	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
Dependencia		Aprobado		Pág.
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA		SUBDIRECTOR ACADEMICO		i(97)

### RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	DANILO ALFONSO NORIEGA ROMERO		
FACULTAD	INGENIERIAS		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA CIVIL		
DIRECTOR	Eps. TANNA FERNANDA ASCANIO HIGUERA		
TÍTULO DE LA TESIS	ELABORACIÓN DE UNA GUÍA PRÁCTICA PARA LA APLICACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN INVIAS 2013 EN PAVIMENTOS FLEXIBLES		
<b>RESUMEN</b> (70 palabras aproximadamente)			
<p><b>EL PRESENTE TRABAJO DE GRADO PRESENTA LA ELABORACIÓN DE UNA GUÍA PRÁCTICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, APLICANDO LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN INVIAS 2013 DONDE SE SELECCIONA LA INFORMACIÓN DE MAYOR RELEVANCIA, COMPENDIANDO, CATALOGANDO Y CLASIFICANDO LOS AGREGAOS PÉTREOS Y LIGANTES BITUMINOSOS. SE EXTRAJERON LAS TABLAS QUE CONTIENEN LA INFORMACIÓN UTILIZADA PARA LOS CONTROLES Y VERIFICACIÓN DE CALIDAD DE LOS MATERIALES EN OBRA.</b></p>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
PÁGINAS: 97	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 6	CD-ROM: 1



ELABORACIÓN DE UNA GUÍA PRÁCTICA PARA LA APLICACIÓN DE LAS  
ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN INVIAS 2013 EN  
PAVIMENTOS FLEXIBLES

AUTOR

DANILO ALFONSO NORIEGA ROMERO

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Civil

Director

ING. CIVIL. Eps. TANNA FERNANDA ASCANIO HIGUERA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

INGENIERÍA CIVIL

Ocaña, Colombia

Febrero 2018

## DEDICATORIA

Primero que todo dedicar este gran logro a mi padre quienes me han apoyado en todos momentos para que este logro ser hiciera realizada.

A mi valiosa madre que con su carácter y cariño formaron la persona que soy hoy.

A mis hermanos por estar siempre a mi lado.

A mi tía Maribis por darme su apoyo y motivarme alcanzar las metas.

A mi familia entera por creer en mí.

A mi hermosa novia por ser esa persona especial.

DANILO ALFONSO NORIEGA ROMERO

## AGRADECIMIENTOS

Primordialmente agradecer a Dios ante todas las cosas por ser esa fuerza espiritual la que siempre ha estado presente cuando lo necesito.

A mis padres y mi tía Marta gracias por ser la compañía, el apoyo incondicional y por creer en mí. A ellos les debo la persona que soy hoy en día.

A la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, por acogerme en su grandiosa familia y permitirme cursar y culminar.

A los profesores de la universidad, a ellos gracias por tener paciencia y por transmitir toda su sabiduría.

El ingeniero Wilson Antonio Jaime Barbosa por compartir su conocimiento para la elaboración del tema de investigación.

A la ingeniera Tanna Fernanda Ascanio higuera por proveer conocimiento en la elaboración de este proyecto.

A los ingenieros Mario Andrei Sanguino Casadiego y Juan Carlos Gutierrez herrera.

DANILO ALFONSO NORIEGA ROMERO

## Índice

Capítulo 1. Elaboración de una guía práctica para la aplicación de las Especificaciones Generales De Construcción Invias 2013 en pavimentos flexibles.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación del problema.....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Justificación.....	3
1.5 Delimitaciones.....	4
1.5.1 Delimitación Operativa.....	4
1.5.2 Delimitación Conceptual.....	4
1.5.3 Delimitación Geográfica.....	5
1.5.4 Delimitación Temporal.....	5
Capítulo 2. Marco Referencial.....	6
2.1 Marco Histórico.....	6
2.2 Marco conceptual.....	7
2.3 Marco teórico.....	10
2.4 Marco legal.....	12
Capítulo 3. Diseño metodológico.....	13
3.1 Tipo de investigación.....	13
3.2 Metodología de la investigación.....	13
3.3. Población y muestra.....	14
3.4 Técnicas de recolección de información.....	14
Capítulo 4. Desarrollo del proyecto.....	16
4.1 Elaborar una guía práctica para la aplicación de las especificaciones generales de construcción INVIAS 2013 en pavimentos flexibles.....	16
4.1.1 Recolección de información.....	16
4.1.2 Clasificar información.....	16
4.1.3 Realizar la guía práctica de pavimentos asfálticos.....	16
4.2 Examinar las Especificaciones Generales De Construcción INVIAS 2013 basado en los capítulos 2 explicación, capítulo 3 Afirmando, Sub-base, y base y el capítulo 4 pavimentos asfálticos para clasificar los aspectos técnicos tenidos en cuenta para la construcción de pavimentos asfálticos.....	18

4.2.1 Aspectos técnicos del Capítulo 2 (explanación).....	18
4.2.2 Aspectos técnicos del Capítulo 3 (afirmado, sub-base y base). ....	19
4.2.3 Aspectos técnicos del Capítulo 4 (pavimentos asfálticos). ....	20
4.3 Compendiar los títulos y subtítulos más relevantes de los capítulos anteriormente mencionados, en cuanto a calidad de materiales planteados por las especificaciones técnicas.....	21
4.4 Catalogar los ligantes bituminosos (cementos asfálticos, asfaltos líquidos y emulsiones asfálticas) con ánimo de conocer las características de cada uno de ellos y sus requisitos mínimos de calidad. ....	21
4.5 Clasificar las categorías de los agregados pétreos por propiedades de origen y propiedades de fabricación, con el fin de evitar que se mezclen agregados heterogéneos en la ejecución de las diferentes fases en la fabricación de un pavimento asfáltico.....	23
4.6 Describir los diferentes tipos de mezclas asfálticas en relación a sus requisitos mínimos de calidad. ....	24
4.7 Identificar las etapas que se deben seguir en la realización de un proceso constructivo de una vía en pavimento asfáltico.....	25
Conclusiones .....	26
Recomendaciones .....	27
Referencias.....	28
Anexo .....	29

## Lista de figuras

Figura 1. Esquema metodológico. Fuente: autor del proyecto.....	20
Figura 2. Tabla.1 Clasificación y descripción de los pavimentos para carreteras. Fuente: autor del proyecto.....	25
Figura 3. Tabla.2 Clasificación de las emulsiones de acuerdo con su ruptura y carga de partícula. Fuente: autor del proyecto.....	26
Figura 4. Clasificación de los agregados pétreos. Fuente: autor del proyecto.....	27
Figura 5. Tipos de mezclas en caliente de gradación continua. Fuente: INVIAS (2013).....	28
Figura 6. Tipos de mezclas por utilizar del espesor compacta de la capa. Fuente: INVIAS (2013).....	28

## **Resumen**

Debido a que las Especificaciones Generales De Construcción Invias 2013 en pavimentos cuentan con un contenido extenso, dificultando la consulta de algunos lectores, es por eso que la aplicabilidad que se tiene a las especificaciones técnicas en cuanto a su uso y extenso contenido para su interpretación, implican la reincidencia en la revisión de los diferentes artículos, creando en muchas de las interventorías y procesos de construcción posibles descuidos que conllevan a pasar por alto ciertas consideraciones técnicas que se deben tener en cuenta en su aplicabilidad de las especificaciones técnicas. Por la cual se realizó el proyecto de investigación de una guía práctica para hacer una consulta rápida y puntual a los procesos y requerimientos de calidad en los materiales.



## Introducción

Las carreteras son el principal medio de comunicación entre localidades desde la antigüedad, evolucionando la prosperidad y desarrollo de civilizaciones, dado a su importancia es crucial construirlas con procesos constructivos adecuados y los requerimientos de calidad en los materiales.

La estructura de un pavimento flexible tiene como objetivo recibir y transmitir las cargas provocados por el tránsito de una capa a otra disminuyendo los esfuerzos a medida que llegan a la subrasante, de manera que no afecte el comportamiento de la subrasante.

Por lo general la estructura de un pavimento flexible es de tricapa, tres capas construidas con materiales seleccionados y cada una cumple un trabajo específico por lo que es necesario elaborarla con las técnicas correctas respetando los estándares de calidad de los materiales exigidos por la normatividad.

La prestación de este trabajo se refiere al tema de la elaboración de una guía práctica para la aplicación de las Especificaciones Generales de Construcción INVIAS publicadas en el 2013 enfocada en los pavimentos flexibles, por lo que es un pavimento que se puede construir con diferentes materiales bituminosos y contienen una vasta información en su contenido.

El contenido de las especificaciones técnicas se examinó, compendio, catalogo e identificaron diferentes parámetros tenidos en cuenta en la construcción de un pavimento flexibles.

La información contenida en la guía práctica fue consultada en los capítulos 2 explicación, capítulo 3 Afirmado, Sub-base y base y el capítulo 4 pavimentos asfáltico. Analizando su contenido para detectar los requisitos de calidad y las recomendaciones para realizar los trabajos de construcción de las diferentes capas de la estructura de un pavimento flexible.

# **Capítulo 1. Elaboración de una guía práctica para la aplicación de las Especificaciones Generales De Construcción Invias 2013 en pavimentos flexibles**

## **1.1 Planteamiento del problema**

La construcción de pavimentos flexibles en Colombia se rige por las Especificaciones Generales de Construcción del Instituto Nacional de Vías cuya última versión es del 2013, la cual indica la metodología para poder construir las capas necesarias de la estructura del pavimento, permitiendo establecer las condiciones mínimas de estabilidad, calidad y seguridad que debe tener una vía.

De acuerdo con lo anterior, la aplicabilidad que se tiene a las especificaciones técnicas en cuanto a su uso y extenso contenido para su interpretación, implican la reincidencia en la revisión de los diferentes artículos, creando en muchas de las interventorías y procesos de construcción posibles descuidos que conllevan a pasar por alto ciertas consideraciones técnicas que se deben tener en cuenta en su aplicabilidad. Debido a esto se viene dando con frecuencia la falta de consulta a las especificaciones generales de construcción y en consecuencia se ven reflejadas deficiencias en las estructuras de pavimentos flexibles reduciendo el tiempo de vida útil proyectado en el diseño y generando mayor gasto en el mantenimiento vial.

En atención a las consideraciones planteadas, se opta por presentar una propuesta de guía práctica que sintetice los diferentes parámetros necesarios para la aplicación de dichas especificaciones de tal manera que su consulta sea rápida, propia y que cumpla la mayoría de los

requisitos técnicos establecidos, sin que ellos reemplacen las especificaciones generales de construcción adoptadas por ley.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Qué tan necesario debe ser la elaboración de una guía práctica que contemple los diferentes ítems de aplicación para construir pavimentos flexibles basados en las Especificaciones Generales de Construcción INVIAS 2013?

## **1.3 Objetivos**

**1.3.1 Objetivo General.** Elaborar una guía práctica para la aplicación de las Especificaciones Generales de Construcción INVIAS 2013 en pavimentos flexibles.

**1.3.2 Objetivos Específicos.** Examinar las Especificaciones Generales De Construcción INVIAS 2013 basado en los capítulos 2 explanación, capítulo 3 Afirmado, Sub-base y base y el capítulo 4 pavimentos asfáltico para conocer las condiciones técnicas tenidas en cuenta para la construcción de pavimentos asfálticos.

Compendiar los títulos y subtítulos más relevantes de los capítulos anteriormente mencionados, en cuanto a calidad de materiales planteados por las especificaciones técnicas.

Catalogar los ligantes bituminosos (cementos asfálticos, asfaltos líquidos y emulsiones asfálticas) con ánimo de conocer las características de cada uno de ellos y sus requisitos mínimos de calidad.

Clasificar las categorías de los agregados pétreos por propiedades de origen y propiedades de fabricación, con el fin de evitar que se mezclen agregados heterogéneos en la ejecución de las diferentes fases en la fabricación de un pavimento asfáltico.

Describir los diferentes tipos de mezclas asfálticas en relación a sus requisitos mínimos de calidad.

Identificar las etapas que se deben seguir en la realización de un proceso constructivo de una vía en pavimento asfáltico.

#### **1.4 Justificación**

El enfoque de la guía práctica para la aplicación de las Especificaciones Generales de Construcción de INVIAS 2013 hace recomendaciones elaboradas de forma sistemática que permite la toma de decisiones en relación con los procedimientos que se realizan en la construcción de pavimentos flexibles.

Se puede decir que, con la creación de esta guía práctica se quiere sintetizar los diferentes parámetros necesarios para la aplicación de dichas especificaciones de tal manera que su

consulta sea rápida, propia y de apoyo para los ingenieros en su aplicación en las actividades de construcción.

Las Especificaciones Generales de Construcción INVIAS 2013, fueron adoptadas mediante la resolución 0001376\_2014\_MINISTERIO DE TRANSPORTE lo cual lo hace de obligatorio cumplimiento. Por lo tanto, esta guía de apoyo propuesta no reemplaza en ningún momento las especificaciones existentes

## **1.5 Delimitaciones**

**1.5.1 Delimitación Operativa.** A nivel operativo la investigación se desarrolla con algunas visitas de campo para tomar registro fotográfico de los pavimentos asfálticos más comunes en el territorio Colombiano, luego mediante la documentación técnica y consultas externas se identificó y se organizó de una manera clara y concisa la forma de interpretación de la norma para pavimentos asfálticos que dio como resultado la elaboración de una cartilla para su fácil manejo.

**1.5.2 Delimitación Conceptual.** En la guía práctica a desarrollar se emplearán los conceptos relacionados con los capítulos para la construcción de pavimentos flexibles, de las Especificaciones Generales de Construcción INVIAS 2013.

**1.5.3 Delimitación Geográfica.** Debido a que la presente guía práctica se desarrollará atendiendo el contenido de las Especificaciones Generales de Construcción INVIAS 2013 su aplicabilidad será para los pavimentos asfálticos del territorio nacional.

**1.5.4 Delimitación Temporal.** El proyecto planteado se ejecutará en un periodo de 6 meses a partir de la fecha de aprobación del mismo.

## Capítulo 2. Marco Referencial

### 2.1 Marco Histórico

La invención de la rueda trajo consigo la creación de vehículos que le facilitaron al hombre trasladar cargas pesadas de un destino a otro empleando menos esfuerzo. Pero para que la rueda se moviera adecuadamente se construyeron los caminos, contaban con una superficie homogénea y segura que facilitaba la circulación de las carretas aun que los recorridos eran lentos y los vehículos sufrían daños en los ejes y rueda debido a la condición de los materiales y topografía del terreno.

Data la historia que en el año 500 A.C ya se había construido una vía que comunica Persia y el mediterráneo, Roma también tiene un papel importante en la construcción de pavimentos como sus calzadas romanas fueron un sistema de carreteras con 80.000km, consistentes en 29 calzadas que partían de roma y cubrían las provincias importantes conquistadas, incluyendo gran Bretaña. (Anónimo, 2012.)

Para resumir la historia a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta investigaciones realizadas según Tarazona Ayala M. F. (2015), se puede decir que:

Pero fue en el año 1607 donde Francia documentó la primera legislación sobre caminos en el que se sanciono el primer código de carreteras, en el que establecía métodos de construcción y mantenimiento para caminos.

Con el pasar de los años y gracias a las investigaciones realizadas a los materiales que integran la estructura del pavimento se han sido remplazando por otros que ofrecen mejores propiedades físicas y químicas, esto lo podemos evidenciar en el uso de componentes derivados del petróleo como lo es el alquitrán que se utilizó por primera vez como capa de rodadura en los caminos de la Inglaterra de 1848.

En el siglo XIX Inglaterra fue pionera en la creación e implementación de leyes de pavimentos, con la creación del comisionado de pavimentación, con la intervención del reino unido. Su principal tarea era el cuidado y mejoramiento vial.

Con la llegada de la era industrial se explora con mayor intensidad la necesidad de pavimentos, para la cual se utilizaban piedras más pequeñas (adoquines) o la utilización de pavimento de McAdam quien publicó su investigación a principio del siglo XIX, John Loudon McAdam (1756-1836) construyo caminos con una capa de partículas de piedra partida de igual tamaño, cubiertas por partículas más pequeñas, la cual se consolidaba bajo tránsito, hasta formar una capa de rodadura densa e impermeable.



Luego con el pasar del tiempo y la creación del neumático inflable y desmontable para automóvil se construye el primer automóvil con rueda neumática en 1895 el cual transitaba en las carreteras de Burdeos París.

Luego con la demanda de más vehículos y transporte de cargas más pesadas se vio la necesidad de realizar estudios para la creación de especificaciones que definieran la correcta construcción de pavimentos con materiales seleccionados y ensayos para determinar su calidad. En Colombia el primer automóvil llegó a Medellín en el año 1899 traído por el empresario Carlos Coriolano Amado fue un Dion-Bouton tipo D procedente de Francia, después de unos años llegó a la capital del país en 1903 un lujoso Cadillac. Luego de la llegada del vehículo al país se ve la necesidad de construir carreteras para que transiten.

La historia de los pavimentos en Colombia se remonta a la dictadura de Rafael Reyes, quien crea el Ministerio de Obras Públicas -MOP- el 7 de enero de 1905 para direccionar las vías nacionales, las líneas férreas y la canalización de los ríos.

En el país la primera carretera fue construida en el norte de Bogotá y comunicaba la capital con Santa Rosa de Viterbo (Boyacá). “El primer pavimento que se construyó en el país se levantó en Bogotá entre el año 1890 y 1893, el tramo de vía estaba comprendido en la calle centro de Bogotá y en el parque plaza Bolívar”. (Londoño C. 2014)

Actualmente la entidad encargada de la construcción, mantenimiento y asistencia en la infraestructura vial del país es el Instituto Nacional de Vías INVIAS el cual cuenta con las Especificaciones Generales de Construcción que regula las condiciones mínimas en la construcción de las mismas.

## **2.2 Marco conceptual.**

A continuación, se presentan los conceptos tenidos en cuenta para la realización del proyecto en donde se especifican los insumos necesarios para tener conocimiento del tema tomando como referencia el Manual de INVIAS 2013.

**Pavimento.** El pavimento es una estructura bicapa o tricapa sobrepuestas una sobre otra elaboradas con materiales seleccionados construida sobre la subrasante. Esta estructura debe ser capaz de resistir las cargas provocadas por el transito debe contar con una superficie segura, cómoda para los vehículos.

**Pavimentos asfálticos.** Es un pavimento asfáltico en el cual su estructura está integrada por una capa de subbase, base granular y carpeta de rodadura, donde la carpeta de rodadura es construida con materiales asfálticos y agregados pétreos.

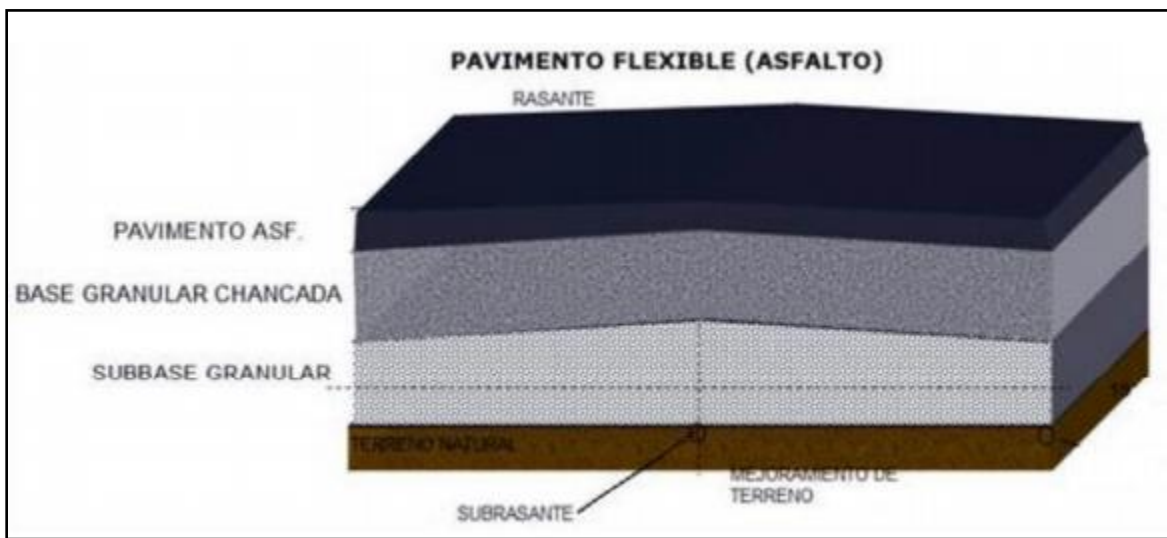


Figura 1. Estructura de un pavimento flexible. Fuente: Mundo Curioso (2012).

**Asfalto.** El asfalto es un producto derivado del petróleo de carácter bituminoso y color negro, fabricado en planta y también se puede encontrar en reservas naturales como las piscinas de alquitrán, cuenta con propiedades termo plásticas disminuyendo sus viscosidades cuando se eleva la temperatura y endureciéndose cuando se descende.

**Subrasante.** Es la superficie de suelo en donde se apoya la estructura del pavimento, casi siempre se apoya en el terreno natural debidamente adecuado, en ocasiones es necesario un mejoramiento para mejorar sus propiedades físicas y obtener la capacidad portante necesaria.

**Subbase granular.** Es la capa ubicada en medio de la base y las subrasantes, es una capa económica, debido al contenido de sus materiales son asequibles y económicos. Tienen como función impedir la penetración de materiales finos de la subrasante y la ascensión capilar. Al igual que base también está clasificada en tres clases en función de la calidad de los agregados (clase A, clase B y clase C).

**Base granular.** Esta capa se encuentra situada directamente debajo de la carpeta de rodadura y su trabajo es recibir los esfuerzos de tensión provocados por el tránsito en el límite entre la carpeta asfáltica y posteriormente transmitirlo de forma adecuada a la subbase. Se compone de agregados pétreos y está clasificada en tres clases yendo en función de la calidad de los agregados (clase A, clase B y clase C).

**Carpeta de rodadura.** Es la capa que se encuentra en la rasante de la carretera y su principal función es proporcionar una superficie segura, cómoda y confortable en el tránsito; también es una superficie impermeable que impide la infiltración de agua a la capa de base granular. Dependiendo de su diseño puede estar integrada por una o varias capas asfálticas.

**Agregados pétreos.** Son materiales granulares solidos inertes empleados en la construcción de afirmados, sub-bases y bases un pavimento flexible. Su granulometría debe ser la adecuada para garantizar la calidad en la estructura del pavimento.

**Emulsiones asfálticas.** Se define como emulsión asfáltica a la dispersión de pequeñas partículas de cemento asfáltico en presencia de agua y un agente emulsificante. En la fase acuosa su aspecto es homogéneo y debe presentar una adecuada dispersión del cemento asfalto.

**Cementos asfálticos.** El cemento asfáltico es un material bituminoso que al someterse a altas temperaturas su viscosidad disminuye permitiéndole deformarse con facilidad y en una temperatura ambiente su estado es semi-solido.

### **2.3 Marco teórico.**

A la hora de la construcción de un pavimento asfáltico es muy importante tener en cuenta la topografía del terreno las condiciones climáticas de la región, la calidad de los materiales que se encuentran en disposición debido a que hay formaciones geológicas que no cuentan con materiales adecuados como terrenos con baja capacidad portante o que contengan arcillas expansivas; si estas consideraciones no son tenidas en cuenta pueden ser un problema en la correcta construcción de un pavimento.

Con el pasar del tiempo la humanidad se ha preocupado por ir mejorando la estructura del pavimento aun que se conserve los principios básicos de su construcción.

Para garantizar la calidad en la construcción de pavimentos asfálticos se han venido desarrollando diferentes ensayos de laboratorios y pruebas de pista para conocer el comportamiento de los materiales que integran la estructura del pavimento, teniendo un enfoque en el desgaste y fatiga de la estructura producido por la circulación del tránsito, y la abrasión del clima especialmente por lluvia.

En Estados Unidos se crea La Administración Federal de Carreteras (FHWA) es una agencia dentro del Departamento de Transporte de Estados Unidos que apoya al Estado y los gobiernos locales en el diseño, construcción y mantenimiento de la red de carreteras de la Nación (Programa Vial Ayuda Federal) y varias tierras de propiedad federal y tribales (Federal tierras Programa Vial). A través de la asistencia financiera y técnica a los gobiernos estatales y locales, la Administración Federal de Carreteras es responsable de asegurar que los caminos y carreteras de Estados Unidos siguen siendo uno de los más seguros y tecnológicamente sonados en el mundo. (U.S. Department of Transportation, 2012).

En la capital del país es El Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) es un establecimiento público creado por la Alcaldía de Bogotá destinado a desarrollar las obras viales de la ciudad junto con el espacio público y las obras de infraestructura vial de gran envergadura como puentes vehiculares, peatonales, intercambiadores viales y las troncales del sistema Transmilenio. La otra entidad en carga a nivel nacional es El Instituto Nacional de Vías o INVIAS es una agencia de la Rama Ejecutiva del Gobierno de Colombia a cargo de la asignación, regulación y supervisión de los contratos para la construcción de autopistas y carreteras y el mantenimiento.

Las especificaciones técnicas son documentos en los cuales se explican las normas, requerimientos y procedimientos a ser empleados y aplicados a todos los trabajos de construcción de obras, fabricación de equipos, elaboración de estudios entre otras.

## **2.4 Marco legal.**

Dentro del margen legal la investigación presente se enfoca en Las Especificaciones adoptadas por el Ministerio de Transporte mediante la resolución número 3288 del 15 de agosto de 2007, las cuales actualmente rigen en territorio colombiano. Dentro de los capítulos resaltados en este proyecto, se pueden descartar los siguientes:

Capítulo 2. Explanaciones, el cual incluye las actividades relacionadas con el acondicionamiento del terreno, previo a la construcción del pavimento.

Capítulo 3. Afirmados, Subbases y Bases, donde se especifican tanto los requisitos que deben cumplir los materiales para la ejecución de estas partidas de trabajo, como los índices de calidad por alcanzar al construirlas.

Capítulo 4. Pavimentos Asfálticos, donde se establecen las especificaciones de los productos bituminosos a emplear en las obras de pavimentación de las carreteras nacionales y se especifican las principales partidas de trabajo relacionadas con los tratamientos y mezclas en que ellos se emplean.

## **Capítulo 3. Diseño metodológico**

### **3.1 Tipo de investigación**

Se trata de un trabajo de carácter teórico basado en la recopilación y análisis de las Especificaciones Generales de Construcción INVIAS 2013 las cuales son la documentación legal que rige las condiciones mínimas tenidas en cuenta en la elaboración de un pavimento asfáltico por tal motivo el nivel de investigación es de tipo descriptivo por lo que se busca establecer los títulos y capítulos tenidos en cuenta para la correcta realización de trabajos en la construcción de un pavimento asfáltico sabiendo que es un documento que cuenta con muchos capítulos consecuentes entre ellos y generando resistencia en su consulta. En el siguiente estudio descriptivo se seleccionan una serie de capítulos y se identifica los procesos y estándares de calidad tenidos en cuenta en la investigación.

### **3.2 Metodología de la investigación**

Se trata de un trabajo de carácter teórico basado en la recopilación y análisis de las Especificaciones Generales de Construcción INVIAS 2013 las cuales son la documentación legal que rige las condiciones técnicas mínimas tenidas en cuenta en la elaboración de un pavimento asfáltico.

### **3.3. Población y muestra**

Para el trabajo de grado la población tenida en cuenta dado el tipo de investigación documental, son todos los estamentos de la norma técnica colombiana de donde se basó toda la información especialmente en los capítulos 2, 3 y 4 de las especificaciones generales de construcción. La muestra fue la documentación técnica, trabajos de grados tenidos en cuenta para la realización de los objetivos planteados.

### **3.4 Técnicas de recolección de información**

La metodología utilizada para la recolección de información contenida en el proyecto se basó en fuentes secundarias, en donde se recurrió a la consulta de libros, carillas y documentación técnica referente al tema de condición de calidad y proceso constructivo. A continuación, se presentan los pasos tenidos en cuenta para la recolección de información secundaria.

**Observación documental:** Se consultó bibliografías referentes al tema de procesos constructivos de pavimentos flexibles y documentación técnica del INVIAS.

**Presentación resumida:** se compendio el contenido de las especificaciones técnicas del Invias tomando el contenido de mayor relevancia para la creación de la guía práctica.

**Resumen analítico:** Se catalogó e identifico las diferentes tablas que contienen los requerimientos de calidad de los materiales utilizados en la construcción de pavimento flexible.



### 3.5 Instrumentos para la recolección de información.

Para la recolección de información se empleó el uso de una ficha de trabajo en donde se documentó y registro la información consultada. En la siguiente figura se muestra la ficha de trabajo utilizada.

Ficha de trabajo.
Nombre de autor: Danilo Alfonso Noriega Romero.
Titulo del libro: Guía practica para la construcción de pavimentos flexibles.
Descripción: Es una guía que facilita la consulta en temas en cuanto a calidad de materiales de construcción de pavimentos flexibles, con procedimientos para los procedimientos constructivos de los mismos. Esta ordenada de una forma s atalogando y calificando su contenido.
Año de publicación: Enero del 2018.
Resumen de capitulo: Es tomada en cuenta cuando un texto de consulta tiene más de un capitulo.

Figura 1. Ficha de trabajo. Fuente: autor del proyecto.

## **Capítulo 4. Desarrollo del proyecto**

### **4.1 Elaborar una guía práctica para la aplicación de las especificaciones generales de construcción INVIAS 2013 en pavimentos flexibles.**

Para cumplir con los objetivos planteados en el presente proyecto mediante el desarrollo de una guía práctica para la aplicación de las especificaciones generales de construcción INVIAS 2013 en pavimentos flexibles, fue necesario como primera medida definir una estructura básica por etapas para poder desarrollarlos, que se muestra a continuación:

**4.1.1 Recolección de información.** Fue necesario definir Los parámetros en el alcance del proyecto como el contenido a exponer en la guía basada en las especificaciones generales de construcción INVIAS 2013 y soportada por cada una de las investigaciones realizadas en el territorio colombiano sobre los procesos constructivos y especificaciones técnicas en pavimentos flexibles debido a que las especificaciones de Invias están enmarcadas en el estado Colombiano.

**4.1.2 Clasificar información.** Luego de haber recolectado la información es necesario clasificar cada uno de los capítulos a involucrar en la cartilla didáctica de pavimentos flexibles, siendo estos, los más relevantes de las especificaciones generales de construcción INVIAS 2013 que apliquen a los procesos constructivos de pavimentos flexibles y sus especificaciones técnicas en cada una de las etapas que componen su conformación.

**4.1.3 Realizar la guía práctica de pavimentos asfálticos.** Teniendo claro el alcance del proyecto en cuanto a contenido y extensión y después de realizar los objetivos específicos que se

mencionan a continuación se procedió a realizar la guía práctica de las especificaciones de construcción INVIAS 2013 en pavimentos flexibles que se puede observar en el apéndice 1. Y que está conformada por diferentes capítulos como generalidades, ligantes bituminosos, agregados pétreos, mezcla asfáltica y por último los procesos constructivos en estas estructuras de transporte terrestre. En orden de ideas se realizó la guía siguiendo una serie pasos descritos en la figura 1.



Figura 2. Esquema metodológico. Fuente: autor del proyecto.

**4.2 Examinar las Especificaciones Generales De Construcción INVIAS 2013 basado en los capítulos 2 explanación, capítulo 3 Afirmado, Sub-base, y base y el capítulo 4 pavimentos asfáltico para clasificar los aspectos técnicos tenidos en cuenta para la construcción de pavimentos asfálticos.**

Para el desarrollo de este objetivo fue necesario inspeccionar reiteradamente el contenido de las especificaciones generales de construcción INVIAS 2013 de tal manera que se pudieran delimitar los capítulos necesarios para el desarrollo de un pavimento asfáltico en cuanto a calidad y control de materiales y por supuesto al proceso constructivo a realizar.

Los capítulos analizados para llevar a cabo el proceso investigativo y tenidos en cuenta para la metodología de la guía práctica, corresponde al capítulo 2, capítulo 3, capítulo 4, de los cuales se puede considerar los aspectos técnicos necesarios para llevar a cabo el proceso constructivo de pavimentos asfálticos.

**4.2.1 Aspectos técnicos del Capítulo 2 (explanación).** Dentro de la documentación técnica en lo referente a la sub rasante para pavimentos flexibles según la norma vigente de INVIAS, los aspectos más importantes para cumplir a cabalidad con las especificaciones técnicas son:

Luego de realizar el trabajo de replanteo se procede con la adecuación del terreno natural para el cual es necesario trabajos de perfilado, humedecimiento y compactación del terreno natural para que alcance la capacidad portante aceptable en el proyecto.



En caso de ser necesario mejorar las capacidades portantes de la sub rasante consultar los artículos 340, 350 y 351 los cuales tratan de los procedimientos para el mejoramiento de la capacidad portante de la subrasante.

**4.2.2 Aspectos técnicos del Capítulo 3 (afirmado, sub-base y base).** Al igual que el capítulo 2, el desglose del capítulo 3, también hace parte de la norma INVIAS, por lo que es importante resaltar que los aspectos técnicos más importantes para llevar a cabo el proceso constructivo de los pavimentos flexibles se resumen en lo siguiente:

En cuanto a la construcción la capa de sub base granula y base granular como también para los afirmados se deben cumplir requerimientos de calidad para mencionados en las especificaciones en las tablas: tablas 311-1 la cual contiene los requisitos de los agregados para afirmados, tablas 311-2 la cual contiene los requisitos para la franja granulométrica del material de afirmado, tablas 311-3 relaciones que debe cumplir el material de afirmado, tabla 320-2 requisitos de los agregados para sub-bases granulares, tabla 320-3 franjas granulométricas del material de sub-base granular, tabla 330-2 requisitos de los agregados para bases granulares, tabla 330-3 franjas granulométricas del material de base granular, tabla 430-1 requisitos de los agregados para tratamiento superficial simple, tabla 430-2 Gradaciones para tratamientos superficiales simples, Tabla 431-1 requisitos de los agregados para tratamiento superficial doble, tabla 431-2 gradaciones para tratamientos superficiales dobles, tabla 432-1 requisitos de los agregados para sellos de arena-asfalto, tabla gradación para sellos de arena-asfalto, tabla 433-1 requisitos de los agregados para lechadas asfálticas, tabla 433-3 gradaciones del agregado para lechadas asfálticas, tabla 44-2 requisitos de los agregados para mezclas asfálticas densas en frío,

tabla 440-3 proporción de arena natural en el agregado para mezclas asfálticas densas en frío, tabla 440-4 requisitos de la llenante mineral, tabla 440-5 franjas granulométricas para mezclas asfálticas densas en frío, tabla 441-1 requisitos de los agregados para mezcla abierta en frío, tabla 441-2 franja granulométrica para mezcla abierta en frío, tabla 450-3 requisitos de los agregados para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua, tabla 450-4 proporción máxima de arena natural en el agregado para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua, tabla 450-5 proporción y requisitos de la llenante mineral, tabla 450-6 franjas granulométricas para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua, tabla 451-1 requisitos de los agregados para mezcla abierta en caliente. Tabla 451-2 franjas granulométricas para la mezcla abierta en caliente, tabla requisitos de los agregados para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura, tabla 452-2 proporción máxima de arena natural en el agregado, tabla 452-3 Proporción y requisitos de la llenante mineral, tabla franjas granulométricas para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura, tabla 451-2 Franjas granulométricas para la mezcla abierta en caliente, tabla requisitos de los agregados para mezcla drenante, tabla 453-2 proporción máxima de arena natural en el agregado, tabla 453-3 proporción y requisitos de la llenante mineral, tabla 453-3 proporción y requisitos de la llenante mineral y tabla 453-4 Franja granulométrica para mezcla drenante. Las culés están contenidas en los capítulos entestes mencionado y también se puede encontrar como figura en la guía práctica.

**4.2.3 Aspectos técnicos del Capítulo 4 (pavimentos asfálticos).** Los aspectos técnicos importantes que prevalecen en este capítulo para llevar a cabo el proceso constructivo de los pavimentos flexibles son los siguientes.

En cuanto a la construcción de la carpeta de rodadura es necesario la utilización del equipo adecuado para garantizar los pesos de capa y lineamiento exigidos en el diseño, los materiales deben cumplir con unos requisitos de calidad los cuales están contemplados en las tabla 411-1 especificaciones de las emulsiones asfálticas, tabla 410-1 especificaciones del cemento asfáltico y tabla 416-1 especificaciones del asfalto líquido para riegos de imprimación. Las culés están contenidas en el capítulo entestes mencionado y también se puede encontrar como figura en la guía práctica.

#### **4.3 Compendiar los títulos y subtítulos más relevantes de los capítulos anteriormente mencionados, en cuanto a calidad de materiales planteados por las especificaciones técnicas.**

A la hora de generar una guía práctica fue menester esclarecer que el desarrollo de la misma como su nombre lo indica es práctica por lo tanto solo va a contener los aspectos más relevantes de la conformación de materiales, control de calidad y procesos constructivos de la estructura de los pavimentos asfálticos por eso al realizar el compendio de los títulos y subtítulos de las especificaciones ayudaron en gran medida a generar la cartilla más práctica y sencilla a la hora de estudiarla y comprenderla.

#### **4.4 Catalogar los ligantes bituminosos (cementos asfálticos, asfaltos líquidos y emulsiones asfálticas) con ánimo de conocer las características de cada uno de ellos y sus requisitos mínimos de calidad.**

Dentro del desarrollo de la cartilla se catalogó cada uno de los ligantes bituminosos debido a que estos son materiales indispensables a la hora de crear un pavimento asfáltico y es preciso conocer las características de los diferentes tipos como cementos asfálticos, asfaltos líquidos y emulsiones asfálticas en cuanto a sus requisitos mínimos de calidad y su recepción en obra.

Los ligantes bituminosos necesarios para la elaboración de un pavimento flexible con el fin de dar cumplimiento a unas especificaciones técnicas que garanticen el buen desarrollo en la construcción de los pavimentos, se debe esclarecer su identificación y función como se muestra a continuación en las siguientes figuras.

<b>Tipo de asfalto</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>	<b>Proceso de curado</b>
<b>Cemento asfáltico</b>	Aplicación siempre continua	Gasto energético, costos, combustibles y gases	Por enfriamiento
<b>Asfalto líquido</b>	Trabajabilidad	Afectaciones ambientales	Evaporación del solvente
<b>Emulsiones asfálticas</b>	No contaminante menor costo menor consumo de energía	Las emulsiones deben ser manipuladas con precaución	Rompimiento o coalescencia, expulsión de agua

Figura 3. Tabla.1 Clasificación y descripción de los pavimentos para carreteras. Fuente: autor del proyecto.



**Tabla.2 Clasificación de las emulsiones de acuerdo con su ruptura y carga de partícula**

Grado de emulsiones	Catiónica	Aplicaciones
Rápida (riegos)	CRR	Tratamientos superficiales
Media	CRM	Mezclas abiertas
Lenta	CRL	Mezclas densas
Rápida (mezclas)	CQR	Mortero asfáltico micro-pavimento

Figura 4. Tabla.2 Clasificación de las emulsiones de acuerdo con su ruptura y carga de partícula. Fuente: autor del proyecto.

**4.5 Clasificar las categorías de los agregados pétreos por propiedades de origen y propiedades de fabricación, con el fin de evitar que se mezclen agregados heterogéneos en la ejecución de las diferentes fases en la fabricación de un pavimento asfáltico.**

Así mismo como los ligantes bituminosos, es necesario clasificar las diferentes propiedades de agregados pétreos que conforman los materiales de la estructura del pavimento con el ánimo de que los materiales sean homogéneos en cada una de las distribuciones a realizar en cada etapa del pavimento asfáltico.

La clasificación de las categorías de los agregados pétreos se resume en la siguiente figura:



Figura 5. Clasificación de los agregados pétreos. Fuente: autor del proyecto.

#### 4.6 Describir los diferentes tipos de mezclas asfálticas en relación a sus requisitos mínimos de calidad.

Además de los contenidos mencionados anteriormente se incluyó un capítulo adicional en donde se describe los diferentes tipos de mezclas asfálticas indispensable en la construcción de pavimentos, este capítulo hace referencia a las propiedades y clasificación de las diferentes mezclas asfálticas y por lo tanto lo más relevante en cuanto a control de calidad en lo que tiene que ver con la dureza y la resistencia.

En la siguiente figura muestra los tipos de mezclas en caliente de gradación continua.

Tabla 450 - 1. Tipos de mezclas asfálticas en caliente de gradación continua

TIPO	DENOMINACIÓN
<b>POR TIPO DE GRANULOMETRÍA</b>	
- Mezclas densas	MDC
- Mezclas semidensas	MSC
- Mezclas gruesas	MGC
<b>MEZCLAS ESPECIALES</b>	
Mezclas de alto módulo	MAM

Figura 6. Tipos de mezclas en caliente de gradación continúa. Fuente: INVIAS (2013).

Tabla 441 - 3. Tipo de mezcla por utilizar en función del espesor compacto de la capa

TIPO DE MEZCLA	TIPO DE CAPA	ESPESOR COMPACTO (mm)
MAF-19	Rodadura	< 40
MAF-25	Rodadura Intermedia	40 a 75
MAF-38	Intermedia Base Bacheos	> 75

Figura 7. Tipos de mezclas por utilizar del espesor compacta de la capa. Fuente: INVIAS (2013).

#### **4.7 Identificar las etapas que se deben seguir en la realización de un proceso constructivo de una vía en pavimento asfáltico.**

Para poder concluir la guía práctica, por último, se desglosó los procesos constructivos en la realización de pavimentos flexibles, información indispensable para poder de construir de una manera clara y concisa un pavimento flexible en una forma confiable y respetando cada uno de los procesos que indican las especificaciones generales de construcción INVIAS 2013. Con esto se dio fin al desarrollo del proyecto que se ve plasmado en la guía práctica para el desarrollo de pavimentos flexibles que se encuentra en el primer apéndice.

## Conclusiones

Para el primero y segundo de los objetivos específicos en los cuales se recurrió a la consulta de bibliografías referentes al tema de procesos constructivos y tipos de materiales de pavimentos flexibles, y luego se examinaron y compendiaron los diferentes artículos en los capítulos 2, capítulo 3 y capítulo 4 de las Especificaciones Generales de Construcción INVIAS 2013 detectando que en algunos de sus artículos la información se reincide en artículos de otros capítulos.

Para el tercero, cuarto y quinto al igual que los anteriores objetivos específicos fue necesario la consulta de bibliografía relacionadas con el tema de materiales de construcción para pavimentos flexibles, luego se consultó esta información las especificaciones técnicas extrayendo la información relacionada con tablas de requisitos calidad de los materiales como también sus características, recurriendo a la utilización de softwares como Excel y power Paint para la síntesis y extracción de la información.

Como parte del desarrollo de esta guía se identificaron las etapas que se deben seguir en la realización del proceso constructivo de un pavimento flexible para que al lector se le facilite el seguimiento de los requerimientos de calidad de los materiales empleados y hacerse una idea de cómo debe proceder en campo.

## Recomendaciones

La guía práctica en ningún momento pretende remplazar las especificaciones técnicas tenidas en cuenta para la construcción de pavimentos asfálticos. Solo es un documento de consulta que contiene con figuras de las tablas que se encuentran en las especificaciones técnicas.

Es recomendable que cuando se realice la estabilización de los suelos de sub rasante para la conformación de las capas de base, sub-base o subrasante, se cuente con personal de campo capacitado en esta temática, ya que se garantizara un correcto proceso constructivo y durabilidad del pavimento.

En cuanto al proceso constructivo se recomienda inspeccionar los equipos de compactación antes de ser usados en la obra, para verificar sus condiciones mecánicas.

Como recomendaciones se tiene que para desarrollar una obra de infraestructura vial se deben seguir estándares de calidad y para esto se deben cumplir con las especificaciones de los procesos constructivos descritos en este documento.

## Referencias

- Anónimo. (2012). Historia de las carreteras. *Revista ARQHYS.com*. Recuperado de <http://www.arqhys.com/contenidos/carreteras-historia.html>.
- Asociacion de Productores y Pavimentadores Asfalticos de Colombia, Asopac. (2014). *Cartilla de Pavimentos Asfalticos*.
- Bonett Solano G. E. (2014). *GUÍA DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE UNA VIA EN PAVIMENTO FLEXIBLE*. (trabajo de grado). Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá D. C.
- INVIAS (2013). *Especificaciones Generales de Construccion de Carreteras*. Recuperado de: <http://giv.com.co/invias2013/>
- Instituto de Desarrollo Urbano. (2017). *Descripción*. Recuperado de: <https://www.bnamericas.com/company-profile/es/instituto-de-desarrollo-urbano-colombia-idu>
- Instituto Nacional de Vías. (2017). *Descripción*. Recuperado de: <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/objetivos-y-funciones>
- Londoño C. (2014). Historia Y Origen De Los Pavimentos De Concreto En Colombia. *BLOG 360° EN CONCRETO*. Recuperado de: <http://blog.360gradosenconcreto.com/historia-y-origen-de-los-pavimentos-de-concreto-en-colombia/>
- Tarazona Ayala M. F. (2015). Historia de los pavimentos. *PREZI*. Recuperado de: <https://prezi.com/fawo0e06znz0/historia-de-los-pavimentos/>
- U.S. Departament of Transportation (2012). *Federal Highway Administration*. Recuperado de: <https://www.fhwa.dot.gov/about/>

# Anexos

---

# GCPF

## GUÍA PRÁCTICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

ESPECIFICACIONES GENERALES INVIAS 2013

ENERO DEL 2018



## Tabla de contenido.

### capítulo 1. Generalidades

1.1 que son los pavimentos .....	9
1.2 cuales clases de pavimentos existen. ....	9
1.3 cuáles son las funciones de un pavimento asfaltico.....	10
1.4 las ventajas de un pavimento asfaltico.....	10

### Capítulo 2. El cemento asfáltico.....

2.1 que son los ligantes bituminosos.....	12
2.2 tipos de asfaltos para la pavimentación de carreteras.....	12
2.4 especificaciones.....	14

### Capítulo 3. Los agregados pétreos.....

3.1 que son los agregados pétreos.....	18
3.2 como están clasificados los agregados pétreos.....	18
3.3 propiedades apropiada de los agregados para una mezcla asfáltica.....	18
3.4 Requisitos de los agregados.....	19

### Capítulo 4. La mezcla asfáltica.....

4.1 que son las mezclas asfálticas.....	42
4.2 cuales son las características más importantes de la mezcla asfáltica.....	42
4.4 Clasificación de las mezclas asfálticas.....	42
4.5 Requisitos generales.....	44

Capítulo 5. Proceso constructivo.....	48
5.1 subrasante.....	48
5.1.2 humedecimiento de la superficie.....	48
5.1.3 aireación del suelo de subrasante.....	48
5.1.4 compactación de la subrasante.....	49
5.2 la capa de sub-base granular.....	49
5.2.1 Colocación del material de sub-base granular.....	50
5.2.2 Compactación de la capa de sub-base granular.....	50
5.2.3 Aceptación de la capa de sub-base granular.....	50
5.3 Capa de base granular.....	50
5.3.1 procedimiento de escarificación y homogenización de la sub-base.....	50
5.3.2 Colocación del material de base granular.....	50
5.3.3 Compactación de la capa de base granular.....	51
5.4 Riego de imprimación.....	51
5.4.1. Materiales empleados en la imprimación.....	51
5.4.2. Condiciones meteorológicas.....	51
5.4.3 Factores que afectan una aplicación uniforme.....	52
5.5. MEZCLA ASFALTICA.....	52
5.5.1. Proceso constructivo.....	52
5.5.2. Transporte.....	52
5.5.3. la Entrega.....	53
5.5.4. Extensión.....	53
5.5.5. Compactación.....	53
Bibliografía.....	55

## Lista de tablas.

Tabla.1 Clasificación y descripción de los pavimentos para carreteras.....	12
Tabla.2 Clasificación de las emulsiones de acuerdo con su ruptura y carga de partícula.....	13
Tabla 3. especificaciones de las emulsiones asfálticas catiónicas.....	14
Tabla 4. Especificaciones del cemento asfáltico.....	15
Tabla 5. Especificaciones del asfalto líquido para riegos de imprimación.....	16
Tabla 6. Verificaciones periódicas de la calidad del material.....	19
Tabla 7. Franja granulométrica del material de afirmado.....	19
Tabla 8. Requisitos de los agregados para afirmados.....	19
Tabla 9. Relaciones que debe cumplir el material de afirmado.....	20
Tabla 10. Requisitos de los agregados para sub-bases granulares.....	20
Tabla 11. Franjas granulométricas del material de sub-base granular.....	21
Tabla 12. Requisitos de los agregados para bases granulares.....	21
Tabla 13. Franjas granulométricas del material de base granular.....	22
Tabla 14. Requisitos de los agregados para tratamiento superficial simple.....	22
Tabla 15. Gradaciones para tratamientos superficiales simples.....	23
Tabla 16. Requisitos de los agregados para tratamiento superficial doble.....	24
Tabla 17. Gradaciones para tratamientos superficiales dobles.....	25
Tabla 18. Requisitos de los agregados para sellos de arena-asfalto.....	25
Tabla 19. Gradación para sellos de arena-asfalto.....	25
Tabla 20. Requisitos de los agregados para lechadas asfálticas.....	26
Tabla 21. Requisitos del llenante mineral.....	27
Tabla 22. Gradaciones del agregado para lechadas asfálticas.....	27
Tabla 23. Requisitos de los agregados para mezclas asfálticas densas en frío.....	28
Tabla 24. Proporción de arena natural en el agregado para mezclas asfálticas densas en frío.....	29
Tablas 25. Requisitos de la llenante mineral.....	30

Tabla 26. Franjas granulométricas para mezclas asfálticas densas en frío.....	30
Tabla 27. Requisitos de los agregados para mezcla abierta en frío.....	31
Tabla 28. Franja granulométrica para mezcla abierta en frío.....	32
Tabla 29. Requisitos de los agregados para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua.....	32
Tabla 30. Franja granulométrica para mezcla abierta en frío.....	33
Tabla 31. Proporción y requisitos del llenante mineral.....	33
Tabla 32. Tipo de mezcla por utilizar en función del espesor compacto de la capa.....	33
Tabla 33. Franjas granulométricas para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua.....	35
Tabla 34. Requisitos de los agregados para mezcla abierta en caliente.....	36
Tabla 35. Franjas granulométricas para la mezcla abierta en caliente.....	36
Tabla 36. Requisitos de los agregados para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura.....	36
Tabla 37. Proporción máxima de arena natural en el agregado.....	37
Tabla 39. Franjas granulométricas para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura.....	38
Tabla 40. Requisitos de los agregados para mezcla drenante.....	38
Tabla 41. Proporción máxima de arena natural en el agregado.....	39
Tabla 42. Proporción y requisitos del llenante mineral.....	39
Tabla 43. Franja granulométrica para mezcla drenante.....	40
Tabla 44. Requisitos del agua no potable para la construcción mezclas densas en frío.....	44
Tabla 45. Tipo de mezcla por utilizar en función del espesor compacto de la capa.....	45
Tabla 46. Tipos de mezclas asfálticas en caliente de gradación continua.....	45
Tabla 47. Tipo de mezcla por utilizar en función del tipo y espesor compacto de la capa.....	45
Tabla 48. Tipo de asfalto por emplear en mezclas asfálticas en caliente de gradación continua.....	46

## Lista de figuras.

Figura 1. Estructura de un pavimento flexible.....	9
Figura 2. Estructura de un pavimento rígido.....	9
Figura 3. Estructura de un pavimento articulado.....	10
Figura 4. Clasificación de los agregados pétreos.....	18
Figura 5. concreto asfáltico.....	43
Figura 6. Escarificación del terreno.....	48
figura 6. Humedecimiento de la superficie.....	48
Figura 7. aireación del suelo de subrasante.....	49
Figura 8. Material que conforma la sub base granular.....	49
Figura 9. Riego de imprimacion.....	51
Figura 10. Descargue de la mezcla en obra.....	53

## Introducción

La guía práctica para la construcción de pavimentos flexibles, pretende ser una herramienta de ayuda a la hora de la intervención en los procesos constructivos de un pavimento asfáltico. En su contenido podremos observar los aspectos más esenciales para los controles en cuanto a requisitos de los diferentes materiales utilizados para la elaboración de las distintas capas que conforman la estructura de este tipo de obra vial.

La información tomada para la realización de la presente guía fue extraída de las Especificaciones Generales De Construcción INVIAS 2013, basado en los capítulos 2 explanación, capítulo 3 Afirmado, Sub-base y base y el capítulo 4 pavimentos asfáltico. Donde se selecciona la información de mayor relevancia, compendiando, catalogando y clasificando los agregados pétreos y ligantes bituminosos.

Se extrajeron las tablas que contienen la información utilizada para los controles y verificación de calidad de los materiales.

Se puede decir que, con la creación de esta guía práctica se quiere sintetizar los diferentes parámetros necesarios para la aplicación de dichas especificaciones de tal manera que su consulta sea rápida, propia y de apoyo para los ingenieros en su aplicación en las actividades de construcción. Esta guía no pretende reemplazar las especificaciones técnicas del INVIAS solo serán de consulta para el lector.

# Capítulo 1

## Generalidades



## capítulo 1. Generalidades.

### 1.1 que son los pavimentos.

Un pavimento es una estructura que dependiendo de su diseño puede ser bicapa o tricapa, superpuesta, construidas con materiales seleccionados adecuadamente compactados, mejorando la calidad de estos a medida que se construye cada capa.

La estructura de un pavimento se funda sobre el suelo de subrasante y tiene como función transmitir los esfuerzos generados por el tránsito de una capa a otra hasta llegar al suelo de subrasante.

### 1.2 cuales clases de pavimentos existen.

Existen tres tipos de pavimentos asfálticos, rígidos y articulados, se diferencian el uno del otro por los materiales utilizados en su proceso constructivo y también por la forma como trabaja para transmitir los esfuerzos del tránsito al suelo de subrasante.

A continuación, se describe cada uno de ellos:

#### Pavimento asfáltico



Figura 1. Estructura de un pavimento flexible. Fuente: mundo curioso (2012).

Es un pavimento asfáltico en el cual su estructura está integrada por una capa de subbase, base granular y carpeta de rodadura, donde la carpeta de rodadura es construida con materiales asfálticos y agregados pétreos.

#### Pavimentos rígidos.

Es un pavimento que es construido con una serie de losas de concreto portland y su estructura puede tener una capa de base o se puede construir directamente sobre el suelo de subrasante.

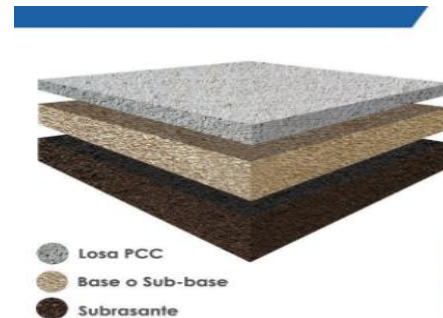


Figura 2. Estructura de un pavimento rígido. Fuente: @solestudiosing (2017).

#### Pavimento articulado

Es un pavimento constituido por adoquines que se colocan en una capa de arena que está a su vez se construye sobre material granular y esta capa se apoya sobre el suelo de subrasante, este pavimento debe contar con un confinamiento adecuado para su correcto funcionamiento.

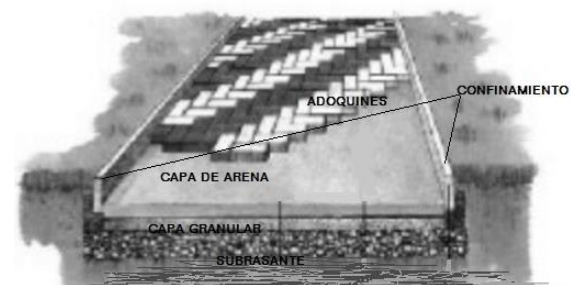


Figura 3. Estructura de un pavimento articulado. Fuente: S. F. Sandoval Sarmiento. (2009).



### 1.3 cuáles son las funciones de un pavimento asfáltico.

Los pavimentos asfálticos tienen como función resistir y transmitir adecuadamente a la subrasante los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten.

A continuación, se hace una breve descripción de las funciones de las capas que integran la estructura del pavimento asfalto.

#### Carpeta o capa de rodadura.

Es la capa que se encuentra en la rasante de la carretera y su principal función es proporcionar una superficie segura, cómoda y confortable en el tránsito; también es una superficie impermeable que impide la infiltración de agua a la capa de base granular.

Dependiendo de su diseño puede estar integrada por una o varias capas asfálticas.

#### Base granular.

Esta capa se encuentra situada directamente debajo de la carpeta de rodadura y su trabajo es recibir los esfuerzos de tensión provocados por el tránsito en el límite entre la carpeta asfáltica y posteriormente transmitirlo de forma adecuada a la subbase. Se compone de agregados pétreos y está clasificada en tres clases yendo en función de la calidad de los agregados (clase A, clase B y clase C).

#### Capa Sub-base granular

Es la capa ubicada en medio de la base y las subrasantes, es una capa económica, debido al contenido de sus materiales son asequibles y económicos. Tienen como función impedir la penetración de materiales finos de la

subrasante y la ascensión capilar. Al igual que base también está clasificada en tres clases en función de la calidad de los agregados (clase A, clase B y clase C).

### 1.4 las ventajas de un pavimento asfáltico.

- ❖ la carpeta de rodadura brinda unas superficies cómodas y seguras para el tránsito.
- ❖ Reducir y disminuir los esfuerzos debidos al tránsito, de forma que no se presentes daños en el suelo de subrasante.
- ❖ al ser una superficie lo suficientemente lisa para los vehículos disminuye los costos por combustible.
- ❖ En cuanto al costo de su construcción resulta ser más económico que un pavimento rígido.
- ❖ Satisface los requerimientos estéticos y ambientales.
- ❖ Luego de cumplir su vida útil puede ser reciclado para ser reutilizado.

# Capítulo 2

## Ligantes Bituminosos



## Capítulo 2. Ligantes bituminosos.

### 2.1 que son los ligantes bituminosos.

Los ligantes bituminosos son productos hidrocarbonados viscosos, su fabricación se realiza con hidrocarburos naturales y cuentan con propiedades aglomerantes, poseen un color oscuro casi negro, es un material con propiedades termo plásticas cuando aumenta la temperatura su viscosidad disminuye además se adhiere con facilidad a los materiales pétreos. El asfalto y el alquitrán son materiales bituminosos.

### 2.2 tipos de asfaltos para la pavimentación de carreteras.

Existen tres clases de asfaltos utilizados en la pavimentación de carreteras que se describen a continuación.

Tabla.1 Clasificación y descripción de los pavimentos para carreteras

Tipo de asfalto	Ventajas	Desventajas	Proceso de curado
<b>Cemento asfaltico</b>	Aplicación siempre continua	Gasto energético, costos, combustibles y gases	Por enfriamiento
<b>Asfalto liquido</b>	Trabajabilidad	Afectaciones ambientales	Evaporación del solvente
<b>Emulsiones asfálticas</b>	No contaminante menor costo menor consumo de energía	Las emulsiones deben ser manipuladas con precaución	Rompimiento o coalescencia, expulsión de agua

Fuente: autor

#### Cemento asfaltico

El cemento asfaltico es un material bituminoso que al someterse a altas temperaturas su viscosidad disminuye

permitiéndole deformarse con facilidad y en una temperatura ambiente su estado es semi-sólido.

Su fabricación resulta de un proceso de destilación del crudo, contiene una proporción muy pequeña de productos volátiles, posee propiedades aglomerantes y es soluble en tricloroetanol. Su uso común es en la elaboración en caliente de carpetas, morteros y estatización, así como elementos base para la fabricación de emulsiones asfálticas y asfalto líquido.

#### Asfalto liquido

Se le llaman asfalto líquido al material asfaltico que tiene baja viscosidad siendo fluido en comparación a los otros materiales asfaltos, se fabrica licuado cemento asfaltico en algún solvente del petróleo como la gasolina (RC), el querosén (MC) o en un aceite liviano (SC). Dependiendo de la rapidez en que se evapora el solvente se clasifican en tres grupos.

SC: asfaltos rebajados de curado lento  
MC: asfaltos rebajados de curado medio  
RC: asfaltos rebajados de curado rápido  
Todos los asfaltos líquidos poseen una nomenclatura específica para cada tipo donde las letras van acompañadas de un número que indica el grado de viscosidad cinemática (en centiestokes) a 60°C. Ejemplo RC-800, MC-800. Su uso está limitado por afectaciones ambientales. Su uso más común es en la elaboración en frío de carpetas y para a impregnación de subbase y bases granular.

#### Emulsiones asfálticas

Se define como emulsión asfáltica a la dispersión de pequeñas partículas de cemento asfaltico en presencia de agua y un agente emulsificante. En la fase acuosa su aspecto es

homogéneo y debe presentar una adecuada dispersión del cemento asfalto.

Se utiliza en estabilización de suelos, tratamientos superficiales, lechadas asfálticas, riegos de adherencia y mezclas abiertas. Dependiendo de las cargas de los glóbulos de asfalto que conforman la mezcla se determina si son catiónicas (C, carga +) o aniónicas (A, carga -). También son clasificadas en tres grupos dependiendo de la velocidad de rotura.

Emulsiones asfálticas de rompimiento rápido (RR)

Emulsiones asfálticas de rompimiento medio (RM)

Emulsiones asfálticas de rompimiento lento (RL)

Es utilizado en la elaboración en frío de carpetas, morteros, riegos y estabilizaciones.

Tabla.2 Clasificación de las emulsiones de acuerdo con su ruptura y carga de partícula

Grado de emulsión	Catiónica	Aplicaciones
<b>Rápida (riegos)</b>	CRR	Tratamientos superficiales
<b>Media</b>	CRM	Mezclas abiertas
<b>Lenta</b>	CRL	Mezclas densas
<b>Rápida (mezclas)</b>	CQR	Mortero asfáltico micro-pavimento

Fuente: autor.

## 2.5 especificaciones.

A continuación, se presenta los requisitos adjuntos en las especificaciones técnicas del INVIAS.

### Especificaciones de las emulsiones asfálticas.

ENSAYOS SOBRE LA EMULSIÓN	NORMA DE ENSAYO INV	ROTURA RÁPIDA				ROTURA MEDIA		ROTURA LENTA					
		CRR-1		CRR-2		CRM		CRL-0		CRL-1		CRL-1h	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Viscosidad													
Saybolt Furol a 25°C, s	E-763	20	100	100	-	-	-	50	20	200	20	100	
Saybolt Furol a 50°C, s		-	-	400	50	450	-	-	-	-	-	-	
Contenido de agua, %	E-761	-	40	-	35	-	35	-	50	-	43	-	43
Estabilidad durante almacenamiento (24 horas), %	E-764	-	1	-	1	-	1	-	-	-	1	-	1
Sedimentación a los 5 días, %			5		5		5		10		5		5
Destilación													
Contenido de asfalto residual, %	E-762	60	-	65	-	65	-	40	-	57	-	57	-
Contenido de aceite, %		-	3	-	3	-	12	10	20	-	-	-	-
Tamizado Retenido tamiz No. 20 (850 m), %	E-765	-	0.10	-	0.10	-	0.10	-	0.10	-	0.10	-	0.10
Demulsibilidad, %	E-766	40	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rotura en ensayo de mezcla con cemento, %	E-770	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0
Carga de partícula	E-767	Positiva		Positiva		Positiva		Positiva		Positiva		Positiva	
Ph	E-768	-	6	-	6	-	6	-	6	-	6	-	6
Cubrimiento del agregado y resistencia al desplazamiento													
- Con agregado seco	E-769	-	-	-	-	Buena	-	-	-	-	-	-	-
- Con agregado seco y acción del agua		-	-	-	-	Satisfactoria	-	-	-	-	-	-	-
- Con agregado húmedo		-	-	-	-	Satisfactoria	-	-	-	-	-	-	-
- Con agregado húmedo y acción del agua		-	-	-	-	Satisfactoria	-	-	-	-	-	-	-
Ensayos sobre el residuo de destilación													
Penetración (25°C, 100 gr, 5 s), 0.1 mm						100	250	200	300			60	100
- ARD	E-706	60	100	60	100					60	100		
- ARB		100	250	100	250					100	250		
Ductilidad (25°C, 5 cm/min), cm	E-702	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-
Solubilidad en tricloroetileno, %	E-713	97.5	-	97.5	-	97.5	-	97.5	-	97.5	-	97.5	-

Tabla 3. especificaciones de las emulsiones asfálticas catiónicas. Fuente: INVIAS (2013).

## Especificaciones del cemento asfáltico.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	GRADO DE PENETRACIÓN					
		40-50		60-70		80-100	
		MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX
<b>Asfalto original</b>							
Penetración (25° C, 100 g, 5 s), 0.1 mm	E-706	40	50	60	70	80	100
Punto de ablandamiento, °C	E-724	52	58	48	54	45	52
Índice de penetración	E-724	-1.2	+0.6	-1.2	+0.6	-1.2	+0.6
Viscosidad absoluta (60° C), P	E-716 o	200	-	150	-	100	-
	E-717	0	-	0	-	0	-
Ductilidad (25° C, 5 cm/min), cm	E-702	80	-	100	-	100	-
Solubilidad en tricloroetileno, %	E-713	99	-	99	-	99	-
Contenido de agua, %	E-704	-	0.2	-	0.2	-	0.2
Punto de inflamación mediante copa abierta de Cleveland, °C	E-709	240	-	230	-	230	-
Contenido de parafinas, %	E-718	-	3	-	3	-	3
<b>Asfalto residual, luego de la prueba de acondicionamiento en película delgada rotatoria, norma de ensayo INV E-720</b>							
Pérdida de masa por calentamiento, %	E-720	-	0.8	-	0.8	-	1.0
Penetración del residuo, en % de la penetración del asfalto original	E-706	55	-	50	-	46	-
Incremento en el punto de ablandamiento, °C	E-712	-	8	-	9	-	9
Índice de envejecimiento: relación de viscosidades (60° C) del asfalto	E-716 o E-717	-	4	-	4	-	4

Tabla 4. Especificaciones del cemento asfáltico. Fuente: INVIAS (2013).

Los documentos del proyecto pueden establecer un requisito para la clasificación PG del asfalto. Si no lo establecen, la clasificación deberá ser, como mínimo, PG 64-22 para los asfaltos 40-50 y 60-70, y PG 58-22 para el asfalto 80-100; es decir, que la temperatura máxima asociada a la clasificación PG no deberá ser inferior a 64° C para los asfaltos 40-50 y 60-70 (58° C para el asfalto 80-100) y la mínima asociada a la clasificación PG no deberá ser inferior a -22° C para todos los asfaltos.

## Especificaciones del cemento asfáltico.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	GRADO DE PENETRACIÓN					
		40-50		60-70		80-100	
		MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX
<b>Asfalto original</b>							
Penetración (25° C, 100 g, 5 s), 0.1 mm	E-706	40	50	60	70	80	100
Punto de ablandamiento, °C	E-724	52	58	48	54	45	52
Índice de penetración	E-724	-1.2	+0.6	-1.2	+0.6	-1.2	+0.6
Viscosidad absoluta (60° C), P	E-716 o	200	-	150	-	100	-
	E-717	0	-	0	-	0	-
Ductilidad (25° C, 5 cm/min), cm	E-702	80	-	100	-	100	-
Solubilidad en tricloroetileno, %	E-713	99	-	99	-	99	-
Contenido de agua, %	E-704	-	0.2	-	0.2	-	0.2
Punto de inflamación mediante copa abierta de Cleveland, °C	E-709	240	-	230	-	230	-
Contenido de parafinas, %	E-718	-	3	-	3	-	3
<b>Asfalto residual, luego de la prueba de acondicionamiento en película delgada rotatoria, norma de ensayo INV E-720</b>							
Pérdida de masa por calentamiento, %	E-720	-	0.8	-	0.8	-	1.0
Penetración del residuo, en % de la penetración del asfalto original	E-706	55	-	50	-	46	-
Incremento en el punto de ablandamiento, °C	E-712	-	8	-	9	-	9
Índice de envejecimiento: relación de viscosidades (60° C) del asfalto	E-716 o E-717	-	4	-	4	-	4

Tabla 4. Especificaciones del cemento asfáltico. Fuente: INVIAS (2013).

Los documentos del proyecto pueden establecer un requisito para la clasificación PG del asfalto. Si no lo establecen, la clasificación deberá ser, como mínimo, PG 64-22 para los asfaltos 40-50 y 60-70, y PG 58-22 para el asfalto 80-100; es decir, que la temperatura máxima asociada a la clasificación PG no deberá ser inferior a 64° C para los asfaltos 40-50 y 60-70 (58° C para el asfalto 80-100) y la mínima asociada a la clasificación PG no deberá ser inferior a -22° C para todos los asfaltos.

## Especificaciones del cemento asfáltico.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	GRADO DE PENETRACIÓN					
		40-50		60-70		80-100	
		MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX
<b>Asfalto original</b>							
Penetración (25° C, 100 g, 5 s), 0.1 mm	E-706	40	50	60	70	80	100
Punto de ablandamiento, °C	E-724	52	58	48	54	45	52
Índice de penetración	E-724	-1.2	+0.6	-1.2	+0.6	-1.2	+0.6
Viscosidad absoluta (60° C), P	E-716 o	200	-	150	-	100	-
	E-717	0	-	0	-	0	-
Ductilidad (25° C, 5 cm/min), cm	E-702	80	-	100	-	100	-
Solubilidad en tricloroetileno, %	E-713	99	-	99	-	99	-
Contenido de agua, %	E-704	-	0.2	-	0.2	-	0.2
Punto de inflamación mediante copa abierta de Cleveland, °C	E-709	240	-	230	-	230	-
Contenido de parafinas, %	E-718	-	3	-	3	-	3
<b>Asfalto residual, luego de la prueba de acondicionamiento en película delgada rotatoria, norma de ensayo INV E-720</b>							
Pérdida de masa por calentamiento, %	E-720	-	0.8	-	0.8	-	1.0
Penetración del residuo, en % de la penetración del asfalto original	E-706	55	-	50	-	46	-
Incremento en el punto de ablandamiento, °C	E-712	-	8	-	9	-	9
Índice de envejecimiento: relación de viscosidades (60° C) del asfalto	E-716 o E-717	-	4	-	4	-	4

Tabla 4. Especificaciones del cemento asfáltico. Fuente: INVIAS (2013).

Los documentos del proyecto pueden establecer un requisito para la clasificación PG del asfalto. Si no lo establecen, la clasificación deberá ser, como mínimo, PG 64-22 para los asfaltos 40-50 y 60-70, y PG 58-22 para el asfalto 80-100; es decir, que la temperatura máxima asociada a la clasificación PG no deberá ser inferior a 64° C para los asfaltos 40-50 y 60-70 (58° C para el asfalto 80-100) y la mínima asociada a la clasificación PG no deberá ser inferior a -22° C para todos los asfaltos.



Especificaciones del asfalto líquido para riegos de imprimación.

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	NORMA DE ENSAYO INV	MC 30	
			MÍN	MÁX
Punto de inflamación (Copa abierta de Tag.)	° C	E-710	38	-
Viscosidad cinemática (60° C)	cSt	E-715	30	60
Viscosidad Saybolt Furol (25° C)	s	E-714	75	150
Destilación: Destilado (% sobre volumen total destilado hasta 360° C) :				
A 225° C	%	E-723	-	25
A 260° C	%		40	70
A 316° C	%		75	93
Residuo de destilación a 360° C (% en volumen por diferencia)	%	E-723	50	60
<b>Ensayos sobre el residuo de la destilación</b>				
Penetración (25° C, 100 g, 5 s)	0.1 mm	E-706	120	300
Ductilidad (25° C, 5 cm/minuto)	cm	E-702	100	-
Solubilidad en tricloroetileno	%	E-713	99.5	100

Tabla 5. Especificaciones del asfalto líquido para riegos de imprimación.

Fuente: INVIAS (2013).

# Capítulo 3

## Agregados pétreos



## Capítulo 3. Los agregados pétreos.

### 3.1 que son los agregados pétreos.

Son materiales granulares solidos inertes empleados en la construcción de afirmados, sub-bases y bases un pavimento flexible. Su granulometría debe ser la adecuada para garantizar la calidad en la estructura del pavimento.

### 3.2 como están clasificados los agregados pétreos.

Se atienden diferentes criterios para determinar la clasificación de los agregados pétreos, en la siguiente grafica se resumen las diferencias entre los distintos criterios.



Figura 4. Clasificación de los agregados pétreos. fuente: autor.

### 3.3 propiedades apropiada de los agregados para una mezcla asfáltica.

A continuación, se mencionan las distintas características tenidas en cuenta en los requisitos de calidad de los agregados pétreos para la construcción de sub-base granular, base granular y afirmado para las mezclas asfálticas.

#### Dureza.

Para la utilización en la estructura del pavimento los agrados deben ser capaz de soportar el desgaste y la abrasión para el

periodo para el que es diseñado, por lo que son sometidos a una serie de ensayos de laboratorio como el caso del ensayo desgaste en la máquina de los Ángeles, ensayo de Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval así como también una evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10% de fino. Las propiedades mecánicas de los agregados engloban los parámetros básicos de resistencia a la degradación y abrasión.

#### Durabilidad.

Los agregados deben ser capaces de soportar la acción de agentes atmosféricos que afectan su estructura mineral, desintegrándolos con el pasar del tiempo, por este motivo se realizan un ensayo de laboratorio para determinar la resistencia a la desintegración de los agregados.

#### Limpieza.

La superficie del agregado debe estar lo suficientemente limpia de terrones de arcillas, partículas deleznable, material orgánico, partículas blandas, etc. permitiendo la adherencia del agregado al cemento asfáltico y la capa construida cumpla con el periodo de utilidad para la que fue diseñada.

#### Geometría de las partículas.

La forma de la partica influye en la resistencia a las cargas impuestas por el tránsito en periodo de diseño de las mezclas asfálticas usadas para la construcción de carpeta de rodadora en pavimentos asfaltos.

Prefiriéndose los materiales de origen artificial por su geometría angular y textura superficial que hace un buen trabaja en el rozamiento interno. Es de vital importancia conocer la composición mineral de la roca dado que puede afectar la forma de los agregados durante los procesos de trituración.

### Granulometría del material

Las características físicas de las partículas de los materiales granulares son las más importantes porque influye de forma vital en la resistencia mecánica del conjunto en su esqueleto mineral.

### 3.4 Requisitos de los agregados.

Es importante realizar verificaciones periódicas de las calidades del material de afirmado, sub base granular y base granular siguiendo lo misionado en la siguiente tabla.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-123	Una (1) vez por semana
Límite líquido	E-125	Una (1) vez por semana
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	Una (1) vez por semana
Contracción lineal	E-127	Una (1) vez por semana
Ensayo modificado de compactación	E-142	Una (1) vez por semana

Tabla 6. Verificaciones periódicas de la calidad del material. Fuente: INVIAS (2013).

### Franja granulométrica del material de afirmado.

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	37.5 1 1/2"	25.0 1"	19.0 3/4"	9.5 3/8"	4.75 No. 4	2.00 No. 10	0.425 No. 40	0.075 No. 200
	% PASA							
A-38	100	-	80-100	60-85	30-50	30-50	13-30	9-18
A-25	-	100	90-100	65-90	45-70	35-55	15-35	10-20
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0%		7%		6%			3%

Tabla 7. Franja granulométrica del material de afirmado. Fuente: INVIAS (2013).

### Requisitos de los agregados para afirmados.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
<b>Dureza (O)</b>		
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones	E-218	50
<b>Durabilidad (O)</b>		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18
<b>Limpieza (F)</b>		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	40
Índice de plasticidad (%)	E-125 y E-126	4 - 9
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	2
Contracción lineal	E-127 o E-129	Tabla 311 - 3
<b>Resistencia del material (F)</b>		
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 311.5.2.2.2); el CBR se medirá sobre muestras sometidas previamente a cuatro días de inmersión.	E-148	≥ 15

Tabla 8. Requisitos de los agregados para afirmados. Fuente: INVIAS (2013).

Relaciones que debe cumplir el material de afirmado.

RELACIÓN	REQUISITO
$\frac{\% \text{ pasa tamiz No. 200}}{\% \text{ pasa tamiz No.10}}$	0.20 a 0.45
$\frac{\% \text{ pasa tamiz No. 200}}{\% \text{ pasa tamiz No.40}}$	$\leq \frac{2}{3}$
$\{(\% \text{PASA TAMIZ 1"} - \% \text{PASA TAMIZ No. 10})\} \times \{ \% \text{PASA TAMIZ No. 4}\}$	16 a 34
$(\% \text{ de contracción lineal}) \times (\% \text{ pasa tamiz No. 40})$	100 a 240

Tabla 9. Relaciones que debe cumplir el material de afirmado. Fuente: INVIAS (2013).

Requisitos de los agregados para sub-bases granulares.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	SUB-BASE GRANULAR		
		CLASE C	CLASE B	CLASE A
<b>Dureza (O)</b>				
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones	E-218	50	50	50
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	35	30
<b>Durabilidad (O)</b>				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18	12 18
<b>Limpieza (F)</b>				
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	25	25
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	6	6	4 - 9
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	25	25	25
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	2	2	2
<b>Resistencia del material (F)</b>				
CBR (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días de inmersión, mínimo	E-148	30	30	40

Tabla 10. Requisitos de los agregados para sub-bases granulares. Fuente: INVIAS (2013).

## Franjas granulométricas del material de sub-base granular.

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	50.0	37.5	25.0	12.5	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	2"	½"	1"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
% PASA									
SBG-50	100	70-95	60-90	45-75	40-70	25-55	15-40	6-25	2-15
SBG-38	-	100	75-95	55-85	45-75	30-60	20-45	8-30	2-15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0%	7%			6%			3%	

Tabla 11. Franjas granulométricas del material de sub-base granular. Fuente: INVIAS (2013).

## Requisitos de los agregados para bases granulares.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	BASE GRANULAR		
		CLASE C	CLASE B	CLASE A
<b>Dureza (O)</b>				
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%)	E-218	40	40	37
- 500 revoluciones		8	8	7
- 100 revoluciones				
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	30	25
<b>Evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10 % de finos</b>				
- Valor en seco, mínimo (kN)	E-224	-	70	90
- Relación húmedo/seco, mínimo (%)		-	75	75
<b>Durabilidad (O)</b>				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%)	E-220	12	12	12
- Sulfato de sodio		18	18	18
- Sulfato de magnesio				
<b>Limpieza (F)</b>				
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	25	25
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	6	6	4 - 9
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	25	25	25
Valor de azul de metileno, máximo	E-235	10	10	10
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	2	2	2
<b>Geometría de las Partículas (F)</b>				
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	35	35	35
Caras fracturadas, mínimo (%)	E-227	50	70	100
- Una cara		-	50	70
- Dos caras				
Angularidad de la fracción fina, mínimo (%)	E-239	-	35	35
<b>Resistencia del material (F)</b>				
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 330.5.2.2.2); el CBR se medirá sobre muestras sometidas previamente a cuatro días de inmersión.	E-148	≥ 80	≥ 80	≥ 95

Nota 1: El ensayo de Valor de azul de metileno solo será exigido cuando el equivalente de arena del material de base granular sea inferior a treinta (30), pero igual o superior a veinticinco (25)

Tabla 12. Requisitos de los agregados para bases granulares. Fuente: INVIAS (2013).

## Franjas granulométricas del material de base granular.

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	½"	1"	¾"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
% PASA								
<b>BASES GRANULARES DE GRADACIÓN GRUESA</b>								
BG-40	100	75-100	65-90	45-68	30-50	15-32	7-20	0-9
BG-27	-	100	75-95	52-78	35-59	20-40	8-22	0-9
<b>BASES GRANULARES DE GRADACIÓN FINA</b>								
BG-38	100	70-100	60-90	45-75	30-60	20-45	10-30	5-15
BG-25	-	100	70-100	50-80	35-65	20-45	10-30	5-15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0%	7%			6%			3%

Tabla 13. Franjas granulométricas del material de base granular. Fuente: INVIAS (2013).

## Requisitos de los agregados para tratamiento superficial simple.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO	
		NT-1	NT-2
<b>Dureza, agregado grueso (O)</b>			
Desgaste en la máquina de los Ángeles, gradación A, máximo (%)	E-218	25	25
- 500 revoluciones		5	5
- 100 revoluciones			
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	25
Coefficiente de pulimento acelerado, mínimo	E-232	0.45	0.45
<b>Durabilidad (O)</b>			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, agregado grueso, máximo (%)	E-220	18	18
<b>Limpieza, agregado grueso (F)</b>			
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0.5	0.5
<b>Geometría de las partículas, agregado grueso (F)</b>			
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	30	30
Caras fracturadas, mínimo (%): una cara / dos caras	E-227	75	75 / 60
<b>Adhesividad (O)</b>			
Bandeja, mínimo (%)	E-740	80	80

Tabla 14. Requisitos de los agregados para tratamiento superficial simple. Fuente: INVIAS (2013).

Gradaciones para tratamientos superficiales simples.

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)					
	19.0	12.5	9.5	6.3	4.75	2.36
	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	No. 4	No. 8
	% PASA					
TSS – 19	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5
TSS – 13	-	100	90-100	10-40	0-15	0-5
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	4%					1%

Tabla 15. Gradaciones para tratamientos superficiales simples. Fuente: INVIAS (2013).

El Material bituminoso Será una emulsión asfáltica catiónica de rotura rápida del tipo CRR-2 o una emulsión modificada con polímeros del tipo CRR-2m, la cual deberá cumplir los requisitos de calidad establecidos en los Artículos 411 o 415 de las especificaciones de INVIAS, según corresponda. El tipo de emulsión por aplicar será el definido en los documentos técnicos del proyecto.

Por otro lado, los aditivos mejoradores de adherencia Cuando se requieran deberán ajustar a lo descrito en el Artículo 412 de las especificaciones del INVIAS.



## Requisitos de los agregados para tratamiento superficial doble.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO	
		NT-1	NT-2
<b>Dureza, agregado grueso (O)</b>			
Desgaste en la máquina de los Ángeles, gradación A, máximo (%) - 500 revoluciones - 100 revoluciones	E-218	25 5	25 5
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	25
Coefficiente de pulimento acelerado, mínimo	E-232	0.45	0.45
<b>Durabilidad (O)</b>			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, agregado grueso, máximo (%)	E-220	18	18
<b>Limpieza, agregado grueso (F)</b>			
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0.5	0.5
<b>Geometría de las partículas, agregado grueso (F)</b>			
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	30	30
Caras fracturadas, mínimo (%): una cara / dos caras	E-227	75	75 / 60
<b>Adhesividad (O)</b>			
Bandeja, mínimo (%)	E-740	80	80

Tabla 16. Requisitos de los agregados para tratamiento superficial doble. Fuente: INVIAS (2013).

## Gradaciones para tratamientos superficiales dobles.

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	25.0	19.0	12.5	9.5	6.3	4.75	2.36	1.18
	3/4"	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	No. 4	No. 8	No. 16
	% PASA							
TSD – 25	100	90-100	10-45	0-15	-	0-5	-	-
TSD – 19	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5	-
TSD – 13	-	-	100	90-100	10-40	0-15	0-5	-
TSD – 10	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	0-5
Tolerancias en producción sobre la gradación definida en la fase de experimentación (±)	4%							1%

Tabla 17. Gradaciones para tratamientos superficiales dobles. Fuente: INVIAS (2013).

## Requisitos de los agregados para sellos de arena-asfalto.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO	
		NT-1	NT-2
<b>Durabilidad (O)</b>			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, máximo (%)	E-220	18	
<b>Limpieza (F)</b>			
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	NP	
Equivalente de arena, mínimo (%) (Nota 1)	E-133	50	
Valor de azul de metileno (si aplica), máximo (Nota 1)	E-235	10	
<b>Geometría de las partículas (F)</b>			
Angularidad de la fracción fina, mínimo (%)	E-239	45 %	
<b>Adhesividad (O)</b>			
Riedel Webber, mínimo	E-774	4	

Tabla 18. Requisitos de los agregados para sellos de arena-asfalto. Fuente: INVIAS (2013)

Nota 1: En caso de que no se cumpla el valor mínimo de equivalente de arena señalado en la tabla anterior, el agregado se aceptará si el equivalente de arena es superior a 40 y, simultáneamente, el valor de azul de metileno, determinado mediante la norma de ensayo INV E-235, es inferior a diez (10).

## Material bituminoso

Será una emulsión catiónica de rotura rápida del tipo CRR-2 o una emulsión de rotura rápida modificada con polímeros del tipo CRR-2m, que cumpla los requisitos de calidad según corresponda.

## Gradación para sellos de arena-asfalto.

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)						
	9.5	4.75	2.36	1.15	0.600	0.300	0.150
	3/8"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100
	% PASA						
SAA – 10	100	90-100	80-100	50-85	25-60	10-30	2-10

Tabla 19. Gradación para sellos de arena-asfalto. Fuente: INVIAS (2013).

## Requisitos de los agregados para lechadas asfálticas.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRANSITO		
		NT-1	NT-2	NT-3
<b>Dureza (O)</b>				
Desgaste en la máquina de los Angeles, máximo (%)	E-218	25	25	25
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	25	20
<b>Durabilidad (O)</b>				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, máximo (%)	E-220	18	18	18
<b>Limpieza, gradación combinada (F)</b>				
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	NP	NP	NP
Equivalente de arena, mínimo (%) (Nota 1)	E-133	50	50	50
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 1)	E-235	10	10	10
<b>Geometría de las partículas, agregado fino (F)</b>				
Angularidad de la fracción fina, método A, mínimo (%)	E-239	45	45	45
<b>Adhesividad (O)</b>				
Riedel Webber, mínimo	E- 774	4	4	4

Tabla 20. Requisitos de los agregados para lechadas asfálticas. Fuente: INVIAS (2013).

Nota 1: El equivalente de arena será el del agregado finalmente obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones, según las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo y antes de la incorporación del llenante mineral de aporte. En caso de que no se cumpla el valor mínimo de equivalente de arena señalado en la Tabla anterior, el agregado se aceptará si su equivalente de arena es superior a 40 y, simultáneamente, el valor de azul de metileno, determinado mediante la norma de ensayo INV E-235, es inferior a diez (10).

### Agregado fino.

El agregado fino deberá proceder en su totalidad de la trituración de piedra de cantera o de grava natural, o parcialmente de fuentes naturales de arena. La proporción de arena natural no podrá exceder del veinticinco por ciento (25 %) de la masa total del agregado combinado.

### Requisitos del llenante mineral.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR
Densidad bulk (g/cm <sup>3</sup> )	E-225	0.5 a 1.1

Tabla 21. Requisitos del llenante mineral.  
Fuente: INVIAS (2013).

### Llenante mineral.

El llenante mineral, incluido en los agregados se podrá complementar o suplir con un producto comercial o especialmente preparado, generalmente cal o cemento, cuya misión sea controlar el proceso de rotura de la emulsión o activar la consecución de la cohesión de la lechada asfáltica. Deberá cumplir con lo indicado en la siguiente tabla.

### Gradaciones del agregado para lechadas asfálticas.

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)									
	12.5	9.5	4.75	2.36	1.15	0.60	0.30	0.18	0.075	
	½"	3/8"	No.4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 80	No. 200	
% PASA										
LA – 13	100	85-100	60-85	40-60	28-45	19-34	12-25	7-18	4-8	
LA – 10	-	100	70-90	45-70	28-50	19-34	12-25	7-7-18	5-11	
LA – 5	-	100	85-100	65-90	45-70	30-50	18-30	10-20	5-15	
LA – 3	-	-	100	95-100	65-90	40-60	24-42	15-30	10-20	
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	4%			3%					1%	

Tabla 22. Gradaciones del agregado para lechadas asfálticas. Fuente: INVIAS (2013).

## Requisitos de la llenante mineral.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NT-1	NT-2	NT-3
Granulometría del llenante mineral de aporte: - % que pasa tamiz 0.425 mm (No. 40) - % que pasa tamiz 0.150 mm (No. 100) - % que pasa tamiz 0.075 mm (No. 200)	E-215		100 > 90 > 75	
Densidad bulk (g/cm3)	E-225		0.5 a 0.8	
Vacíos del llenante seco compactado (%)	E-229	-	≥ 38	

Tablas 25. Requisitos de la llenante mineral. Fuente: INVIAS (2013).

La proporción de llenante mineral de aporte se fijará en las especificaciones particulares del proyecto.

## Franjas granulométricas para mezclas asfálticas densas en frío.

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)						
	37.5 ½"	12.5 1"	9.5 ¾"	4.75 3/8"	2.36 No. 4	0.300 No. 10	0.075 No. 200
	% PASA						
MDF-38	100	75-100	65-90	45-68	30-50	15-32	7-20
MDF-25	-	100	75-95	52-78	35-59	20-40	8-22
MDF-19	100	70-100	60-90	45-75	30-60	20-45	10-30
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	4%			3%		1%	

Tabla 26. Franjas granulométricas para mezclas asfálticas densas en frío. Fuente: INVIAS (2013).

Tipo de gradación por utilizar en función del tipo y espesor compacto de la capa.

TIPO DE CAPA	ESPESOR COMPACTO (mm)	TIPO DE MEZCLA
Rodadura	50-75	MDF-25
	40-50	MDF-19
Intermedia	> 50	MDF-25
Base	> 75	MDF-38

Tabla 26. Tipo de gradación por utilizar en función del tipo y espesor compacto de la capa. Fuente: INVIAS (2013).

En el caso de bacheos, el tipo de gradación por emplear dependerá de las características de las capas existentes y se definirá en los documentos del proyecto.

Requisitos de los agregados para mezcla abierta en frío.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRANSITO		
		NT-1	NT-2	NT-3
<b>Dureza, agregado grueso (O)</b>				
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)	E-218 E-219	25 / 35	25 / 35	25 / 35
Capa de: rodadura / intermedia				
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	25 / 30	20 / 25
- Capa de: rodadura / intermedia				
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos	E-224	-	-	110/90 75/75
- Valor en seco: rodadura / intermedia, mínimo (kN)				
- Relación húmedo/seco: rodadura / intermedia, mínimo (%)				
Coefficiente de pulimiento acelerado para rodadura, mínimo	E-232	0.45	0.45	0.45
<b>Durabilidad (O)</b>				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, agregado grueso y fino, máximo (%)	E-220	18	18	18
<b>Limpieza, agregado grueso (F)</b>				
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0.5	0.5	0.5
<b>Geometría de las partículas, agregado grueso (F)</b>				
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	E-240	10	10	10
Caras fracturadas, mínimo (%)	E-227	75/- 60/	75/60 75/-	85/70 75/-
- Una cara: rodadura / intermedia				
- Dos caras: rodadura / intermedia				
<b>Adhesividad (O)</b>				
Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo, mínimo (%)	E-757	Reportar		

Tabla 27. Requisitos de los agregados para mezcla abierta en frío. Fuente: INVIAS (2013).

Franja granulométrica para mezcla abierta en frío.

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	37.5	25.0	19.0	12.5	9.5	4.75	2.26	0.075
	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8	No. 200
	% PASA							
MDF-38	100	70-95	-	25-55	-	0-15	0-5	0-2
MDF-25	-	100	70-95	-	20-45	0-20	0-10	0-2
MDF-19	-	-	100	70-95	-	10-30	0-10	0-2
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	4%						3%	

Tabla 28. Franja granulométrica para mezcla abierta en frío. Fuente: INVIAS (2013).

Requisitos de los agregados para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRANSITO		
		NT-1	NT-2	NT-3
<b>Dureza, agregado grueso (O)</b>				
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%) Capa de: rodadura / intermedia	E-218 E-219	25 / 35	25 / 35	25 / 35
<b>Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)</b>				
- Capa de: rodadura / intermedia	E-238	-	25 / 30	20 / 25
<b>Resistencia mecánica por el método del 10% de finos</b>				
- Valor en seco: rodadura / intermedia, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco: rodadura / intermedia, mínimo (%)	E-224	-	-	110/90 75/75
Coefficiente de pulimiento acelerado para rodadura, mínimo	E-232	0.45	0.45	0.45
<b>Durabilidad (O)</b>				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, agregado grueso y fino, máximo (%)	E-220	18	18	18
<b>Limpieza, agregado grueso (F)</b>				
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0.5	0.5	0.5
<b>Geometría de las partículas, agregado grueso (F)</b>				
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	E-240	10	10	10
<b>Caras fracturadas, mínimo (%)</b>				
- Una cara: rodadura / intermedia - Dos caras: rodadura / intermedia	E-227	75/- 60/	75/60 75/-	85/70 75/-
<b>Adhesividad (O)</b>				
Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo, mínimo (%)	E-757	Reportar		

Tabla 29. Requisitos de los agregados para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua. Fuente: INVIAS (2013).

Franja granulométrica para mezcla abierta en frío.

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	37.5	25.0	19.0	12.5	9.5	4.75	2.26	0.075
	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8	No. 200
	% PASA							
MDF-38	100	70-95	-	25-55	-	0-15	0-5	0-2
MDF-25	-	100	70-95	-	20-45	0-20	0-10	0-2
MDF-19	-	-	100	70-95	-	10-30	0-10	0-2
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	4%						3%	

Tabla 30. Franja granulométrica para mezcla abierta en frío. Fuente: INVIAS (2013).

Proporción y requisitos del llenante mineral.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRANSITO		
		NT-1	NT-2	NT-3
Proporción de llenante mineral de aporte: (% en masa del llenante total)				
- Capa de rodadura	-	-	≥ 25	≥ 50
- Capa intermedia	-	-	≥ 25	≥ 50
- Capa de base	-	-	-	≥ 25
Granulometría del llenante mineral de aporte:			100	
- % que pasa tamiz 425 µm (No. 40)	E-215		> 90	
- % que pasa tamiz 150 µm (No. 100)			> 75	
- % que pasa tamiz 75 µm (No. 200)				
Densidad bulk (g/cm <sup>3</sup> )	E-225		0.5 a 0.8	
Vacíos del llenante seco compactado (%)	E-229	-	≥ 38	

Tabla 31. Proporción y requisitos del llenante mineral. Fuente: INVIAS (2013).



## Requisitos de los agregados para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRANSITO		
		NT-1	NT-2	NT-3
<b>Dureza, agregado grueso (O)</b>				
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)	E-218	25/35/-	25/35/35	25 / 35 / 35
- Capa de: rodadura / intermedia / base, 500 revoluciones		5/7/	5/7/7	5/7/7
- Capa de: rodadura / intermedia / base, 100 revoluciones				
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	25/30/30	20/25/25
- Capa de: rodadura / intermedia / base				
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos, capa de: rodadura / intermedia / base	E-224	-	-	110/90/75
- Valor en seco, mínimo (kN)				75/75/75
- Relación húmedo/seco, mínima (%)				
Coefficiente de pulimiento acelerado para rodadura, mínimo	E-232	0.45	0.45	0.45
<b>Durabilidad (O)</b>				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, agregados fino y grueso, máximo (%)	E-220	18	18	18
<b>Limpieza, agregado grueso (F)</b>				
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0.5	0.5	0.5
<b>Limpieza, gradación combinada (F)</b>				
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	NP	NP	NP
Equivalente de arena, mínimo (%) (Nota 1)	E-133	50	50	50
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 1)	E-235	10	10	10
<b>Geometría de las partículas, agregado grueso (F)</b>				
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	E-240	10	10	10
<b>Caras fracturadas, mínimo (%)</b>				
- Una cara: rodadura / intermedia / base	E-227	75/60/-	75/75/60	85/75/60
- Dos caras: rodadura / intermedia / base		-/-/-	60/-/-	70/-/-
- Tres caras: rodadura / intermedia / base				
<b>Geometría de las partículas, agregado fino (F)</b>				
Angularidad de la fracción fina, método A, mínimo (%)	E-239	40/35/-	45/40/35	45/40/35
- Capa de: rodadura / intermedia / base				
<b>Adhesividad (O)</b>				
- Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo (%)	E-757		Reportar	
- Agregado fino: adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método riedel-weber), índice mínimo	E-774		4	

Tabla 32. Tipo de mezcla por utilizar en función del espesor compacto de la capa.  
Fuente: INVIAS (2013).

Nota 1: El equivalente de arena será el del agregado finalmente obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones (incluido el llenante mineral), según las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo y antes de pasar por el secador de la planta mezcladora. En caso de que no se cumpla el valor mínimo señalado en la tabla, el agregado se aceptará si su equivalente de arena, medido en las mismas condiciones, es superior a 40 % y, simultáneamente, el valor de azul de metileno, determinado mediante la norma de ensayo INV E- 235, es inferior a diez (10).

Nota 2: La determinación del valor de azul de metileno no es obligatoria si el equivalente de arena cumple con el valor mínimo señalado en la tabla.

Franjas granulométricas para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua.

TIPO DE GRADACIÓN		TAMIZ (mm / U.S. Standard)									
		37.5	25.0	19.0	12.5	9.5	4.75	2.00	0.425	0.180	0.075
		1 1/2"	1"	3/4"	½"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 80	No. 200
		% PASA									
DENSA	MDC-25	-	100	80-95	67-85	60-77	43-59	29-45	14-25	8-17	4-8
	MDC-19	-	-	100	80-95	70-88	49-65	29-45	14-25	8-17	4-8
	MDC-10	-	-	-	-	100	65-87	43-61	16-29	9-19	5-10
SEMIDENSA	MSC-25	-	100	80-95	65-80	55-70	40-55	24-38	9-20	6-12	3-7
	MSC-19	-	-	100	80-95	65-80	40-55	24-38	9-20	6-12	3-7
GRUESA	MGC-38	100	75-95	65-85	47-67	40-60	28-46	17-32	7-17	4-11	2-6
	MGC-25	-	100	75-95	55-75	40-60	28-46	17-32	7-17	4-11	2-6
ALTO MÓDULO	MAM-25	-	100	80-95	65-80	55-70	40-55	24-38	10-20	8-14	6-9
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (%)		-	4%				3%			2%	

Tabla 33. Franjas granulométricas para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua. Fuente: INVIAS (2013).

Requisitos de los agregados para mezcla abierta en caliente.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRANSITO		
		NT-1	NT-2	NT-3
<b>Dureza, agregado grueso (O)</b>				
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)	E-218	35 7	35 7	35 7
- 500 revoluciones				
- 100 revoluciones				
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238		30	25
<b>Resistencia mecánica por el método del 10% de finos</b>				
- Valor en seco, mínimo (kN)	E-224			90
- Relación húmedo/seco, mínimo (%)				
				75
<b>Durabilidad (O)</b>				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio del agregado grueso, máximo (%)	E-220	18	18	18
<b>Limpieza, agregado grueso (F)</b>				
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0.5	0.5	0.5
<b>Geometría de las partículas, agregado grueso (F)</b>				
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	E-240	10	10	10
Caras fracturadas, mínimo (%): una cara / dos caras	E-227	60/-	75 / -	75 / -
<b>Adhesividad (O)</b>				
- Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo, mínimo (%)	E-757	Reportar		

Tabla 34. Requisitos de los agregados para mezcla abierta en caliente. Fuente: INVIAS (2013).

Franjas granulométricas para la mezcla abierta en caliente.

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	75	63	50	37.5	19.0	9.5	4.75	2.26	0.150
	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	3/4"	3/8"	No. 4	No. 40	No. 8
	% PASA								
MAC-75	100	95-100	-	30-70	3-20	0-5	-	-	-
MAC-63	-	100	-	35-70	5-20	-	-	0-5	-
MAC-50	-	-	100	75-90	50-70	-	8-20	-	0-5
TOLERANCIAS EN PRODUCCIÓN SOBRE LA FÓRMULA DE TRABAJO (±)	5%							3%	

Tabla 35. Franjas granulométricas para la mezcla abierta en caliente. Fuente: INVIAS (2013).

Salvo que los estudios del proyecto indiquen lo contrario, se empleará la gradación tipo MAC-50.

Requisitos de los agregados para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NT2 Y NT3
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%) - 500 revoluciones - 100 revoluciones	E-218	25 5
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	20
Evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10 % de finos - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	E-224	110 75
Coefficiente de pulimiento acelerado, mínimo	E-232	0.50
Durabilidad (F)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, máximo (%)	E-220	18
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0.5
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	N.P
Equivalente de arena, mínimo (%) (Nota 1)	E-133	50
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 2)	E-235	10
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)		
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	E-240	10
Caras fracturadas, mínimo (%): una cara / dos caras	E-227	100 / 100
Geometría de las partículas, agregado fino (F)		
Angularidad de la fracción fina, método A, mínimo (%)	E-239	45
Adhesividad (O)		
- Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo, mínimo (%) Agregado fino: adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método riedel-weber), índice mínimo	E-757 E-774	Reportar Reportar

Tabla 36. Requisitos de los agregados para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura. Fuente: INVIAS (2013).

Nota 1: El equivalente de arena será el del agregado finalmente obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones (incluido el llenante mineral), según las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo y antes de pasar por el secador de la planta mezcladora. En caso de que no se cumpla el valor mínimo señalado en la tabla, el agregado se aceptará si su equivalente de arena, medido en las mismas condiciones, es superior a 40 % y, simultáneamente, el valor de azul de metileno, determinado mediante la norma de ensayo INV E- 235, es inferior a diez (10).

Nota 2: La determinación del valor de azul de metileno no es obligatoria si el equivalente de arena cumple con el valor mínimo señalado en la tabla

### Proporción máxima de arena natural en el agregado.

CARACTERÍSTICA	NT2	NT3
Proporción de arena natural: % de la masa total del agregado combinado	≤ 20	≤ 10
Proporción de arena natural: % de la masa total del agregado fino	≤ 50	

Tabla 37. Proporción máxima de arena natural en el agregado. Fuente: INVIAS (2013).

### Proporción y requisitos del llenante mineral.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NT2 Y NT3
Proporción de llenante mineral de aporte: (% en masa del llenante total)	-	≥ 50
Granulometría del llenante mineral de aporte: - % que pasa tamiz 425 μm (No. 40)      - % que pasa tamiz 150 μm (No. 100)      - % que pasa tamiz 75 μm (No. 200)	E -215	100 > 90 > 75
Densidad bulk (g/cm <sup>3</sup> )	E-225	0.5 a 0.8
Vacios del llenante seco compactado (%)	E-229	≥ 38

Tabla 38. Proporción y requisitos del llenante mineral. Fuente: INVIAS (2013).

Franjas granulométricas para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura.

TIPO DE MEZCLA		TAMIZ (mm / U.S. Standard)						
		12.5 1/2"	9.5 3/8"	8 5/16"	4.75 No. 4	2.00 No. 10	0.425 No. 40	0.075 No. 200
		% PASA						
TIPO M	M-13	100	75-97	-	15-28	11-22	8-16	5-8
	M-10	-	100	75-97	15-28	11-22	8-16	5-8
TIPO F	F-13	100	75-97	-	25-40	18-32	10-20	7-10
	F-10	-	100	75-97	25-40	18-32	10-20	7-10
TOLERANCIAS EN PRODUCCIÓN SOBRE LA FÓRMULA DE TRABAJO (±)		4%			3%			1%

Tabla 39. Franjas granulométricas para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura. Fuente: INVIAS (2013).  
Requisitos de los agregados para mezcla drenante.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NT2 Y NT3
		NT2 y NT3
<b>Dureza, agregado grueso (O)</b>		
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%) - 500 revoluciones - 100 revoluciones	E-218	25 5
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	20
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	E-224	110 75
Coefficiente de pulimiento acelerado, mínimo	E-232	0.50
<b>Durabilidad (O)</b>		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de sodio, máximo (%)	E-220	18
<b>Limpieza, agregado grueso (F)</b>		
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0.5
<b>Limpieza, gradación combinada (F)</b>		
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	N.P
Equivalente de arena, mínimo (%) (Nota 1)	E-133	50
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 2)	E-235	10
<b>Geometría de las partículas, agregado grueso (O)</b>		
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	E-240	10
Caras fracturadas, mínimo (%): dos caras	E-227	100
<b>Adhesividad (O)</b>		
Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo, mínimo (%)	E-757	Reportar
Agregado fino: adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método Riedel-Weber), índice mínimo	E-774	Reportar

Tabla 40. Requisitos de los agregados para mezcla drenante. Fuente: INNVIAS (2013).

Proporción máxima de arena natural en el agregado.

CARACTERÍSTICA	NIVEL DE TRÁNSITO	
	NT2	NT3
Proporción de arena natural: % de la masa total del agregado combinado	≤ 10	0
Proporción de arena natural: % de la masa total del agregado fino	≤ 50	0

Tabla 41. Proporción máxima de arena natural en el agregado. Fuente: INVIAS (2013).

Proporción y requisitos del llenante mineral.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NT2 Y NT3
Proporción de llenante mineral de aporte: (% en masa del llenante total)	-	100
Granulometría del llenante mineral de aporte: - % que pasa tamiz 425 µm (No. 40)      - % que pasa tamiz 150 µm (No. 100)      - % que pasa tamiz 75 µm (No. 200)	E -215	100 > 90 > 75
Densidad bulk (g/cm <sup>3</sup> )	E-225	0.5 a 0.8
Vacíos del llenante seco compactado (%)	E-229	≥ 38

Tabla 42. Proporción y requisitos del llenante mineral. Fuente: INVIAS (2013).

Franja granulométrica para mezcla drenante.

TIPO DE MEZCLA	TAMIZ (mm / U.S. Standard)						
	19.0	12.5	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA						
ÚNICA	100	70-100	50-75	15-32	9-20	5-12	3-7
TOLERANCIAS EN PRODUCCIÓN SOBRE LA FÓRMULA DE TRABAJO (±)	4%			3%			1%

Tabla 43. Franja granulométrica para mezcla drenante. Fuente: INVIAS (2013).

# Capítulo 4

## Mezclas Asfálticas





## Capítulo 4. La mezcla asfáltica.

### 4.1 que son las mezclas asfálticas.

Se considera como mezclas asfálticas al Conjunto de agregados pétreos con una determinada granulometría, polvo mineral (filler) y ligante hidrocarbonado, de manera que todas las partículas minerales están envueltas por una película continua de ligante.

La dosificación de los distintos materiales usados para la elaboración de la mezcla determina sus propiedades y características.

### 4.2 cuales son las características más importantes de la mezcla asfáltica.

Las características de mayor importancia y tenidas en cuenta en los diferentes métodos de construcción para pavimento asfáltico son las siguientes.

#### Dureza del agregado grueso.

Los agregados deben contar con la resistencia suficiente para responder a las deformaciones provocadas por las cargas impuestas por el tránsito.

Si no son tenidos en cuenta los criterios mencionados en las especificaciones técnicas la capa de rodadura presentara fallas en su estructura manifestándose por ahuellamientos, corrugación y otros tipos de problemas de deformación en la superficie.

#### Durabilidad.

Luego de la colocación de la carpeta de rodadura deberá resistir factores tales como la desintegración del agregado pétreo, oxidación y cambios en las propiedades de la mezcla por la presencia

de sulfatos, por otra parte, también se considera la separación de la película de asfalto en la superficie. Los causantes de estos problemas es la acción del clima, el tránsito incluso la combinación de ambos. La durabilidad de la mezcla puede ser mejorada con la aplicación de tres métodos uno es usando una gradación densa de agregado resistente a la separación, otra es usando una mayor cantidad de asfalto con una dosificación adecuada para prevenir la exudación del ligante en lugares con altas temperaturas.

#### Resistencia a la fatiga.

Es la resistencia a la fatiga de un pavimento asfáltico se puede decir que es el aguantar a la flexión repetida bajo las cargas de tránsito. En pruebas de laboratorio se ha demostrado que los vacíos (relacionados con el contenido de asfalto) y la viscosidad del asfalto desempeñan un papel importante en la resistencia a la fatiga.

#### Resistencia al deslizamiento.

La superficie de la carpeta de rodadura debe ser áspera y rugosa para tener mayor resistencia al deslizamiento en comparación a una superficie lisa. Los vehículos al circular por un pavimento asfáltico deben ser capaces de mantener contacto con las partículas de agregado en vez de rodar sobre una película de agua en la superficie del pavimento esta situación se le conoce como hidroplaneo.

### 4.4 Clasificación de las mezclas asfálticas.

Existen diferentes parámetros que determinan la clasificación de las mezclas asfálticas, serán mencionados a continuación.

Por Fracciones del Agregado Pétreo en la Mezcla.

Dependiendo de la granulometría del agregado la mezcla asfáltica se clasifica en:

- **Masilla Asfáltica:** Polvo mineral más el ligante.
- **Mortero Asfáltico:** Agregado fino más masilla.
- **Concreto Asfáltico:** Agregado grueso más mortero.



Figura 5. concreto asfáltico. Fuente: D. GRUBBA (2017).

Temperatura de la Mezcla en la Puesta en Obra

- **Mezclas Asfálticas en Caliente:** su nombre se debe a que la temperatura de elaboración de la mezcla se define durante la fase de experimentación y suele variar entre ciento diez y ciento veinte grados Celsius (110° C – 120° C). El tiempo de mezcla no deberá exceder de treinta (30) segundos.

La puesta en obra se realiza a temperaturas muy superiores al ambiente, pues en lo contrario, las

mezclas asfálticas en caliente no pueden extenderse y menos aún compactarse adecuadamente.

- **Mezclas Asfálticas en Frío:** se considera mezcla asfáltica en frío al ligante que es una emulsión asfáltica a un que en algunas ocasiones se utilizan los asfaltos líquidos. La puesta en obra se realiza a temperatura ambiente.

## 4.5 Requisitos generales.

A continuación, se presenta los requisitos adjuntos en las especificaciones técnicas del INVIAS.

Requisitos del agua no potable para la construcción mezclas densas en frío.

Agua.

El agua por emplear en la elaboración de mezclas densas en frío deberá ser limpia y libre de materia orgánica y otras sustancias perjudiciales. Puede ser agua potable; si no lo es, deberá cumplir los requisitos que se indican en la siguiente tabla.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO ASTM	REQUISITO
pH	D 1293	5.5 - 8.0
Contenido de sulfatos, expresado como SO <sub>4</sub> =, g/l máximo	D 516	1.0

Tabla 44. Requisitos del agua no potable para la construcción mezclas densas en frío. Fuente: INVIAS (2013).

Aditivos mejoradores de adherencia.

Aditivos mejoradores de adherencia entre los agregados y el asfalto Cuando se requieran se deberán ajustar a lo descrito en el Artículo 412 de las especificaciones técnicas del INVIAS. La dosificación y la dispersión homogénea del aditivo deberán tener la aprobación del Interventor.

Tipo de mezcla por utilizar en función del espesor compacto de la capa.

El tipo de mezcla asfáltica por emplear estará en función del espesor compacto de la capa asfáltica y se definirá en los documentos del proyecto, siguiendo los criterios de la siguiente tabla.

TIPO DE MEZCLA	TIPO DE MEZCLA	ESPESOR COMPACTO (mm)
MAF-19	Rodadura	< 40
MAF-25	Rodadura Intermedia	40 a 75
MAF-38	Intermedia Base Bacheos	> 75 Bacheos

Tabla 45. Tipo de mezcla por utilizar en función del espesor compacto de la capa. Fuente: INVIAS (2013).

Durante el proceso de compactación de la mezcla se deberá aplicar un sello de arena para evitar la adhesión de las llantas de los vehículos, debido a la presencia de fluidificantes en la emulsión asfáltica. La arena será natural, proveniente de trituración o una mezcla de ambas; estará exenta de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras materias objetables. Sus características deberán ser las mismas que se exigen a los agregados para el sello de arena-asfalto, según el Artículo 432 de las especificaciones técnicas del INVIAS.

Tipos de mezclas asfálticas en caliente de gradación continua.

TIPO DE MEZCLA	TIPO DE MEZCLA
POR TIPO DE GRANULOMETRÍA	
- Mezclas densas	MDC
- Mezclas semidensas	MSC
- Mezclas gruesas	MGC
MEZCLAS ESPECIALES	
Mezclas de alto módulo	MAM

Tabla 46. Tipos de mezclas asfálticas en caliente de gradación continua. Fuente: INVIAS (2013).

Tipo de mezcla por utilizar en función del tipo y espesor compacto de la capa.

TIPO DE CAPA	ESPESOR COMPACTO (mm)	TIPO DE MEZCLA
Rodadura	30 – 40	MDC-10
	40 – 60	MDC-19, MSC-19
	> 60	MDC-25, MDC-19, MSC-19
Intermedia	> 50	MDC-25, MSC-25
	> 75	MSC-25, MGC-38, MGC-25
Base	> 75	MSC-25, MGC-38, MGC-25
Alto módulo	60 - 130	MAM-25
	50 – 75	MSC-25, MGC-25
Bacheos	> 75	MSC-25, MGC-38, MGC-25

Tabla 47. Tipo de mezcla por utilizar en función del tipo y espesor compacto de la capa. Fuente: INVIAS (2013).

**Material bituminoso** El material bituminoso para elaborar la mezcla en caliente será seleccionado en función de Características climáticas de la zona, tipo de capa y condiciones de operación de la carretera.

Los documentos del proyecto deben indicar el tipo de asfalto por utilizar en cada capa del pavimento.

Tipo de asfalto por emplear en mezclas asfálticas en caliente de gradación continua.

TIPO DE CAPA	NT-1			NT-2			NT-3		
	TEMPERATURA MEDIA ANUAL DE LA REGIÓN (° C)								
	> 24	15-24	< 15	> 24	15-24	< 15	> 24	15-24	< 15
Rodadura e Intermedia	60-70	60-70 u 80-100	80-100	60-70	60-70 u 80-100	80-100	40-50 60-70 o Tipo II (a o b) o Tipo III	40-50 60-70 o Tipo II (a o b)	60-70 80-100 o Tipo lib
Base	NA			60-70 u 80-100	60-70 u 80-100	80-100	60-70	60-70 u 80-100	80-100
Alto Módulo	NA			NA			Tipo V		

Tabla 48. Tipo de asfalto por emplear en mezclas asfálticas en caliente de gradación continua. Fuente: INVIAS (2013).

Nota 1: Para una temperatura menor de 15° C y tránsito NT3, los documentos del proyecto podrán recomendar un cemento asfáltico de grado de penetración 60-70, si se considera que el tránsito es extremadamente agresivo. Bajo una consideración similar se puede emplear el cemento asfáltico modificado con polímeros Tipo III para el mismo nivel de tránsito y temperaturas de 24° C o menores.

# Capítulo 5

## Proceso Constructivos



## Capítulo 5. Proceso constructivo.

A continuación, se describirán el procedimiento explicado en una serie de pasos efectuados en la elaboración de un pavimento flexible, el cual está conformado con una serie de capas construidas de forma ascendente con materiales seleccionados.

### 5.1 subrasante.

Luego de realizar el trabajo de replanteo se procede con la adecuación del terreno natural para el cual es necesario trabajos de perfilado, humedecimiento y compactación del terreno natural para que alcance la capacidad portante aceptable en el proyecto.

En caso de ser necesario mejorar las capacidades portantes de la sub rasante consultar los artículos 340, 350 y 351 los cuales tratan de los procedimientos para el mejoramiento de la capacidad portante de la subrasante.

#### 5.1.1 procedimiento de escarificación y homogenización de la subrasante.

Los procedimientos mencionados consisten en hacer un tratamiento a lo largo de la superficie del trazada en el proyecto disgregando el suelo para que adquiera una condición suelta. La maquinaria empleada en la escarificación puede ser una escarificadora de granada o disco, un tractor de oruga. Se emplea un rastrillo extractor de piedras compuesto por una moto niveladora.



Figura 6. Escarificación del terreno.  
Fuente: Caterpillar (2018).

#### 5.1.2 humedecimiento de la superficie.

Después de terminar los trabajos mencionados con anterioridad y si el suelo no cuenta con la humedad óptima de compactación se procede al humedecimiento de la superficie para alcanzar la especificada en el proyecto. Para este trabajo se utiliza un vehículo cisterna con rociadores que distribuyen el



agua por toda la superficie.  
figura 6. Humedecimiento de la superficie.  
Fuente: PORTILLA, HERRERA, GONSALESZ, PEREZ Y VALDEZ (2013)

### 5.1.3 aireación del suelo de subrasante.

Los trabajos de aireación solo se deben realizar cuando no haya presencia de lluvia en caso de que llueva esperar que el material alcance la humedad óptima. Los trabajos se deben realizar a luz del día y en caso de realizarse en la noche implementar equipo de iluminación.

Si la humedad natural es mayor que la óptima, es necesario airear el suelo mezclándolo de lado a lado con ayuda de una motoniveladora, por medio de la escarificación y compactación.



Figura 7. aireación del suelo de subrasante. Fuente: Caterpillar (2018).

### 5.1.4 compactación de la subrasante. Luego de terminar los trabajos

Anteriormente mencionados se procede con la compactación de la subrasante. La compactación se realiza con rodillo vibratorio liso o rodillo pata de cabra dependiendo del tipo de marial del suelo. Para que la capacidad portante sea aceptable para esto debe cumplir con el ensayo I.N.V. E – 146 – 07.

Los trabajos están terminados cuando se hacen los chequeos necesarios como es la nivelación revisada constantemente por topografía. La superficie debe ser

homogénea y sin depresiones a lo largo del tramo compactado.

Los chequeos deben realizarse conforme se trabaja en la compactación teniendo en cuenta el grado de compactación de la subrasante, verificaciones de niveles de la superficie de subrasante, el espesor de la capa de subrasante todo esto debe cumplir con lo mencionado en el artículo 230 de las especificaciones técnicas.

### 5.2 la capa de sub-base granular.

Para la construcción la sub base granular se utilizan agregados provenientes de bancos de materiales con el fin de que cumplan con las especiaciones técnicas.

La cantidad de material extendido deberá ser tal, que el espesor de la capa compactada no resulte inferior a cien milímetros (100mm) ni superior a doscientos milímetros (200mm). Si el proyecto exige una capacidad superior a los doscientos milímetros (200mm), el material se deberá colocar en dos o más capas, procurando que el espesor de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a cien milímetros (100mm). El material extendido debe prestar una superficie homogénea y una distribución granulométrica uniforme.



Figura 8. Material que conforma la sub base granular. Fuente: Manufacturer (2015).



### 5.2.1 Colocación del material de sub-base granular.

El material deberá contar con un contenido de húmedas  $\pm 2\%$  con respecto a la humedad óptima, con el espesor adecuado para la correcta compactación, debe contar con el espesor de diseño. La maquinaria utilizada para el trabajo de distribución puede ser una motoniveladora o una finisher.

### 5.2.2 Compactación de la capa de sub-base granular.

Después de terminar con el trabajo descrito en con anterioridad se procede a la compactación del material, el equipo utilizado para este trabajo puede ser un vibrocompactador de rodillo liso, o un rodillo con ruedas neumáticas, también se puede usar otro equipo siempre y cuando la compactación cumpla con las condiciones mínimas contenidas en las especificaciones.

### 5.2.3 Aceptación de la capa de sub-base granular.

Se tomarán cuatro (4) muestras repetitivas de cada fuente de agrado pétreo utilizado en proyecto para realizar los ensayos descritos en la tabla 320 de las especificaciones técnicas. Los resultados deben satisfacer las condiciones mínimas de calidad.

También debe verificarse mientras se desarrolla el trabajo de compactación que el material se encuentre a nivel, la densidad de compactación se la correcta y los materiales sean los apropiados.

### 5.3 Capa de base granular.

Para la construcción la base granular se utilizan agregados provenientes de bancos de materiales con el fin de que cumplan con las especiaciones técnicas. La cantidad de material extendido deberá ser tal, que el espesor de la capa compactada no resulte inferior a cien milímetros (100mm) ni superior a doscientos milímetros (200mm). Si el proyecto exige una capacidad superior a los doscientos milímetros (200mm), el material se deberá colocar en dos o más capas, procurando que el espesor de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a cien milímetros (100mm). El material extendido debe prestar una superficie homogénea y una distribución granulométrica uniforme.

#### 5.3.1 procedimiento de escarificación y homogenización de la sub-base.

Los procedimientos mencionados consisten en hacer un tratamiento a lo largo de la superficie del trazada en el proyecto disgregando el suelo para que adquiriera una condición suelta. La maquinaria empleada en la escarificación puede ser una escarificadora de granada o disco, un tractor de oruga. Se emplea un rastrillo extractor de piedras compuesto por una moto niveladora.

#### 5.3.2 Colocación del material de base granular.

El material deberá contar con un contenido de húmedas  $\pm 2\%$  con respecto a la humedad óptima, con el espesor adecuado para la correcta compactación, debe contar con el espesor de diseño. La maquinaria utilizada para el trabajo de

distribución puede ser una motoniveladora o una finisher.

### 5.3.3 Compactación de la capa de base granular.

Una vez que el material extendido de la base granular tenga la humedad apropiada, se conformará ajustándose a los alineamientos y secciones típicas del proyecto y se compactará con el equipo aprobado por el Interventor, hasta alcanzar la densidad seca especificada.

### 5.3.3 Aceptación de la capa de sub-base granular.

Se tomarán cuatro (4) muestras repetitivas de cada fuente de agrado pétreo utilizado en proyecto para realizar los ensayos descritos en la tabla 320 de las especificaciones técnicas. Los resultados deben satisfacer las condiciones mínimas de calidad.

También debe verificarse mientras se desarrolla el trabajo de compactación que el material se encuentre a nivel, la densidad de compactación se la correcta y los materiales sean los apropiados.

## 5.4 Riego de imprimación.

Luego de terminar la construcción de la base se procede hacer un riego de imprimación con un ligante asfáltico y material secante, que cumplan con la especificación y deben cubrir toda la superficie de la capa de base granular, el ligante se suministra bajo presión con una tasa de riego ya preestablecido.

la imprimación es una película protectora de la base granular, la cual consiste en el suministro y aplicación de un riego de material

asfáltico, incluyendo la colocación del material secante, si se requiere, sobre dicha capa previamente preparada y aprobada, de acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto en conformidad con los planos o según indique el Ingeniero residente.



Figura 9. Riego de imprimación. Fuente: pettygchu (2011).

### 5.4.1. Materiales empleados en la imprimación.

El material asfáltico utilizado se define en el capítulo 2 ligantes bituminosos y en las especificaciones generales en el artículo 411 y 416.

Cuando se emplee emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta tipo CRL-1, ésta se deberá diluir en agua hasta que tenga una concentración aproximada de cuarenta por ciento (40 %).

### 5.4.2. Condiciones meteorológicas.

Si existe condiciones de lluvia no se podrá proceder con la imprimación.

La capa de imprimación solo se debe aplicar cuando la temperatura atmosférica a la sombra este por encima de los 10°C, y la superficie de la capa este seca.

### 5.4.3 Factores que afectan una aplicación uniforme.

La temperatura de la del asfalto que se encuentra en el tanque del vehículo cisterna debe ser constante debe contar con calentadores para logra la tempera de aplicación adecuada.

El líquido debe ser aplicado a presión a lo largo de la barra de aspersion Para mantener la presión continúa y constante en toda la longitud de la Barra de Aspersion se usan bombas de Descarga con potencia independiente.

El ángulo de aspersion de los agujeros debe establecerse adecuadamente, de manera general entre 15° y 30° desde el eje horizontal de la barra de aspersion, de modo que los flujos individuales no interfieran entre sí o Se mezclen.

El vehículo debe estar provisto de un velocímetro visible al conductor, para asegurar la velocidad constante, y necesaria que permita la aplicación uniforme del lígate. Existe una relación entre la tasa de aplicación y la velocidad del camión imprimador.

La altura de los agujeros sobre la superficie determina el ancho de un flujo individual. Para asegurar el adecuado traslape de cada salida, la altura del agujero debe fijarse y mantenerse durante toda la operación.

## 5.5. Mezcla asfáltica.

Las mezclas asfálticas son el resultado obtenido al mezclar un ligante bituminoso con los agregados pétreos, como se ha mencionado en el capítulo 2 sirven para soportar directamente las acciones de los neumáticos y transmiten

los esfuerzos a la capa inferior. Tiene que tener un acabado homogéneo para garantizar la impermeabilidad y a larga su vida útil.

### 5.5.1. Proceso constructivo.

El proceso constructivo para la conformación de la capa de rodadura cuenta con una serie de pasos empezando por la fabricación de la mezcla. Las mecas asfálticas en caliente son de las más utilizadas en la construcción son fabricadas en un proceso industrial, realizando en plantas productoras de mezclas asfálticas. En un proceso mecánico los agregados que cumplen con las especificaciones son mezclados con los ligantes asfálticos y esto se hace a altas temperaturas. Para las mezclas asfálticas en frio su fabricación se hace a temperatura ambiente en campo.

### 5.5.2. Transporte.

Para su transporte al lugar de colocación generalmente se utiliza camiones de tipo volqueta, los cuales proceden hacer el vaciado en el lugar que corresponde las paredes del vagón deben contar con un material que impida que se adhiera el material bituminoso. Durante el transporte la mezcla se debe proteger con una lona bien asegurada para evitar que la temperatura ambiente enfrié la mezcla.

Al llegar a su destino el ingeniero residente debe verificar la temperatura de llegada en la volqueta. Al proceder a la colocación, se retira la lona y se deposita la mezcla en la tolva de la terminadora de mezcla asfáltica, conocida también como finisher.

Es importante que el ingeniero residente realice los sientes chequeos.

**\*Segregación.**

La segregación de agregados puede ocurrir durante la pavimentación debido a un manejo inadecuado de la mezcla o puede ocurrir antes de que la mezcla llegue a la finisher.

**\*Apariencia dura.**

Una carga que aparezca dura o presente un pico alto puede estar fría para cumplir con especificaciones.

**\*Vapor ascendente.**

El exceso de humedad aparece, frecuentemente, como vapor ascendente en la mezcla.

**\*Humo azul.**

El humo azul que asciende de la mezcla del camión puede ser un indicador de que se ha sobrecalentado la mezcla.

**\*Apariencia opaca y magra.**

Una mezcla con estas características puede contener muy poco asfalto, o contener un exceso de finos.

### 5.5.3. la Entrega.

En el proceso de la entrega el camión debe retroceder contra la pavimentadora y detenerse antes de que sus ruedas tengan contacto con los rodillos frontales de la pavimentadora, el vagón del camión debe elevarse lentamente para evitar la segregación de la mezcla.



Figura 10. Descarga de la mezcla en obra.  
Fuente: COSLADA (2017).

### 5.5.4. Extensión.

La mezcla se debe extender a lo largo del de la vía y compactada adecuadamente hasta la densidad mínima especificada en el ensayo de las especificaciones.

La mezcla es extendida con la ayuda de una maquina auto pulsadas, diseñadas para la colocación con la sección transversal proyectada sobre la superficie. El ancho y un espesor determinado, este trabajo debe realizar con guía longitudinal que sirva de referencia al operador de la máquina.

### 5.5.5. Compactación.

La etapa final en el proceso constructivo de un pavimento flexible es la compactación de la capa de rodadura en este casi se tendrá en cuenta la pavimentación con mezcla asfáltica en caliente. Es la etapa donde se desarrolla la resistencia total de la mezcla y se establece una superficie lisa y una rugosidad segura. La compactación de la mezcla asfáltica se realiza en tres fases:

### Compactación inicial.

Es la primera pasada del compactador sobre la carpeta recién colocada. Se usan compactadores vibratorios o estáticos. Esta actividad se debe hacer sobre toda la carpeta.

### Compactación intermedia.

Para obtener la densidad requerida antes del enfriamiento de la mezcla. Con esta compactación se logran la densidad y la impermeabilidad requeridas

#### Compactación final

Para eliminar marcas sobre la superficie y alcanzar la suavidad final.

Generalmente se usan los compactadores neumáticos. Se hace mientras la mezcla este todavía lo suficientemente caliente para permitir la eliminación de cualquier marca de la compactación.

### Calidad de compactación.

Para determinar la calidad de la compactación se siguen los siguientes criterios.

- **Densidad.**

Las pruebas de densidad se realizan para determinar la efectividad de la compactación.

Estas pruebas se pueden hacer removiendo un núcleo ya terminado y analizándolo en laboratorio o utilizando un densímetro nuclear, que mide la densidad directamente sobre la superficie del pavimento. La densidad debe ser mínimo del 98% de la densidad media obtenida en laboratorio, que es la densidad de referencia.

- **Textura de la superficie de la capa de rodadura.**

Todo defecto que resulte durante la compactación y que no puedan ser corregidos con pasadas adicionales, se deben remplazar con mezclas caliente que la temperatura de la carpeta que este alrededor baje hasta un punto que no sea trabajable.

- **Tolerancia de la superficie.**

Las variaciones en la lisura de la carpeta no deberán exceder 6 mm bajo una regla de 3 m colocada perpendicularmente a la línea central y 3 mm cuando esta sea colocada paralelamente a la línea central.

## Bibliografía

- Anónimo. (2012). Historia de las carreteras. *Revista ARQHYS.com*. Recuperado de <http://www.arqhys.com/contenidos/carreteras-historia.html>.
- Londoño C. (2014). Historia Y Origen De Los Pavimentos De Concreto En Colombia. *BLOG 360° EN CONCRETO*. Recuperado de: <http://blog.360gradosenconcreto.com/historia-y-origen-de-los-pavimentos-de-concreto-en-colombia/>
- Tarazona Ayala M. F. (2015). Historia de los pavimentos. *PREZI*. Recuperado de: <https://prezi.com/fawooe06znz0/historia-de-los-pavimentos/>
- INVIAS (2013). *Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras*. Recuperado de: <http://giv.com.co/invias2013/>
- Asociación de Productores y Pavimentadores Asfálticos de Colombia, Asopac. (2014). *Cartilla de Pavimentos Asfálticos*.
- Bonett Solano G. E. (2014). *GUÍA DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE UNA VIA EN PAVIMENTO FLEXIBLE*. (trabajo de grado). Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá D. C.

## Resumen

Debido a que las Especificaciones Generales De Construcción Invias 2013 en pavimentos cuentan con un contenido extenso, dificultando la consulta de forma correcta de algunos lectores, es por eso que la aplicabilidad que se tiene a las especificaciones técnicas en cuanto a su uso y extenso contenido para su interpretación, implican la reincidencia en la revisión de los diferentes artículos, creando en muchas de las interventorías y procesos de construcción posibles descuidos que conllevan a pasar por alto ciertas consideraciones técnicas que se deben tener en cuenta en su aplicabilidad. Por la cual se realizó el proyecto de investigación de una guía práctica para hacer una consulta rápida y puntal a los procesos y requerimientos de calidad en los materiales.

# GCPF

**GUÍA PRÁCTICA PARA LA CONSTRUCCIÓN  
DE PAVIMENTOS FLEXIBLES**

ESPECIFICACIONES GENERALES INVIAS 2013