agua destilada, y final ≤ 12h y no diferir más de 25% del final hechas con agua destilada; resistencia media a compresión a los 7 días ≥ 90% de las preparadas con agua destilada.

Para aditivos según la SANS 50934 (UNE-EN 934-2) (Todos los requisitos son de hormigón con aditivo):
-Reductores de agua / Plastificantes: Reducción de agua ≥ 5% con relación a la del hormigón testigo; resistencia a compresión a 7 y 28 días ≥ 110% que la del hormigón testigo; contenido de aire en el hormigón fresco ≤ 2% en volumen encima del hormigón testigo.
-Reductores de agua de alta actividad/ superplastificantes: Reducción de agua ≥ 12%, resistencia a compresión ≥ 140% a los 7 días y ≥ 115% a los 28 días, contenido de aire ≤ 2%; aumento de consistencia con un aumento del asentamiento ≥ 120 mm y aumento de escurrimiento ≥ 160 mm respecto a los iniciales; 30 minutos después de la adición no puede tener una consistencia menor a la inicial; resistencia a compresión a 28 días ≥ 90%; contenido de aire en el hormigón fresco ≤ 2% en volumen encima del hormigón testigo.
-Retenedores de agua: Exudación ≤ 50%; resistencia a la compresión a los 28 días ≥ 80%; contenido de aire en hormigón fresco ≤ 2%.
-Inclusores de aire: contenido de aire en hormigón fresco (aire incluido) ≥ 2.5% en volumen encima del hormigón testigo; huecos de aire un factor de espaciado ≤ 0.200 mm; resistencia a compresión a 28 días ≥ 75%
-Aceleradores de fraguado: Tiempo de inicio de fraguado a 20°C ≥ 30 minutos y a 5°C será ≤ 60% del correspondiente mortero testigo; resistencia a compresión a 28 días ≥ 80% y a 90 días debe ser mayor que a 28 días; contenido de aire en hormigón fresco ≤ 2%.
-Aceleradores de endurecimiento: Resistencia a compresión a 20°C y 24h será ≥ 120%, a 20°C y 28d será ≥ 90% y a 5°C y 48h será ≥ 130%; contenido de aire en hormigón fresco ≤ 2%.
-Retardadores de fraguado: Tiempos de fraguado inicial ≥ que el testigo + 90 min y final ≤ que el testigo + 360 minutos; Resistencia a compresión a 7 días ≥ 80% y a 28 días ≥ 90%; contenido de aire en hormigón fresco ≤ 2%.
-Hidrófugos: Absorción capilar a 7 días después de 7 días de curado ≤ 50% y a 28 días después de 90 días de curado ≤ 60%; resistencia a compresión a 28 días ≥ 85%; contenido de aire en hormigón fresco ≤ 2%.
-Retardadores de fraguado/reductores de agua/plastificantes: Resistencia a compresión a 28 días ≥ 100%; Tiempos de fraguado inicial ≥ que el testigo + 90 min y final ≤ que el testigo + 360 minutos; reducción de agua ≥ 5%; contenido de aire en hormigón fresco ≤ 2%.
-Retardadores de fraguado/reductores de agua de alta actividad/superplastificantes: Resistencia a la compresión a 7 días ≥ 100% y a 28 días ≥ 125%; Tiempos de fraguado inicial ≥ que el testigo + 90 min y final ≤ que el testigo + 360 minutos; reducción de agua ≥ 12% y contenido de aire en hormigón fresco ≤ 2%.
-Aceleradores de fraguado/reductores de agua/plastificantes: 60 minutos después de la adición no puede tener una consistencia menor a la inicial; resistencia a la compresión a 28 días ≥ 90% (Podrá ser ≥ 100%) y contenido de aire en hormigón fresco ≤ 2%; tiempo de principio de fraguado a 20°C ≥ 30 minutos y a 5°C ≤ 60% del correspondiente mortero testigo; reducción de agua ≥ 5% y contenido de aire en hormigón fresco ≤ 2%.

•**Aditivos bajo la ASTM C494 (AASHTO M194)** podrán ser Tipo A (reductor de agua), tipo B (retardantes), tipo C (acelerantes), tipo D (reductores de agua y retardantes), tipo E (reductores de agua y acelerantes), tipo F (reductor de agua de alto rango) y tipo G (reductores de agua de alto rango y retardantes)
-Todas tienen en común los siguientes requisitos: Porcentaje del control de 135% y aumento sobre el control de 0.010, un factor de durabilidad relativa ≥ 80 para concreto con aire.
-Contenido de agua ≤ 95% en tipo A, D y E; para tipos F y G ≤ 88%.
-Para tipo A y F un fraguado inicial y final de 1:00 antes ni 1:30 después; para tipo B, D y G un fraguado inicial de 1:00 despues-3:30 después y fraguado final de 3:30 después; para tipo C y E un fraguado inicial de 1:00 antes-3:30 antes y fraguado final de 1:00 antes.
-Resistencia a compresión a los 28 días será ≥ 110% para tipos C, E, F y G; será ≥ 100% para tipos A, D y ≥ 90% para tipo B.
-Resistencia a la flexión a los 3 días será ≥ 110% para tipos A, D, E, F y G; será ≥ 100% para tipo C y ≥ 90% para tipo B.
-Resistencia a la compresión a 1 año al igual que resistencia a la flexión a los 28 días respecto a la de control ≥ 100% para tipos A, D, E, F y G; y ≥ 90% para B y C.
•**Si se usan aditivos bajo la ASTM C260 (AASHTO M154)** con incorporación de aire deberá tener lo siguiente:
-Tiempo de fraguado inicial de 1:15 antes ni 1:15 después y final de 1:15 antes ni 1:15 después.
-Resistencia a la compresión así como flexión a los 28 días ≥ 90% del de control; porcentaje del de control será 120%, aumento sobre el control de 0.006, factor de durabilidad ≥ 80 y exudación de cantidad neta de agua ≤ 2%.

Australia y Nueva Zelanda	•Los agregados podrán ser producidos a partir de productos de cantera triturados y tamizados, arenas y gravas naturales o productos manufacturados o reciclados; se clasifican en: -El agregado grueso: Árido retenido en el tamiz de 4.75 mm -Agregado fino: Árido que pasa por el tamiz de 4.75 mm -Los agregados no podrán contener partículas débiles, friables o laminadas. -Los productos de cantera triturados procesados se podrá usar rocas ígneas o rocas metamórficas. Las arenas y gravas naturales pueden ser trituradas y tamizadas, lavadas y tamizadas, u obtenidas como arena de banco sin tratar o de cantera. •El cemento a usar será cemento portland bajo la AS 3972 •Existen ligantes geopoliméricos, donde algunos están compuestos por silicio y aluminio, los cuales tienen potencial de remplazar el cemento portland; aunque, si es patentado, no ha sido probado en carreteras y se requiere de más ensayos para evaluar su rendimiento. •Se podrán usar materiales adicionales a la mezcla como: -Cenizas volantes como material adicional, cumplirá con la AS/NZS 3582.1 y ser tipo fino; las cenizas se producen por quema de carbón, donde el carbón negro es el más adecuado para producirlas y que funcionen para el concreto. -Escoria de alto horno granulada molida, cumplirá con la AS 3582.2; debido a la baja producción de acero de Australia y Nueva Zelanda, este producto es importado. •El acero cumplirá con la AS 4671; se podrá usar según la circunstancia, barras corrugadas, malla electrosoldada y/o refuerzo de fibra de acero. -El acero se podrá revestir, aunque se recomienda galvanizar del acero de refuerzo. •El agua a usar debe estar libre de materiales nocivos para el hormigón, no debe ser salada ni salobre; además, debe cumplir con la AS 1379 •Los aditivos a usar no incluyen aceleradores debido a sus posibles efectos negativos sobre la contracción, la corrosión del refuerzo, la durabilidad, etc. Los más comunes son: -Retardante de fraguado -Reductores de agua -Reductores de agua y retardadores de fraguado -Inclusores de aire •Para el curado se realiza más comúnmente con membranas impermeables pulverizadas -Para PCP, CRCP y SFCP se usa emulsión de cera -Para JRCP se usa emulsión de cera o resina de hidrocarburos	**Para los agregados** -Densidad de partículas ≥ 2.1 t/m3; absorción de agua ≤ 2.5%; contenido de azufre ≤ 2%; contenido de azúcar será de 1 parte por 10000; contenido de partículas ligeras ≤ 1%. -No incluir sustancias solubles como la sal, que retarden el fraguado como yeso y compuestos orgánicos, que no reaccionen con el álcali del cemento como materiales altamente silíceos(ópalo, calcedonia y tridamita) y calizas dolomíticas. -En Australia es común que la grava tenga presencia de madera y carbón pero no afectan la mezcla, solo provocan manchas antiestéticas; también considera clave tener una revisión en diseño del coeficiente de expansión térmica. -Deberá cumplir la siguiente granulometría de agregado combinado: PP (19 mm): 95-100, PP (13.2 mm): 75-90, PP (9.5 mm): 55-75, PP (4.75 mm): 38-48, PP (2.36 mm): 30-42, PP (1.18 mm): 22-34, PP (0.6 mm): 16-27, PP (0.3 mm): 5-12, PP (0.15 mm): 0-3 y PP (0.075 mm): 0-2. **Para el agregado fino** -Al menos 1/3 del agregado deberá ser compuesto por cuarzo o mezcla cuarzo-sílex; además, el 50% del contenido de arena debe ser de fuentes naturales, de los cuales el 70% son partículas de cuarzo o sílex (pedernal) -Solidez de sulfatos de 12-15%. -No se incluyen las características a fricción, ya que se encontró que el uso de arenas naturales con alto contenido de sílice proporciona los mejores resultados respecto a este, y si se incorpora finos de bauxita calcinada produce los valores más altos de resistencia al deslizamiento. Según la AS 27581 debe cumplir la granulometría que le corresponda, para agregado fino que no ha sido sometido a trituración o el agregado fino triturado mecánicamente: -Para material no triturado: PP (9.5 mm): 100, PP (4.75 mm): 90-100, PP (2.36 mm): 60-100, PP (1.18 mm): 30-100, PP (0.6 mm): 15-100, PP (0.3 mm): 5-50, PP (0.15 mm): 0-20 y PP (0.075 mm): 0-5. -Para material triturado: PP (9.5 mm): 100, PP (4.75 mm): 90-100, PP (2.36 mm): 60-100, PP (1.18 mm): 30-100, PP (0.6 mm): 15-80, PP (0.3 mm): 5-40, PP (0.15 mm): 0-25 y PP (0.075 mm): 0-20. **Para el agregado grueso** -Solidez de sulfatos de 9-12%; resistencia en húmedo ≥ 80 kN y variación máxima de resistencia húmedo/seco ≥ 35%; contenido de partículas sólidas ≤ 5%; proporción partículas planas o deformes en tamiz de 4.75 mm ≤ 10% para proporción 3.1 y ≤ 25% para proporción 2:1; cantidad de partículas con 2 caras fracturadas ≥ 80% (Partículas retenidas en tamiz de 4.75 mm); índice de descamación o descamación ≤ 35%; valor Los Ángeles ≤ 40% para roca gruesa y ≤ 35% para otros tipos de roca Debe cumplir con la granulometría del agregado graduado (40, 28, 20 y 14 mm) o en caso de estricto control el agregado de un solo tamaño (40, 28, 20, 14, 10, 7, 5). - 40 mm: PP (75 mm): 100, PP (37.5 mm): 85-100, PP (19 mm): 30-70, PP (9.5 mm): 10-35, PP (4.75 mm): 0-5 y PP (0.075 mm): 0-2. - 28 mm: PP (37.5 mm): 100, PP (26.5 mm): 85-100, PP (13.2 mm): 25-60, PP (4.75 mm): 0-10, PP (2.36 mm): 0-5 y PP (0.075 mm): 0-2. - 20 mm: PP (26.5 mm): 100, PP (19 mm): 85-100, PP (9.5 mm): 25-55, PP (4.75 mm): 0-10, PP (2.36 mm): 0-5 y PP (0.075 mm): 0-2. - 14 mm: PP (19 mm): 100, PP (13.2 mm): 85-100, PP (6.7 mm): 25-55, PP (2.36 mm): 0-10 y PP (0.075 mm): 0-2. - 40 mm (Partículas de un tamaño): PP (75 mm): 100, PP (37.5 mm): 85-100, PP (19 mm): 0-20, PP (9.5 mm): 0-5 y PP (0.075 mm): 0-2. - 28 mm: PP (37.5 mm): 100, PP (26.5 mm): 85-100, PP (13.2 mm): 0-20, PP (4.75 mm): 0-5 y PP (0.075 mm): 0-2. - 20 mm: PP (26.5 mm): 100, PP (19 mm): 85-100, PP (9.5 mm): 0-20, PP (4.75 mm): 0-5 y PP (0.075 mm): 0-2. - 14 mm: PP (19 mm): 100, PP (13.2 mm): 85-100, PP (6.7 mm): 0-20, PP (2.36 mm): 0-5 y PP (0.075 mm): 0-2. - 10 mm: PP (13.2 mm): 100, PP (9.5 mm): 85-100, PP (4.75 mm): 0-20, PP (2.36 mm): 0-5 y PP (0.075 mm): 0-2. - 7 mm: PP (9.5 mm): 100, PP (6.7 mm): 85-100, PP (2.36 mm): 0-20 y PP (0.075 mm): 0-2. - 5 mm: PP (6.7 mm): 100, PP (4.75 mm): 85-100, PP (2.36 mm): 0-40 y PP (0.075 mm): 0-2. **Para el acero bajo la AS/NZS 4671:** •Podrán ser los siguientes grados: 250N, 300E, 500L, 500N y 500E -Tendrán un límite elástico para 250N ≥ 250 Mpa, para 300E ≥ 300 Mpa, para 500L ≥ 500 Mpa, para 500N ≥ 500 Mpa y para 500E ≥ 500; los 500N y 500L se usan para barras de refuerzo y malla. Alargamiento para 250N y 500N ≥ 5%, para 500L ≥ 1.5%, para 500E ≥ 10% y para 300E será ≥ 15% si es corrugada y ≥ 12% para barra simple. -Módulo de elasticidad será de 2 x 10^5 Mpa; coeficiente de expansión térmica es 12 x 10^-6 /°C -Para el acero de refuerzo en Australia podrán ser los siguientes diámetros: 10, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 50 mm. Para Nueva Zelanda se añaden los diámetros de 6 y 8 mm respecto a Australia. •Las mallas podrán ser: -Rectangulares (100 x 200 mm) podrán ser RL1218 (Área transversal para barra longitudinal de 1112 mm2/m y transversal de 227 mm2/m), RL1018 (área transversal para barra longitudinal de 709 mm2/m y transversal de 227 mm2/m) o RL 818 (área transversal para barra longitudinal de 454 mm2/m y transversal de 227 mm2/m) -Cuadradas (200 x 200 mm) podrán ser SL102 (área transversal para barra longitudinal y transversal de 354 mm2/m), SL92 (área transversal para barra longitudinal y transversal de 290 mm2/m), SL82 (área transversal para barra longitudinal y transversal de 227 mm2/m), SL72 (área transversal para barra longitudinal y transversal de 179 mm2/m) y SL62 (área transversal para barra longitudinal y transversal de 141 mm2/m) **Para el cemento** -Existen varios tipos como: GP (Uso general), GB (cemento mezclado), GL (Cemento de piedra caliza de uso general), HE (Alta resistencia temprana), LH (cemento de baja temperatura) y SL (cemento de contracción limitada); deberán cumplir lo siguiente: -GP: Contenido de cemento de 92.5-100%; en adiciones minerales un contenido de cenizas volantes o escorias y contenido de caliza ser de 0-7.5%, contenido de componentes adicionales de 0-5% (Combinado de adiciones y componentes adicionales ≤ 7.5%); tiempo de fraguado mínimo de 45 minutos y máximo de 6 horas; solidez ≤ 5%; contenido de cloro ≤ 0.10%; contenido de óxido de azufre ≤ 3.5%; resistencia a la compresión ≥ 35 Mpa a los 7 días y ≥ 45 Mpa a los 28 días. -GB: Contenido de cemento de 92.5-100%; en adiciones minerales un contenido de caliza de 8-20%, contenido de componentes adicionales de 0-5% (Combinado de adiciones y componentes adicionales ≤ 20%); tiempo de fraguado mínimo de 45 minutos y máximo de 10 horas; solidez ≤ 5%; contenido de cloro ≤ 0.10%; contenido de óxido de azufre ≤ 3.5%; resistencia a la compresión ≥ 20 Mpa a los 7 días y ≥ 35 Mpa a los 28 días. -GL: Contenido de cemento GP < 92%; en materiales cementosos suplementarios (SCM) un contenido de cenizas volantes y/o escorias > 7.5% y de	-

		sílice de 0-10%; tiempo de fraguado mínimo de 45 minutos y máximo de 10 horas; solidez ≤ 5%; contenido de cloro ≤ 0.10%; contenido de óxido de azufre ≤ 3.5%; resistencia a la compresión ≥ 20 Mpa a los 7 días y ≥ 35 Mpa a los 28 días. -HE: Tiempo de fraguado mínimo de 45 minutos y máximo de 6 horas; solidez ≤ 5%; contenido de cloro ≤ 0.10%; contenido de óxido de azufre ≤ 3.5%; resistencia a la compresión ≥ 25 Mpa a los 3 días y ≥ 40 Mpa a los 7 días. -LH: Tiempo de fraguado mínimo de 45 minutos y máximo de 10 horas; solidez ≤ 5%; contenido de cloro ≤ 0.10%; contenido de óxido de azufre ≤ 3.5%; resistencia a la compresión será igual a la GP o GB; pico de aumento de temperatura ≤ 23°C; expansión ≤ 750 microdeformaciones a las 16 semanas. -SL: Tiempo de fraguado mínimo de 45 minutos y máximo de 10 horas; solidez ≤ 5%; contenido de cloro ≤ 0.10%; contenido de óxido de azufre ≤ 3.5%; resistencia a la compresión será igual a la GP o GB; contracción ≤ 750 microdeformaciones a los 28 días. •Las Cenizas volantes a usar serán de tipo fino deberá cumplir con la AS/NZ 3582.1: -Material con mínimo 75% que pasa por el tamiz de 0.045 mm y una perdida por ignición ≤ 4%; contenido de humedad ≤ 0.5%; contenido de óxido de azufre ≤ 3%, contenido de Ion ≤ 0.1 e índice de fuerza ≥ 75%; se podrá usar de 0-70 kg/m3 (Donde el contenido total junto al cemento será entre los 2 de 300-330 kg/m3); fracción soluble en agua ≤ 20%. •Escoria de alto horno granulada molida bajo la AS 3582.2 debe cumplir con: -Contenido de azufre sulfuroso ≤ 1.5%; contenido de magnesia ≤ 15%; contenido de aluminio ≤ 18%; contenido de cloruro de Ion ≤ 0.1%. •El agua deberá cumplir con: Contenido de azúcar ≤ 100 mg/L; contenido de aceite y grasa ≤ 50 mg/L; pH > 5; contenido e Ion cloruro ≤ 300 ppm e Ion sulfato ≤ 400 ppm; también se deberá tener en cuenta el contenido solidos disueltos totales, cloruro, sulfato y equivalencia de sodio. **Aditivos** **•Retardante de fraguado:** -Sin aditivo será un tiempo de fraguado inicial de 4h y final 6.5h -Si se usa calcio y concentración de 0.10% en el concreto, un tiempo de fraguado inicial de 6.5 h y final de 10 h. -Con lignosulfonato podrá tener un tiempo de fraguado inicial de 11 h y final de 15 h (Concentración de 0.25%), inicial de 22.5 h y final de 29 h (Concentración de 0.5%), o inicial 76 h y final de 120h (Concentración de 1%) -Si se usa sacarosa podrá tener un tiempo de fraguado inicial de 9 h y final de 15 h (Concentración de 0.05%), inicial de 17 h y final de 28 h (Concentración de 0.1%), o inicial de 140-200 h y final de 400h (Concentración de 0.25%). La sacarosa aumenta la resistencia a compresión de 10-15%. -Con gluconato de sodio podrá tener un tiempo de fraguado inicial de 19 h y final de 22 h (Concentración de 0.05%) o inicial de 38 h y final de 42 h (Concentración de 0.10%) -Si es calcio podrá tener un tiempo de fraguado inicial de 11 h y final de 12.5 h (Concentración de 0.05%), inicial de 18 h y final de 21 h (Concentración de 0.1%), o inicial de 65 h y final de S0 h (Concentración de 0.25%) **•Reductores de agua:** -Sin aditivos el concreto presenta una resistencia a compresión a los 7 días de 38 Mpa, a los 28 días de 48.1 Mpa; relación agua cemento de 0.45; deformación vertical de 50 mm; exudación de 0.081 mL/cm2; % de agua en la mezcla es 1.56%. -Si se usa ácido hidroxílico, el concreto presenta una resistencia a compresión a los 7 días de 43.1 Mpa, a los 28 días de 52.2 Mpa; relación agua cemento de 0.4; deformación vertical de 75 mm; exudación de 0.130 mL/cm2; % de agua en la mezcla es 2.58%. Se usan para concretos de 50 Mpa. -Si se usa lignia, el concreto presenta una resistencia a compresión a los 7 días de 39.4 Mpa, a los 28 días de 48 Mpa; relación agua cemento de 0.45; deformación vertical de 75 mm; exudación de 0.039 mL/cm2; % de agua en la mezcla es 0.80%. **•Inclusores de aire:** -El aire incorporado es de 1-2 mm; darán al concreto una reducción de la segregación y el sangrado, aumento de la homogeneidad y cohesión, y mejoramiento de la trabajabilidad y la formabilidad en deslizamiento; cada aumento en porcentaje de aire, reduce la resistencia a compresión a los 28 días de un 5-10%; en zonas de congelación descongelación será aplicado en tasa de 5-6%.	
Tailandia	•Agregado fino está constituido de arena natural o de piedra que sean redondas o angulares, no planas ni escamosas, con una superficie áspera y partículas duras, resistentes, limpias y libres de recubrimientos de polvo -No contener suelo, arcilla, materia orgánica, inorgánicos degradables u otras impurezas. •Agregado grueso consiste en piedra triturada, grava o piedra partida que tenga características de ser de forma angular o redondeada, compacta, no friable, sin rasgos planos o alargados excesivos, limpia, sin polvo o cualquier otro recubrimiento en su superficie. •El cemento a usar deberá cumplir los estándares de producto industrial encontrados en la ASTM C150 (AASHTO M85), donde podrán usar los tipos I, III o V; donde el tipo I por lo general es el más usado. -Tipo I: Uso cuando no se requiere propiedades especiales -Tipo III: Cuando se desea alta resistencia temprana -Tipo V: Cuando se desea alta resistencia al sulfato. •El acero a usar deberá estar marcado, podrá ser: -Barras de acero	**Agregado fino** -Cantidad de trozos de tierra y polvo ≤ 1%; cantidad de carbón y coque ≤ 1%; árido que pasa por tamiz 200 ≤ 3% y contenido de sal de cloruro ≤ 0.1%; no incorporar contaminantes, como esquisto, álcalis, mica, granos recubiertos, partículas blandas y escamosas, que reducen la resistencia del concreto en más del 5% -Perdida por sulfato de sodio ≤ 9% -Deberá cumplir la siguiente granulometría: PP (9.5 mm): 100, PP4: 95-100, PP16: 45-85, PP50: 5-30 y PP100: 0-10 **Agregado grueso** -Abrasión los Ángeles ≤ 40%; -No podrá ser piedra o grava de textura suave que al ser sumergida en agua aumente más de 10% -Cantidad de trozos de tierra y polvo ≤ 2%; cantidad de carbón y coque ≤ 0.5%; en partículas que pasan por tamiz 200 un contenido de suelo ≤ 1% y partículas de roca ≤ 1.5%; contenido de sal de cloruro ≤ 0.05%. Deberá cumplir con una de las 5 franjas granulométricas según el tamaño de partículas: -37.5-4.75 mm: PP (50 mm): 100, PP (37.5 mm): 95-100, PP (19 mm): 35-70, PP (9.5 mm): 10-30 y PP (4.75 mm): 0-5. -25-4.75 mm: PP (37.5 mm): 100, PP (25 mm): 95-100, PP (12.5 mm): 25-60, PP (4.75 mm): 0-10 y PP (2.36 mm): 0-5. -19-4.75 mm: PP (25 mm): 100, PP (19 mm): 90-100, PP (9.5 mm): 20-55, PP (4.75 mm): 0-10 y PP (2.36 mm): 0-5. -12.5-4.75 mm: PP (19 mm): 100, PP (12.5 mm): 90-100, PP (9.5 mm): 40-70, PP (4.75 mm): 0-15 y PP (2.36 mm): 0-5. -9.5-2.36 mm: PP (12.5 mm): 100, PP (9.5 mm): 85-100, PP (4.75 mm): 10-30, PP (2.36 mm): 0-10 y PP (1.18 mm): 0-5. **Para el acero** •La rejilla podrá ser de alambre de acero endurecido y enfriado, alambre de acero de alta resistencia a la tracción enfriado, barras de refuerzo lisas calidad SR24 o barras de acero corrugadas calidad SD30, SD40 o SD50 -Hay 2 tipos de rejillas de alambre único o alambre doble. Deberán tener un contenido de carbón ≤ 0.28%, azufre ≤ 0.060% y fósforo ≤ 0.060%. -La rejilla de acero endurecido y enfriado podrán ser de calidad SW385, SW450, SW485, SW500, SW515, SW533 y SW550. Los SW385 podrán ser de 2, 2.3, 2.6 y 3 mm; y los SW450, SW485, SW500, SW515, SW533 y SW550 podrán ser de 3.3, 3.6, 4, 4.3, 4.6, 5, 5.3, 5.6, 6.5, 7, 7.5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 y 19 mm. Deberán tener lo siguiente: Para SW385 resistencia a la tracción ≥ 485 Mpa, para SW450 ≥ 515 Mpa, SW485 ≥ 550 Mpa, SW500 ≥ 568 Mpa, SW515 ≥ 585, SW533 ≥ 603 Mpa y para SW550 ≥ 620 Mpa. Para SW385 un esfuerzo ultimo a tracción ≥ 385 Mpa, para SW450 ≥ 450 Mpa, SW485 ≥ 485 Mpa, SW500 ≥ 500 Mpa, SW515 ≥ 515, SW533 ≥ 533 Mpa y para SW550 ≥ 550 Mpa.	•Relleno prefabricado para juntas de expansión, tipos bituminosos resistentes y no extrusivos (ASTM M213): resistencia a la compresión para espesores ≥ 12.5 mm será de 689-5171 kPa para comprimirlo 50%, si es < 12.5 mm de espesor será una resistencia de 689-8618 kPa; perdida luego de comprimido ≤ 3%; extrusión ≤ 50%; recuperación ≥ 70%; densidad secado al aire ≥ 304 kg/m3; absorción de agua en 24 h ≤ 15% para espesor ≥ 12.5 mm y ≤ 20% para demás espesores; contenido de asfalto ≥ 35% en masa. •Para sellos en caliente podrán ser el Tipo I (para climas moderados), Tipo II (para mayoría de climas), tipo III (para mayoría de climas) y tipo IV (para climas muy fríos); estos deberán cumplir lo siguiente: -Penetración a 25°C ≤ 90 (para tipos I, II y III) y 90-150 (para tipos IV); punto de ablandamiento ≥ 80°C; adhesión no inmersa con 50% de extensión (Tipo I, II y III) y 200% de extensión (Tipo IV), además una adhesión e inmersión con 50% de extensión (solo para tipo III); resiliencia ≥ 60% (para tipos II, III y IV) y resiliencia luego de envejecimiento ≥ 60% (solo para tipo III); una compatibilidad con asfalto aprobado. •Tela de arpillera hecha de yute o kenaf (AASHTO M182), indica 1 tipo de arpillera y podrán ser los clase 1 (masa de 233 g/m), tipo 2 (masa de 248 g/m), tipo 3 (masa de 310 g/m) y tipo 4 (masa de 372 g/m): -Siendo yute una fibra del líber obtenido con varios especies de corchous y kenaf es fibra del líber obtenida de Hibiscus cannabinus -Requisitos físicos: Hilos por metro de urdimbre será de 315-433 para clase 1, de 354-472 para clase 2, de 433-512 para clase 3 y 4; hilos por metro de relleno sera de 315-433 para clase 1, de 354-433 para clase 2, de 394-472 para clase 3, de 433-512 para clase 4. •Las membranas bajo la ASTM C309 a usar podrán ser Tipo 1 (claro y traslucido),

-Malla de alambre de acero debe cumplir •Los aditivos a usar son para reducir la cantidad de agua utilizada en la mezcla de concreto, mejorar la trabajabilidad, reducir la segregación, o minimizar la contracción del concreto. Deberá cumplir con la มอก. 733 (ASTM C494) •El agua para la mezcla y para el curado debe ser limpia y libre de aceite, álcalis, ácido, sal, azúcar, vegetación u otras sustancias que puedan ser perjudiciales para el concreto o el acero de refuerzo. •Los sellantes para juntas será sellante en caliente y cumpla la มอก. 479 (ASTM D6690) •Material para relleno de juntas deberá cumplir con la ทล.-ก. 301 (AASHTO M213-81 o ASTM D1751-83) •Para imprimación de juntas cumplirá con la มอก. 479 (ASTM D6690) •Para el curado se podrán usar: -Tela de arpillera hecha de yute o kenaf (AASHTO M182) -Compuestos líquidos formadores de membrana para el curado del concreto cumpliendo la มอก. 841 (ASTM C309)	Reducción de área ≥ 30% -La rejilla de acero de alta resistencia a la tracción enfriado podrán ser los tipos SW485, SW500, SW515, SW533 y SW550; y tendrán de 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8, 8.5, 9, 9.5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 y 19 mm. Además, deberá tener una resistencia a la tracción y un esfuerzo ultimo a tracción que será la misma que la rejilla de acero endurecido y enfriado. -Las barras de acero liso serán de diámetros de 6, 8, 9, 10, 12, 15, 19, 22, 25, 28 y 34 mm. Para acero corrugado será de 6, 8, 10, 12, 16, 20, 22, 25, 28, 32, 36 y 40 mm. Y si es para mallas será de mínimo 3.15 mm. -Barras SD30: Contenido de carbón ≤ 0.27%; contenido de fósforo ≤ 0.050%; contenido de azufre ≤ 0.050%, carbono + manganeso ≤ 0.50%. Resistencia a la tracción de 480 Mpa, resistencia a la tracción en el límite elástico de 295 Mpa y elongación de 17%; ángulo de flexión de 180° -Barras SD40: Contenido de manganeso ≤ 1.80%; contenido de fósforo ≤ 0.050%; contenido de azufre ≤ 0.050%, carbono + manganeso ≤ 0.55%. Resistencia a la tracción de 560 Mpa, resistencia a la tracción en el límite elástico de 390 Mpa y elongación de 15%; ángulo de flexión de 180° -Barras SD50: Contenido de manganeso ≤ 1.80%; contenido de fósforo ≤ 0.050%; contenido de azufre ≤ 0.050%, carbono + manganeso ≤ 0.60%. Resistencia a la tracción de 620 Mpa, resistencia a la tracción en el límite elástico de 490 Mpa y elongación de 13%; ángulo de flexión de 90° •Para pasadores de unión se usaran barras lisas y para los pasadores de transferencia de carga será barras corrugadas, cumpliendo las mismas especificaciones que las de refuerzo. **Para el cemento** según la ASTM C150 (AASHTO M85) debe cumplir lo siguiente: •Requisitos químicos -Para todos los tipos se permite una cantidad de piedra caliza ≤ 5%, adiciones de procesamiento inorgánico ≤ 5%, adiciones de procesamiento orgánico ≤ 1% e incorporación de aire. -Tipo I: Contenido de óxido de magnesio ≤ 6%; contenido de azufre cuando C3A es 8% o menos ≤ 3%, cuando C3A es superior a 8% o menos ≤ 3.5%; pérdida por ignición ≤ 3% (Cuando la piedra caliza no es un ingrediente) y ≤ 3.5% (Cuando la piedra caliza es un ingrediente); residuo insoluble ≤ 1.5% -Tipo III: Contenido de óxido de magnesio ≤ 6%; contenido de azufre cuando C3A es 8% o menos ≤ 3.5%, cuando C3A es superior a 8% o menos ≤ 4.5%; pérdida por ignición ≤ 3% (Cuando la piedra caliza no es un ingrediente) y ≤ 3.5% (Cuando la piedra caliza es un ingrediente); residuo insoluble ≤ 1.5%; contenido de aluminato tricálcico ≤ 15%. (Opcional un contenido de aluminato tricálcico ≤ 8% y aluminato tricálcico ≤ 5%) -Tipo V: Contenido de óxido de magnesio ≤ 6%; contenido de azufre cuando C3A es 8% o menos será ≤ 2.3%; pérdida por ignición ≤ 3% (Cuando la piedra caliza no es un ingrediente) y ≤ 3.5% (Cuando la piedra caliza es un ingrediente); residuo insoluble ≤ 1.5%; cantidad de y contenido de aluminato tricálcico ≤ 5%; aluminoferrita tetracálcica más el doble de aluminato tricálcico (C.AF + 2(C,A)), o solución sólida (C.AF + C2F) ≤ 25%. •Requisitos físicos -Para todos: Expansión del autoclave ≤ 0.8%; Tiempo de fraguado (Gilmore) inicial ≥ 60 minutos y final ≤ 600 minutos; Tiempo de fraguado (Vicat) inicial ≥ 45 minutos y final ≤ 375 minutos. (Opcional una rigidez temprana con penetración final ≤ 50%) -Una permeabilidad al aire ≥ 260 para tipos I, IA, II, IIA, II (MH), II (MH) A, IV y V, los tipos II (MH), II (MH) A y IV añaden que debe ser ≤ 430. -Tipo I: Resistencia a la compresión a los 3 días ≥ 12 Mpa, a los 7d ≥ 19 Mpa. (Opcional una resistencia a compersión a los 28d será ≥ 28Mpa) -Tipo III: Resistencia a la compresión a 1 día ≥ 12 Mpa, a los 3d ≥ 24 Mpa. -Tipo V: Resistencia a la compresión a los 3 días ≥ 8 Mpa, a los 7d ≥ 15 Mpa. y a los 28d ≥ 21 Mpa. (Opcional una resistencia a sulfatos a 14 días ≤ 0.04% de expansión) •Los aditivos deberán tener un contenido de cloruro ≤ 0.5% (No podrá tener cloruro de calcio) y una proporción a la mezcla que no provoque una retención de aire en la mezcla superior a 3%. Según la ASTM C494 podrán ser Tipo A (reductor de agua), tipo B (retardantes), tipo C (acelerantes), tipo D (reductores de agua y retardantes), tipo E (reductores de agua y acelerantes), tipo F (reductor de agua de alto rango) y tipo G (reductores de agua de alto rango y retardantes) -Todas tienen en común los siguientes requisitos: Porcentaje del control de 135% y aumento sobre el control de 0.010, un factor de durabilidad relativa ≥ 80 para concreto con aire. -Contenido de agua ≤ 95% en tipo A, D y E; para tipos F y G ≤ 88%. -Para tipo A y F un fraguado inicial y final de 1:00 antes ni 1:30 después; para tipo B, D y G un fraguado inicial de 1:00 despues-3:30 después y fraguado final de 3:30 después; para tipo C y E un fraguado inicial de 1:00 antes-3:30 antes y fraguado final de 1:00 antes. -Resistencia a compresión a los 28 días será ≥ 110% para tipos C, E, F y G; será ≥ 100% para tipos A, D y ≥ 90% para tipo B. -Resistencia a la flexión a los 3 días será ≥ 110% para tipos A, D, E, F y G; será ≥ 100% para tipo C y ≥ 90% para tipo B. -Resistencia a la compresión a 1 año al igual que resistencia a la flexión a los 28 días respecto a la de control ≥ 100% para tipos A, D, E, F y G; y ≥ 90% para B y C. •El agua de diferente fuentes deberá cumplir lo siguiente: -Cantidad de sustancias disueltas en agua: Contenido de cloruro de sodio para concreto simple ≤ 2000 ppm y para concreto reforzado ≤ 1000 ppm; contenido de sulfato para concreto simple ≤ 1500 ppm y para concreto reforzado ≤ 1000 ppm; Otras disoluciones ≤ 2000 ppm. -Si el agua es turbia deberá ser precipitada y una turbiedad ≤ 2000 ppm. -Si el agua no cumple ningún requisito, se ensaya según la AASHTO T106 y que se obtenga un mortero con resistencia a compresión a los 7 y 28 días se tiene al menos un 90% de resistencia a compresión con agua destilada.	Tipo 1-D (claro y traslucido con tinte fugitivo y distinguibles a las 4 horas e imperceptible a los 7dias) o tipo 2 (pigmento blanco), los sólidos disueltos en el vehículo son clase A (sin restricciones) y B (resina) -Deben tener una pérdida de agua ≤ 0.55 kg/m2 a 72h; reflectancia diurna ≥ 60% (solo tipo 2) y secado ≤ 4 horas.

Nota. Apéndice de la Figura 38

Tabla 58

Especificaciones de proceso constructivo (Pavimento Rígido)

País	Construcción	Especificaciones adicionales
Colombia	•Para la mezcla el cemento podrá ser a granel o en bolsas. Estos se llevan desde su almacenamiento hasta la zona de mezclado (si es en bolsas debe haber sido en estribas, cubiertos con material impermeabilizante y almacenado máximo de 60 días, superpuestas con 12 sacos o que tenga 7 m de altura máximo). -Si se usa pigmentos este debe ser en una dosificación que no acelere el fraguado inicial o final en más de 1 hora o retrasar en más de 1.5 horas. •El agregado se pasa por las tolvas al lugar de mezclado, este material si fue almacenado evitando la segregación, rotura de agregados o excesiva variación en granulometría y contaminación, además de manteniendo la humedad necesaria (si se almaceno en patios no se usan los 15 cm inferiores y estar cubiertos) •El concreto podrá ser elaborado en el sitio o también en planta externa; si se usaran aditivos será realizada con la dosificación adecuada ya sea en la planta o en la mezcladora estacionaria; y además, se deberá aplicar la dosificación de agua requerida para realizar una mezcla homogénea y además tener una temperatura uniforme, las fibras que podrán ser agregadas en cualquier momento del mezclado -Según la ACI 304R, si la mezcla se realiza en planta central el tiempo de mezclado se basa en la capacidad del mezclador, presentando un mínimo de 1 min de mezclado por 3/4 m3 de material; si se realiza mezclado en camión deberá ser a 70-100 revoluciones y la ASTM C94 lo restringe hasta 300 revoluciones. -El concreto deberá tener una resistencia ≥ 28 MPa y una durabilidad según sus criterios de exposición (se realiza en etapa de diseño) •Previo a las obras la superficie deberá cumplir con todas las especificaciones necesarias, si esta presenta deficiencias en las cotas se podran suplir con el concreto. •El uso de acero deberá ser cuidando que este no sea afectado por la corrosión, además deberá ser libre de defectos. -Las barras a suministrar serán de longitudes de 6 m, 9m o 12 m (podrán ser diferentes con previa autorización) -Las barras deben tener toda la información básica de las mismas. •En la realización de sistemas de transferencia se podrá usar juntas transversales y se deben colocar pasadores; si se realizan dovelas se debe tener una suficiente resistencia a la corrosión, aplicando una película anticorrosiva del tipo epoxi-zinc (Tipo A o B y cumpla la AASHTO M254) o equivalente. Estos se colocarán de acuerdo al documento del proyecto. -Si se usan pasadores son paralelos entre sí y al eje de la calzada. Además deberán ser disponer antes del vertido del concreto. -Estas barras de transferencia deberán tener un líquido anti adherencia aprobado. •Si se colocan barras de amarre serán donde se indique y de forma perpendicular a la junta longitudinal (no podrán ser dobladas y enderezadas en lo posible), con barras corrugadas con límite de fluencia Fy = 480 MPa. -Se podrá instalar de forma manual, mediante canastas usadas para pasadores (dimensiones que cumplan con la ACI 302) esta se podrá hacer con equipo automático. -Deben quedar a mitad de espesor y paralela a la superficie. •El transporte del concreto si es descargado por mezcladora estacionaria debe mantener la consistencia, trabajabilidad y uniformidad; si es por camiones mezcladores o agitadores, el transporte, entrega y la colocación deberá ser en máximo 1.5 horas; y si se transporta en volquetas de debe completar la entrega en máximo 45 minutos. •Previo a la colocación del concreto se deberá humedecer la superficie donde ira, este debe estar a más de 10°C y menos de 35°C; si el concreto está en estado plástico pero previo al fraguado se podrá realizar ablandamiento con agua sin alterar la relación agua/cemento; y durante la colocación esta deberá ser homogénea y tener una desviación de máximo 10 mm en los ejes de un pasador, descargando de manera adecuada este mismo, comenzando de un extremo a lo largo del perímetro, descargando contra el anterior colocado, 2 carriles a la vez y evitando la caída vertical directa sin restricciones de más de 1 m, además, con la velocidad adecuada evitando el fraguado. (si se realiza con camiones basculantes se realiza en una sola pasada) -El concreto se debe colocar, vibrar y acabar antes de 90 minutos (podrá aumentar este tiempo si es aprobado) -Si se coloca con formaletas fijas (deben estar limpias, sin desviaciones mayores a 10 mm y sin deformación de más de 3 mm), se distribuye uniformemente con regla vibratorias y luego se compacta por vibración, teniendo una superficie lisa y libre de irregularidades; en cambio sí es tipo armado se realiza el vaciado en 2 capas,la segunda sobre la armadura, donde esta puesta de ambas capas será en máximo 1 hora. -Si se coloca en sistema de formaletas deslizantes, con líneas guías y se realiza en todo el ancho y manteniendo 10 cm de altura frente a la enrasadora para distrubuirlo correctamente (se incluye el cordón continuo para acabados) realizando la vibración interna y externa para una correcta consolidación. •Se podrá colocar una o dos parrillas de refuerzo, acero de refuerzo primario con un fy = 420 Mpa, para el secundario podrá ser macro fibras sintéticas (cumplan la ASTM C1116) pero deberá comprobarse que la dosis cumplirá la capacidad del original acero de refuerzo. -La unión de varillas mediante soldadura a tope será traslapada en 2 mallas de forma longitudinal y 1 malla de manera transversal. Como las varillas transversales van sobre las longitudinales deberá tener un recubrimiento de 60-80 mm. •Para las juntas se podrá usar sellos elastoméricos (ASTM D5893 y EN 14188-2), sellos asfálticos aplicados en caliente (ASTM D6690) o sellos preformados (ASTM D3575). Se usa también una tirilla como soporte para su colocación (debe estar limpio previo a la aplicación de la tirilla). Estos sellos se aplican cuando el concreto tenga menos de 28 días o este húmedo. Y la temperatura este a más de 5°C. •El acabado luego de extendido y compactado, se debe redondear los bordes con una llana especial de 12 mm y también las juntas transversales, pero con llana de 6 mm. -Se realiza un eliminado de irregularidades y luego realizar la microtextura de la capa mediante la tela de yute humedecida. Se aplica un retardador de fraguado (máximo 15 minutos luego de puesta en obra) y luego la membrana impermeable (se realiza antes de 24 h de transcurrido). Finalmente, antes del fraguado se realiza el macrotexturizado por peine de dientes. -Se debe proteger la capa durante el tiempo de fraguado contra cualquier alteración en su humedad. •Las formaletas si son fijas se pueden retirar 16 horas después de la colocación del pavimento. -Las juntas se realizan de 3 mm de ancho y a 1/3 de espesor de la losa, este corte se hace cuando el concreto alcance la resistencia suficiente, ni muy temprano ni muy tarde. (las juntas transversales son cada 5 m o 24 veces el espesor de capa) -Podrá circular el transito luego de 3 días de terminada. •El curado se podrá realizar mediante el uso de agua que cumpla lo requerido y no más fría que 11°C. -También se podrá hacer mediante vapor de agua. -Se podrá hacer mediante polietileno blanco o de papel que cumpla la ASTM C171 (tasa de transmisión de vapor ≤ 10g/cm2, reflectancia de 50% para el lado de papel y 70% del polietileno); o también podrá ser mediante membranas de curado que cumpla la ASTM C309 (Podrá ser tipo 1, tipo 1-D o tipo 2; con pérdida de agua ≤ 0.55 kg/m2 en 72 horas y secado en ≤ 4 horas)	•Siempre se realiza un tramo de prueba para comprobar que el equipo y procesos constructivos sea el adecuado (Puede ser de 100 m en dos carriles), si no se tienen los resultados esperados se modificara hasta obtener los resultados necesarios. •Según ACI 304R las escorias y las puzolanas se almacenan de la misma forma que el cemento. A diferencia de las fibras que son en envases de 50 lb normalmente. •Para la mezcla si el cemento tiene un fraguado parcial o terrones del producto endurecido no se puede usar, tampoco el sobrante de días anteriores. Si los paquetes de adiciones suplementarias tienen una variación de 5% respecto a lo declarado, se rechaza el material. •Todo material almacenado que presente deterioro o este contaminado debe ser descartado. •Si el acero presenta escamas, óxido superficial o superficies irregulares no serán causas de rechazo. -El acero tendrá una tolerancia en diámetro de ± 0.3 mm hasta ± 0.8 mm dependiendo del diámetro nominal. Y tolerancia de longitud de 0-100 mm •Si el concreto recibido presenta endurecimiento inicial, entregado fuera del tiempo límite o no tenga el asentamiento necesario será rechazado y retirado de la obra. •Para sistemas de transferencia se podrá usar dovelas diamantadas, usar fibras de refuerzo de polímeros que cumplan el manual técnico del proveedor. -Si se usa barra de acero se debe proporcionar memorias de cálculo contemplando todos los requisitos para poderla usar. •Se podrán realizar juntas de aislamiento para disminuir esfuerzos en el pavimento; o juntas de expansión cuando la temperatura es menor a 4°C o si los materiales para las losas son expansivos. •Si las barras de amarre son dobladas y enderezadas se debe contemplar en el rediseño; estas tienen un límite de fluencia de 280 Mpa. -Si la losa esta endurecida se anclan perforando de manera horizontal (barrenos horizontales) a mitad del espesor y profundidad igual a la mitad de la longitud de las varillas; se usa resina polimérica y cumpla con la ASTM C881 •Si se quiere se puede usar material de separación para la capa base de la de rodadura, normalmente cuando es base en concreto. Podrán ser plásticos, membranas, antiadherentes, emulsiones, mezclas asfálticas, papel, barreras de vapor u otros. •Para juntas de expansión el uso de espumas de poliuretano que cumplan la ASTM D994 y ASTM D3575 es necesario, además de cumplir los requisitos presentados por INVIAS. •Si en la colocación se debe suspender más de 1/2 hora se protege el pavimento con fique húmedo. Y si se supera el tiempo máximo se coloca una junta transversal. •La compactación si fue con formaletas fijas se puede hacer manualmente con regla-pisón. •Un tipo de curado no aceptable para tránsitos NT3 será cubriendo con telas de fique o algodón, arena u otros productos de alta retención de humedad; estos deben ser aprobados. •Se podrá aplicar retardantes de evaporación si es requerido, que en la mayoria de casos es cuando la temperatura es mayor a los 30°C.

Perú	•La mezcla será de cemento, agua, agregado fino, agregado grueso y aditivos de ser necesarios, donde la dosificación del cemento o agregado no podrá variar ±1% de la especificada. •En la fabricación de la mezcla, si es por central discontinua se deberá tener una capacidad de producción y suministro en el que no se interrumpa la alimentación de la pavimentadora. -Se realiza en la dosificación adecuada, donde los agregados tendrán una humedad adecuada, se agrega el cemento, luego el agua y finalizando con el mezclado. (si el aditivo es en polvo se añade con el cemento, pero si es líquido se añade ya mezclado con el agua). -No se permite almacenar agregados de forma que cause segregación, degradación, mezcla de distintos tamaños o contaminación con el suelo u otros materiales. -El cemento en sacos se almacena en rumas de no más de 8 bolsas; si es a granel se almacena en silos. -Los aditivos se almacenan protegido de la intemperie y toda contaminación Si es en sacos será bajo cubierta (mismos requisitos que el cemento), pero si es líquido es almacenado en recipientes de estancos. •El transporte del concreto se realizara de la forma más rápida posible, para que el concreto no pierda las características necesarias. •La superficie donde ira el pavimento deberá cumplir todas las especificaciones necesarias. -Deberá tener una temperatura de mayor a 0°C. -Se aplicara agua para humedecer la superficie. -Se podrá aplicar una membrana de separación con traslapos ≥ 15 cm (ASTM C171) para evitar la adherencia entre el concreto y la base o evitar fisuras de la base. Y se recomienda que al colocarla tener muy en cuenta las juntas de la capa para que no coincidan con la de rodadura. •Se instalan los encofrados que a su vez se les aplicara un líquido antiadherente en sus caras internas. Si es por encofrado deslizante se colocarán las varillas de fijación para el hilo guía (serán de 12 m), estos hilos no se pueden desviar más de 12 mm de la teórica. •En la realización de las juntas transversales se coloran pasadores (barras lisas de hierro) con límite de fluencia fy ≥ 420 Mpa, se ubicarán entre la mitad y 3/4 de longitud con algún producto que evite la adherencia. Si estos van en juntas de dilatación se protegerán con una capsula de longitud mínima 5 cm. Además, estos deberán revestirse con una capa de grasa u otro material para su libre movimiento e impedir la oxidación. -Los pasadores irán cada 1 m como máximo y al menos uno en cada extremo o unión; se colocarán paralelos entre sí y al eje de calzada; estos irán antes del vertido del concreto, a menos que se coloque por vibración del pavimento. •Las losas podrán requerir un refuerzo de acero, puede requerir incluso de 2 parrillas de refuerzo en todas o algunas de las losas. Se usa acero con fy ≥ 420 Mpa. -Estas armaduras irán en el caso de encofrado fijo se insertarán dentro del encofrado (mitad de ella este dentro de la otra). -Si es en encofrado deslizante se realiza a mano en el pavimento fresco. Aunque lo más adecuado es utilizando dispositivos separados para colocarlas. -Las varillas transversales irán debajo de las longitudinales y tendrán recubrimiento de 6-9 cm. •La extensión del concreto se hace a una velocidad adecuada y una caída libre de la mezcla ≤ 1m, la temperatura de la masa debe ser ≥ 6°C, en el espesor y dimensiones necesarias, evitando las segregaciones. Luego de colocada se vibrará para eliminar el aire; se finaliza realizando la compactación y luego el acabado superficial; asi obtener un pavimento homogéneo. -El vaciado si es concreto armado será en una sola vaciada alcanzar las dimensiones específicas. -La extensión por medio de encofrado fijo, se distribuye uniformemente y luego se compacta por vibración y enrasará con elementos adecuados. (si se usa regla vibratoria, se completa la compactación con vibrador de inmersión) -La extensión con pavimentadora de rieles se realiza con el espesor de diseño, luego se compacta y enrasa uniformemente. -En las juntas se podrá si así se indica colocar las barras de amarre para evitar el desplazamiento de las losas y abertura de juntas; se usan barras corrugadas con fy ≥ 420 Mpa; estas barras se colocan de manera perpendicular a la junta longitudinal y a mitad del espesor del espesor de la losa y paralela a la superficie del pavimento. Si es encofrado fijo, se colocaran de manera que mitad de ellas este entre la franja de concreto que recién colocada; si es encofrado deslizante se hacen de manera manual a mitad de espesor y si el concreto esta endurecido se colocaran por medio de barrenos y se cubrirán con resina epóxica. -El acabado superficial se realiza con la misma pavimentadora, aunque se podrá mediante la regla vibratoria, asi la superficie quede lisa y nivelada (se podrá hacer en las juntas luego de 8 horas de realizadas) -El tiempo desde la colocación de la mezcla hasta empezar a desencofrar será de 16 horas mínimo. •Luego de allanado se pasara la fibra vegetal de fique o yute de manera longitudinal. -Luego se realiza el texturizado mediante el cepillo de texturizado que podrá ser manual o sobre la maquina pavimentadora; la huella que debe dejar el peine será de 3-6 mm. •En la construcción de la capa de rodadura, cuando se realicen juntas, estas podrán sellarse con sello de silicona o sello de aplicación en caliente. -Luego del sello se aplica la tirilla o cordón de respaldo (ASTM D5249) que deberá ser aproximadamente 25% mayor que el ancho de la junta; y si es junta de expansión, se finaliza con el material de relleno, que se podrá aplicar en 2 piezas para completar el largo (ASTM D 994, ASTM D 1751 o ASTM D 1752). Todo el proceso de sellado se realiza pasados 21 a 28 días de edad del concreto, estos sellos quedan 3mm debajo de los bordes de la junta. -Si el concreto esta fresco la junta se realiza a espesores mínimos de 0.35 mm. -Si el concreto ya no está fresco, la junta se realiza cortando el concreto con el equipo idóneo, cortando las juntas para un día de trabajo en 8 horas. -Se limpiara la junta realizada mediante riego y secado, luego se coloca el sello por medio del equipo autorizado. •El curado del concreto se podrá realizar usan agua, productos químicos (ASTM C309) o láminas para cubrir el concreto (ASTM C171). -Si se realiza con agua deberá cumplir los requisitos necesarios. -Si el curado se realiza por láminas, se podrá realizar con papel de curado traslapando al menos 20 cm, serán 2 hojas de papel unidas con material bituminoso con cordones o hilos de fibra incrustados en ambas direcciones y no separados más de 32 mm. Si se usa láminas de polietileno será una sola hoja y traslapado al menos 20 cm. •Se abrira el tránsito cuando se alcance una resistencia del 80% de la especificada a los 28 días. Se podrá abrir el tránsito solo luego de 10 días de la colocación del concreto o si la resistencia a flexión es menor a 3.86 Mpa.	•Siempre se realiza un tramo de prueba para comprobar que el equipo y procesos constructivos sea el adecuado, el tramo de prueba es de ± 20 m; si no se tienen los resultados esperados deberá modificar hasta obtener los resultados necesarios. •No se permite el uso de cemento endurecido o vencido. •El uso de aditivos se recomienda cuando la temperatura ambiente sea mayor a 60°C. •La mezcla se podrá hacer en camiones mezcladores si se requiere un pequeño volumen de concreto. •Las barras de amarre no puede ser dobladas y enderezadas, a menos que asi se indique en el proyecto. •Se requiere colocar parrilla de refuerzo en losas que tengan alguna de las siguientes condiciones: Una longitud de losa ≥ 24 veces el espesor de la misma, relación largo/ancho > 1.4, losas de forma irregular (diferente a cuadrada o rectangular), losas con aberturas en su interior para pozos de inspección o sumideros, losas donde no coinciden juntas con losas adyacentes. •En el proceso se extensión y compactación se podrá realizar por medios manuales si las sonas son inaccesibles o tiene una pequeña dimensión. •Otro tipo de curado podría ser mediante humedad, se realiza cubriendo la superficie con telas de algodón, arena u otros productos de alto poder de retención de humedad.

Chile	•La fabricación de la mezcla se realiza a la dosificación especificada y con un control de esta. -Se debe realizar una optimización de la granulometría se debió dosificar basándose en el método Shilstone para la trabajabilidad. -Se podrá incluir fibras en la mezcla. -Se incluirá aditivos según las recomendaciones establecidas por el fabricante. -La mezcla se hace cargando parte del agua al principio, luego los agregados, finalmente el cemento y el agua (si es necesario las fibras y/o aditivos), el tiempo de mezclado dentro de la hormigonera deber ser superior a los 1.5 minutos y menor a 5 minutos. •La mezcla se transporta al sitio para su extensión (velocidad de máximo 20 km/h) -Si se transporta en camiones con tambores mezcladores y se requiere agregar agua para ajustar la mezcla, se realiza en un plazo máximo de 15 minutos y girar el número de revoluciones necesarias. -Si se transporta en camiones tolvas debe ser en un plazo máximo de 30 minutos hasta la colocación. •Previa a la colocación, la superficie que servirá de apoyo deberá estar limpia y tener las características necesarias. (Si la capa es subyacente es una subbase granular, se humedece antes de colocarla) -Se preparan los moldes fijos o deslizantes; los fijos deben tener un líquido desmoldante, que normalmente es aceite mineral u otro compuesto aprobado que no manche el hormigón. •La colocación del hormigón se realiza de manera continua, evitando segregaciones, con una cantidad de 2 m3/hora/pista/cm de espesor. (No se podrá colocar si este tiene una temperatura mayor a 35°C) -En el proceso de la colocación, si se detiene este proceso más de 45 minutos se realiza inmediatamente una junta. -Se coloca el hormigón sobre el molde fijo o deslizante, junto a esto se vibra el hormigón. -Si es por molde deslizante debe esparcir, enrasar y compactar el hormigón. Estas no se pueden desviar de la guía más de 30 mm, también la distancia entre los elementos que sostienen la guía debe estar a máximo 10 m en recta y 5 m en curva. •La realización de las juntas será a 2.5 mm de ancho y a 1/4 del espesor de losa o a 1/3 si tiene fibra estructural. Se realiza cortando mediante el aserrado de una hendidura en el pavimento, luego colocando un cordón de protección y cuando se vaya a aplicar el sellante se retira. -Las juntas transversales se realizan luego de terminada la capa o cuando sean pausas de 45 minutos. -En el centro del pavimento se insertan barras de acero grado A630-420H o A440-280H cada 300 mm. Si la losa es de espesor mayores a 18 cm se usan barras de 32 mm de diámetro y 460 mm de longitud; y si la losa es de 12-18 cm se usa barras de 25 mm de diámetro y 400 mm de longitud. -Si son juntas de contracción transversales cada 4m o más, con 3-4 mm de ancho y a 3/4 de espesor. -Si son juntas longitudinales de contracción o juntas de construcción son cada 3.5 m, de 3-4 mm de ancho y a 1/3 de espesor o profundidad. Se colocan barras de amarre de forma perpendicular a la junta y en el centro de la capa. Las barras de amarre se colocan cada 650 mm y son los tipos A630-420H o A440-280H de 650 mm de longitud y 12 mm de diámetro. •El sellado de las juntas solo se podrá hacer cuando la temperatura sea superior a 5°C y menor a 30°C. El sellante se aplica y debe quedar a 4-5 mm del borde de la superficie. •Las terminaciones se realizan luego de esparcido y compactado, con equipo autopropulsado, este dejara la superficie pareja y uniforme. (En caso de moldes deslizantes podrá usarse equipo automático) -Luego se redondean los bordes del pavimento en un radio de 6-10 mm. -Se finaliza realizando la textura del pavimento, usan escobillones, pasando estos de manera transversal y a profundidad de 1-1.5 mm (Podrá ser otra profundidad si así se indica). Este proceso se realiza al pavimento en estado fresco. •El curado se realiza por mínimo 7 días luego de terminado y se realiza casi siempre con compuestos líquidos (Siempre al final se aplica membrana de curado): -Se puede realizar con neblina de agua, láminas impermeables o reductores de evaporación. -Si se usa neblina de agua esta se aplica con esparcidor, de modo que sea una llovizna y no a presión. -Si se aplica retardador de evaporación cuando se encuentre una tasa de evaporación cercana o mayor a 1 kg/m2/h. Aplicada en la dilución recomendada por el fabricante, aplicándolo por aspersión fina o neblina, para no alterar la terminación del pavimento. -Se finaliza con una membrana de curado, aplicando como mínimo 0.2 L/m2 (tolerancia de aplicación de ± 5%); este se podrá realizar si la temperatura es mayor a 4°C. •Se permite abrir al tránsito cuando este juntas este selladas, la superficie este limpia y tenga una resistencia a la compresión ≥ 30 Mpa o que este solo 5 Mpa por debajo del especificado.	•La dosificación de la mezcla debe presentarse 45 días antes. •Se realiza una cancha de calibración donde se realizan todos los ajustes constructivos, será una sección lineal de 100 m (primeros 100 m de la carretera) -Se realiza una sección de prueba usando hormigón de prueba de al menos 120 L en la planta de hormigón, •Para la realización de la mezcla no se podrá usar cemento almacenado más de 3 meses (Podrá extenderse el plazo si se comprueba cumple con las especificaciones), tampoco si presenta signos de meteorización. -Material de curado podrá almacenarse 6 meses sin deteriorarse. -El cemento solo se podrá almacenar en pilas de 10 sacos y separados de la pared 15 cm. -Los agregados grueso y fino se acopiaran de manera separada -Las fibras se transportan en sacos, cajas u otro. •Se podrán hacer juntas transversales de dilatación de la forma y cuando se especifique. •Durante todo el proceso de la pavimentación si el sitio no permite el uso del equipo adecuado, se podrá usar otros equipos que funcionen en el sitio. •El proceso de construcción si se aprueba se podrá realizar con procedimientos alternativos, casi siempre esto pasa en casos especiales. -Si la temperatura es menor a 5°C y del aire menor a 10°C en los siguientes 3 días, se podrá colocar el hormigón a 13°C para espesores ≤ 30 cm y 10°C si es > 30 cm. -La elaboración del hormigón dependerá de la temperatura de colocación, nunca será 11°C encima de este mínimo, que es 13°C y 10°C: Para temperatura ambiente de 0-5°C una fabricación de 16° si se coloca a 13°C y 13°C si se coloca a 10°C; si la temperatura es de -18°C-0°C será 18°C y 16°C y para menores a -18°C será de 21°C y 18°C. -La etapa de protección se debe buscar protegerlos de cambios de temperatura, humedad, factores externos como viento, lluvias o nieve; se protege cuidadosamente hasta que tenga una resistencia flexotracción de 0.4 Mpa, el hormigón no se puede congelar y descongelar hasta no alcanzar la resistencia flexotracción de 3 Mpa. Y además alcanzar un porcentaje de resistencia respecto a la del proyecto, será del 50% para temperaturas sobre 0°C, de 65% si es de 0 a -4°C, de 85% para -5 a -9°C y del 95% para menores a -9°C. Se protegen con aislantes térmicos. Se finaliza enfriando el hormigón donde la superficie no debe exceder a 28°C las primeras 24 horas.

España	•Para la mezcla: -Se acopia los áridos de manera separada y en alturas ≤ 1.5 m, con un numero de fracciones ≥ 3. Si están sobre terreno natural no se usan los 15 cm inferiores; para empezar trabajos, si es en tráfico T00 a T2 se debe tener acopiado más del 50% del material a usar en 1 mes. -La cantidad de cemento será la necesaria para 1 jornada y media de trabajo. -Se realiza la mezcla, donde las tolvas deben estar cargadas del 50-100% de capacidad. El amasado se realiza de forma que se obtenga una mezcla homogénea, añadiendo la cantidad de agua necesaria para alcanzar la relación agua/cemento fijado (Los aditivos líquidos o en masa se añaden al agua y si es en polvo junto al cemento o áridos); el tiempo de realización de la mezcla será el establecido en la fórmula de trabajo. •La capa base o de superficie donde ira el pavimento deberá cumplir con todas las especificaciones necesarias. Se usarán membranas con solapes > 15 cm, se usan para la separación del pavimento de capa base cuando esta capa es de hormigón magro. •Se colocan las armaduras de ser necesarias (Pavimento de armado continuo), donde longitudinalmente serán barras corrugadas de acero BS500S o BS500SD y transversal siendo o barras corrugadas o alambre. -El diámetro para longitudinales es ≥ 20 mm para pavimentos con espesor ≥ 22 cm y ≥ 16 mm el resto de casos. Para transversales será 12 mm. -Estas se colocarán atándose con alambre o mediante soldadura. Si se realiza por amarre se solapa a una longitud ≥ 30 diámetros (Si se usa extendedoras equipadas con trompetas se realizan las uniones por soldadura o manguitos y los solapes por soldadura). -La armadura trasversal irá debajo de la longitudinal, esta última con recubrimiento ≥ 7cm. -La armadura ira interrumpida 10 cm a cada lado de una junta de dilatación. •El transporte se realiza de forma continua y la mezcla deberá ser uniforme. •La extensión del hormigón se realiza de forma que no produzca segregaciones, con una caída máxima de 1.5 m desde el vehículo de transporte a la superficie, con la pavimentadora de encofrados se realiza todo el proceso de extender, vibrar y enrasar de manera uniforme, o además un fratasado mecánico para una terminación regular y homogénea (Si hay 2 carriles se realizan los 2 carriles al tiempo) -La extensión se realiza a velocidad ≤ 60 m/h; además, delante de la pavimentadora debe tener suficiente hormigón al frente de 10 cm máximo de altura. -La descarga del hormigón transportado debe hacerse en un periodo de máximo 45 minutos luego de introducir el cemento en la amasadora. -En caso de realizar la extensión y demás procesos junto a una capa existente, esta deberá tener una edad mínima de 3d. -En caso de ser de 2 capas se usa el fratras para extender la capa superior y luego se arrastra una arpillera mojada para borrar las huellas. Además, se debe asegurar su adherencia, done no podrá pasar más de 30 minutos entre extensiones. -No podrá transcurrir más de 1 h desde la fabricación del hormigón y su terminación (Se podrá aumentar a 2h si se retrasa el fraguado) •Si se realizan juntas transversales serán cada 3-5 m. (Para pavimento de armado continuo será sin juntas transversales de contracción y dilatación) -Las juntas se podrán hacer en fresco solo si es tráfico T2 a T4. -Se usarán pasadores para las juntas (barras lisas de acero de 25 mm de diámetro y 50 cm de longitud), donde se protege uno de los extremos se protege con caperuza de 50-100 mm, se rellena con material compresible que permita el desplazamiento original o superior del material de relleno de la propia junta. -Los pasadores irán paralelos entre sí, se insertan en por vibración o antes del vertido del hormigón. -Las barras de unión usados deben ser barras o alambres corrugados de acero de 12 mm de diámetro y 80 cm de longitud, deben quedar colocadas a 1/3 central del espesor de la losa. •Para las juntas de dilatación se aplica material de relleno, el cual debe ser compresible y a un espesor de 15-20 mm. •Para la realización de juntas longitudinales, si se realiza en fresco se usa algún material rígido que no absorba agua o tiras de plástico con espesor de 0.35 mm. (Se realiza en fresco solo si es tráfico T2 a T4) •La textura del pavimento se podrá hacer mediante limpieza del pavimento se hará con barredora mecánica y equipo aspirador, aplicando un retardador 15 minutos antes de puesta en obra. También se podrá realizar una textura superficial con el cepillo de púas •Se realiza el curado aplicando un producto filmógeno luego de terminada a una dotación ≥ 250 g/m2 (Si no se aplica inmediatamente se aplica una membrana que se retira en el barrido); el curado también se aplica en bordes de juntas. -En tráficos T3 y T4, el curado se podrá hacer por humedad, usando material de alto poder de retención de humedad. -En zonas de posibles heladas se protege el curado mediante una membrana. -Zonas de recubrimiento deficiente se vuelve a aplicar el curado 1 hora después del primer tratamiento. -El tiempo de curado dependerá de las condiciones ambientales existentes, será estimada mediante una formula establecida. •Se realiza el sellado de las juntas transversales 24 horas después de puesta en obra y longitudinales será después de 24 h y menos de 72 h. (si se prevé heladas se realizan al tiempo) -El proceso consiste en limpiar el fondo de la junta, se coloca el obturados o cordón; luego se aplicara el sellante. •La apertura de circulación se realiza luego de 7d de terminado el pavimento.	•Se realiza un tramo de prueba ≥ 200 m; donde se probara la fórmula de trabajo (Todos los procesos constructivos junto al equipo a usar), donde se determinara si es aceptable y se cumple lo buscado. •El cemento se recomienda no almacenarlo más de 3 meses para clase de resistencia 32.5N y de 2 meses para clase de resistencia 2 meses. -El cemento podrá venir envasado, debe tener el marcado correspondiente y con tolerancia de suministro de -2 a 4% (Máximo 1kg por envase) •El producto filmógeno no se podrá almacenas más de 6 meses -Los aditivos en seco se almacenan en sitios secos y ventilados; si es líquido o pulverulentos diluidos en agua se almacenarán en depósitos estancos y protegidos de las heladas. •En la realización de la mezcla, si la amasadora se para más de 30 minutos se debe limpiar perfectamente. •Para el cable de guiado en pavimentadora de encofrado deslizante se usan piquetes cada máximo 10 m y si es en curvas será 5 m. (Desviación de cable no podrá ser mayor a 1 mm) •Los pasadores si no se insertan por vibración en el hormigón fresco, se disponen sobre una cuna metálica sólida y con uniones soldadas, la cual se fija a la superficie de apoyo. •En la construcción de la capa, si la temperatura ambiente es mayor a 30°C se controla la temperatura del hormigón, que no podrá pasar los 35°C. Si es en tiempo frío la temperatura de la masa no podrá ser menor a 5°C. •Las juntas transversales siempre se debe tratar que queden con juntas a una de contracción o dilatación. -Si es pavimento de hormigonado continuo se evitan las juntas transversales.

Estados Unidos	•Las mezclas se realizan de forma que proporciones un suministro continuo. -El material árido se debe acopiar en pilas de máximo 1 m -En la realización se descarta áridos mezclados con cemento que no se han descargado en 1.5 horas -En la realización de la mezcla si es en planta central, se debe mezclar al menos 90 segundos -La mezcla se realiza primero con los agregados ingresando, luego el cemento, aditivos y material adicional, por último el agua y se mezcla (Se añade un poco de agua al principio igualmente) -La relación agua cemento será de 0.45, aunque si tiene exposición severa a sulfatos se limita a 0.40. •La superficie debe cumplir todas las especificaciones necesarias, se instalara el encofrado y también los refuerzos de acero •El transporte de la mezcla tendrá un tiempo para realizarse, evitando agregar agua o aditivos para reajustar la mezcla: -Si se transporta en camiones no agitadores, desde que se añade el agua hasta la colocación deben pasar máximo 45 minutos -Si es en camiones agitadores o mezcladores será un tiempo de 90 minutos. Se podrá añadir agua si se conserva la relación agua/cemento y se entrega en 45 minutos desde añadido el agua. •La mezcla será colocada en la pavimentadora, verificando que el concreto tenga una temperatura de entre 10-30°C, además esta deberá estar húmeda o se podrá aplicar una capa de cobertura impermeable; se buscara que se deposite de la manera más continua posible. •Luego, por medio de la pavimentadora si es deslizante se esparce, consolida, regla y se realiza el acabado. -Si es por pavimentadora estacionaria se realiza todo el proceso con la misma, solo que el acabado se realiza con las reglas transversales oscilantes; además, se deberá vibrar con un tiempo máximo de 5 segundos en cualquier punto para consolidar la capa. -La colocación se podrá realizar en 2 capas, nivelando y consolidando la primera y colocando el acero de refuerzo, luego se coloca la capa superior que deberá ser en máximo 30 minutos luego de la primera capa (Si no cumple esto se retira la capa) •Los pasadores deben estar libres de distorsiones, se les aplica una capa protectores o rompedores preaplicados •Se realizan las juntas se realiza cuando el concreto está en estado plástico cortando la capa, colocando las barras y luego vibrando el concreto de nuevo. -Se realizan las juntas hasta 1/3 de la profundidad de la capa, coloque barras de amarre de grado 60 de una longitud de 750 mm y espaciadas cada 750 mm (Asegurarse que las barras de amarre no se muevan). -Todas las juntas se realizan dentro de las 4-24h de colocado el concreto. -Luego de las juntas transversales se realizan las longitudinales -Se finaliza con las juntas de contracción, donde se instalan barras a mitad de espesor, separadas cada 3 m, paralelas a la superficie y aseguradas con una cesta de alambre o implantadas mecánicamente. (Alineación con una tolerancia de ±5 mm) -Si se realizan juntas de expansión será de 20mm de ancho •Las juntas deberán estar limpias y libre de cualquier tipo de material; se limpia con aire a presión o con agua a presión, las juntas deben estar secas. Luego se colocará la varilla de respaldo o cordón y se finaliza aplicando el sellante. (la varilla de respaldo debe ser capaz de soportar incluso la aplicación de sellante en caliente) -Se realiza un reservorio luego de 72 horas de hecha la junta, donde ira el sellante. -Si se aplica el sellante en caliente mediante un fundidor de doble caldero o un aplicador (La temperatura ambiente sea mayor a 10°C) -Cuando se utilicen sellos elastoméricos preformados, aplique un lubricante-adhesivo en las caras y lados de las juntas de los sellos para facilitar la instalación y asegurar el sellado en la junta -El sellante debe quedar 3 a 8 mm por debajo del nivel del pavimento. -En las juntas de expansión se hace rellenando con material preformado continuo. •Se realiza el acabado final realizando la textura sin desgarrarla , proporcionando surcos de 1.5-3 mm de ancho y 3-5 mm de profundidad, cada 10-20 mm. •El curado se realiza por rociado de niebla, se aplica agua a la superficie de manera provisional y luego ira el tratamiento final: -Se protegerá la superficie con mantas u otro material cuando la temperatura sea ≤ 2°C. -Si el curado es por polietileno se cubrirán incluso los bordes con este mismo, realizando traslapes de 450 mm. -Si es por membrana se aplicara en una tasa de 5 m2/L. -Se realiza el curado durante al menos 3 días; protegiendo el concreto al menos 10 días o alcance una resistencia a compresión de 15 Mpa. -Se permite el transito luego de 14 días.	•En la realización de la mezcla se revisa las mezcladoras, que deben estar limpias y operativas, reparando o reemplazando las cuchillas cuando muestren 20 mm de desgaste. •Las formas o encofrado debe tener una variación máxima de 3mm en 3 m •Previa extensión de la mezcla se debe verificar que la superficie no este congelada. •La membrana para el curado se podrá almacenar máximo 6 meses. •Se podrá usar equipo manual cuando se las distintas condiciones hagas de este necesario.

Sudáfrica	•La mezcla tendrá un suministro ininterrumpido, además se realizara con la dosificación adecuada, evitando manipular lo menos posible el material -La mezcla podrá ser proveniente de un proveedor comercial de concreto premezclado (Deberá ser auditados por la ISO 9002, ISO 14001, ISO 39001, OHSAS 18001 y SANS 50206) -Para la mezcla una relación agua/cemento de 0.5 -Si la mezcla tiene un contenido de aire esta deberá ser de 2-4%. -El aditivo agregado en líquido, si supera la cantidad de 3 L/m3 de concreto, esta se añade al agua. -El cemento si se apila será máximo de 12 bolsas, el árido se protege de contaminación por sal (Si se expone a temperaturas mayores a 30°C se rocia con agua) -También se podrá añadir a la mezcla fibras, pigmentos y agentes colorantes -Se deberá mezclar por lo mínimo 90 segundos (Se podrá reducir este tiempo pero nunca menor a 50 segundos) •La superficie donde ira la capa deberá cumplir con todas las especificaciones pertinentes, se aplicara una capa de imprimación a la capa subbase estabilizada con cemento y si es estabilizada con emulsión bituminosa deberá aplicarse betún neto a 0.3 L/m2. Al menos una hora antes de aplicar el concreto se debe curar con agua y en el momento de colocar la mezcla se retira el exceso de agua. •Se instalarán los encofrados laterales, no podrán desviarse más de 3 mm en ningún lugar. También se colocara el refuerzo de acero y la malla de acero. -Se instalaran los pasadores de amarre los cuales deberán quedar en medio de las dos losas (Mitad para cada una) -También se colocaran los pasadores de transferencia que se fijaran soportes que no sobresalgan más de 150 mm de la junta, estos se fijan a la subbase para evitar alteraciones (Se podrán colocar mecánicamente sin marcos si se comprueba que no sufrirá alteraciones) •Se transporta la mezcla desde el sitio de fabricación evitando la segregación o contaminación, el tiempo desde entremezclar el cemento y agregados hasta el momento de colocar y compactar el compactar el cemento será de máximo 60 minutos y si es por camiones agitadores será máximo 45 minutos, ni 30 minutos si la temperatura del concreto es mayor a 30°C. •El descargue del concreto deberá ser a temperaturas ≤ 32°C en climas cálidos, -La descarga del concreto se realiza a la pavimentadora de forma que esta realice su proceso de manera continua. •Se deberá evitar la temperatura del concreto caiga por debajo de los 5°C en las primeras 48h •La extensión se realiza de manera constante, reduciendo arranques y paradas; se realizara hasta obtener una densidad uniforme, sin segregaciones. -Si se realiza por encofrado lateral, esta realiza la extensión y nivelado; otros procesos como vibración y acabado se realiza con el equipo adecuado, el acabado deberá ser liso y a nivel -La pavimentadora si es por encofrado deslizante, realizara todo el proceso de extender, consolida y se realizan los acabados finales; toda la parte de alineación deberá se controlado por cables guías. •La finalización se realiza a todo lo ancho de la carretera con el finalizador, alineando y nivelando la superficie ya sea con cable guía o sistema 3D. •Se realiza el paso de la arpillera, que serán 2 capas para dar una cobertura uniforme y efectiva, se podrá usar más capas de arpillera si es necesario. •Luego se hace el texturizado con púas de ranurado donde deberán realizarse a profundidad de 2-4 mm -El tiempo desde su colocación a compactación y acabado será de máximo 2.5 horas desde el mezclado, reduciendo este tiempo 30 minutos por cada 5°C que el concreto supere los 20°C. •El curado deberá aplicarse en una dosificación de 0.35 L/m2 por medio de dispersión para no cambiar la apariencia del concreto; deberá estar endurecido en un plazo de máximo 30 minutos, no deberá haber pérdida de estabilidad, cambio de color o disminución de eficacia. -Se mantiene intacta durante 7 días. •Se realizan las juntas longitudinales si se construye en más de una franja y transversales al final de cada jornada; las juntas de longitudinales se realizan en las primeras 24 h y selladas a las 48h de terminado el pavimento; las juntas de expansión se realizan en las dimensiones necesarias, se coloca el material de relleno y luego el sellante. -Para aplicar el sellante se limpiarán las juntas mediante un chorro de agua a alta presión en toda la profundidad para eliminar toda la materia fina y producir ranuras para las juntas libres de polvo, luego se seca con aire a presión de 700 kPa, se coloca el cordon de soporte o en su caso juntas de expansión el material de relleno, se finaliza con el sellante y deberá quedar de entre 5-7 mm de la superficie.	•Se realiza un tramo de prueba donde se simule el proceso constructivo para comprobar que todo cumpla con lo especificado, se realizan cambios donde sea necesario. •Se debe cesar con las operaciones si la evaporación predominante sea ≤ 1 kg/m2/h •Todos los materiales cementosos deben protegerse de la humedad y se almacenan a temperaturas inferiores a 45°C -La malla deberá tener un total de intersecciones soldades recibidas ≥ 96% y ≥ 80 % del número de intersecciones soldadas a lo largo de cualquier alambre. •Durante la mezcla, si se para por más de 30 minutos se deberá limpiar a fondo la mezcladora. •Los pasadores también se podrán colocar en concreto plástico pero con equipo que coloque estos pasadores en la posición correcta. •El texturizado se podrá hacer con escoba o peines de mano en caso de no poder usar el equipo idóneo. •Para el curado podrá ser mediante equipo manual cuando no se pueda usar el autopropulsado.
Australia y Nueva Zelanda	•Para la mezcla se presenta una dosificación estándar: Agregado grueso un 48% en masa, agregado fino un 32%, cemento un 12%, cenizas volantes un 3%, agua un 6% y relación agua/cemento de 0.40-0.45% -Contenido de cemento será mínimo 280-300 kg/m3 -Si la mezcla tiene cemento tipo GB se incluyen 5% de cenizas y/o escoria de alto horno de hierro granulada; y 10% de humo de sílice. -El aditivo inclusor de aire es obligatorio como ayuda en encofrado deslizante y evitar el sangrado. (No es muy usado debido a que requiere un muy alto control de producción) -El aditivo retardante de fraguado, así como el reductor de agua se usan en verano. Los retardadores de fraguado es bueno añadirlo unos minutos después que el cemento tuvo contacto con el agua, así presenta tiempos de fraguado más largos. Reductores de agua como la lignia presentan un efecto en la cohesión ya que atrapa entre 1.5-2% de aire.	•Se realiza una mezcla de prueba donde se verifique que cumpla con todas las especificaciones necesarias, esta podrá realizarse en el sitio; con esto se certifica no solo la calidad de la mezcla sino todo el proceso constructivo, incluyendo el equipo y componentes usados. Expectativa de vida será de 30-40 años. •Se recomienda una subbase de concreto ligado o mezcla pobre y una base de concreto. •Se incluye otro tipo de pavimento, el cual está constituido por adoquines

-Si se añaden fibras de acero, estas serán de 15-50 mm de longitud, añadiendo normalmente de 35-55 kg/m3 de concreto.
-No se producen pigmentos para colorear el concreto.

•Se podrán construir los siguiente tipos:
-Concreto simple limitadas por juntas (PCP), donde las juntas de contracción transversal podrá ser sin pasadores con un espaciado máximo de 4.2 m y si tiene pasadores serán espaciadas cada 4.5 m
-Concreto reforzado con juntas (JRCP), donde las juntas de contracción transversal con pasadores serán espaciadas cada 8 m, el acero de refuerzo longitudinal ira sobre el transversal.
-Concreto reforzado continuamente (CRCP), no hay juntas de contracción transversal, con mayor refuerzo que el JRCP e induciendo grietas transversales cada 0.5-2.5 m
-Concreto reforzado con fibras de acero articuladas (SFCP), ideales para formas irregulares.
-Todos los tipos de tendrá juntas longitudinales máximo cada 4.3 m, con pasadores de unión (barras de unión), la anchura total se limita a 3 carriles (16 m)

•Se transporta el concreto desde la planta hasta la obra, evitando segregaciones o pérdida de material, se tendrá un tiempo de entrega:
-Si se transporta mediante camiones mezcladores serán un tiempo de 90 minutos, y si es por volquetas será de 45 minutos
-Se podrá remezclar el concreto justo antes de entregado si es necesario.
-El retemperado se realiza dentro de los 30 minutos (> 25°C) o 40 minutos (≤ 25°C) desde el momento de mezclado, ya sea en planta o móvil. El tiempo de retemplado es de mínimo 2 minutos.

•La superficie donde debe ir la mezcla deberá cumplir todas las especificaciones necesarias, incluso se podrá colocar algún producto desvinculante.
-El refuerzo se colocara permitiéndole una cobertura de 70 mm (para autopistas, podrá ser menor en los otros casos)
-Se colocaran los refuerzos de acero de ser necesarios, donde el refuerzo longitudinal se realiza para inducir grietas transversales (Grietas cada 0.5-2.5 m) con un ancho de 0.5 mm máximo. Usando barras de 16 mm de diámetro para barras longitudinales, traslapadas a una distancia de 450 mm y a 2m de zonas de alta tensión (Otra forma es traslapando escalonado cada 3 barra y con una distancia de traslape de 1500 mm)
-Cuando sea de concreto simple y las losas sean de longitudes más largas que las que deberían, se colocaran mallas electrosoldadas en el tercio superior de la capa para evitar agrietamientos transversales. Los mismo para cuándo será concreto reforzado con juntas, pero acá se controla que no se abran las grietas.
-Se colocaran malla para pavimentos tipo JRCP.
-Las barras longitudinales y transversales deberán pasar 50 mm mínimo hacia la otra losa.
-Se usaran las barras de unión (Pasadores de unión) se utilizan en las juntas longitudinales, suelen ser de 12 mm de diámetro, 1 m de largo y grado 500N. Se ubicarán a la mitad de la profundidad de la base.
-Se colocarán los pasadores (De transferencia) se usan en las PCP y JRCP, son barras de acero lisas de 28-32 mm de diámetro, 450 mm de longitud y separadas cada 300 mm (Si es en pavimentos continuos será ensamblados en jaulas de soporte). Si son juntas de contracción transversales dentro de 45 m de un pavimento, no iran pasadores.

•La colocación del concreto no podrá hacerse si se tiene una tasa de evaporación ≤ 1 kg/m2/h
-Previo a la colocación del concreto se podrá realizar un proceso de remezclado (1 minuto)
-El espesor de la losa es aproximadamente de 250 mm.
-Si es por encofrado deslizante, se realiza a una velocidad de 1m/minuto, donde la pavimentadora deberá estar alineada, a una profundidad máxima de pavimentación de 450 mm, con vibradores cada 400-450 mm. La pavimentadora realizará todo el proceso de extensión, vibrado, nivelación y acabado de la capa (El proceso de vibrado será de 10 a 20 segundos). Se usa pavimentadora de 2 carriles o 4 carriles si es una calzada o multicalzada.
-Lo más común es la colocación del concreto en climas con temperaturas altas (Temperatura ambiente de 30-35°C), donde se tienen tiempos de fraguado cortos y endurecimiento temprano, perdida de fuerza y mayor tendencia al agrietamiento, peligro por formación de juntas frías y grietas no planificadas. Se debe tomar precauciones para estos posibles problemas, enfriando la mezcla, realizar el proceso lomas rápido posible, rociar con alcohol alifático sobre la superficie, realizar el curado para producir hidratación o simplemente realizar las obras en la noche.

•Se realiza el acabado final mediante un texturizado (No es necesario texturizado si la velocidad de tránsito es menor a 70 km/h)
-Para autopistas la textura final se realiza por ranurado o arrastre de aspillera y ranurado.
-Para carreteras principales es por ranurado, arreste de aspillera y granulado
-Para calles residenciales podrá ser por arrastre de aspillera, llaneado con madera, barrido, plantilla, estampado y exponiendo los agregados
-Si se realiza por ranurado se logra arrastrando un peine de acero de manera transversal (Podrá ser longitudinal); si es por arrastre de aspillera se usa una tela mojada que se arrastra para generar la textura; otro método es el barrido donde se realizan texturas gruesas en zonas de pendientes pronunciadas o mucho tráfico, en cambio una textura suave o fina para casos de bajo tráfico; el método de exposición de agregados es mediante la eliminación del mortero de superficie (Agregado queda expuesto); el texturizado por llaneado de madera es para tráficos bajos, es realizando líneas con el mismo; otra forma es mediante el estampado, donde se puede hacer patrones de rejilla simples, como adoquines de piedra azul y se finalizando con barrido.
-Todas las superficies pueden ser coloreados, donde no se recomienda usar pinturas debido a la abrasión del tráfico, a menudo se colorea mediante la adición de un óxido mineral al diseño de la mezcla.
-El ranurado transversal será de 0.6 mm de profundidad y 3 mm de ancho, separados cada 10 a 21 mm, se realizan de forma aleatoria.
-De forma opcional se podrá realizar el texturizado mediante rectificación con diamante de bajo ruido.

•El curado se podrá realizar luego de 20-60 minutos de realizado el texturizado, el curado es mediante agua (Prevenir o contrarrestar la evaporación), medios impermeables (Para minimizar la pérdida de agua de los poros) o aplicando calor mientras el concreto está húmedo. También, para reducir la velocidad de operación se usa arena, arpillera y estopa.
-Si se usa una lámina, se instalarán cuando se alcance un endurecido de la superficie. Este podrá mantener la humedad por al menos 7 días.
-Si se usa emulsión de cera para PCP y CRCP se realiza un tratamiento desvinculante con sellado bituminoso con árido de 7 mm.
-Si se usa emulsión de cera o resina de hidrocarburos para JRCP será un tratamiento con tratamiento desvinculantes.
-Emulsión de cera esta sellado y con sellado bituminoso con árido de 7 mm.
Todos se terminan con sellado bituminoso con árido de 7 mm
-La tasa de aplicación será de 0.2 a 0.4 L/m2 (2 aplicaciones separadas cada 15-30 minutos con cada una 0.2 L/m2)
-El curado debe durar entre 3 a 10 días.
•Se realizan las juntas cortando la capa a una profundidad de 25-30 mm si son juntas transversales o longitudinales, y los anchos será de 3-6 mm para juntas longitudinales y de contracción; limpiándola, colocando una tira de caucho o cordón con ancho ligeramente mayor que el corte de sierra, y aplicando un sellante de silicona.
-La realización de corte de juntas para un corte de 400 m en un pavimento de un carril se tardara más de 6 horas en hacerlo. (Este corte se podrá hacer justo terminados los acabados cuando el concreto esta aun fresco)
-La limpieza de la junta se realiza con aire comprimido; se podrá realizar a chorro libre solo si no deja sustancias nocivas o dañe las juntas
-Se podrán usar selladores moldeados que se vierten o inyectan con pistola en un depósito de sellador o selladores en caliente, aunque estos últimos no son tan usados. Otro tipo de sellador que fue reemplazado por el de silicona son los selladores preformados como sellos elastoméricos de neopreno precomprimidos y corcho autoexpandible.
-Las juntas al final tendrán un ancho de 8 mm para losas de 4.2 m, 10 mm para losas de 5 m, 15 mm para losas de 7.5-10 m, 20 mm para losas de 12-15 m. Y una profundidad de 15 mm para losas de 4.2-10 m y de 20 mm para losas de 12 y 15 m.

prefabricados de cemento, aunque solo para uso en subdivisiones industriales, subdivisiones residenciales y áreas comerciales.
•Las mallas deberán tener un máximo de 1% de soldaduras rotas.
•Se deberá proteger al concreto de que su temperatura no caiga debajo de 5°C en las primeras 24 horas, usando si se requiere, lonas o alfombras recicladas.
•El vibrado se puede realizar manualmente sobre todo en zonas de transición, aunque considerando que la regla vibratorio no compacta eficazmente los bordes, por eso se usa en conjunto con vibrados interno; la regla vibratoria solo es eficaz con 2 pasadas a una velocidad de 0.5-1 m/minuto.
•El texturizado si se realiza por arrastre de arpillera (Tela) mojada, se podrá realizar tanto longitudinal como horizontalmente y así formas especies de ondas.
•Se realiza en capas terminadas un carril de acarreo temporal para que circule el equipo, esta capa es de 300 mm de espesor e ira sobre el pavimento

Tailandia	•La mezcla se realiza de manera homogénea de manera consistente dentro del tiempo requerido y sin separación. -Cantidad de cemento será de 350 kg/m3, proporción de peso agregados-cemento será máximo 7:1 y relación de agua/cemento ≤ 0.55 -Previo a verter los materiales para realizar la mezcla, se agregada un poco de agua. Luego se agregan los materiales como agregados, cemento, aditivos y agua para realizar la mezcla. Si el mezclador tiene capacidad de 1 m3 será un tiempo de mezclado de 50-70 segundos; si es de 2-5 m3 será > 90 segundos y si es para capacidad > 5 m3 será un tiempo > 120 segundos. -En la realización de la mezcla no se podrá sobrepasar la capacidad de la mezcladora en más de 10% -La mezcla si se realiza con camiones mezcladores, este se realiza a una capacidad máxima del 60%; mezclando el concreto por no menos de 70 revoluciones y no más de 100 revoluciones (Podrán reducirse pero nunca menos de 50 revoluciones); deberá ser a una velocidad de mezclado de 2-6 rpm -La mezcla si es en una planta, se debe realizar el mezclado máximo 30 minutos después de añadidos los materiales y terminada en 45 minutos. (Para camión mezclador se debe iniciar la mezcla máximo 30 minutos después de agregados los materiales) •Se transporta la mezcla hasta el sitio de construcción, esta deberá mantener su homogeneidad hasta llegar al sitio. -Si se transporta en camiones sin mezclador se debe descargar dentro de 30 minutos luego de que en la mezcla se añadiera agua. Si es en camiones con mezclador será dentro de 45 minutos. •La superficie donde se realizara la construcción de la capa, deberá cumplir todas las especificaciones necesarias, además deberá estar húmeda (No formar pozos de agua) •Se colocara el refuerzo de acero, que podrá ser con barras de acero o malla, alejándolo de los bordes del panel ≤ 50 mm. -También se instalan los pasadores de refuerzo o también llamadas barras de anclaje, la cual se cubre mitad con asfalto o pintura a base de aceite, luego se cubre con cera en otro capa adicional. -Se instalan los pasadores de unión o llamadas barras de atado. Para instalarlas se usa una funda que podrá ser de metal o material sintético, el cual ajusta a una profundidad ≥ 50 mm; se colocaran máximo 3 cada 3 metros. •Se realiza la instalación del encofrado si se realizara la pavimentación de forma fija, donde se preparan al menos los 100 m del día siguiente. •Se realiza la pavimentación de forma fija o de forma deslizante -Si es por forma fija deberán realizar una distribución del concreto de manera uniforme, si es por tornillo se distribuye a la derecha e izquierda, si es por paletas es desplazándose hacia adelante. Se realiza la vibración del concreto cuidando no golpear los bordes de la forma fija, las juntas, los refuerzos de acero u otros componentes preparados; luego se pasara la regla de acabado para eliminar las ondas causadas por el vibrado (Inclinada hacia atrás máximo 1.5 mm) y se finaliza pasando con un tubo de acero o un nivelador de superficie para ajustar el nivel del concreto. -Si es por forma deslizante, el equipo podrá moverse por sí mismo, distribuir el concreto, compactarlo y, según lo especificado, terminar el concreto (Alisar y dar forma al concreto para lograr la suavidad y la forma deseada del pavimento de concreto) -Cuando se realiza refuerzo en 2 capas, igualmente será en 2 capas la construcción de la capa de pavimento; donde el refuerzo ira sobre la capa inferior, luego el concreto de la capa superior debe ser vertido antes de que el concreto de la capa inferior comience a fraguar, pero no más de 30 minutos -No se permite retirar el encofrado antes de que haya transcurrido mínimo 12 horas del vertido del concreto. •Se realiza la texturización del pavimento, barriendo el concreto antes de que empieza a fraguar y generando marcas por barrido de 2-3 mm de profundidad; se redondean 5 mm los bordes de las juntas •Inmediatamente se termina el barrido se empieza con el curado, que se podrá realizar por: Hechos de arpillera o yute; por membrana se aplicara en una tasa de 5 m2/L o por agua -Se podrán usar bolsas para cubrir la losa, se permanece así al menos 72 horas; otra alternativa es mantener el agua en la losa durante esas mismas 72 horas. •Se realizan las juntas de expansión, dentro de ella las barras de refuerzo deben estar mínimo cada 25 mm -Previo al sellado de las juntas, se limpiaran de polvo, grasa, arena y el exceso de mortero; y luego soplado con aire. -Para el relleno de juntas de expansión se usara material preformado, con un ancho de 2.5 mm y deberá quedar 5 mm bajo la superficie. -Si son juntas de expansión que permiten contracción se podrán realizar luego de 6h de verter el concreto, estas deben estar a 30 m de distancia entre sí. Las ranuras deberán estar a 1/4 del espesor y un ancho de junta ≥ 10 mm. -Se finaliza aplicando el sellante en caliente con recipiente de fusión para poderlo hacer. •No se podra abrir el tráfico hasta alcanzar 14 días de terminado el pavimento.	•Se realiza un tramo de prueba donde se evalúan todos los procesos constructivos, equipos y especificaciones. Donde si no se cumplen se rediseña. Un ejemplo es cuando módulo de finura de la arena varía más de 0.20. •Para la mezcla se debe limpiar diariamente la mezcladora, si las cuchillas deben reemplazarse si se desgastan más del 10% -El cemento a usar no podrá tener grumos ni aglomerado. -Las mallas deberán tener un máximo de 1% de soldaduras rotas en un área de 14 m2. •Para la construcción de la capa, sí se está en temporadas de lluvia se deberá proteger la zona de construcción con el equipo adecuado. •Si luego de desencofrado se presenta alguna pequeña imperfección, se nivelan con mortero (1 cemento y 2 de arena) •Se mantendrán señales y cercas para no permitir el paso vehiculas por la capa recién construida.

Nota. Apéndice de la Figura 39

Tabla 59

Ensayos preliminares y periódicos en la construcción del pavimento rígido

País	Ensayos preliminares	Ensayos para verificaciones periódicas	Observaciones adicionales
Colombia	•Ensayos en el agregado fino: Granulometría (ASTM C136-06 y ASTM C117-04); módulo de finura y perdida con sulfato (ASTM C88-05); contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables (ASTM C142/142M-10); contenido de partículas livianas (ASTM C123/C123M-12); color permisible (ASTM C40/C40M-11); contenido de sulfatos (UNE-EN 1744-1 Parte 1: Capítulo 11). •Ensayos para el agregado grueso: Granulometría (ASTM C136-06); desgaste los Ángeles (ASTM C131-06); degradación por abrasión (ASTM D6928-10); resistencia mecánica en seco y húmedo/seco (BS 812 Part 110-1990 y SABS Method 842); perdida con sulfato (ASTM C88-05); contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables (ASTM C142/C142M-10) y contenido de partículas livianas (ASTM C123/C123M-12); partículas fracturadas (ASTM D5821-01), índice de alargamiento e índice de aplanamiento (BS 812-105.1:1989 y BS 812-105.2:1990); proporción de sulfatos del material combinado (UNE-EN 1744-1 Parte 1: Capítulo 11). •Ensayos al acero (debe ser certificado): Ensayo de doblamiento (ASTM A 370) y ensayo de tracción (BS EN 10002-1). •Ensayos al cemento serán: La superficie especifica (ASTM C 204 ó la ASTM C 115-70); la estabilidad (ASTM C151); tiempos de fraguado por las agujas de Vicat (ASTM C191-08); resistencia a la comprensión (ASTM C109/C109M-20b); ensayos opcionales, el falso fraguado (ASTM C451-08), calor de hidratación (ASTM C186), expansión a la acción de los sulfatos (ASTM C 452-89), tiempo de fraguado por medio de las agujas de Gillmore (ASTM C266-89), ensayos de propiedades químicas (ASTM C114) -Para cemento blanco serán los mismos que para cemento normal, pero añadiendo los siguientes: ensayos para tiempos de fraguado (ASTM C266-89) y ensayo de resistencia a la tensión (NTC 119) •Los ensayos para las cenizas volantes y puzolanas naturales calcinadas o crudas serán bajo los métodos de la ASTM C311. •Los ensayos para la escoria de alto horno serán: ensayo de finura (ASTM C204); contenido de aire (ASTM C185), índice de actividad (ASTM C989-89); en requisitos químicos un contenido de azufre en sulfuro (ASTM C114); si se requiere ensayos de escoria total de álcalis (ASTM C1778) y resistencia a compresión (ASTM C109/C109M) •Para humo de sílice serán realizados: ensayos para análisis químico (ASTM C114); porcentaje retenido en tamiz (ASTM C430); fuerza puzolánica (ASTM C311); superficie especifica (ASTM C1069); expansión de resistencia (ASTM C1012); si es requerido prueba para contenido de aire (ASTM C185), reducción de la expansión del mortero (ASTM C441) y resistencia a los sulfatos (ASTM C1012). •Ensayos para aditivos bajo la NTC 1299: Contenido de agua (ASTM C494); tiempo de fraguado (ASTM C403/C403M); resistencia a la compresión (ASTM C39/C39M); resistencia a la flexión (ASTM C78); cambio de longitud (ASTM C157/C157M); durabilidad relativa (ASTM C260). -Los ensayos para los aditivos bajo la ASTM C260 serán los encontrados en la ASTM C233: Tiempo de fraguado (ASTM C403/C403M); resistencia a la compresión (ASTM C39/C39M); resistencia a la flexión (ASTM C78); cambio de longitud (ASTM C157/C157M) y exudación de cantidad neta de agua (ASTM C232). -Para fibras bajo la NTC 5541 (ASTM C1116) serán los encontrados en esta misma norma. -Para colorantes bajo la ASTM C979: Ensayos para análisis químico de pigmentos amarillos, naranjas, rojos y marrones (ASTM D50); propiedades comunes de los pigmentos (ASTM D1208); especificación de color mediante sistema Munsell (ASTM D1535) , Estabilidad de curado atmosférico (ASTM C33) •Ensayos para membranas según la ASTM C309-07 son: Prueba de retención de agua (ASTM C156); Prueba de reflectancia (ASTM E 1347); Prueba de sedimentación a largo plazo (ASTM D1309 o ASTM D869); Prueba de contenido no volátil (ASTM D2369). •Ensayos para sellantes elastométricos de silicona según la ASTM D5893: Propiedades reológicas (ASTM D2202); Tasa de extrusión (ASTM C1183); tiempo libre pegajoso (ASTM C679); efectos de envejecimiento por calor (ASTM C792); dureza (ASTM C661); Elongación máxima (ASTM D412); efectos de meteorización acelerada (ASTM C793) -Ensayos para sellantes elastométricos de poliuretano: Contenido de sólidos; gravedad específica; dureza (ASTM C661); formación de piel (ASTM C679); adherencia al concreto (ASTM C794); envejecimiento acelerado (ASTM C793); resistencia a la tensión y elongación (ASTM D412); resistencia al rasgado (ASTM D412) y capacidad de movimiento (ASTM C719) -Para sellantes preformados: Elongación de rotura, resistencia a la tensión, compresión set, resistencia al desgarro y densidad (ASTM D3575); absorción de agua (DIN 53428) y dureza shore (ASTM D2240) -Para sellantes en caliente según la ASTM D6690-21: Penetración (ASTM D5329); punto de ablandamiento (ASTM D36/D36M); adhesión no inmersa (ASTM D5329); resiliencia, resiliencia luego de envejecimiento y compatibilidad con asfalto (ASTM D5329) •Ensayos para material de curado mediante polietileno blanco o de papel según ASTM C171: Prueba de transmisión de vapor de agua de materiales (ASTM E96/E96M); prueba de reflectancia (ASTM E1347); prueba de resistencia a la rotura por tracción en húmedo de papel y productos de papel (ASTM D829); resistencia al impacto (ASTM D4397); prueba de retención de agua (ASTM C156); prueba de resistencia a la tracción (ASTM D882) y resistencia al impacto (ASTM D1709) -Para membranas de curado según la ASTM C309: Prueba de retención de agua (ASTM C156); prueba de reflectancia (ASTM E1347); Prueba de sedimentación a largo plazo (ASTM D1309 o ASTM D869); prueba de contenido no volátil (ASTM D2369). •Ensayos al agua no potable según la ASTM C1602: concentración de cloruro, sulfato y alcalinos (ASTM C114) y ensayo para total de solidos (ASTM C1603) -Según la normativa colombiana: pH (ASTM D1293); resistencia a la compresión en cubo de mortero (ASTM C109) y tiempo de fraguado respecto al de control (ASTM C403); contenido de Ion Cloro, sulfatos y álcalis (ASTM C114); solidos solubles (ASTM C1603).	•Para el cemento y adiciones suplementarias se realizan 1 ensayo cada mes (3 veces en intervalos normales si dura menos de 3 meses) o cada se modifique el material. •Se realizan 4 muestras de agregados de cada fuente que llegue. -Se realizan 1 por jornada para granulometría, módulo de finura. -Se realizan 1 vez por semana ensayos de cantidad de terrones de arcilla y partículas deleznables, material que pasa el tamiz N°200, índice de alargamiento e índice de aplanamiento. -Se realizan 1 vez por mes ensayos de desgaste en la máquina de Los Ángeles, pérdidas de solidez en sulfatos. -Se realiza ensayo para partículas livianas 1 al inicio, 1 cada cambio de fuente y 1 cada 2.5 meses. -Ensayos para determinar reactividad de los agregados (ASTM C1778), al inicio, cada cambio de fuente, cada 3 o 6 meses si hay o no riesgos. •Se realizan ensayos del agua si no es potable verificando su calidad •Se verifica la calidad del acero cuando se crea conveniente, además deben presentarse certificados de manera periódica con antigüedad de máximo 30 días. •Igualmente verificaciones periódicas de los materiales para sellado de juntas. •Control del concreto: -Durabilidad respecto a penetración del ion cloruro, permeabilidad y contracción (1 al inicio y 1 cada máximo 30 lotes). También se comprueba la dosificación. -1 muestra antes de colocación y comprobar el asentamiento (ASTM C143/C143M-10a); control de contenido de aire en cada uno de los 3 primeros camiones que lleguen. -Al concreto fresco control de peso unitario (ASTM C138/C138M-10b) y densidad (ASTM C642); control de temperatura (ASTM C1064); control del módulo elástico (ASTM C469-C469M-10) -6 vigas primaticas para resistencia a flexión, 2 a los 7d, 2 a los 28d y 2 de testigos (ASTM C78/C78M-10); y 6 cilindros para ensayos a compresión, 2 a los 7d, 2 a los 28d y 2 de testigos (ASTM C39/C39M-12). •Capa terminada se comprueba la irregularidad superficial (NTL 334/8); se comprueba el espesor con 2 testigos por cada uno de los 3 sublotes (ASTM C174/C174M-06, AASHTO T 148-07 y Hazel Azari documento 165 del 2010) -En sitios aleatorios que no coincidan con las juntas se realiza control de textura tomando 3 puntos por lote (ASTM D3665-07). -El día antes de puesta en servicio se realiza ensayos de resistencia al deslizamiento por péndulo británico en puntos determinados por el interventor, 3 puntos por lote en zona tangente y 1 en zonas de frenado frecuente (ASTM E303-93, ASTM E501-08 y BS 7976-1:2002) o por dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (NTL 331-98) -Indice de rugosidad IRI con mira y nivel (NTL 330-98 y NTL 331-98) o con equipo de referencia inercial (ASTM R950)	-Se considera lote la obra ejecutada en 1 jornada de trabajo. -Sublote para espesor será cada uno de máximo 365 m2. -Si el cemento se almacena más de 2 meses almacenado en saco o 3 meses en silos deben evaluarse sus características. -Si en la compactación se considera deficiente se toma 1 muestra cada 350 m3 determinando la densidad (ASTM C642) -Se podrá reducir a 3 ensayos para resistencia a compresión si es un concreto de baja resistencia. -Se considera adecuado cuando 3 resultados consecutivos de resistencia a compresión es igual o excede a la necesaria. (Ningún resultado puede estar debajo del requerido) -El número de punto en control de textura se puede ampliar a 5 si uno de los 3 es insatisfactorio. Y si 10 consecutivos son aceptados se puede reducir la frecuencia de ensayos.

Perú	•Ensayos para el agregado fino: Perdidas de solidez en sulfatos (ASTM C88-2005); índice de plasticidad (ASTM D4318-93); equivalencia de arena (ASTM 4318-93); contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables (ASTM C142); contenido de carbón y lignito (ASTM C123); material que pasa por tamiz (ASTM C117:2013); contenido de materia orgánica (ASTM C40-2004); contenido de sulfatos y de cloruros (AASHTO T260, T290 y T291); absorción de agua (ASTM C128-2012); granulometría (ASTM C163-96a). •Para el agregado grueso: Desgaste Los Ángeles (ASTM C131-06); perdidas de solidez en sulfatos(ASTM C88-2005); contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables (ASTM C142); contenido de carbón y lignito (ASTM C123); partículas fracturadas (ASTM D5821); cantidad de partículas chatas y alargadas (ASTM D4791); contenido de sulfatos y de cloruros (AASHTO T260, T290 y T291). •Ensayos para el cemento bajo la NTP 334.009 (ASTM C150): Composición química (ASTM C114); contenido de aire (ASTM C185); Finura por turbidímetro (ASTM C115) o permeabilidad (ASTM C204); expansión en autoclave (ASTM C151); Resistencia a compresión (ASTM C109/C109M); tiempo de fraguado por Gilmore (ASTM C266) o por vicat (ASTM C191); de manera opcional, ensayo de falso fraguado (ASTM C451), calor de hidratación (ASTM C186), resistencia a la compresión (ASTM C109/C109M), resistencia a sulfatos (ASTM C452). -Cementos bajo la NTP 334.090 (ASTM C595): Composición química (ASTM C114); finura (ASTM C204 y C430); expansión y contracción en autoclave (ASTM C151); tiempo de fraguado vicat (ASTM C191); contenido de aire del mortero (ASTM C185); expansión del mortero (opcional); resistencia a la compresión (ASTM C109/C109M); calor de hidratación (ASTM C186); resistencia a los sulfatos (ASTM C1012). •Ensayos para cenizas volantes y puzolana natural cruda o calcinada para uso en concreto según la NTP 334.104 (ASTM C618), se especifican en la ASTM C311: Composición química (ASTM C114); Fineza (ASTM C430); índice de actividad resistente (ASTM C109/C109M); demanda de agua (ASTM C311); estabilidad en expansión o contracción en autoclave (ASTM C151); densidad (ASTM C188); Opcionalmente, ensayos de incremento de la contracción por secado de las barras de mortero (ASTM C157/C157M); uniformidad (ASTM C185); ensayos de expansión (ASTM C1012). -Ensayos para escoria de alto horno molida y granulada será según la ASTM C989: Finura retenida en tamiz N°325 (ASTM C430) y por contenido de aire (ASTM C204); contenido de aire (ASTM C185); índice de actividad resistente (ASTM C109/C109M); contenido de sulfuro de azufre (ASTM C114). •Los ensayos para los aditivos bajo la ASTM C260 serán los encontrados en la ASTM C233: Tiempo de fraguado (ASTM C403/C403M); resistencia a la compresión (ASTM C39/C39M); resistencia a la flexión (ASTM C78); cambio de longitud (ASTM C157/C157M) y exudación de cantidad neta de agua (ASTM C232). •Ensayos para aditivos bajo la ASTM C494: Contenido de agua (ASTM C494); tiempo de fraguado (ASTM C403/C403M); resistencia a la compresión (ASTM C39/C39M); resistencia a la flexión (ASTM C78); cambio de longitud (ASTM C157/C157M); durabilidad relativa (ASTM C260). •Ensayos para material de curado mediante polietileno blanco o de papel según ASTM C171: Prueba de transmisión de vapor de agua de materiales (ASTM E96/E96M); prueba de reflectancia (ASTM E1347); prueba de resistencia a la rotura por tracción en húmedo de papel y productos de papel (ASTM D829); resistencia al impacto (ASTM D4397); prueba de retención de agua (ASTM C156); prueba de resistencia a la tracción (ASTM D882) y resistencia al impacto (ASTM D1709) -Para membranas de curado según la ASTM C309: Prueba de retención de agua (ASTM C156); prueba de reflectancia (ASTM E1347); Prueba de sedimentación a largo plazo (ASTM D1309 o ASTM D869); prueba de contenido no volátil (ASTM D2369). •Ensayos para sello de silicona: Esfuerzo de tensión (ASTM D412); flujo (ASTM C639); tasa de extrusión (ASTM C603); gravedad especifica (ASTM D792); dureza (ASTM C2240); resistencia a intemperismo (ASTM C793); superficie seca (ASTM C679); elongación a la rotura (ASTM D412); fraguado al tacto (ASTM D1640); adhesión a bloques de mortero (AASHTO T132); capacidad de movimiento y adhesión (ASTM C719). -Para sellos en caliente bajo la ASTM D3405: Penetración del cono, flujo, adherencia no sumergida y resiliencia (ASTM D5329) -Para tirilla según la ASTM D5249: Densidad (ASTM D1622); resistencia a la tracción (ASTM D1623); absorción de agua (ASTM D1016 y ASTM D545); Fuerza de deflexión por compresión y recuperación de compresión (ASTM D545); resistencia al calor y contracción máxima (ASTM D5249). -Para material de relleno en juntas de expansión según la ASTM D994, ASTM D1751 o ASTM D1752: Sus ensayos son o encontrados en el mismo documento o se encuentran en la ASTM D545. •Ensayos que se deben hacer al agua: Ph (NTP 339.073) y contenido de sulfatos (NTP 339.074)	•Se realizan de manera frecuente controles de calidad del cemento y agua y que este cumpla todas las especificaciones necesarias. •Se realizaran las pruebas necesarias que requiera el supervisor, donde se podrá verificar la calidad del pasadores, varillas de unión y mallas; igualmente con compuestos para el curado y sellado de juntas. -Se presentaran certificaciones periódicas de los fabricantes y proveedores de productos a usar en el sellado. •Se toman 4 muestras de cada procedencia del agregado empleado, donde se ensayara el desgaste en la máquina de Los Ángeles; pérdidas en el ensayo de solidez (durabilidad) en sulfato de magnesio, principalmente en climas con ciclos de hielo y deshielo; equivalencia de arena del agregado fino, contenido de materia orgánica del agregado fino mediante el ensayo colorimétrico; Además, cuando no existan antecedentes sobre los agregados por emplear, se efectuarán las pruebas de detección de sustancias perjudiciales. •Ensayos a la mezcla: Se toma una muestra donde se determina el asentamiento del concreto; cada 50 m3 se toman 4 especímenes para ensayos de resistencia a flexotracción, donde se fallaran 2 a 7 días para control de regularidad de la calidad de producción y 2 a los 28 días para comprobar la resistencia (ASTM C78 y AASHTO T97); control de contenido de aire en cada uno de los 3 primeros camiones tanto en llegar como después de interrupción (ASTM C231 y AASHTO T152) •En la capa terminada: -Luego de 15 días de terminada se verificara el espesor en zonas ya subdivididas de 350 m2 extrayendo 2 testigos cilíndricos mediante brocas rotativas. -Verificación de textura tomando al menos 10 puntos aleatoriamente (ASTM E965) y además el coeficiente de resistencia al deslizamiento (ASTM E303 y AASHTO T278) -Verificación de la rugosidad superficial en unidades IRI. -Determinación de la densidad del concreto (ASTM C642) -Ensayos tomando 5 vigas prismáticas para resistencia a flexión (ASTM C42 y AASHTO T24) y 5 núcleos cilíndricos para resistencia a compresión (ASTM C42 y AASHTO T24) y módulo elástico del concreto (ASTM C469). -Verificación de pasadores en juntas mediante tomografía magnética con un MIT Scan 2 u otro equipo aprobado -Se comprueba la transferencia de carga en las juntas.	•Si en los ensayos de resistencia, las 4 muestras no cumplen lo necesario se podrá por parte del constructor volver a tomar muestras, separándolas máximo cada 7m entre sí y a 0.5 m de cualquier junta, esto se harán de preferencia antes de los 54 días antes de puesta en obra y a flexión luego de 56 días. •La superficie de pavimento en zonas con un área de 3500 m2 cada una, se subdividirá cada zona en sectores de 350 m2 y de allí se verifica el espesor.
Chile	•Para los agregados: Granulometría (ASTM C3:2007 y ASTM C136:2006); material fino (ASTM C117-74); absorción de agua (ASTM C127-68 y ASTM C128-73); equivalencia de arena (ASTM D2419-74 y AASHTO T176-70); resistencia al desgaste Los Ángeles (ASTM C131-69); coeficiente de forma del árido grueso (NCh 3240); partículas desmenuzables (ASTM C142-71); resistencia al desgaste con sulfato (ASTM C88-73); índice de trituración (BS-812-75); contenido de partículas chancadas (MC V8-8.202.6); contenido de carbón y lignito (ASTM C123); impurezas orgánicas (ASTM C40-04); contenido de cloruros y contenido de sulfatos solubles en agua (EN 1744-1:1998); reacción de álcali-árido (ASTM C289) que si no cumple se realizan los ensayos de primas con mortero (ASTM C227), expansión a 3 y 6 meses (ASTM C1260) y medido petrográfico (ASTM C295) •Ensayos al cemento: Ensayo de expansión en autoclave (ASTM C151-64); análisis químico (ASTM C114-67); tiempo de fraguado (ASTM C187-64 y ASTM C191-65); resistencia mecánica (NCh 158); peso específico (ASTM C188-44); se podrán realizar de manera adicional el ensayo de superficie especifica (ASTM C115-70), finura (ASTM C184-66) e deformabilidad (NCh 156) •Ensayos para aditivos bajo la NCh 2182 (ASTM C494, ASTM C260 y UNE-EN 934-2:2002): Contenido de agua (ASTM C494); tiempo de fraguado (ASTM C403/C403M); resistencia a la compresión (ASTM C39/C39M); resistencia a la flexión (ASTM C78); durabilidad (ASTM C260). -Para fibras sintéticas bajo la ASTM D7508: Denier (ASTM D1577 y ASTM D1907); contenido de acabado (ASTM D2257); propiedades a tracción (ASTM D2256). -Para fibras de acero serán los encontrados en la misma ASTM A820 •Ensayos para llenantes en frío basados en la MC V8-8.701.1 (ASTM D1850-74) serán los encontrados en la MC V8-8.702.1 (ASTM D1851-67) -Ensayos para llenantes elásticos aplicados en caliente bajo la MC V8-8.701.2 (ASTM D1190-74) serán los encontrados en la MC V8-8.702.2 (ASTM D1191-76): Penetración (ASTM D217); ligazón y flujo. -Ensayos para llenante elastomérico aplicado en caliente bajo la MC V8-8.701.3 (ASTM D3406-78) serán los encontrados en la MC V8-8.702.3 (ASTM D3408-78): Penetración (ASTM D217); ligazón, flujo, resiliencia y tensión adhesión. -Ensayos para llenantes de aplicación en caliente bajo la MC V8-8.701.4 (ASTM D3405-78) serán los encontrados en la MC V8-8.702.4 (ASTM D3407-78): Penetración (ASTM D217); ligazón, flujo, resiliencia y tensión adhesión. •Ensayos al acero (debe ser certificado y marcado): ensayo de tracción (ISO R82, R86, R205, R282 y R783); ensayo de doblado (ISO R85, COPANT R1 y ASTM A370, BS 1639:1964) y análisis químico (ASTM A751).	•Para la mezcla se realizaran ensayos: Cada al menos 5000 m3 la cantidad de sulfatos (EN 1744-1:1998); ensayo de penetración de agua bajo presión (UNE-EN 12390-8:2001) -Se realizan 4 muestras para resistencia a compresión a los 7 y 28 días (ASTM C39/C39M-05e2); 4 para resistencia a tracción a los 7 y 28 días (ASTM C78-08) -Si contiene fibra son 6 muestras a 28 días (ASTM C1609) -3 veces al día la docilidad (ASTM C143-05a), 1 cada 200 m3 densidad y rendimiento (ISO 1920-2:2005 y ASTM C138/C138M-07), 1 cada 200 m3 dosis de fibra (MC V5-5.410.314), 1 cada 50 m3 el contenido de aire (ASTM C231). -También se realizan ensayos de asentamiento de cono (ASTM C143-05a), uniformidad (NCh 1789). •Para la capa terminada se realiza in ensayo cada 30000 m2 para tomar testigos (MC V8-8.402.8) -Si es pavimento continuo mínimo cada 1750 m2. -De la capa terminada son mínimo 25 testigos. -Determinación del IRI (Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements, Publicación Técnica Nº 46 del Banco Mundial, 1986.) -Cada 5000 m3 la lisura (MC-V8-8.502.4)	•En la mezcla se realiza la caracterización de la misma, esto es cada 5000 m3 de mezcla producida.

España	•Si se tiene un marcado CE, se verifica que las propiedades que dice sean las correctas y las requeridas, aunque se podrán hacer los ensayos que considere oportunos. En el caso de áridos un marcado CE con un sistema de evaluación de la conformidad 2+ •Para el árido grueso: Granulometría (UNE-EN 933-1); absorción (UNE-EN 1097-6) y ensayo de sulfato de magnesio (UNE-EN 1367-2); coeficiente los Ángeles (UNE-EN 1097-2); índice de lajas (UNE-EN 933-3); propiedades geométricas del árido (UNE-EN 933-5); coeficiente de pulimento acelerado (UNE-EN 1097-8) Para el árido fino: Granulometría (UNE-EN 933-1); proporción de partículas silíceas (UNE-EN 932-3 o NLT-371); equivalencia de arena (UNE-EN 933-8 Anexo A); de manera opcional módulo de finura (UNE-EN 933-1). •Ensayos a cemento: Resistencia a compresión y resistencia inicial (EN 196-1); tiempo de fraguado y estabilidad (EN 193-3); pérdida por calcinación, residuo insoluble y sulfato SO3 (EN 196-2); Cloruros (EN 196-21) y puzolanicidad (EN 195-1) •Para los aditivos bajo la EN 934-2:2009 serán: Reducción de agua (EN 12350-2 o 12350-5); resistencia a compresión (EN 12390-3); contenido de aire en el hormigón fresco (EN 12350-7); aumento del asentamiento y mantenimiento de consistencia (EN 12350-2 o EN 12350-5); exudación (EN 480-4); tiempo de fraguado (EN 480-2); características de huecos (EN 480-11); absorción capilar (EN 480-5). •Para el acero solo se verifica su marcado y especificaciones •Para membranas serán ensayos de: Resistencia a tracción en rotura y alargamiento en rotura (UNE-EN ISO 527-1 y UNE-EN ISO 527-3); se realizan los demás ensayos pertinentes respecto a los requisitos presentados en sus prescripciones técnicas. •Para productos filmógenos de curado se realizaran los ensayos necesarios, el principal será el ensayo para determinar el índice de eficacia (UNE 83299) •Para sellantes en caliente bajo la UNE-EN 14188-1: Punto de reblandecimiento (EN 1427); densidad (EN 13880-1); penetración (EN 13880-2); penetración y resiliencia (EN 13880-3); Estabilidad térmica (EN 13880-4); resistencia al flujo (EN 13880-5); resistencia a la inmersión en combustible (EN 13880-8); resistencia a la adhesión (EN 13880-13) •Para sellantes en frío bajo la UNE-EN 14188-2: Extrudabilidad (EN 28394 o EN 29048); tasa de curación (EN 14187-1); tiempo de secado al tacto (EN 14187-2); propiedades autonivelantes (EN 14187-3); resistencia al flujo (EN ISO 7390); perdida de volumen (EN ISO 10563); Cambio en masa y volumen después de la inmersión (EN 14187-4 clase B, C y D); resistencia a la hidrólisis (EN 14187-5); resistencia al fuego (EN 14187-7); cohesión (EN ISO 9047); cohesión en zonas frías (EN 14187-9); fuerza de adhesión (EN 28340); recuperación elástica (EN ISO 7389); meteorización artificial por irradiación UV (EN 14187-8); adhesión/cohesión después de la inmersión en productos químicos líquidos (EN 14187-6 clase B, C y D) •Sellantes para juntas preformadas bajo la UNE-EN 14188-3: Tolerancia a la dureza (ISO 48); resistencia a tracción (EN 14840); compresión establecida (EN 14840); envejecimiento acelerado en el aire, ensayo de recuperación y resistencia al ozono (EN 14840); protección contra la sobreextensión (EN 14840); fuerza a compresión mínima en zonas de clima frío (EN 14840); dureza (ISO 48); elongación de rotura y relajación del estrés en compresión (EN 14840). •Para riegos de imprimación bajo la UNE-EN 14188-4: Homogeneidad (EN 15466-1); densidad (EN ISO 2811-2); viscosidad (EN ISO 2431); resistencia contra los álcalis (EN 15466-2); comportamiento de secado (EN 15466-3); contenido de solidos (EN 15466-3); punto de inflamación (EN ISO 2719); punto de reblandamiento (EN 1427).	Si se tiene un marcado CE se verifica que las propiedades que dice sean las correctas y las requeridas, aunque se podran hacer los ensayos que considere oportunos, tomando los que consideren convenientes de cuando no tienen marcado CE. **Si no tiene marcado CE se debe verificar el cumplimiento de las especificaciones** -Para los áridos se realizan ensayos 2 veces al dia (por la mañana y por la tarde) de granulometría, proporción de fino (UNE-EN 933-2). 1 vez a la semana el índice de lajas del árido grueso y equivalencia de arena del agregado fino. 1 vez al mes el coeficiente de los ángeles del árido grueso, coeficiente de pulimiento acelerado, contenido ponderal de compuestos totales de azufre (S) y sulfatos solubles en ácido (UNE-EN 1744-1), compuestos orgánicos que afectan al fraguado y endurecimiento del cemento (UNE-EN 1744-1), comprobar que no existe reactividad álcali-árido y álcali-carbonato, absorción de agua (UNE-EN 1097-6) y en su caso ensayo de sulfato de magnesio (UNE-EN 1367-2). -Para las armaduras se realizan las establecidas •**Para la mezcla:** 2 veces al día (en la mañana y en la tarde) se realizan ensayos de consistencia del hormigón (UNE-EN 12350-2), contenido de aire (UNE-EN 12350-7). También se ensaya la masa unitaria total de partículas cernidas (UNE-EN 933-2). -Para colocación de la mezcla se verifican la temperatura y humedad relativa del ambiente mediante un termohigrógrafo registrador. •**Para unidad terminada:** Ensayos de resistencia a flexotracción a los 28 días (UNE-EN 12390-1, 12390-2 y 12390-5); regularidad superficial en tramos de 1000 m (NTL-330); resistencia al deslizamiento antes de puesta en obra (UNE 41201 IN). -Se toman 3 puntos por lote para determinar la macrotextura superficial (UNE-EN 13036-1); 2 puntos para comprobar el espesor; cada 20 metros los perfiles transversales.	-Lote se define como la menor entre 500m de calzada, 3500 m2 y la fracción construida en un día. -En macrotextura si se los 3 puntos 2 no cumplen se amplía a 5 punto por tomar; y si 10 lotes cumplen consecutivamente se podrá reducir la frecuencia de ensayos. -En el espesor si uno de los 2 puntos no cumple, se ampliaran a tomar 5 puntos. -En el caso de ensayos de información se toman 6 testigos de forma aleatoria, cada uno a mínimo 7 m del otro y 50 cm de juntas o bordes; se ensayan a tracción indirecta a 35 días y conservado 48 horas (UNE-EN 12390-6)

Estados Unidos	•Ensayos para el agregado grueso: Granulometría (AASHTO T27); desgaste Los Ángeles (AASHTO T96); solidez en sulfatos (AASHTO T104); contenido de carbón y lignito (AASHTO T113); cantidad de material más fino (AASHTO T11); contenido de terrones de arcilla y partículas friables (AASHTO T112); masa unitaria de escoria (AASHTO T19). •Ensayos para agregado fino: Granulometría y módulo de fineza (AASHTO T27); cantidad de trozos de arcilla y partículas friables (AASHTO T112); contenido de carbón y lignito (AASHTO T113); material más fino (AASHTO T11); cantidad de impurezas orgánicas (AASHTO T21); solidez en sulfatos (AASHTO T104), solidez por congelación y descongelación (AASHTO T103). •Para agregado reciclado: Granulometría y módulo de fineza (ASTM C136); desgaste Los Ángeles (ASTM C131 o C535); solidez en sulfatos (ASTM C88); contenido de carbón y lignito (ASTM C123); cantidad de material más fino (ASTM C117); contenido de terrones de arcilla y partículas friables (ASTM C142); cantidad de impurezas orgánicas (ASTM C40); reactividad de los agregados (ASTM C33/C33M-08); solidez por congelación y descongelación (ASTM C666); contenido de chert (ASTM C123 y ASTM C295) •Para el cemento según la AASHTO M85 (ASTM C150/C150M-20): Análisis químico (AASHTO T105) y composición potencial (AASHTO M85-20); contenido de aire (AASHTO T137); permeabilidad del aire (AASHTO 153); expansión autoclave (AASHTO T107M/T107); resistencia a compersión (AASHTO T106M/T106); tiempo de fraguado por ensayo Gillmore (AASHTO T154) o ensayo Vicat (AASHTO T131); rigidez temprana (AASHTO 186); de manera opcional conducción isotenal calorimétrica (ASTM C1702), resistencia a compersión (AASHTO T106M/T106) y resistencia a sulfatos (ASTM C452) • En el acero se verifica su marcaje y especificaciones, todo según la AASHTO M31/M31 (ASTM A615/A615M) y la ASTM 706/706M; ensayos para propiedades mecánicas de acero (AASHTO T244) y químicos (ASTM A751) •Cenizas volantes y puzolanas naturales crudas o calcinadas (AASHTO M295) serán los presentados bajo los métodos de la ASTM C311. -Escoria granulada de alto horno molido (AASHTO M302): Ensayo de finura (AASHTO T153); contenido de aire (AASHTO T137), índice de actividad (AASHTO M295); en requisitos químicos un contenido de azufre en sulfuro (AASHTO T105); si se requiere ensayos de escoria total de alcalis (ASTM C441) y resistencia a compresión (AASHTO T106) •Ensayos para sellante tipo elastométrico en caliente (ASTM D3406) serán los presentados en la ASTM D5329 •Ensayos para sellante en caliente (ASTM D6690): Punto de ablandamiento (AASHTO T36/36M); los ensayos de Penetración, adhesión no inmersa, resiliencia y resiliencia luego de envejecimiento, compatibilidad con asfalto (ASTM D5359). •Ensayos para sellante Elastomérico de Policloropreno (ASTM D2628) serán los encontrados en el documento ASTM D2628. •Ensayos para sellante de silicona en frío (ASTM D5893/D5893M): Curado total (ASTM D5893); prueba para determinar el asentamiento de los selladores (ASTM D2202 o ASTM C639), tasa de extrusión (ASTM C1183); Tiempo sin pegajosidad (ASTM C679); perdida por envejecimiento (ASTM C792); adhesión (ASTM D5329); dureza (ASTM C661); flujo (ASTM D5329); alargamiento final (ASTM D412); tensión de tracción (ASTM D5893); efectos de la meteorización acelerada (ASTM C793); resiliencia (ASTM D5329) •Ensayos para relleno prefabricado para juntas de expansión de concreto, tipo bituminoso (ASTM M33) serán los encontrados en el mismo documento, excepto el ensayo a compresión (ASTM D545) •Ensayos para relleno prefabricado de esponja de caucho y corcho para juntas de expansión (ASTM M153) serán encontrados en la AASHTO T42 o ASTM 545 •Ensayos para relleno prefabricado para juntas de dilatación, tipos bituminosos resistentes y no extrusivos (ASTM M213) serán encontrados en la AASHTO T42 o ASTM 545 •Ensayos para rellenos de tablero de poliestireno serán los encontrados en la ASTM C203. •Ensayo para tela de arpillera hecha de yute o kenaf para curado (AASHTO M182) serán los encontrados en este mismo documento. •Ensayo para materiales en lámina para el curado del concreto (ASTM C171): Prueba de transmisión de vapor de agua de materiales (ASTM E96/E96M); prueba de reflectancia (ASTM E1347); prueba de resistencia a la rotura por tracción en húmedo de papel y productos de papel (ASTM D829); resistencia al impacto (ASTM D4397); prueba de retención de agua (ASTM C156); prueba de resistencia a la tracción (ASTM D882) y resistencia al impacto (ASTM D1709). •Ensayo para compuestos líquidos formadores de membrana para el curado del concreto (ASTM C309): Perdida de agua (ASTM C156); reflectancia diurna (ASTM E1347); secado (ASTM C309); asentamiento a largo plazo (ASTM D869) y contenido no volátil (ASTM D2369). •Ensayos para aditivos con incorporación de aire (AASHTO M154) serán encontrados en la AASHTO T157 •Ensayos para aditivos bajo la AASHTO M194 (ASTM C494): Contenido de agua (ASTM C494); tiempo de fraguado (ASTM C403/C403M); resistencia a la compresión (ASTM C39/C39M); resistencia a la flexión (ASTM C78); cambio de longitud (ASTM C157/C157M); durabilidad relativa (ASTM C260). •Ensayos para el agua según la AASHTO M157: Resistencia a compresión (AASHTO T106); análisis químico (AASHTO T105); fineza (AASHTO T153); contenido de aire (AASHTO T137); autoclave expansión (AASHTO T107M/T107); tiempo de fraguado de (AASHTO T131 o T154); concentración de cloruro (ASTM D512); contenido de sulfato (AASHTO T290); contenido de álcalis (AASHTO T105) y contenido total de solidos (AASHTO T26 o ASTM C1603)	•Se comprueban que todas las especificaciones cumplan con lo requerido mediante distintos ensayos. •La FHWA presenta los siguientes ensayos a realizar: -Al concreto se realizan por cada carga ensayos de densidad (AASHTO T121), contenido de aire (AASHTO T152 o T196), hundimiento (AASHTO T119), temperatura; cada 170 m2 o 1 por día la resistencia a la compresión (AASHTO T23 y T22) -1 vez por día se ensaya al agregado su granulometría (AASHTO T27 y T11) y humedad (AASHTO T255) -Luego de terminada se realiza ensayos de tolerancia de la superficie para el concreto; espesor de capa (AASHTO T148)	-

Sudáfrica	•Ensayos al agregado fino: Análisis granulométrico (SANS 3001-AG1); contenido de polvo (SANS 3001-AG1); absorción de azul de metileno (SANS 6243); contenido de arcilla (SANS 6244); contenido de cloruro (SANS 202); impurezas orgánicas (SANS 5832); presencia de azucares (SANS 5833); impurezas nocivas solubles (SANS 5834) •Ensayos para agregado grueso: Análisis granulométrico (SANS 3001-AG1); contenido de polvo (SANS 3001-AG1); valor de trituración del agregado (SANS 3001-AG10); valor de trituración del agregado fino (SANS 3001-AG10); índice de aplanamiento (SANS 5847). •Ensayos para el cemento bajo la SANS 50197-1 (EN 197-1) el cual podrá tener certificado CE: Resistencia a a compresión y resistencia inicial (EN 196-1); tiempo de fraguado y estabilidad (EN 193-3); pérdida por calcinación, residuo insoluble y sulfato SO3 (EN 196-2); Cloruros (EN 196-21) y puzolanicidad (EN 196-5) •Ensayos para aditivos bajo la SANS 50934 (EN 934): Reducción de agua (EN 12350-2 o 12350-5); resistencia a compresión (EN 12390-3); contenido de aire en el hormigón fresco (EN 12350-7); aumento del asentamiento y mantenimiento de consistencia (EN 12350-2 o EN 12350-5); exudación (EN 480-4); tiempo de fraguado (EN 480-2); características de huecos (EN 480-11); absorción capilar (EN 480-5). •Ensayos para aditivos bajo ASTM C494 (AASHTO M194): Contenido de agua (ASTM C494); tiempo de fraguado (ASTM C403/C403M); resistencia a la compresión (ASTM C39/C39M); resistencia a la flexión (ASTM C78); cambio de longitud (ASTM C157/C157M); durabilidad relativa (ASTM C260). •Ensayos para aditivos bajo la ASTM C260 (AASHTO M154) serán los encontrados en la ASTM C233: Tiempo de fraguado (ASTM C403/C403M); resistencia a la compresión (ASTM C39/C39M); resistencia a la flexión (ASTM C78); cambio de longitud (ASTM C157/C157M) y exudación de cantidad neta de agua (ASTM C232). •Para el acero solo se verifica el certificado y que cumpla las especificaciones (SABS 920:2011) así como el marcado CE •Ensayos para el agua bajo la SANS 51008:2006 (EN 1008:2002): -Aceite y grasas, detergente, color, olor, pH, materia sólida y materia húmica (EN 1008); contenido de sulfuro (EN 196-21, EN 192-2 e ISO 7890-1); contenido de sulfatos (EN 196-2); contenido de álcalis (EN 196-21); contenido de azucares; contenido de fosfatos; contenido de nitratos (ISO 7890-1); plomo y zinc; tiempo de fraguado (EN 196-3); resistencia media a compresión (EN 123090-3) •Ensayo para material de relleno para juntas de dilatación bajo la AASHTO M153 serán encontrados en la AASHTO T42 o ASTM 545. •Ensayo para material de relleno para juntas de aislamiento bajo ASTM D994 son encontrados en el mismo documento o se encuentran en la ASTM D545. •Ensayo para material de relleno para Tirilla de cordón de respaldo bajo la ASTM D5249: Densidad (ASTM D1622); resistencia a la tracción (ASTM D1623); absorción de agua (ASTM D1016 y ASTM D545); Fuerza de deflexión por compresión y recuperación de compresión (ASTM D545); resistencia al calor y contracción máxima (ASTM D5249). •Ensayos para el sellante: Esfuerzo a tracción (ASTM D412); fluencia (ASTM C639); tasa de extrusión (ASTM C603); densidad relativa/gravedad específica (ASTM D792); dureza durométrica (ASTM C661); resistencia al ozono y a los rayos UV (ASTM C793); pegajosidad (ASTM C679); elongación (ASTM D412); ensayo para secado, curado o formación de película de recubrimientos orgánicos (ASTM D1640); adherencia (AASHTO T132); capacidad de movimiento y adherencia (ASTM C719). •Ensayos para el material de curado bajo la ASTM C309: Perdida de agua (ASTM C156); reflectancia diurna (ASTM E1347); secado (ASTM C309); asentamiento a largo plazo (ASTM D869) y contenido no volátil (ASTM D2369).	En la mezcla se comprueba 1 vez por semana la dosificación del concreto para un lote de 6 m3. •Terminada la capa -Se realiza a los 28 días un control de resistencia a compresión -Control de nivel y elevación -4 muestras de espesor de capa -Control de ancho, juntas, planicidad, regularidad superficial (TMH 13 - Part C)	-
Australia y Nueva Zelanda	•Ensayos para los agregados: Granulometría (AS 1141.11); solidez del agregado (AS 1141.24); insipidez del hierro (AS 1141.37); factor de degradación (AS 1141.25.1, AS 1141.25.2 y AS 1141.25.3); variación de resistencia en húmedo/seco (AS 1141.22) y contenido de minerales secundarios en rocas ígneas (AS 1141.26); partículas no sólidas (AS 1141.30.1 y AS 1141.37) o partículas débiles (AS 1141.32); densidad (AS 1141.6.1 y AS 1141.6.2); absorción de agua (AS 1141.6.1 y AS 1141.6.2); forma de la partícula para agregado grueso (AS 1141.15) o prueba de caída libre (AS 1141.14);uniformidad por prueba Vebe (AS 1012.3.3) o por asentamiento (AS 1012.3.1); índice de descamación del agregado grueso (AS 1141.15); sedimentación (AS 1141.33); contenido de azúcar (AS 1141.35); impurezas orgánicas (AS 1141.34); partículas ligeras (AS 1141.31) •Ensayos para el cemento bajo la AS 3972: Composición química (AS 2350.2); determinación de aumento de temperatura durante hidratación (AS 2350.7); residuo en tamiz (AS 2350.9); contracción por secado (2350.13); longitud para cemento expuesto a solución de sulfato (AS 2350.14); prueba para materiales cementosos suplementarios (AS 3583); contenido de iones cloruro (AS 3583.13); tiempo de fraguado (AS/NZS 2350.4); resistencia a compresión (AS/NZS 2350.11); propiedades geométricas de áridos (EN 933); evaluación de finos-prueba de azul de metileno; determinación de carbono orgánico total en calizas (EN 13639) •Para cenizas volantes (AS 3582.1): Finura (AS 3583.1); contenido de humedad (AS 3583.2); perdida por ignición (AS 3583.3); densidad relativa (AS 3583.5); determinación de requisito relativo de agua y resistencia relativa (AS 3583.6); contenido de anhídrido sulfúrico (AS 3583.8); determinación de álcali disponible (AS 3583.12); contenido de iones cloruro (AS 3583.13). •Para escoria de alto horno granulada molida (AS 3582.2): Finura (AS 3583.1 o AS 2350.9); residuo insoluble (AS 3583.14); perdida por ignición (AS 3583.3); contenido de sulfato (AS 3583.3 o AS 2350.2), azufre sulfuroso (AS 3583.7), magnesia (AS 3583.9 o AS 2350.2), aluminia (AS 3583.10 o AS 2350.2), hierro total (AS 3583.10 o AS 2350.2), manganeso (AS 3583.11 o AS 2350.2); contenido de cloruro de Ion (AS 3583.13 o AS 2350.2), álcali total (AS 2350.2), densidad relativa (AS 3583.5), necesidad relativa de agua (AS 3583.6) e índice de dureza (AS 3583.6) •Para el acero solo se verifica el certificado y que cumpla las especificaciones (AS 4671), donde algunos ensayos que se realizan son: Ensayos de tracción (AS 1391 o ISO 6892-1); análisis de hierro y acero (AS/NZS 1050.1); ensayos para acero de refuerzo (ISO 15630-1) •Ensayos para aditivos serán de acuerdo a la AS 1478.1 •Para el curado mediante líquidos formadores de membranas deberán cumplir con los encontrados en la AS 3799-1998. •Ensayos para el agua (AS 1379-2007): Contenido de azúcar (AS 1141.35); contenido de aceite y grasa (APHA 5520); pH (AS/NZS 1580.505.1); total de solidos disueltos (AS 3550.4); contenido de cloruro (APHA 4500), sulfato (AS 1289.4.2.1) y equivalencia de sodio (APHA 3500).	•Para la mezcla -Se realizan controles en la mezcla son dosificación. -Se realizan controles de transporte y descarga, inspección y verificación después del fraguado, así como luego del endurecimiento. •Para la capa terminada -Control de grietas, compactación a estándares uniformes de densidad (Roads and Maritime Test Method T304 o T368), resistencia a compresión (AS 3600), espesor y niveles de la capa.	-

Tailandia	•Ensayos para el agregado fino: Granulometría (AASHTO T27-70); solidez con sulfato (AASHTO T104 o ASTM C88); impurezas orgánicas en arena (AASHTO T21) •Ensayos para el agregado grueso: Granulometría (AASHTO T27-70); abrasión los ángeles (ASTM C131 y C535); solidez con sulfato (AASHTO T104 o ASTM C88) •Para el cemento bajo la ASTM C150 serán los siguientes: Resistencia a compresión (ASTM C109/C109M); análisis químico (ASTM C114); fineza (ASTM C151 o C204); autoclave expansión (ASTM C151); contenido de aire (ASTM C185); calor de hidratación (ASTM C186); tiempo de fraguado de (ASTM 191); concentración de cloruro (ASTM D512); contenido de sulfato (AASHTO T290); contenido de álcalis (AASHTO T105) y contenido total de solidos (AASHTO T26 o ASTM C1603) •Ensayos para relleno prefabricado para juntas de dilatación, tipos bituminosos resistentes y no extrusivos (ASTM M213) serán encontrados en la AASHTO T42 o ASTM 545 •Ensayos para sellante en caliente (ASTM D6690): Punto de ablandamiento (ASTM D36/36M); los ensayos de Penetración, adhesión no inmersa, resiliencia y resiliencia luego de envejecimiento, compatibilidad con asfalto (ASTM D5359). •Ensayo para tela de arpillera hecha de yute o kenaf para curado (AASHTO M182) serán los encontrados en este mismo documento. •Ensayo para compuestos líquidos formadores de membrana para el curado del concreto (ASTM C309): Perdida de agua (ASTM C156); reflectancia diurna (ASTM E1347); secado (ASTM C309); asentamiento a largo plazo (ASTM D869) y contenido no volátil (ASTM D2369). •Los ensayos para el agua deberán ser los presentados en la AASHTO T26	•Para agua de fuentes naturales, se realizan mínimo 2 ensayos al año para control de calidad. •Para el concreto: -Capacidad de flujo mediante método para determinar la retracción del concreto (มล. -ท. 304) -Se realizan al menos 1 muestra cada 100 m3 ensayos de resistencia a compresión a los 28 días con 3 cubos de concreto de 150x150x150 mm (ASTM C39-72, ASTM C42-68, ISO/DIS 2736.2, ISO 1920-1976 y JIS A 1132-1976) -Se realizan al menos 1 muestra cada 100 m3 ensayos de resistencia a tracción a los 28 días con 3 vigas de concreto de 150x150x600 mm (AASHTO T97)	-

Nota. Apéndice de la Figura 40

Tabla 60

Criterios de calidad de la capa de rodadura terminada (Pavimento Rígido)

País	Criterios de Calidad terminado	Requisitos Adicionales
Colombia	-Tolerancia de cualquier punto de capa terminada no podrá variar más de 5 mm, depresiones mayores a 3 mm -No se permiten losas agrietadas. -No se permite que el espesor promedio de 2 testigos de un Sublote sea inferior en más de 10 mm al necesario y en 15 mm para cada testigo. Pero si el espesor promedio del lote es inferior en más de 2 mm hasta 7 mm se acepta con descuento por deficiencia. Si es inferior en más de 7 mm tampoco se acepta. -Tolerancia de textura superficial con una profundidad promedio debe ser de 0.6-1.0 mm y ningún valor individual podrá estar debajo de 0.4 mm. -Valores mínimos de coeficiente de resistencia al deslizamiento de 0.5 para NT1, 0.55 para NT2 y de 0.6 para NT3 (Valores para glorietas, curvas con radios < 200 m, pendientes ≥ 5 %, en longitudes de 100 o más, intersecciones, zonas de frenado frecuente); y de 0.45 para NT1, de 0.50 para NT2 y NT3 (Valores para otras secciones) -El IRI (índice de rugosidad internacional) deberá tener los siguientes valores mínimos en m/km y según él % de hectómetros: Para % de hectómetros de 40% será 2.4 (NT1), 1.9 (NT2) y 1.4 (NT3); de 80% será 3.0 (NT1), 2.5 (NT2) y 2.0 (NT3); de 100% será 3.5 (NT1), 3.0 (NT2) y 2.5 (NT3). Esta se medirá con mira y nivel y se determinara el IRI (NTL 330-98), si es con perfilómetro pivotante de alta precisión (NTL 331-98) y equipo de referencia inercial validado previamente con 1 de precisión en tramo de 200m(ASTM E950) -Densidad promedio ≥ 97% de la densidad máxima hallada en el tramo de prueba. -Irregularidades de la capa aun en estado plástico será de máximo 5 mm. -Tolerancia granulométrica de ± 4 en tamices de 9.5 mm a N°4; de ± 3 para tamices 8 a 100 y de ± 1 para tamiz 200. -Tolerancia de contenido de aire de + 1,8% y de asentamiento ± 25 mm para flota motorizada y regla vibratoria (resto de casos es 0) -Si en la mezcla se usa fibra tiene una tolerancia de asentamiento de 40 mm para menores a 75 mm y de 0-65 mm para mayores a 75 mm; tolerancia de flujo de 0-5 segundos si es un flujo de menos de 15s y de 0-10s si es un flujo de más de 15s. -Si es concreto pigmentado deberá alcanzar a los 28 días un 90% de la resistencia a la compresión necesaria. -Los pasadores no se podrán desplazar más de 10 mm de la teórica, y si se introdujeron por vibración no podrá ser más de 0.5% de su longitud.	-Un lote es la obra ejecutada en 1 jornada de trabajo y un Sublote es un lote dividido en 3 partes, donde cada uno es de máximo 365 m2. -Se comprueba el espesor luego de 15 d de colocado el concreto. -Si el espesor en un Sublote no cumple se retira todo el Sublote. -Si en textura se incumple uno de los requisitos se rechaza el tramo, hasta que se realicen las correcciones necesarias. -Para el IRI un lote serán 5 tramos consecutivos de 100 m por carril -Si la porción donde el IRI excede el límite en menos de 20% se podrá corregir; pero si es más de 20% se toda la longitud debe ser demolida. -Si hay grietas se podrá corregir si es única, mediante pasadores o barras de unión si la junta más cercana no ha sido construida; o mediante resina epóxica si la junta más cercana ya está construida.
Perú	-La cota en cualquier punto no podrá variar en más de 5 mm de la proyectada. -Tolerancia de planicidad será con variaciones no mayores a 5 mm. -Tolerancia de espesor, donde en promedio este no podrá ser menor a 1.5 cm del teórico y de manera individual no podrá ser menor a 2 cm del teórico. -Textura con profundidad ≥ 0.8 mm y valores individuales ≥ 0.6 mm. -Coeficiente de resistencia al deslizamiento ≥ 45 centésimas -La rugosidad superficial debe ser ≤ 3 m/km -La resistencia no podrá estar a más de 0.2 Mpa por debajo de la resistencia a la flexión especificada. -Tolerancia de asentamiento de +25 mm a -38 mm en encofrados fijos y de +13 mm a -38 mm para encofrados deslizantes -Tolerancia de contenido de aire será de +1.8% para cualquier tipo de encofrado.	•Si se presenta una fisura paralela o perpendicular a una de las juntas, se deberá sellar. Si es una fisura en los bordes se realiza la demolición y reconstrucción. •La densidad también es un requisito, pero no presenta un criterio, solo que deberá ser reportado. •La superficie de pavimento en zonas con un área de 3500 m2 cada una, se subdividirá cada zona en sectores de 350 m2 y de allí se verifica el espesor. •Si el espesor promedio de la zona es inferior al teórico en más de 2 mm hasta 10 mm se aceptara, pero con descuento por deficiencia.
Chile	-Tolerancia de planicidad ≤ 8 mm para TMDA ≥ 1000 veh/día; y ≤ 10 mm para TMDA < 1000 veh/día -Tolerancia de contenido de aire será de ±1.5% para cualquier tipo de encofrado. (Podrá ser diferente si se demuestra por ensayos de comportamiento del hormigón que la expansión sea ≤ 0.05%) -Tolerancia de distancias entre juntas de ± 50 mm respecto al especificado. -Tolerancia granulométrica de ± 5% en tamices mayores a N°4; de ± 4% para tamices N°8 a N°30 y de ± 3% para tamiz N°50 y ± 2% para tamiz 100. -Tener una resistencia a compresión individual (Fi) ≥ Resistencia mínima individual (Fo). Fo = Fc - 5.5 (Fc es resistencia a compresión); o tener una resistencia a la compresión media (Fm) ≥ Fc + s (desviación de compresión) x t (Factor estadístico) -Tener una resistencia a tracción individual (Fi) ≥ Resistencia mínima individual (Fo). Fo = Ft - 0.7 (Ft es resistencia a tracción); o tener una resistencia a la tracción media (Fm) ≥ Ft + s (desviación de compresión) x t (Factor estadístico) -Para el espesor se debe tener una Altura equivalente (A) = √(Fk/Ft) (Fk es resistencia a tracción y Ft es resistencia a tracción. Entonces el espesor de la capa por el factor A debe ser ≥ ec (espesor necesario) -El IRI debe ser en cualquiera de las fracciones ≤ 2.8 m/km y en promedio ≤ 2 m/km (Promedios de 5 tramos de 200 m) -Para la mezcla asentamiento ≤ 40 mm, de 40-90 mm y ≥ 100 mm tendrán una tolerancia de ±10mm, ±20mm y ±30mm respectivamente. -Tolerancia de densidad aparente ± 3%; tolerancia de rendimiento de amasado ± 3%; contenido de aire ± 1.5%; dosis de fibra ± 3% y contenido de sulfato de máximo 2%.	-Si presenta deficiencias en la resistencia mecánica, espesor, rugosidad o lisura se aplica multa por cada uno del 100%. Aunque dependiendo la deficiencia podrá ser una multa de 20-30% (Para el espesor varían de 5-15% en algunos casos) -Si no cumple el valor de IRI se realizan las reparaciones necesarias para que cumpla. Además se aplican multas desde 25% hasta el 100% que es cuando se supera a 2.8 m/km -Irregularidades por lisura o planicidad tendrán multas de entre 10% y 100% para MDA ≥ 1000 veh/día; y desde 2% a 100% para TMDA < 1000 veh/día

España	-Las losas no podrán presentar grietas (solo se aceptan pequeñas fisuras) -El hormigón deberá tener una resistencia a flexotracción dependerá, si es HF-5.0 ≥ 5 Mpa, HF-4.5 ≥ 4.5 Mpa, HF-4.0 ≥ 4 Mpa y HF-3.5 ≥ 3.5 Mpa -Desviación en planta ≤ 3 cm respecto a la alineación del necesaria; y una tolerancia para la rasante de ± 10mm. -El espesor no podrá ser en ningún punto menor al especificado en el diseño. -Regularidad superficial (IRI) será según el porcentaje de hectómetros: Para calzadas de autopistas y autovías (Carreteras con calzadas separadas) será < 1.5, < 1.8 y < 2.0 dm/hm para porcentaje de hectómetros de 50, 80 y 100% respectivamente. Para el resto de vías será < 1.5, < 2.0 y < 2.5 dm/hm para porcentaje de hectómetros de 50, 80 y 100% respectivamente -Macrotextura superficial > 0,9 mm y resistencia al deslizamiento > 75%. -Tolerancia de posición de los pasadores o barras de unión medidos de los extremos será de ± 10 mm si fue por vibración (± 5 mm antes del vertido de hormigón) y medido de los ejes será ± 20 mm. Pasadores de los bordes a máximo 25 cm de un borde. -Tolerancia de espaciamiento entre armaduras será de ± 2 cm. -Tolerancia de asentamiento será de 1-6 cm -Contenido de cemento ≥ 300 kg/m3 y relación agua/cemento ≤ 0.46. (Si es doble capa, la superior tendrá un contenido de cemento ≥ 450 kg/m3) -Proporción de aire ≤ 6% en volumen y si es sometido a heladas o nevadas debe ser ≥ 4.5% en volumen.	-Si la resistencia mecánica estimada con flexotracción es ≥ 90% de la necesaria se sanciona o se realizan ensayos de información. Pero si es < 90% de la exigida se realizan ensayos de información. Si estos ensayos de información presentan que es ≥ 90% se sanciona, si es < 90% pero > 70% se podrá sancionar o demoler, y si es < 70% se demolerá y se reconstruirá. (Los ensayos de información son antes de que pasen 33 días de puesta en obra, se toman 6 testigos cada 7 m uno del otro y de forma aleatoria) -En el espesor si la diferencia promedio entre el espesor medido y el prescrito es positiva y solo un individuo de la muestra tiene una diferencia negativa mayor a 10 mm, se aplica una penalización del 0.75% por cada mm. Si la diferencia promedio es igual o menor a 10 mm, y solo un individuo tiene una diferencia mayor a 20 mm, se aplica una penalización del 1,5% por cada mm. Y para el resto de casos se demuele y reconstruye -Si en la regularidad superficial se excede el límite pero en es menos del 10% de la longitud del tramo se corrigen los defectos; si es ≥ 10% de la longitud se demolerá el lote y se reconstruirá. -La profundidad de macrotextura es inferior al límite se corrige con fresado de pequeño espesor (< 1 cm), siempre que no se reduzca el espesor de la capa más de 1 cm del previsto y el coeficiente de pulimento acelerado cumpla. -Si la ubicación de los pasadores están fuera de la tolerancia deberá ser corregido. - Los bordes de las losas y de las juntas que presenten desconchados serán reparados con productos episódicos que garanticen la durabilidad de la aplicación.
Estados Unidos	-Tolerancia de planicidad será con variaciones no mayores a 5 mm. -Indice de perfil diario debe ser ≤ 180 mm/km -El espesor no podrá varias más de 25 mm del especificado. -Si es concreto con aire incluido tendrá un contenido de aire ≥ 3.5% -Contenido de cemento de 280 - 310 kg/m3 si se usa puzolana y relación agua/cemento ≤ 0.46. -Resistencia a la flexión no puede exceder los 4.5 Mpa a los 90 días.	-Si no cumplen los requisitos se deberán corregir de la manera más adecuada.
Sudáfrica	-Resistencia a la compresión deberá alcanzar la necesaria luego de 28 días. Si es un cemento de 32.5 debe ser ≥ 32.5 Mpa y ≤ 52.5 Mpa; si es de 42.5 será ≥ 42.5 Mpa y ≤ 62.5 Mpa -Contenido de cemento debe ser ≥ 320 kg/m3 -Resistencia a la flexión de 4.5 Mpa a los 90 días. -Tolerancia de asentamiento no debe desviarse más de 20mm del óptimo. -Tolerancia de contenido de aire será de ± 1 % y debe ser ≤ 1.5%. -Tolerancia de nivel y elevación, donde al menos el 90% este dentro de 15 mm de la necesaria y para cada punto individual será 20 mm. -Tolerancia de espesor donde más del 90% debe estar con grosor promedio con diferencia máxima 1 mm respecto a la especificada, tolerancia en muestras individuales será máximo 18 mm debajo y los del percentil 90 será 14 mm. -Ancho promedio no podrá desviarse más de 25 mm. -Tolerancia de desviación de juntas en cualquier posición será de 10 mm y de ancho de ranura será de ± 0.5 mm -Tolerancia de planicidad será de 6 mm -Índice de regularidad superficial tendrá que: El número de irregularidades que exceden un ajuste de 3,0 mm no debe exceder las 8 por secciones de 100 m y no debe exceder un número promedio de 5 por cada 100 m tomados en secciones de 300 a 600 metros. -Tolerancia de colocación de los pasadores sera: Para profundidad de ± 10 mm del requerido, para aquellos que tienen soportes, una alineación de ± 2 mm e individual sera ± 3 mm por cada barras de 300 mm (Sera de ± 6 mm para individuales colocados mecánicamente). De manera general estar de manera uniforme con una tolerancia de ± 25 mm de la línea de la junta planificada.	-Se controla el IRI (Indice de regularidad superficial) cada 100 m
Australia y Nueva Zelanda	-Compactación relativa ≥ 98% -Resistencia a la flexión a los 28 días será de 4-5 Mpa, para tráfico moderado (> 10^6 ejes de vehículos pesados) sera 4.5 Mpa; si es reforzado con fibras de acero sera de 5-5.5 Mpa. -Contenido de cemento debe ser ≥ 280-300 kg/m3 y huecos de aire atrapado ≤ 1 mm. -Resistencia a compresión a los 28 días ≥ 32 Mpa -Tolerancia de asentamiento de 20-40 mm para construcción por encofrado deslizante y de 35-50 mm para construcción por encofrado fijo mecanizada; asentamiento de 55-65 mm para construcción por encofrado fijo manual. -El concreto deberá tener un alto nivel de durabilidad para resistir el deterioro y el desgaste en condiciones de servicio -Límite superior de contracción a los 21 días será de 450 microdeformaciones y a los 56 días de 580 microdeformaciones.	
Tailandia	-Tolerancia de planicidad ≤ 3.5 mm de la línea medida -Resistencia a compresión a los 28 días ≥ 32 Mpa. Se permite que al menos una muestra individual este por debajo del valor, pero no menor al 85% del requerido. -Resistencia a tracción a los 28 días ≥ 4.2 Mpa. Se permite que al menos una muestra individual este por debajo del valor, pero no menor al 85% del requerido. -Se permite que la losa tenga pequeñas imperfecciones ocasionadas por el desencofrado	-Si se superan las tolerancias de planicidad, es decir mayor a 3.5 mm, pero ≤ 7 mm es aceptable, aunque se corrige mediante una llana para que este quede menor a 3.5 mm. Pero, si es mayor a 7 mm se retira la losa -Si no se cumple con la resistencia a compresión se podrán solicitar nuevas muestras para realizar nuevas pruebas; si no cumplen se debe demoler y volver a construir. -Si no se cumple con la resistencia a tracción se podrán solicitar nuevas muestras para realizar nuevas pruebas, donde si no cumple con ser al menos mayor al 85% del valor requerido no cumple (Muestras de 150x150x500) si no cumplen se debe demoler y volver a construir. -Si hay muchas imperfecciones se rechaza, retirando la losa y volviéndola a construir.

Nota. Apéndice de la Figura 41

Tabla 61

Especificaciones de subrasante estabilizada con cemento

Estabilización con Cemento						
País	Especificaciones	Dosificación	Criterios de calidad	Ensayos	Aspectos Climáticos	Observaciones
Colombia	•MO (Materia Orgánica) < 2% •Proporción de sulfatos (SO4) < 0.9%, en caso contrario, se deberá tener una expansión < 5% y resistencia a tracción indirecta > 0.2 MPa	Aplicación en polvo o lechada •Lechada: 65% agua, 35% cemento (preparada 30 minutos antes) •Bolsa: según cantidades del diseño	•Parámetros a reportar: PP4, PP200, LL, LP, la fórmula de trabajo con granulometría y límites de Atterberg, tipo y marca de cemento •Agua con pH mínimo de 5.5 (ASTM D1293) •Contenido de sulfatos SO4 (Kg/m3) < 1 •Cemento conforme al diseño con pruebas de laboratorio y que sea fabricado según los requisitos dados por la NTC 121, ASTM C150 y ASTM C595 •Almacenamiento adecuado del cemento(máximo 60 días y en pilas de 12 sacos) •Compactación en máximo 2 horas •Cotas(variación ≤ 10mm), planicidad (variación ≤ 150mm) y espesor (≥90% del proyectado)	•Ensayos de experimentación antes de iniciar •Ensayos de control durante la ejecución: Reducción de contenido de agua, plasticidad, expansión por CBR, aumento de capacidad de soporte, resistencia a compresión •Verificación de homogeneidad de la mezcla (ASTM D5982)-3 muestras de la mezcla, tolerancia de 0,3% •Ensayos de compactación (GCl (90) ≥ 98.0% o GCl (90) ≥ 95.0%)	•Temperatura ambiente > 5°C a la sombra, que no haya lluvia o indicios de lluvia •Uso de aditivos si la temperatura ambiente > 30°C	•Se da apertura de tránsito después de 7 días de curado •Ensayos a compresión inconfinada si el proyecto lo requiere
Perú	Solo para suelos A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7 y con: •LL (Límite Líquido) > 40% e IP (Índice de Plasticidad) ≥ 18% •MO (Materia Orgánica) < 1% •Sulfatos (SO4) < 0.2% •Abrasión < 50% •Durabilidad SO4 Mg: AF (Ácido Fosfórico) ≤ 15% AG (Ácido Glioxílico) ≤ 18% y Si la altitud es mayor a 3000 msnm, Durabilidad SO4 Ca: AF ≤ 10% AG ≤ 12%	Dependerá del tipo de suelo: A-1-a(3-5); A-1-b(5-8%); A-2(5-9%); A-3(7-11%); A-4(7-12%); A-5(8-13%); A-6(9-15%); A-7(10-16%)	•Cementos según ASTM C150, ASTM C595 o ASTM C1157 (si tienen desempeño similar o mejor que NTC121) •No se permite el uso de cemento endurecido, fraguado o vencido •Agua con pH entre 5.5 y 8.0 (NTP 339.073) y un contenido de sulfatos < 3,000 ppm (NTP 339.072) •Humedad óptima con tolerancia ± 1.5% •Compactación en menos de 1 hora a partir del mezclado y terminada entre 2 y 4 horas •Comprobación del grado de compactación mínimo del 95% (AASHTO T180)	•Ensayos de control de calidad de cemento (cada 50 bolsas o por lote) •Ensayo de pH del agua •Ensayo de compactación •Ensayos de resistencia después de 7 días (mínimo 1.8 MPa) •Ensayo de durabilidad con pérdidas máximas entre 7 y 14% según el suelo	La temperatura ambiente no puede ser menor a 6°C y sin presencia de precipitaciones pluviales	•La superficie donde se realizará debe tener una densidad seca del 95% •Después de todo el proceso, se realiza el curado y después de 7 días se permite el paso de tránsito
Chile	-	-	-	-	-	-
España	Clasificación de suelos estabilizados en S-EST1, S-EST2 y S-EST3. •Granulometría del suelos S-EST1 y S-EST2: Tamiz 80mm pasa 100%, tamiz de 2mm > 20%, tamiz de 0,063mm < 50% S-EST3: Tamiz 80mm pasa 100%, tamiz de 2mm > 20%, el tamiz de 0,063mm < 35% •Aspectos adicionales: S-EST1: MO<2% S-EST2 y S-EST3: MO<1%, LL≤40. •Todos los suelos (S-EST1, S-EST2 y S-EST3): SS<0.7% e IP≤15. •La mezcla deberá tener los siguientes requisitos: S-EST1:CBR a los 7 dias≥6 S-EST2: CBR a los 7 días ≥12 S-EST3: Resistencia a la compresión (7 días) ≥1.5	Depende el tipo de mezcla que se realizara: •S-EST1: debe tener un porcentaje en masa de suelo seco ≥ 2% •S-EST2 y S-EST3: % en masa de suelo seco ≥ 3%	•El cemento debe cumplir con todos los requisitos, documentación y etiquetado. •No se emplearán cementos de aluminato de calcio ni mezclas de cemento con adiciones que no hayan sido realizadas en instalaciones de fabricación específicas. •Clase resistente del cemento: 32.5N para comunes, 22.5N o 32.5N para especiales tipo ESP VI1. •Almacenamiento máximo 3 meses para resistencia de 32.5. •Contenido de cromo del cemento ≤ 2ppm. •Principio de fraguado (UNE-EN 196-3) no antes de 100 min o 1h si la temperatura es >30°C. •Se hace un tramo de prueba antes de la estabilización. •Aplicación de cemento (bolsa o líquido) mezclado antes de 1h de aplicado el producto, y no más de 30 minutos para compactar. También si se aplica en lechada esta debe aplicarse con camiones que tengan boquillas de inyección. •Durante la ejecución se comprueba espesor, humedad y temperatura. •Las cotas no deben variar más de 20mm, espesor de capa ≥90% del proyectado, sin cambios volumétricos. •El agua deberá tener un pH≥5, Sustancia disueltas ≤ 15 gramos por litro, sulfatos SO4 ≤ 1 gramo por litro. •Si la mezcla es S-EST1 debe tener una densidad ≥ 95%, si es S-EST2 ≥ 97% y si es S-EST3 ≥98%	•Previamente: Granulometría por tamizado, Límite líquido e índice de plasticidad, Contenido de materia orgánica, Contenido de sulfatos solubles, Ensayo de colapso, Ensayo de hinchamiento libre (4 muestras y 1 más por cada 5000m3, de exceso sobre 20000m3). •En la ejecución: Toma de 2 muestras de suelo antes de mezclar para comprobar su humedad (por la mañana y por la tarde), 1 ensayo por hectómetro aleatorio para comprobar que todo sea como lo establecido, comprobación de la boquilla de lechada 2 veces al día. •Finalización: Comprobación 2 veces al día del CBR a los 7 días, resistencia a compresión a los 7 días, 1 ensayo de Proctor, colapso e hinchamiento cada 10000 m3 de mezcla; 1 ensayo de densidad por lote (cada 500m3).	No se puede realizar obras si la temperatura ambiente a la sombra es mayor a 35°C o si es inferior a 5°C o cuando se produzcan lluvias.	•Prohibición de circulación de vehículos livianos los primeros 3 días de curado y vehículos pesados los primeros 7 días. •Si el contenido de sulfatos solubles en el suelo a estabilizar (UNE 103201) > 5% en masa, se debe usar cemento resistente a los sulfatos (SR/SRC), con límite de sulfatos SO4: 5 g/L.
Estados Unidos	•Los suelos que se pueden estabilizar segun la Portland cement association son estos: A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7. •Si se tienen materiales arenosos y de grava debe tener entre un 10 a 35% de finos no plásticos, PP4 > 55% y PP10 > 37% •La mezcla debe tener un contenido de humedad, se debe mezclar el material hasta que el 95% de la mezcla pase por tamiz de 37,5mm o 50% por tamiz N°4.	Se realiza según lo diseñado. •La Portland Cement Association establece unos parámetros de porcentaje de cemento que se debe aplicar según el tipo de suelo A-1-a(3-5%); A-1-b(5-8%); A-2(5-9%); A-3(7-11%); A-4(7-12%); A-5(8-13%); A-6(9-15%); A-7(10-16%)	•El cemento debe cumplir con la AASHTO M85 •El diseño de mezclas debe realizarse al menos 30 días de la construcción y se deben tener certificados de producción y comercial. •El material a usar se debe almacenar en sitios cerrados. •En la construcción de la capa, se debe utilizar un mezclador rotatorio de inyección directa para garantizar una mezcla homogénea. •El cemento se puede aplicar en seco (utilizando un esparcidor dosificado) o en suspensión (aplicado en lechada usando camiones con distribuidores aprobados o mezcladores rotativos). •La compactación de la mezcla debe completarse dentro de las 2 horas posteriores a la finalización de la mezcla. •Después de construir la capa estabilizada, esta debe tener una variabilidad de 30 mm de la línea proyectada. •La mezcla debe soportar 200 libras por pulgada cuadrada (1,4 MPa) a los 7 días de curado.	•Después de terminar la capa, se realiza el ensayo de resistencia a la compresión (ASTM D1633, Método A). •Ensayo de densidad para determinar la compactación (compactar al menos al 95% de la densidad máxima)	•No se puede aplicar cemento si las condiciones climáticas pueden causar una pérdida excesiva de material o si la temperatura en las próximas 48 horas puede caer por debajo de 0°C. •Se debe aplicar el material cuando la temperatura del mismo sea mayor a 5°C.	Se puede permitir el tráfico 24 horas luego de compactado, pero con previa aprobación.

Sudáfrica	•El cemento a usar será el común, con una resistencia de 32,5 N; no pueden ser cemento para mampostería o que tengan bajo contenido de Clinker o alto fraguado. •El material a usar no puede tener un valor IP mayor a 10, tamaño de partícula máximo de 37,5mm.	Se aplicará según lo que se quiera lograr: •Mezcla humedad: se aplica 5% de cemento en masa •Mezcla rígida: se aplica 3% de cemento en masa	•Los materiales para la estabilización deben cumplir con la clasificación, Índice de Plasticidad (IP) y CBR especificados por el proyecto. •La mezcla se realiza con el material cementoso indicado por el proyecto, que puede variar entre cemento de 32,5 y 52,5. •La calidad del agua debe tener un pH entre 5,0 y 9,7, con una conductividad eléctrica máxima de 170 mS/m, sólidos totales disueltos máximos de 1200 mg/l y sulfato SO4 máximo de 450 mg/l. •El cemento puede aplicarse a mano y esparcido con escoba de goma o a granel. La mezcla se realiza con un mezclador rotatorio o un reciclador. •La mezcla debe completarse y compactarse dentro de las 6 horas posteriores a la aplicación del cemento. Si el material es piedra triturada, la compactación debe comenzar 1 hora después de aplicar el cemento y finalizar en 4 horas. •Antes de la construcción, se realiza una sección de prueba para verificar los requisitos necesarios. •Se comprueba la humedad y se aplica la cantidad de agua adecuada. •La capa no puede variar en su espesor más de 20 mm.	•Se realizan inspecciones de rutina y pruebas para determinar si la calidad del material y la mano de obra cumplen con los requisitos del contrato. •La estabilización se inspecciona cada kilómetro, aceptando variaciones del 5% de lo requerido. •Se verifica que la densidad seca máxima sea mayor que la aparente. •Ensayo de compactación con un valor objetivo similar al de una subrasante normal, que es del 93% al 95% de la densidad seca máxima.	No se podrá realizar la estabilización si existen vientos de más de 14km/h, tiempo húmedo o frio cuando la temperatura ambiente sea inferior a 3°C, o con temperaturas que estén descendiendo y se situé en 7°C.	Se realiza el curado durante 7 días
Australia y Nueva Zelanda	•Para el material a usar, se requiere un PP200 > 25%, IP ≤ 10 (si 10 < IP < 20 es material dudoso, si es ≥ 20 no se puede usar), contenido de MO ≤ 1%, sulfatos SO4 ≤ 1,9 g/L y óxido ferroso ≤ 2%. •La mezcla debe tener, después de 28 días, una resistencia a la compresión ilimitada de al menos 1 MPa. •Se observa que, si el material tiene entre 10% y 35% de limo y arcilla, es favorable el uso de cemento.	•La cantidad de cemento a usar para el material no debe superar el 12%. •Se detallan rangos de contenido para diferentes tipos de suelos (SW-GC, SW de 2-4%, SC de 4-6%, CL de 6-8%, CH de 8-12%). Otros tipos también pueden estabilizarse, pero con dificultad en la compactación. •Si se utiliza un esparcidor, no se recomienda aplicar menos de 5 kg/m2 para lograr uniformidad.	•Dependiendo de la cantidad de finos en el material, se puede realizar un pretratamiento con cemento antes de la estabilización. •El agua utilizada para la mezcla no debe contener más del 0,05% de materia orgánica o sulfatos. La cantidad de agua a usar será la necesaria para obtener la densidad seca máxima.	•Antes de iniciar, se deben conocer LL, LP, IP, cantidad de materia orgánica, sulfatos y óxido férrico en el suelo o material a estabilizar. •Durante el proceso de construcción, y al finalizar, se realizan ensayos de resistencia a la flexión, contenido de humedad y densidad seca.	La temperatura puede afectar a la mezcla, ya que altas temperaturas producen secado perjudicando la resistencia ultima asi como su fatiga.	Se establecerán los tiempos de curado y apertura de tránsito según lo especificado en el documento del proyecto
Tailandia	-	-	-	-	-	-

Nota. Apéndice de la Figura 42

Tabla 62

Especificaciones para subrasantes estabilizadas con cal

Estabilización con Cal						
País	Especificaciones	Dosificación	Criterios de calidad	Ensayos	Aspectos climáticos	Observaciones
Colombia	**Para la subrasante:** •MO (Materia Orgánica) < 2%; se puede estabilizar si esta entre 2 % y 3 %, aunque su viabilidad debe ser demostrada. •PP200≥25%; Se podrá estabilizar si 15%≤PP200≤25%, aunque su viabilidad debe ser demostrada. •IP≥12% •Proporción de sulfatos < 0.3%, se podrá estabilizar en casos con porcentajes entre 0,3 % – 0,5 % realizando buenas prácticas. **Para la cal(Cal hidratada, Cal viva 90 y Cal viva 85:** •Químicos: Oxido total sobre base no volátil(Para Cal viva 90≥90% y Cal viva 85≥85%), Hidróxido de calcio(Cal hidratada≥80%), Dióxido de carbono sobre base no volátil(Cal hidratada y Cal viva 90≤4, Cal 85≤7) •Físicos: Contenido de agua libre (Cal hidratada≤2%), reactividad (Cal viva 90 y 85 ≥40°C en 6 min), Tamaño de partículas (Cal hidratada: PP70≤2% y PP170≤7%, Cal viva 90 y 85: PP70≤5% y PP170≤15%)	Aplicación en polvo o lechada •Lechada: 65% agua, 35% cal hidratada (preparada 30 minutos antes) •Bolsa o granel: según cantidades del diseño	•Realizar una fase experimental y ajustar la fórmula de trabajo si es necesario. •Parámetros a reportar: PP4, PP10, PP40, LL •Agua con pH mínimo de 5.5 •Contenido de sulfatos SO4 (Kg/m3) < 1 •Durante la aplicación se debe controlar la variación del contenido de agua durante la aplicación de cal (± 1%). •Es necesario dejar un tiempo de maduración de 12 a 48h antes de compactar, puede ser menor tiempo pero deben ser aprobados y mayores a 3h •Si la mezcla puede ser almacenada debe estarlo 7d antes de la colocación y compactación. •Comprobar que la cal cumpla con sus parámetros si está vencida o almacenada 2 meses en condiciones normales. •Se debe producir un solape transversal entre 15 y 25 cm que evite zonas estabilizadas inadecuadamente. •El porcentaje de cal no puede variar ±0,4 % de la óptima, la Resistencia a compresión ≥ 92% de la de diseño, controlar las cotas(variación ≤ 10mm), planicidad (variación ≤ 150mm) y espesor (≥90% del proyectado)	•Preliminares: Ensayos de experimentación antes de iniciar (CBR e índice de expansión) •Periódicos: Granulometría, LL, IP, Contenido de MO, proporción de sulfatos, calidad del agua, porcentaje de cal. •Finalización: Resistencia a la compresión, ensayo para control de compactación ((GCl (90) ≥ 98.0% o GCl (90) ≥ 95.0%)).	•Temperatura ambiente > 5°C a la sombra, sin lluvia o indicios de lluvia.	Apertura de tránsito después de 7 días de curado; si es menor, se puede circular a un máximo de 30 km/h.
Perú	Aplicabe solo para suelos A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7 y con las siguientes condiciones: •LL<40% •10% ≤ IP ≤50% •MO (Materia Orgánica) < 3% •Sulfatos (SO4) < 0.2% •Abrasión < 50% Si los materiales a estabilizar se encuentran a una altitud ≥ 3.000 m.s.n.m, los agregados no pueden tener perdidas mayores a 18% y materiales finos superiores a 15%	•Suelos altamente arcillosos: 1-3% de cal en peso. •Dosificación general: 2-8%.	•Realizar un tramo de prueba para verificar que cumplan las especificaciones. •Sea cal viva o hidratada debe satisfacer los requisitos de AASHTO M-216 ó ASTM C-977 •Agua con pH entre 5.5 y 8.0 y contenido de sulfatos < 3,000 ppm. •Para la realización de la mezcla se aplica agua por medio de una barra de riego del camión cisterna. •Humedad óptima con tolerancia ± 1.5% Homogenización previa a la compactación: mínimo 60% del suelo pasa por la malla N°4, sino se debe dar un curado antes de compactar •Compactación en menos de 1 hora a partir del mezclado y terminada entre 2 y 4 horas •Grado de compactación mínimo del 100% de la máxima densidad seca. •Se debe curar, manteniendo una superficie humedad por 72h luego de compactada.	Ensayos •Periódicos: Granulometría, IP, relación densidad-humedad, CBR, Compactación, Abrasión, MO, durabilidad (si es a más de 3.000 msnm), ensayos de control de calidad de la cal (por lote o cada 50 bolsas), control de calidad del agua	Temperatura ambiente no menor a 6°C y sin precipitaciones pluviales.	•Se puede curar mediante riego asfáltico si lo indica el proyecto. •Apertura al tránsito después del proceso de curado, primero por periodos cortos para comprobar el comportamiento.
Chile	-	-	-	-	-	-
España	Clasifica los suelos estabilizados en S-EST1, S-EST2, deben cumplir los siguientes requisitos: •Granulometría: PP Tamiz de 80mm debe ser del 100% y PP230(0,063mm) ≥ 15. •Composición química del suelo: S-EST1: MO<2% y para S-EST2: MO<1%, en cualquier caso se debe tener un contenido de sulfatos solubles SO4< 0,7%. •Aspectos adicionales: S-EST1: IP ≥ 12. S-EST2: 12 ≤ IP ≤ 40. •La mezcla debera tener los siguientes requisitos: S-EST1:CBR a los 7 dias≥6 S-EST2: CBR a los 7 días ≥12 **Para la Cal(Cal hidratada y Cal viva)** •Para ambas: Contenido en CaO + MgO ≥ 90%, en MgO ≤ 5%(se admite 7% si cumple estabilidad de volumen), en CO2≤ 4%, en SO3≤ 2%, Contenido cal util ≥ 80%. •Cal hidratada: Estabilidad de volumen ≤ 2mm, PP80 ≤ 2%, PP170 ≤ 7%, Contenido de agua libre < 2% •Cal viva: se debe cumplir con el ensayo de estabilidad de volumen luego de mezclarla con agua, reactividad para alcanzar los 60°C ≤ 15min, PP80 ≤ 5%, PP170 ≤ 15%	Depende el tipo de mezcla que se realizara: •S-EST1: debe tener un porcentaje en masa de suelo seco ≥ 2% •S-EST2: % en masa de suelo seco ≥ 3%	•Se hace un tramo de prueba antes de la estabilización. •La cal debe ser homogénea y estar etiquetada y con marcado CE (UNE-EN 459-1) •El agua deberá tener un pH ≥ 5, Sustancia disueltas ≤ 15 gramos por litro, sulfatos SO4 ≤1 gramo por litro. •La cal se debe transportar en cisternas presurizadas y con medios neumáticos para rápido descargue. •Si la cal se almacena más de 2 meses se debe hacer un ensayo para comprobar que aun cumpla los requisitos. •Si se tiene un suelo con IP mayor se podrá hacer un tratamiento previo de mejora con cal y dotación mínima de 1% en masa del suelo seco. •Aplicación de la cal y mezclado antes de 1h de aplicado el producto; y usar equipo para una mezcla homogénea. •Si se aplica en lechada esta debe aplicarse con camiones que tengan boquillas de inyección. •En la construcción se debe producir un solape transversal entre 15 y 25 cm que evite zonas estabilizadas inadecuadamente. •Se deben usar compactadores autopropulsados. •Si la mezcla es S-EST1 debe tener una densidad ≥95%, si es S-EST2 ≥ 97%. •Las cotas no deben variar más de 20mm, espesor de capa ≥90% del proyectado, sin cambios volumétricos.	•Previamente: Granulometría por tamizado, Límite líquido e índice de plasticidad, Contenido de materia orgánica, Contenido de sulfatos solubles, Ensayo de colapso, Ensayo de hinchamiento libre. •En la ejecución: comprobar humedad, 1 ensayo por hectómetro aleatorio para comprobar que todo sea como lo establecido, comprobación de la boquilla de lechada 2 veces al día, también se comprueba espesor, humedad y temperatura. •Finalización: Comprobación 2 veces al día del CBR a los 7 días, resistencia a compresión a los 7 días, 1 ensayo de Proctor, colapso e hinchamiento cada 10000 m3 de mezcla; 1 ensayo de densidad por lote (cada 500m3).	No se puede realizar obras si la temperatura ambiente a la sombra es mayor a 35°C o si es inferior a 5°C o cuando se produzcan lluvias.	•Prohibición de circulación de vehículos livianos los primeros 3 días de curado y vehículos pesados los primeros 7 días.

Estados Unidos	•Segun la colaboración entre American Association of State highway and Transportation Officials (AASHTO), Federal Highway Administration (FHWA), y se llevó a cabo por la National cooperative Highway Research Program (NCHRP) y administrado por la Transportation Research Board (TRB) de la National Academies; se podran estabilizar con cal los siguientes suelo: A-4, A-5, A-6, A-7 y algunos de A-2-6 y A-2-7; además de un IP ≥ 10 •Según la U.S Army serán los suelos: SW-SM o SP-SM o SW-SC o SP-SC (IP ≤ 12); SM o SC o SM-SC (IP ≥ 12); GW-GM o GP-GM o GW-GC o GP-GC(IP ≥ 12); GM o GC o GM-GC (IP ≥ 12) y CH o CL o MH o ML o OH o OL o ML-CL (IP ≥ 12) •Otro dato es que se debe tener en la mezcla final, a excepción de partículas duras, llegar a que el 95% de la mezcla pase por tamiz de 37,5mm o 50% por tamiz N°4. Además, la cal para la mezcla debe tener las propiedades determinadas en la AASHTO M216, que serán: •Cal hidratada: PP40 ≤ 3% y PP200 ≤ 25% •Cal viva: Las partículas deben pasar por el tamiz de 24.5 mm, alcanzar un aumento de temperatura de 30°C en 20 min. •Y según la ASTM C977	Se realiza según lo diseñado y esta dosificación debe haber sido determinada con la ASTM D6276 donde se muestra el proceso paso a paso para la aproximación de suelo-cal para la estabilización. Según la National Lime Association la lechada se usa en proporciones de 65% agua y 35% cal.	•El diseño de mezclas debe realizarse al menos 30 días de la construcción. •Se deben tener certificados de producción y comercial, y que la cal haya sido ensayada con la ASTM C25 y clasificada según la ASTM C51. •El material a usar se debe almacenar en sitios cerrados. •En la construcción de la capa, se debe utilizar un mezclador rotatorio de inyección directa para garantizar una mezcla homogénea. •Se debe suavizar la mezcla durante 1 a 4 días con un contenido de humedad del material de subrasante entre 2 y 3% encima del optimo, luego se hace la mezcla final y llegue a los PP requeridos. •La cal se puede aplicar en seco (utilizando un esparcidor dosificado) o en suspensión (aplicado en lechada usando camiones con distribuidores aprobados o mezcladores rotativos). •La compactación de la mezcla debe completarse hasta llegar al 95% de la densidad seca máxima. •Después de construir la capa estabilizada, esta debe tener una variabilidad de 30 mm de la línea proyectada, y se deben retirar materiales con más de 19mm. •La mezcla debe soportar 200 libras por pulgada cuadrada (1,4 MPa) a los 7 días de curado.	•Ensayo ASTM C 110 para determinar que no tenga más de 10% de residuos. •Después de terminar la capa, se realiza el ensayo de resistencia a la compresión de 0,70MPa (ASTM D5102, Método B). •Ensayo de densidad para determinar la compactación (mayor al 95% de la densidad máxima)	•No se puede aplicar cal si las condiciones climáticas pueden causar una pérdida excesiva de material o si la temperatura en las próximas 48 horas puede caer por debajo de 0°C. •Se debe aplicar el material cuando la temperatura del mismo sea mayor a 5°C.	•Según la National Lime Association si el curado se hace con emulsión bituminosa se aplica de 0,12 a 0,30 galones por metro cuadrado •Se puede permitir el tráfico 24 horas luego de compactado, pero con previa aprobación.
Sudáfrica		Se realiza según lo diseñado y dado en el proyecto, el cual se realiza haciendo pruebas del pH según la SANS 5833, con muestras de diferentes cantidades de cal (1%, 1.5%, 2% y 2.5%), se tomará la dosificación que haga que el pH no varie más de 0,1%	• La cal se podrá almacenar máximo 6 meses y protegidos de la humedad. •La cal deberá tener un certificado de garantía del fabricante, con un certificado que cumpla los requisitos. •La calidad del agua debe tener un pH entre 5,0 y 9,7, con una conductividad eléctrica máxima de 170 mS/m, sólidos totales disueltos máximos de 1200 mg/l y sulfato SO4 máximo de 450 mg/l. •Antes de la construcción, se realiza una sección de prueba para verificar los requisitos necesarios. •La mezcla debe completarse y compactarse dentro de las 10 horas posteriores a la aplicación de la cal. Si el material y deberá permanecer inalterada durante 24 horas. •Para el proceso de mezclado se puede usar un mezclador rotatorio, o también realizarlo de manera convencional. •Se comprueba la humedad y se aplica la cantidad de agua adecuada. •La capa no puede variar en su espesor más de 20 mm.	•Se realizan inspecciones de rutina y pruebas para determinar si la calidad del material y la mano de obra cumplen con los requisitos del contrato. •La estabilización se inspecciona cada kilómetro, aceptando variaciones del 5% de lo requerido. •Se verifica que la densidad seca máxima sea mayor que la aparente. •Ensayo de compactación con un valor objetivo similar al de una subrasante normal, que es del 93% al 95% de la densidad seca máxima.	No se podrá realizar la estabilización si existen vientos de más de 14km/h, tiempo húmedo o frio cuando la temperatura ambiente sea inferior a 3°C, o con temperaturas que estén descendiendo y se situé en 7°C.	Se realiza el curado durante 7 días, y no se permitirá el tráfico durante ese tiempo.
Australia y Nueva Zelanda	•Para el material a usar (material de suelo), se requiere un PP200 > 25%, 10 < PI < 20 y también para PI ≥ 20, contenido de MO ≤ 1% - 2%. •La cal viva será un 30% más efectiva que la hidratada, según la situación se escogerá cual usar, diferenciadas en que la cal viva es más granular y la cal hidratada muy fina o en suspensión. •La cal hidratada puede ser en polvo o lechada, si es en lechada esta vendrá con un contenido de agua entre 80% a 200% •La cal no tendrá una pureza de 100%, en cambio normalmente esta entre 80 a 95% •Si la mezcla incluye terrones, se sugiere que el 80 al 90% de los terrones pase por el tamiz de 26.5 mm.	•Determinación del Contenido de Cal: Método A: Basado en la resistencia a la compresión no confinada, buscando valores entre 1 < UCS ≤ 2 a los 28 días. Método B: Utiliza ensayos CBR, seleccionando el contenido que cumple con los requisitos deseados. •La aplicación de cal hidratada en lechada debe limitarse al 3% del total del material. •Añade que, si se aplica menos del 2% de cal: El material será más resistente y estable a la humedad. Y Más del 2%: Se considerada material ligado, resultando en mayor resistencia y rigidez.	•Se debe almacenar la cal en sitios que no esté expuesto a humedad. •Se debe verificar la calidad de la cal, del agua, uniformidad de la mezcla y compactación. •Para materiales difíciles de descomponer, la mezcla se procesó de curado húmedo, que ira desde unas horas hasta 1 día, para luego volver a mezclar y lograr mejor distribución. •También se podrá agregar la cal en 2 etapas, la primera en un proceso llamado melado y la segunda se realiza entre 4 y 72 horas después de la primera. •Si el método para determinar la cantidad de cal es el Método B se agrega 0.5% a 1% más de lo diseñado. •Se debe compactar y llegar a la densidad seca máxima posible. •La cal viva se puede aplicar con un esparcidor mecánico, aunque con una tasa de aplicación de 15 kg/m2, para ayudar a apagar la cal viva (aplicando agua) •El agua utilizada para la mezcla no debe contener más del 0,05% de materia orgánica o sulfatos. La cantidad de agua a usar será la necesaria para obtener la densidad seca máxima.	•Antes de iniciar, se deben conocer LL, LP, IP, cantidad de materia orgánica en el suelo o material a estabilizar. •Durante el proceso de construcción, y al finalizar, se realizan ensayos de resistencia a la flexión, contenido de humedad, temperatura (verificar el apagado de la cal viva) y densidad seca.	La temperatura puede afectar a la mezcla, ya que altas temperaturas producen secado perjudicando la resistencia ultima asi como su fatiga.	Se establecerán según lo especificado en el documento del proyecto
Tailandia	-	-	-	-	-	-

Nota. Apéndice de la Figura 43

Tabla 63

Especificaciones para geotextiles y geomallas de algunos países

País	Especificaciones	
	Geotextil	Geomalla
Colombia	Para suelos: •Debe tener (1% ≤ CBR <3%) o Resistencia al corte Cu (30KPa - 90KPa) Para Geotextil: •95% en masa de poliolefinas o poliéster •Propiedades Mecánicas (VPMR): -Si es Tejido (Elongación<50%, Resistencia a la tensión Grab ≥ 1400N, Resistencia de la costura a la tensión Grab ≥ 1260N, Resistencia a la penetración ≥ 2750N, Resistencia al rasgado trapezoidal ≥ 500N) -Si no es tejido (Elongación ≥ 50%, Resistencia a la tensión Grab ≥ 900N, Resistencia de la costura a la tensión Grab ≥ 810N, Resistencia a la penetración ≥ 1925N, Resistencia al rasgado trapezoidal ≥ 350N) •Propiedades Hidráulicas (VMPR): Ambos tipos deberán tener una Permitividad ≥ 0.05 s-1, Tamaño de abertura aparente ≤ 0.43mm, Estabilidad ultravioleta después de 500h de exposición ≥ 50%.	Para suelos: •Debe tener (1%≤ CBR<3%) Para Geomalla: •Deber ser biaxial o multiaxial •Propiedades Mecánicas según las condiciones de la FHWA-NHI-07-092: Se clasifica en Clase 1 (Alta), clase 2 (Moderada-1), clase 3 (Moderada-2). Propiedades de supervivencia -Resistencia ultima a la tensión: Clase 1: 18 kN/m, Clase 2 y 3: 12kN/m -Resistencia de las uniones o nodos: Clase 1 y 2: 110 N, Clase 3: 35N -Las siguientes aplican a las 3 clases: Estabilidad ultravioleta: 50% Propiedades de refuerzo: Aplica para las 3 clases, debe tener: -Resistencia última a la tensión según lo especificado en el proyecto. -Área abierta de 50% - 90% -Tamaño de abertura: 12,5mm-75mm; agregado encima de la geomalla los ≥ D50 y ≤ 2*D85
Perú	Para suelos: •A-5, A-6, A-7-5 y A-7-6 •1%≤ CBR<3%, Resistencia al corte Cu(30KPa-90KPa), MR < 30MPa y R valor < 2 •Nivel freático alto •Sensibilidad alta S > 8(relación entre resistencia a compresión no confinada en estado inalterado y remoldeado) Para Geotextil: •Deben ser polímeros sintéticos, si son tejidos debe ser fabricado con cintas planas o con cintas fibriladas, si son no tejidos con fibras largas o fibras cortas punzonadas o termo fundidas •Se usaran geotextil clase 1, con las siguientes propiedades: -Para elongación < 50%: Resistencia Grab ≥ 1400N, Resistencia de la costura ≥ 1260N, Resistencia punzonamiento ≥ 2750N, Resistencia al rasgado ≥ 500N -Para elongación ≥ 50: Resistencia Grab ≥ 900N, Resistencia de la costura ≥ 810N, Resistencia punzonamiento ≥ 1925N, Resistencia al rasgado ≥ 350N. -Ambos tipos deberán tener una Permitividad ≥ 0.05 s1, Tamaño de abertura aparente ≤ 0.43mm, Estabilidad ultravioleta después de 500h de exposición ≥ 50%.	Para suelos: •A-5, A-6, A-7-5 y A-7-6 •CBR<3%, Cu < 90KPa, MR < 30MPa y R valor < 2 •Nivel freático alto •Sensibilidad alta S > 8(relación entre resistencia a compresión no confinada en estado inalterado y remoldeado) Para geomallas: •Las geomallas, según la ETL 1110-1-189 del cuerpo de ingenieros del ejército de los Estados Unidos, pueden ser extruidas y estas ser uniaxial y biaxial, deben cumplir que: •Si a su vez se instala un geotextil esta deberá ir encima. •Se recomienda que si CBR ≤ 5 se recomienda usar tanto geotextil como geomalla. •La geomalla biaxial a su vez según Webster debe tener: -Masa por unidad de superficie(oz/yd2) ≥ 9 En dirección de la maquina un tamaño de apertura ≥ 1 pulg, Resistencia al 5% de deformación ≥700 lb/ft y Máxima resistencia ≥ 1200 lb/ft. En dirección transversal de la maquina un tamaño de apertura ≥ 1,3 pulg, Resistencia al 5% de deformación ≥ 1200 lb/ft, Máxima resistencia ≥ 2096 lb/ft
Chile	Para Geotextil: •Deben ser de poliéster, polipropileno u otros polímeros de origen vegetal que cumplan la funcionalidad, resistencia y estabilidad que deba tener. fibriladas, si son no tejidos con fibras largas o fibras cortas punzonadas o termo fundidas •Se usaran geotextil tejido o no tejido: -Tejido: Elongación < 50%: Resistencia a tracción longitudinal ≥ 1100N, Costurado ≥ 990N, Punzonamiento ≥ 2200N, Corte trapezoidal ≥ 400N. -Para elongación ≥ 50: Resistencia a tracción longitudinal ≥ 700N, Costurado ≥ 630N, Punzonamiento ≥ 1375N, Corte trapezoidal ≥ 250N. -Ambos tipos deberán tener una Permitividad ≥ 0.05 s1, Abertura de poros ≤ 0.43mm, Estabilidad ultravioleta después de 500h de exposición ≥ 50%.	Para Geomalla: •Deben ser construidas con material polimérico o fibra de vidrio, en base a tendones fuertes y unidos en los cruces, que formen figuras de 3, 4 o 6 lados o cualquier otra teselación. •Se debe colocar sobre un geotextil. •Deberá tener los siguientes requisitos, dependiendo si es polimérico o fibra de vidrio: -Polimérico: Resistencia a tracción ≥ 30kN/m, Elongación máxima a la malla de 15%. -Fibra de Vidrio: Resistencia a tracción ≥ 50kN/m, Elongación máxima a la malla de 4%.

Estados Unidos	Para Suelos: •Suelos con 2.0 < CBR ≤ 4.0 se pueden estabilizar con geotextil Para Geotextil: •95% en masa de poliolefinas o poliésteres •Se usaran geotextil clase 1, con las siguientes propiedades de resistencia y durabilidad: -Tejido: Elongación < 50%: Resistencia de agarre ≥ 1420N, Resistencia de la costura ≥ 1290N, Resistencia punzonamiento ≥ 2760N, Resistencia al rasgado ≥ 490N -No tejido: Elongación ≥ 50: Resistencia de agarre ≥ 890N, Resistencia de la costura ≥ 800N, Resistencia punzonamiento ≥ 1910N, Resistencia al rasgado ≥ 360N -Ambos tipos deberán tener una Estabilidad ultravioleta ≥ 50% de fuerza retenida después de 500h de exposición. •Propiedades hidráulicas, serán en 5 tipos: -Permitividad mínima(S-1): Tipo A: 0.7, Tipo B: 0.5, Tipo C: 0.2, Tipo D y E: 0.1 -Tamaño máximo de apertura aparente: Tipo A, B, D: N°40(0,425mm); Tipo C: N°60(0,250mm) y Tipo E: N°70(0,212mm)	Para Suelos: •Suelos con 2.0 < CBR ≤ 4.0 se pueden estabilizar con geomalla Para Geomalla: •La geomalla debe ser fabricada con una red regular de elementos de tracción de polímero longitudinales y transversales, compuesta de fibras o nervaduras con mínimo 95% de polipropileno, polietileno o poliéster. •Tamaño de apertura: 13mm-75mm •Resistencia a la tracción al 2% de tensión: 5,8kN/m •Resistencia a la tracción al 5% de tensión: 11,7kN/m •Resistencia ultima a la tracción: 19kN/m •Fuerza de unión: 110N •Estabilidad ultravioleta: 50% luego de 500h de exposición.
	•Según la U.S Army corps of engineers, si los suelos tienen un CBR ≤ 0.5% se debe usar la combinación de geotextil y geomalla; igualmente recomienda usar ambos geosintéticos si el suelo tiene valores de 0.5 < CBR ≤ 2.0. •Según el tipo de polímero, estos requisitos aplican tanto para Geotextil y Geomalla, medidos según la ASTM D4595 y ASTM D6637: -Polipropileno y polietileno ≥ 50% de resistencia retenida a los 28 días para el Polipropileno y 56 para polietileno. -Poliéster: Peso molecular medio Numérico mínimo de 25000, Grupo terminal carboxilo máximo de 30. -Todos los polímeros: Estabilidad ultravioleta ≥ 70%, Masa por unidad de área ≥ 8 oz/yd2, porcentaje de materia reciclado por consumo en masa maximo 0%. •Las especificaciones de resistencia se clasifica en 6 tipos y debe de ser: -Fuerza máxima: Tipo 1 : 29,2kN/m, Tipo 2 : 43,8kN/m, Tipo 3 : 58,4kN/m, Tipo 4: 73kN/m, Tipo 5: 87,6kN/m, Tipo 6: 116,8kN/m. -Resistencia nominal a largo plazo: Tipo 1 : 14,6kN/m, Tipo 2 : 21,9kN/m, Tipo 3 : 29,2kN/m, Tipo 4: 36,5kN/m, Tipo 5: 43,8kN/m, Tipo 6: 58,4kN/m.	
Australia y Nueva Zelanda	Para suelos con CBR<3% Para Geotextil debe ser: •Fabricado de los siguientes polímeros: Polipropileno(92%), Poliéster(5%), Polietileno(2%), Poliamida(1%), otros polímeros y vidrio(1%); fabricadas con fibras de diferentes tipos: Fibras Monofilamento, multifilamento, de película, fibriladas y discontinuas •Se usaran geotextil clase 1 clasificados según la tabla AASHTO 2006 y adaptados a los ensayos y estándares australianos: Propiedades mecánicas: -Tejido: Elongación < 50%: Resistencia de agarre ≥ 700N, Resistencia de la costura ≥ 1260N, Resistencia punzonamiento ≥ 2750N, Resistencia al rasgado ≥ 500N -No tejido: Elongación ≥ 50: Resistencia de agarre ≥ 450N, Resistencia de la costura ≥ 810N, Resistencia punzonamiento ≥ 1925N, Resistencia al rasgado ≥ 350N	Para Malla: •Podrá ser Geomalla soldada, extruida y geomalla de alta resistencia. •La malla debe ser de polipropileno, polietileno, poliamidas, poliéster y ácidos polivinílicos.

Nota. Apéndice de la Figura 44

Tabla 64

Criterios de calidad para geotextiles y geomallas de algunos países

País	Criterios de calidad	
	Geotextil	Geomalla
Colombia	•La subrasante debe estar preparada adecuadamente. •El geotextil debe tener Valor de confianza de 97,7 % y certificado con la ISO 9001 •El laboratorio para comprobar la calidad del geotextil debe de estar acreditado bajo la ISO/IEC 17025 o GAI-LAP •Los accesorios deben los de la ficha técnica. •El geotextil debe según la ASTM D4873 estar identificado con: Nombre de fabricante, numero del producto y de rollo. Almacenado horizontalmente, protegiéndose del agua, luz solar, químicos, llamas y temperaturas superiores a 70°C, piedras u otros. •El geotextil se debe extender sin arrugas o dobleces, también traslapado según la ficha técnica y como mínimo 60cm o costura, aunque si es final de rollo 1m o costura.(si es costura, puntadas simples o doble hilo, y 150 a 200 puntadas por metro) •Las costuras deben ser por medio de hilos de poliéster o polipropileno que contrasten con el geotextil; hilos con fibra sintética o natural solo si tienen menos de 10% de fibras naturales en masa. •No usar equipo que punzonen el geotextil, también los equipos deben ser usados a velocidades menores a 15 km/h •La capa terminada debe tener variaciones de cota inferiores a 15mm •Evaluar rollos de geotextil al azar con un área de 400 a 600m2, tomando una muestra cada metro, descartando las primeras 2 vueltas.	•La subrasante debe estar preparada adecuadamente. •La geomalla debe tener valor de confianza de 97,7 % •Laboratorio para comprobar la calidad del geotextil(ISO/IEC 17025 o GAI-LAP) •Se requiere geotextil de separación si D85 de agregado sobre la geomalla < 5 * D85 del suelo de subrasante. •La geomalla debe cumplir con lo descrito en la ASTM D4873, igual que el geotextil. • La geomalla se debe alinear, templar manualmente y asegurar a la superficie para mantener la tensión; además que los traslapos se deben hacer con uniones plásticas y según lo dicho por la ficha técnica, teniendo como mínimo que: CBR ≥ 3% : 30 cm, 1 % < CBR < 3 % : 60 cm, 0,5 % < CBR ≤ 1 % : 90 cm; si son tramos finales traslapos de 90 cm. •La capa se debe compactar con el equipo adecuado. •Terminada la capa se permite circulación de equipos de llantas a menos de 5 km/h. •Evaluar rollos de geomalla al azar con un área de 400 a 600m2, tomando una muestra cada metro, descartando las primeras 2 vueltas.
Perú	•Se debe tener preparada la subrasante adecuadamente antes de iniciar la colocación del geotextil. •Se debe remover de la subrasante materiales mayores a 2" y otros que pudieran dañar el geotextil. •El geotextil debe tener nombre del fabricante, nombre del producto, composición química de los filamentos o cintas y otra información pertinente, además de un certificado del fabricante que muestre el cumplimiento de los requisitos, no pueden ser valores de catálogo. •El geotextil debe ser almacenado protegiéndose de la humedad, luz solar, polvo, pintura y otros que puedan afectarlo. •Se debe realizar ensayos cada 1500 m2 de geotextil para poder ser usado, ensayos ASTM D4354 •Para el control de calidad del geotextil usado se escogen rollos al azar, descartando las primeras 2 vueltas del rollo y tomando una muestra cada metro, otro punto es que la muestra se debe enviar a un laboratorio especializado en medir las propiedades mecánicas e hidráulicas de los geotextiles (No se podrá enviar a un laboratorio que corresponda al fabricante) •La superficie luego de la cobertura debe quedar lisa y sin protuberancias mayores a 450mm	-
Chile	•Se deberá tener un suelo previamente preparado de la forma que el proyecto lo requiera(emparejada y compactada si es posible) •El geotextil deberá cumplir los requisitos mínimos. •Se debe colocar el geotextil según lo indicado en los documentos del proyecto. •La instalación del geotextil debe ser sin arrugas y pliegues. •Los rollos extendidos se deben unir con costurado o traslapado si se autoriza.(Traslapo de 0,75m si CBR≤ 1% y de 0,30m para CBR≥ 3%) •Inspeccionar el geotextil colocado en busca de daños de instalación. •No descargar el material directamente sobre el geotextil. •Luego de colocada la cobertura no se podrá compactar con equipo con más de 5 ton de peso.	•Se deberá tener un suelo previamente preparado de la forma que el proyecto lo requiera(emparejada y compactada si es posible) •La geomalla deberá cumplir los requisitos mínimos. •Se debe colocar el geotextil según lo indicado en los documentos del proyecto. •La instalación del geotextil se recomienda de manera transversal. •Los rollos extendidos se deben unir con costurado o traslapado(Traslapo mínimo de 30cm) •Inspeccionar el geotextil colocado en busca de daños de instalación. •No descargar el material directamente sobre el geotextil. •Luego de colocada la cobertura no se podrá compactar con equipo con más de 5 ton de peso.

Estados Unidos	•La subrasante debe estar preparada adecuadamente y una subexcavacion hasta los limites requeridos para la instalación. •El geotextil debe según la ASTM D4873 estar identificado con: Nombre de fabricante, numero del producto y de rollo. Almacenado protegiéndose del agua, radiación ultravioleta, químicos, llamas y temperaturas superiores a 71°C e inferiores a 0°C, cualquier otra condición que pueda afectarla. •Si se realizan costuras se debe seguir las recomendaciones del fabricante, estas costuras se hacen con hilo de polipropileno o poliéster(no usar de nailon), este hilo debe tener protección contra radiación ultravioleta y un color que contraste. •Se toman muestras de la costura de 1,8x1,5m; estas muestras son de cosidas en dirección de la maquina o transversal de la máquina. •Se debe reemplazar o retirar cualquier geotextil dañado(colocando un parche) •Se debe colocar el geotextil totalmente liso, sin arrugas, superponiendo en el sentido de la construcción 600mm en los extremos y lados de las láminas.(no hacerlo longitudinal debajo de las cargas de las ruedas) •Se tiene durante la colocación de la capa de cobertura surcos mayores a 75mm se debe disminuir el tamaño del equipo de construcción(disminuya el peso o aumente espesor) •Se puede usar para compactación los rodillos vibratorios hasta que se produzcan fallas, en ese caso se repara el geotextil y no se usa más el rodillo.	•La subrasante debe estar preparada adecuadamente y una subexcavacion hasta los limites requeridos para la instalación. •La geomalla debe cumplir con lo descrito en la ASTM D4873, igual que el geotextil. •Se debe reemplazar o retirar cualquier geomalla dañado(colocando un parche) •Se debe colocar la geomalla sobre el geotextil cuando sea necesario. •Se debe colocar la geomalla totalmente tensa y superponiendo de la misma forma que con geotextil. •Para realizar control de calidad de la geomalla se realizan por medio independientes HITEC, AASHTO, NTPEP. •Si se tiene durante la colocación de la capa de cobertura surcos mayores a 75mm se debe disminuir el tamaño del equipo de construcción(disminuya el peso o aumente espesor) •Se puede usar para compactación los rodillos vibratorios hasta que se produzcan fallas, en ese caso se repara la geomalla y no se usa más el rodillo.
Australia y Nueva Zelanda	•Se debe tener preparada la subrasante adecuadamente antes de iniciar la colocación del geotextil. •Se tomarán muestras para determinar la calidad del geotextil, revisando las características y que cumpla con los parámetros necesarios	•Se debe tener preparada la subrasante adecuadamente antes de iniciar la colocación de la geomalla. •Se tomarán muestras para determinar la calidad del geotextil, revisando las características y que cumpla con los parámetros necesarios

Nota. Apéndice de la Figura 45