

	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>10-04-2012</b>	<b>A</b>
Dependencia	Aprobado		Pág.	
<b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	<b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>		<b>1(76)</b>	

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	<b>LEONARDO CARVAJALINO BAYONA LUBIN DARIO GUERRERO DURAN</b>
FACULTAD	<b>FACULTAD DE INGENIERIAS</b>
PLAN DE ESTUDIOS	<b>TECNOLOGÍA EN OBRAS CIVILES</b>
DIRECTOR	<b>LEANDRO OVALLOS MANOZALVA</b>
TÍTULO DE LA TESIS	<b>PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO, CASO AVENIDA ARAUJO COTES MUNICIPIO DE RIO DE ORO</b>

### RESUMEN

(70 palabras aproximadamente)

EL PRESENTE TRABAJO DE GRADO TUVO COMO PRINCIPAL OBJETIVO REALIZAR UNA PROPUESTA DE DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA AVENIDA ARAUJO COTES DEL MUNICIPIO DE RIO DE ORO, CESAR, YA QUE HASTA EL MOMENTO NO SE LE HABÍAN REALIZADO ESTUDIOS DE LAS POSIBLES FALLAS QUE SE PUEDAN PRESENTAR, IMPIDIENDO ESTAS UNA BUENA MOVILIDAD EN ESTA ARTERIA VIAL, QUE ES UNA DE LAS MÁS UTILIZADAS DENTRO DEL CASCO URBANO, DENTRO DE LAS CUALES SE ENCUENTRAN LOS HUNDIMIENTOS, DESGASTE EN EL PAVIMENTO AGRIETAMIENTOS Y PRESENTA DAÑOS EN LA RED DE ALCANTARILLADO LA CUAL PRODUCE FILTRACIONES.

### CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 76	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM: 1
-------------	---------	----------------	-----------



VÍA ACOLSURE, SEDE EL ALGODONAL, OCAÑA N. DE S.  
Línea Gratuita Nacional 018000 121022 / PBX: 097-5690088  
[www.ufpso.edu.co](http://www.ufpso.edu.co)



PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO, CASO  
AVENIDA ARAUJO COTES MUNICIPIO DE RIO DE ORO

LEONARDO CARVAJALINO BAYONA  
LUBIN DARIO GUERRERO DURAN

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANDANDER  
DIVISION DE EDUCACION ABIERTA A DISTANCIA  
PLAN DE ESTUDIOS TECNOLOGIA EN OBRAS CIVILES  
OCAÑA  
2015

PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO, CASO  
AVENIDA ARAUJO COTES MUNICIPIO DE RIO DE ORO

LEONARDO CARVAJALINO BAYONA  
LUBIN DARIO GUERRERO DURAN

Proyecto presentado como requisito para optar el título de tecnólogo en Obra Civiles

Director  
Ing. LEANDRO OVALLOS MANOZALVA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANDANDER  
DIVISION DE EDUCACION ABIERTA A DISTANCIA  
PLAN DE ESTUDIO TECNOLOGIA EN OBRAS CIVILES  
OCAÑA  
2015

## CONTENIDO

	pág.
<u>INTRODUCCIÓN</u>	12
<u>1 PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO, CASO AVENIDA ARAUJO COTES MUNICIPIO DE RIO DE ORO</u>	13
<u>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u>	13
<u>1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</u>	13
<u>1.3 OBJETIVOS.</u>	13
<u>1.4 JUSTIFICACIÓN.</u>	14
<u>1.5 DELIMITACIONES.</u>	14
1.5.1 Delimitación Temporal	14
1.5.2 Delimitación Geográfica.	15
1.5.3 Delimitación Conceptual.	15
1.5.4 Delimitación Operativa.	15
<u>2. MARCO REFERENCIAL</u>	16
<u>2.1 MARCO HISTORICO</u>	16
2.1.1 Antecedentes históricos de las estructuras de pavimento a nivel internacional.	17
2.1.2 Antecedentes históricos de las estructuras de pavimento a nivel nacional	17
2.1.3 Antecedentes históricos de las estructuras de pavimento a nivel local.	19
<u>2.2 MARCO CONCEPTUAL.</u>	19
<u>2.3 MARCO CONTEXTUAL</u>	29
<u>2.4 MARCO LEGAL</u>	31
2.4.1 Constitución Política de Colombia.	31
2.4.2 Ley 80 de 1993. Por la cual se expide el estatuto general de contratación de la administración pública.	31
2.4.3 Decreto 734 de 2012. Por el cual se reglamenta parcialmente la ley 80 de 1993 y la ley 1150 de 2007 sobre las modalidades de selección, publicidad, selección objetiva, y se dictan otras disposiciones	31
<u>3. DISEÑO METODOLOGICO</u>	33
<u>3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN</u>	33
<u>3.2 OBJETOS DE INVESTIGACIÓN.</u>	33
<u>3.3 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.</u>	33
<u>3.4 ANALISIS DE LA INFORMACIÓN.</u>	33
<u>4. PRESENTACION DE RESULTADOS</u>	35
<u>4.1 CLASIFICACION DE LAS FALLAS PRESENTES EN LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.</u>	35
4.1.1 GRIETAS	35
4.1.2 Grietas de Esquina (GE).	36
4.1.3 Grietas longitudinales (GL).	37
4.1.4 Grietas en los extremos de los pasadores (GP). Cercanas	38
4.1.5 Grietas en bloque o fracturación múltiple (GB).	39
4.1.6 Grietas en pozos y sumideros (GA)	40
<u>4.2 DAÑOS EN JUNTAS</u>	41

4.2.1. Separación de Juntas Longitudinales (SJ)	41
4.2.2 Descascaramiento (DE)	42
4.2.3 Desintegración (DI)	44
4.2.4 Levantamiento Localizado (LET, LEL)	45
4.2.5 Hundimientos o Asentamientos (HU)	46
<b><u>4.3 CALCULO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL PAVIMENTO EXISTENTE</u></b>	<b>47</b>
4.3.1 Ensayo resistencia a la compresión, Muestra 1	48
4.3.2 Calculo el área:	48
4.3.3 Calculo de volumen	48
4.3.4 Calculo de Densidad	48
4.3.5 Resistencia a la compresión	51
<b><u>4.4 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MUESTRA 2</u></b>	<b>52</b>
<b><u>4.5 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MUESTRA 3</u></b>	<b>53</b>
<b><u>4.6 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MUESTRA 4</u></b>	<b>55</b>
<b><u>4.7 DISEÑO DE PAVIMENTO EN CONCRETO RIGIDO, CASO AVENIDA ARAUJO COTE.</u></b>	<b>56</b>
4.7.1 Reconocimiento del subsuelo	56
4.7.2 Exploración de campo.	56
<b><u>4.8 DISEÑO DE PAVIMENTO EN CONCRETO</u></b>	<b>57</b>
4.8.1 Definición de variables	57
4.8.2 El tránsito y el período de diseño	58
4.8.3 CARACTERIZACION GEOTECNICA DE LA SUPERFICIE	60
<b><u>4.9 DISEÑO ESTRUCTURA PAVIMENTO RIGIDO, METODO PCA</u></b>	<b>60</b>
4.9.1 TIPOS DE SUELO DE SUBRASANTE Y VALORES APROXIMADOS DE CBR.	60
4.9.2 MÓDULO DE ROTURA	62
4.9.3 DISEÑO DE JUNTAS TRANSVERSALES.	62
4.9.4 REFUERZO DE LAS JUNTAS LONGITUDINALES.	64
4.9.5 Juntas de retracción o contracción	65
<b><u>4.10 SEGUIMIENTO PROCESO CONSTRUCTIVO</u></b>	<b>66</b>
<b><u>5. CONCLUSIONES</u></b>	<b>72</b>
<b><u>6. RECOMENDACIONES</u></b>	<b>73</b>
<b><u>BIBLIOGRAFIA</u></b>	<b>74</b>
<b><u>REFERENCIAS DOCUMENTALES ELECTRONICAS</u></b>	<b>76</b>

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
<b>Figura 2.</b> Vista en planta, grieta de esquina	<b>15</b>
<b>Figura 3.</b> Características, grietas longitudinales	<b>16</b>
<b>Figura 4.</b> Vista en planta, grieta en los extremos de los pasadores	<b>18</b>
<b>Figura 5.</b> Características Grietas en bloque o fracturación múltiple (GB).	<b>21</b>
<b>Figura 6.</b> Características de Grietas en pozos y sumideros.	<b>22</b>
<b>Figura 7.</b> Vista en planta y perfil; Separación de Juntas Longitudinales (SJ).	<b>25</b>
<b>Figura 8.</b> Descascaramiento vista en planta y perfil.	<b>27</b>
<b>Figura 9.</b> Desintegración (DI), vista en planta.	<b>28</b>
<b>Figura 10.</b> Levantamiento Localizado; en junta transversal.	<b>29</b>
<b>Figura 11.</b> Esquema de los modelos de fractura típicos	<b>30</b>
<b>Figura 12.</b> Localización de los sondeos.	<b>32</b>

## LISTA DE FOTOGRAFIAS.

	pág.
<b>Fotografía 1.</b> Fisura Avenida Araujo Cote, ancho menor a 0,03 mm.	25
<b>Fotografía 2.</b> Grieta de Esquina (GE).	26
<b>Fotografía 3.</b> Grieta longitudinal (GL)	27
<b>Fotografía 4.</b> Grietas en los extremos de los pasadores (GP).	28
<b>Fotografía 5.</b> Grietas en bloque o fracturación múltiple (GB).	29
<b>Fotografía 6.</b> Grietas en pozos.	30
<b>Fotografía 7.</b> Separación de Juntas Longitudinales (SJ).	32
<b>Fotografía 8.</b> Descascaramiento caso Avenida Araujo Cote.	33
<b>Fotografía 9.</b> Desintegración (DI), caso Avenida Araujo Cote.	34
<b>Fotografía 10.</b> Levantamiento Localizado (LET, LEL)	35
<b>Fotografía 11.</b> Hundimientos o Asentamientos (HU), caso Avenida Araujo Cote.	36
<b>Fotografía 12.</b> Extracción de muestras para analizar.	37
<b>Fotografía 13.</b> Muestra 1 colocada en la maquina universal para realizarle el ensayo de resistencia a la compresión.	38
<b>Fotografía 13.</b> Demolición o retiro del pavimento existente.	39
<b>Fotografía 14.</b> Zanjas del sistema de alcantarillado.	40
<b>Fotografía 15.</b> Reemplazo de la tubería de Greis por tubería de PVC.	42
<b>Fotografía 16.</b> Relleno y compactacion de las zanjas.	43
<b>Fotografía 17.</b> Rehabilitación cajas de inspección.	44
<b>Fotografía 18.</b> Construcción pozo de inspección.	45
<b>Fotografía 19.</b> Retiro de 15 cm de material.	46
<b>Fotografía 20.</b> Aplicacion base granular y compactacion de la misma.	47
<b>Fotografía 21.</b> Ensayos de material base granular.	48
<b>Fotografía 21.</b> Construcción de la estructura del pavimento.	49
<b>Fotografía 22.</b> Muestras ensayo de resistencia a la compresión.	50
<b>Fotografía 23.</b> Nivelación y acabado de la superficie del pavimento.	51

## LISTA DE TABLAS

	pág.
<b>Tabla 1.</b> Categoría del tránsito para selección de espesores.	<b>16</b>
<b>Tabla 2.</b> Caracterización de la subrasante.	<b>17</b>
<b>Tabla 3.</b> Categoría de carga por eje.	<b>18</b>
<b>Tabla 4.</b> Tipos de suelo de subrasante y valores aproximados de k.	<b>19</b>
<b>Tabla 5.</b> ADTT permisible, Categoría 2 de Carga por Eje Pavimentos con Dowels en las Juntas.	<b>20</b>
<b>Tabla 6.</b> Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga.	<b>21</b>
<b>Tabla 7.</b> Recomendaciones para barras de anclaje.	<b>22</b>

## **RESUMEN**

El presente trabajo de grado tuvo como principal objetivo realizar una propuesta de diseño de la estructura del pavimento de la avenida Araujo Cotes del municipio de Rio de Oro, Cesar, ya que hasta el momento no se le habían realizado estudios de las posibles fallas que se puedan presentar, impidiendo estas una buena movilidad en esta arteria vial, que es una de las más utilizadas dentro del casco urbano, dentro de las cuales se encuentran los hundimientos, desgaste en el pavimento agrietamientos y presenta daños en la red de alcantarillado la cual produce filtraciones.

Para dar cumplimiento a este objetivo fue necesario identificar los tipos de fallas, extraer muestras del concreto existente para conocer su resistencia y se efectuó un seguimiento del proceso constructivo de dicha estructura, con el fin de diseñar una estructura que sea funcional, cómoda y que cumpla con las necesidades de sus usuarios.

## INTRODUCCION

Como es sabido la infraestructura vial es de vital importancia en el desarrollo de los países, como es sabido las vías permiten la movilización de manera eficiente siempre y cuando estas estén en buenas condiciones.

Por otra parte en el diseño de pavimentos se acepta que el dimensionamiento de estas estructuras permite que se establezcan las características de los materiales de las distintas capas del pavimento y los espesores, de tal forma que el pavimento mantenga un "índice" de servicio aceptable durante la vida de servicio estimada.

Dentro del contexto toma gran importancia garantizar el buen estado de las vías, así mismo se garantiza la seguridad y comodidad de los usuarios, es así que se hace necesario realizar procesos de mantenimiento y rehabilitación y nuevas propuestas de diseño para las vías.

En este proyecto se plantea realizar un diagnóstico sobre el estado inicial de la estructura del pavimento rígida de la avenida ARAUJO COTE, en el municipio de Rio de Oro, Cesar, de igual forma se sugiere un diseño de pavimento a implementar y posteriormente se realiza el seguimiento al proceso constructivo.

# 1 PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO, CASO AVENIDA ARAUJO COTES MUNICIPIO DE RIO DE ORO.

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Río de Oro es uno de los 25 municipios que conforman el departamento del Cesar el cual fue Creado bajo la Ley 25 del 21 de diciembre de 1967. Este municipio se encuentra ubicado en el sur oriente del departamento a 385 kilómetros de la capital Valledupar y a 1.150 y 1.120 metros sobre el nivel del mar<sup>1</sup>; así mismo, cuenta con una extensión 613.3 km<sup>2</sup> y una población de 15.966 habitantes de los cuales 5.085 habitantes ocupan el área urbana y 10.881 habitantes el área rural.

Hasta el momento a la avenida no se le han hecho estudios de las posibles fallas que se puedan presentar, impidiendo estas una buena movilidad en esta arteria vial, que es una de las más utilizadas dentro del casco urbano, dentro de las cuales se encuentran los hundimientos, desgaste en el pavimento agrietamientos y presenta daños en la red de alcantarillado la cual produce filtraciones.

Dado que un gran porcentaje de los accidentes automovilísticos que tienen lugar todos los días en las grandes ciudades están relacionados con el deterioro de las calles, resulta de gran importancia prolongar la vida de los pavimentos. Esto se logra estudiando potenciales cambios en sus diseños, de manera que el desgaste producido por los vehículos afecte tan sólo la capa superficial y no genere daños de tipo estructural. Es evidente que los beneficios de dichos avances repercutirían tanto en la seguridad vial como en la economía de los municipios.

Por otro lado se debe decir que a través de los años ha ido creciendo el número de vehículos pesados que recorren sus rutas sin piedad, lo que acelera exponencialmente el desgaste de las vías. Si no se busca una alternativa a la estructura actual, las interrupciones de tráfico para realizar tareas de mantenimiento y reconstrucción serán cada vez más frecuentes, lo que acarreará problemas tales como embotellamientos, contaminación acústica, mayor nivel de estrés y violencia.

## 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué estructura de pavimento es pertinente para el caso Avenida Araujo Cotes del municipio de Río de Oro, Cesar.

## 1.3 OBJETIVOS.

**1.3.1 General.** Realizar una propuesta de diseño de la estructura del pavimento, caso avenida Araujo Cotes municipio de Río de Oro, Cesar

---

<sup>1</sup> Información extraída de la página web del municipio, disponible en Internet en: <http://riodeoro-cesar.gov.co>

### **1.3.2 objetivos específicos.**

- Analizar mediante un estudio técnico-visual el estado actual de la estructura del pavimento rígido caso avenida Araujo Cotes municipio de Rio de Oro, con el fin de identificar la necesidad de una nueva estructura de pavimento para este caso particular.
- Determinar el diseño de la estructura del pavimento caso avenida Araujo cote, con la finalidad de tener un pavimento en condiciones funcionales para esta avenida.
- Realizar un seguimiento de obra al proceso constructivo del pavimento caso avenida Araujo cote, con el propósito de adquirir y fortalecer el conocimiento técnico sobre un proceso constructivo.

### **1.4 JUSTIFICACIÓN.**

El deterioro en los pavimentos está relacionado con la insuficiente capacidad de los materiales que los conforman para soportar sin rotura las tensiones y deformaciones que originan las cargas del tránsito, cambios de temperatura y cambios de volumen de la sub-rasante como lo son asentamientos e hinchamientos. El tipo de falla que se presentará en un pavimento asfáltico dependerá de cómo se conjuguen los factores siguientes: los efectos del tránsito, las características mecánicas de los materiales utilizados en la conformación de cada capa del pavimento, y el tipo de apoyo que la sub-rasante le proporcione a las capas superiores del pavimento asfáltico.

El comportamiento típico de todo pavimento ya sea de nueva construcción o después de una reparación, es que sus características iniciales se van degradando con el transcurso del tiempo. En muchos casos los pavimentos son dañados desde el mismo proceso constructivo por lo tanto se debe prestar atención tanto a los procesos mecánicos como térmicos que forman parte de la construcción del pavimento. Si un pavimento asfáltico es sometido al paso repetido de vehículos pesados, sufre una serie de deformaciones en la carpeta de rodadura los cuales se transforman en esfuerzos de tracción.

Es de suma importancia reconocer las dos clases de fallas que pueden presentarse en un pavimento: La primera es la falla estructural en ella se produce un colapso de la estructura del pavimento o de uno o más de sus componentes lo que los hace incapaces de soportar las cargas impuestas por el tránsito. La segunda es la falla funcional este tipo de falla puede estar o no acompañada de la falla estructural, pero es tal, que causa grandes esfuerzos sobre los vehículos que transitan por el pavimento, ocasionando incomodidad al usuario debido a la alta rugosidad que presenta.

### **1.5 DELIMITACIONES.**

**1.5.1 Delimitación Temporal.** El proyecto tendrá una duración de 10 semanas.

**Fase 1:** Realizar un estudio técnico teniendo en cuenta los análisis del proyecto Senderos por parte de la empresa Rio de Oro, con el fin de realizar una comparación con el caso avenida Araujo Cotes. Para lo cual se tendrán cuenta los estudios hechos previos a la presente propuesta.

**Fase 2:** Determinar la resistencia del pavimento teniendo en cuenta la muestra existente y la implementada con el fin de determinar su firmeza. Esto se hará a través de las pruebas necesarias para cumplir con el objetivo y se explicará en el desarrollo del mismo.

**Fase 3:** Establecer la estructura del pavimento caso avenida Araujo Cote, con el objetivo de establecer la mejor opción, para dicha estructura.

**1.5.2 Delimitación Geográfica.** El Municipio de Río de Oro hace parte del Departamento del Cesar desde 1967, año en que fue creado, bajo la ley 25 del 21 de diciembre de ese mismo año. Está localizado al sur oriente del departamento, dentro de las coordenadas 8° 17'40" latitud norte y 73°23'18" longitud oeste, y hace parte de la Subregión sur con una superficie de 616.3 kilómetros cuadrados.

**1.5.3 Delimitación Conceptual.** Se tendrán en cuenta los siguientes conceptos; Resistencia en el concreto, estudio de suelo, fallas en el terreno existente, caracterización del subsuelo, estudios sobre el tránsito, vía nacional, base, sub.base, sub-rasante, tipos de pavimentos y ventajas y desventajas del uso de pavimentos flexibles y rígidos.

**1.5.4 Delimitación Operativa.** Durante la realización del trabajo de grado se prevé que en la recolección de la información se puedan presentar inconvenientes o negativa para responder a la investigación, de presentarse algún inconveniente este será informado al director y al comité curricular para tomar los correctivos necesarios para la posible situación presentada.

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1 MARCO HISTORICO

**2.1.1 Antecedentes históricos de las estructuras de pavimento a nivel internacional.** Las carreteras fueron los primeros signos de una civilización avanzada. Los mesopotámicos fueron uno de los primeros constructores de carreteras hacia el año 3500 a.C. Le siguieron los chinos, los cuales desarrollaron un sistema de carreteras en torno al siglo XI a.C., y construyeron la Ruta de la Seda (la más larga del mundo) durante 2.000 años; Los incas de Sudamérica construyeron una avanzada red de caminos que no se consideran estrictamente carreteras, ya que la rueda no era conocida por los incas.

Estas llamadas carreteras recorrían todos los Andes e incluían galerías cortadas en rocas sólidas. En el siglo I, el geógrafo griego Estrabón registró un sistema de carreteras que partían de la antigua Babilonia; los escritos de Heródoto, historiador griego del siglo V a.C., mencionan las vías construidas en Egipto para transportar los materiales con los que construyeron las pirámides y otras estructuras monumentales levantadas por los faraones, aun existen algunas de las antiguas carreteras.

Las más antiguas fueron construidas por los romanos. La vía Apia empezó a construirse alrededor del 312 a.C., y la vía Faminia hacia el 220 a.C. En la cumbre de su poder, el Imperio romano tenía un sistema de carreteras de unos 80.000 km, consistentes en 29 calzadas que partían de la ciudad de Roma, y una red que cubría todas las provincias conquistadas importantes, incluyendo Gran Bretaña. Las conocidas calzadas romanas tenían un espesor de 90 a 120 cm, y estaban compuestas por tres capas de piedras argamasadas cada vez más finas, con una capa de bloques de piedras encajadas en la parte superior. Toda persona tenía derecho a usar las calzadas, según la ley romana, pero los responsables del mantenimiento eran los habitantes del distrito por el que pasaba. Este sistema era eficaz para mantener las calzadas en buen estado mientras existiera una autoridad central que lo impusiera; con la ausencia de la autoridad central del Imperio romano durante la edad media (del siglo X al XV), el sistema de calzadas nacionales empezó a desaparecer.<sup>2</sup>

El gobierno francés instituyó un sistema para reforzar el trabajo local en las carreteras a mitad del siglo XVII, y con este método construyó aproximadamente 24.000 km de carreteras principales. Más o menos al mismo tiempo, el Parlamento instituyó un sistema de conceder franquicias a compañías privadas para el mantenimiento de las carreteras, permitiendo a las compañías que cobraran un peaje o cuotas por el uso de las mismas. Se hicieron perfeccionamientos en los métodos y técnicas de construcción de carreteras Durante las tres primeras décadas del siglo XIX. Los ingenieros británicos, Thomas Telford y John Loudon McAdam, y un ingeniero de caminos francés, Pierre-Marie-Jérôme Trésaguet, fueron los responsables.

---

<sup>2</sup> ARQHYS ARQUITECTURA. Historia de las carreteras. [En línea] (Agosto 15 de 2015), disponible en < <http://www.arqhys.com/contenidos/carreteras-historia.html> > p 1

El sistema de Telford implicaba cavar una zanja e instalar cimientos de roca pesada. Los cimientos se levantaban en el centro para que la carretera se inclinara hacia los bordes permitiendo el desagüe. La parte superior de la carretera consistía en una capa de 15 cm de piedra quebrada compacta. La tierra bien drenada soportaría cualquier carga. En el método de construcción de carreteras de McAdam, la capa final de piedra quebrada se colocaba directamente sobre un cimiento de tierra que se elevaba del terreno circundante para asegurarse de que el cimiento desaguaba. El sistema de McAdam, llamado macadamización, se adoptó en casi todas partes, sobre todo en Europa. Sin embargo, los cimientos de tierra de las carreteras macadamizadas no pudieron soportar los camiones pesados que se utilizaron en la I Guerra Mundial. Como resultado, para construir carreteras de carga pesada se adoptó el sistema de Telford, ya que proporcionaba una mejor distribución de la carga de la carretera sobre el subsuelo subyacente. El declive de las carreteras tuvo lugar en el periodo de expansión del ferrocarril en la última mitad del siglo XIX. Es en este periodo donde se introduce el ladrillo y el asfalto como pavimento para las calles de las ciudades.<sup>3</sup>

Ante la preocupación acerca del deterioro de las carreteras en la red y considerando los puntos anteriormente planteados la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) se dio a la tarea de buscar soluciones alternativas a tal situación que pudieran soportar adecuadamente las cargas y el volumen de tráfico pesado buscando que los niveles de servicio permanecieran en buen nivel durante períodos mayores. Tales exigencias orientaron a la SCT a la solución con pavimentos de concreto hidráulico, que representaban un costo razonable, con una capacidad estructural adecuada tanto para el volumen de tránsito como para la intensidad del mismo y un período de vida costeable de acuerdo a la magnitud de la inversión.

**2.1.2 Antecedentes históricos de las estructuras de pavimento a nivel nacional.** Acerca de los antecedentes de la infraestructura vial en la segunda mitad del siglo XX, vale la pena tener en cuenta la importancia que se desprende de los hechos históricos en la explicación de los actuales y futuros. La inversión pública y, en particular, la inversión en infraestructura de transporte no es la excepción. Si bien la dotación de factores geográficos es uno de los mayores determinantes del grado de dificultad operativa y económica en el desarrollo de las vías de comunicación terrestre, la historia de las acciones llevadas a cabo por las instituciones a cargo de este tipo de obras es determinante en la explicación presente y futura del grado de desarrollo. Por esta razón, esta sección se dedica a dar una mirada a la historia reciente de la infraestructura vial del país.<sup>4</sup>

Durante la primera mitad del siglo XX, la movilización por carretera entre los diferentes centros urbanos era una actividad muy compleja, no sólo por el lento desarrollo de las obras sino además por la gran dispersión a lo largo de todo el territorio. Sólo hasta finales de los años cuarenta y principios de los cincuenta, se inicia una nueva etapa en la historia del desarrollo vial del país con la construcción de nuevas redes de transporte y el mejoramiento de las existentes.

---

<sup>3</sup> *Ibíd.* p 2

<sup>4</sup> PACHON, Álvaro. Desarrollo de la infraestructura de transporte en la segunda mitad del siglo XX. 2005.

Fueron múltiples los factores que incidieron en el cambio de la dinámica vial en Colombia. Dentro de los factores externos sobresale el período de posguerra, que llega al país con el aumento del número de vehículos causado por la recuperación de la economía mundial.

Este incremento del parque automotor demandaba un mayor mantenimiento de la red vial existente así como un aumento en el número de carreteras alternas. Dentro de las causas internas se destacó la necesidad de una mayor movilización hacia los centros de oferta de los bienes ya que, como se mencionó anteriormente, la distribución vial hasta ese momento se fundamentó en el servicio a los centros de demanda. Durante el tercer cuarto del siglo XX, fue tal el desarrollo de la infraestructura vial que el crecimiento promedio anual de la red nacional se ubicó por encima del crecimiento del PIB en el mismo período. Los proyectos dieron inicio con los dos planes viales llevados a cabo entre 1950 y 1958, período durante el cual se construyeron y repararon cerca de 4.600 kms de vías.<sup>5</sup>

Sólo hacia los años sesentas se empieza a ver al sistema vial como un instrumento de interconexión regional que permite la integración de los mercados localizados en diferentes zonas del país. De modo que se proyectaron obras encaminadas a conectar las vías regionales existentes a las más importantes troncales del país. Para la siguiente década, la red secundaria y terciaria había evolucionado en forma significativa gracias a los fondos de financiamiento creados para tal fin.

El último cuarto de siglo fue fundamental en el desarrollo de la infraestructura vial del país. Se dio continuidad a los proyectos de integración regional y, adicionalmente, se adelantaron otros encaminados al fortalecimiento carretero del comercio internacional. Fue tal la importancia de las obras realizadas que entre 1975 y 1994, el total de la red vial nacional y pavimentada se duplicó, aumentando en cerca de 5.600 kms, mientras que las carreteras vecinales y departamentales aumentaron su longitud en 55.000 kms. Estas obras fueron realizadas a través de instituciones como el Fondo Nacional de Caminos Vecinales (FNCV) y el Fondo Nacional Vial (FNV), dentro de un Plan Vial que pretendía desarrollar la existente infraestructura de transporte del país. En algunos otros casos se realizaron mejoras en la infraestructura tales como la reducción en las pendientes de las vías, lo que permitió reducir los costos de operación de los transportadores. En otros casos se eliminó el paso por algunas poblaciones intermedias lo que permitió reducir el tiempo de operación.<sup>6</sup>

La deformación permanente en sus diferentes formas es una de las fallas más importantes e incidentes en el desarrollo de la vida útil de los pavimentos asfálticos; por lo que se ha elaborado un estudio bibliográfico dirigido a identificar las principales causas que generan esta falla, En Colombia, debido a su diversidad climática requiere de diseños de pavimentos y mezclas asfálticas con propiedades específicas para atender la necesidades de cada región. El conocimiento de las causas que originan la deformación permanente y de las condiciones

---

<sup>5</sup> ECHEVERRY, Juan C.; ESLAVA, Marcela; LOZANO, Eleonora, “Transporte carretero de carga”, en Archivos de macroeconomía, DNP, núm. 120, agosto de 1999.

<sup>6</sup> DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN, “Programa de concesiones viales 1998-2000: tercera generación de concesiones”, en Documento CONPES, núm. 3045, agosto de 1999.

climáticas en el país, permitirá anticiparse a un deterioro prematuro de los pavimentos asfálticos, lo que incidirá en la economía del país.

A través del desarrollo del trabajo, se presentan los antecedentes sobre las características geográficas del territorio con sus diferentes climas que inciden en el comportamiento de los pavimentos asfálticos referidos a la falla por deformación permanente; además de otras causas que generan este deterioro. También se desarrolla el concepto de la reología del asfalto, que depende directamente de la composición química del mismo, presentando las propiedades de los materiales asfálticos a través de la mecánica del medio continuo, así como de los parámetros reológicos aplicando la tecnología Superpave. Así mismo, se discute la influencia de la granulometría y demás características de los agregados en la deformación permanente, el diseño de la mezcla asfáltica, y aspectos constructivos.

**2.1.3 Antecedentes históricos de las estructuras de pavimento a nivel local.** Según la investigación en la localidad no se han realizado estudios relacionadas con el tema.

## **2.2 MARCO CONCEPTUAL.**

**Resistencia en el concreto.** Cuando se habla de la resistencia del concreto, generalmente se hace referencia a la resistencia a compresión del concreto endurecido, la etapa de endurecimiento inicia con el fraguado final del concreto y prosigue en el tiempo dependiendo totalmente de las condiciones de curado del material.<sup>7</sup>

Normalmente la resistencia del concreto se evalúa a los 28 días, sin embargo esta evaluación se puede hacer a diferentes edades según la conveniencia de monitorear la ganancia en resistencia. Para evaluar la resistencia del concreto se emplean cilindros de concreto de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, en la fabricación de los cilindros se sigue la norma NMX-C-160 y en el ensaye de los cilindros se sigue la norma NMX-C-083.

Antes de someterse los cilindros al ensaye de compresión se deben cabecear de acuerdo a la norma NMX-C-109, el cabeceo consiste en moldear regularmente con un compuesto de azufre fundido los extremos del cilindro, dejando en cada extremo una capa lo suficientemente delgada y resistente que garantice que los planos de apoyo del cilindro sean perfectamente paralelos entre ellos y a la vez perpendiculares al eje del cilindro (se acepta una desviación no mayor de 0.5°). El compuesto de azufre debe aplicarse al menos 2 horas antes del ensaye.

1 Este patrón se observa cuando se logra una carga de compresión correcta sobre un espécimen bien preparado.

2. Este patrón se observa comúnmente cuando las caras de aplicación de la carga se encuentran en el límite de tolerancia especificada o excediendo a ésta.

---

<sup>7</sup> CONSTRUCTOR CIVIL. Resistencia del Concreto. [En línea], disponible en <<http://www.elconstructorcivil.com/2011/01/resistencia-del-concreto.html> > p 1

3. Este patrón se observa en especímenes que presentan una superficie de carga convexa y/o por deficiencia del material de cabeceo o también por concavidad del material de cabeceo; también por concavidad del plato de cabeceo o por convexidad en una de las placas de carga.
4. Este patrón se presenta en especímenes que tienen una de las caras de aplicación de carga en forma cóncava y/o por deficiencias del material de cabeceo o también por concavidad de una de las placas de carga.
5. Este patrón se observa cuando se producen concentraciones de esfuerzo en puntos sobresalientes de las caras de aplicación de carga por deficiencia del material de cabeceo o rugosidades en el plato de cabeceo o en las placas de carga.
6. Este patrón se observa en especímenes que presentan una cara de aplicación de carga convexa y/o por deficiencias del material de cabeceo o del plato del cabeceador.
7. Este patrón se observa cuando las caras de aplicación de carga del espécimen se desvían ligeramente de las tolerancias de paralelismo establecido o por ligeras desviaciones al centrar el espécimen en la placa inferior de la máquina de ensayos.

**Estudio de suelo.** El estudio de suelos permite conocer las propiedades físicas y mecánicas del suelo, y su composición estratigráfica, es decir las capas o estratos de diferentes características que lo componen en profundidad, y por cierta ubicación de napas de agua (freáticas), si las hubiere.

La importancia del estudio de suelos depende del tipo de proyecto que vas a realizar y de la magnitud de este; con los resultados que te arroje el estudio de suelos puedes tomar decisiones del tipo de cimentación a utilizar y hasta que profundidad debes de cimentar; dependiendo del tipo de suelo es la capacidad de soporte del suelo (resistencia del suelo) y eso se puede determinar únicamente con el estudio de suelos.<sup>8</sup>

Depende del estudio de suelos, determinarás cuanto vas a gastar o cuanto vas a ahorrar en cimentación; ya que muchos proyectos en los que no se hace estudio de suelos, resulta que cuando están ya construidos se dan cuenta que tienen hundimientos y eso acarrea más costos, ya que se debe degastar mucho en reparar o tratar de estabilizar el terreno y todo por “ahorrarse unos centavos” y no hacer el estudio de suelo.

Por otra parte el uso de la tecnología moderna y actualizada ha fijado como primera exigencia en las normas que rigen la construcción en las distintas municipalidades, la realización de estudios de suelos. El argumento de que mi vecino construyó de esta o aquella manera ya no

---

<sup>8</sup> EN CONCRETO. Importancia del estudio de suelos. [En línea], disponible en <<http://revistaenconcreto.com/importancia-del-estudio-de-suelos/>> p 1

es válido y diría peligroso y antieconómico. La incidencia del estudio de suelos en el costo total de una obra es insignificante por lo que no existen motivos para no realizarlo.<sup>9</sup>

**Fallas en el terreno existente.** Uno de los accidentes del terreno que se puede observar más fácilmente son las fallas o rupturas de un plegamiento, especialmente si el terreno es de tipo sefimentario. Las fallas son un tipo de deformación de la corteza terrestre que finaliza en ruptura, dando lugar a una gran variedad de estructuras geológicas.

Cuando esta ruptura se produce de forma brusca, se produce un terremoto. En ocasiones, la línea de falla permite que, en ciertos puntos, aflore el magma de las capas inferiores y se forme un volcán.

**Tipos de fallas.** En una falla normal, producida por tensiones, la inclinación del plano de falla coincide con la dirección del labio hundido. El resultado es un estiramiento o alargamiento de los materiales, al desplazarse el labio hundido por efecto de la fuerza de la gravedad.

En las fallas de desgarre, además del movimiento ascendente también se desplazan los bloques horizontalmente. Si pasa tiempo suficiente, la erosión puede allanar las paredes destruyendo cualquier traza de ruptura, pero si el movimiento es reciente o muy grande, puede dejar una cicatriz visible o un escarpe de falla con forma de precipicio.

En una falla inversa, producida por las fuerzas que comprimen la corteza terrestre, el labio hundido en la falla normal, asciende sobre el plano de falla y, de esta forma, las rocas de los estratos más antiguos aparecen colocadas sobre los estratos más modernos, dando lugar así a los cabalgamientos.

Las fallas de rotación o de tijera se forman por efecto del basculado de los bloques sobre el plano de falla, es decir, un bloque presenta movimiento de rotación con respecto al otro. Mientras que una parte del plano de falla aparenta una falla normal, en la otra parece una falla inversa.<sup>10</sup>

**Caracterización del subsuelo.** El suelo es un sistema heterogéneo muy complejo debido a sus múltiples componentes y a las reacciones físicas, químicas, biológicas y mineralógicas que ocurren entre ellos, que son las que determinan la productividad del suelo. Cualquier porción de suelo constituye un sistema heterogéneo compuesto de materia mineral y orgánica en diferentes proporciones que puede formar diferentes fases como son: sólida, líquida, gaseosa y coloidal, las que se presentan dependiendo de la cantidad y tipo de componentes presentes.<sup>11</sup>

---

<sup>9</sup> *Ibíd.* p 2

<sup>10</sup> COQUE, R. «Las formas estructurales elementales». Geomorfología. Alianza Universidad Textos 79. Madrid: Alianza Editorial. pp. 46.

<sup>11</sup> CIMENTACIONES. Características del suelo. [En línea] (2015), disponible en < <https://cimentaciones.wordpress.com/caracteristicas-del-subsuelo/> > p 1

**Estudios sobre el tránsito.** Diseñar la infraestructura requerida en concordancia con las determinaciones establecidas en el Plan de Ordenamiento Territorial, en función de las demandas de tránsito actuales y futuras de la zona de estudio y las vías que conforman su área de influencia directa, garantizando el mejoramiento de los niveles de servicio de la red involucrada y facilitando la movilidad de los usuarios de tal forma que se favorezca la accesibilidad a las zonas aledañas, considerando la importancia de los diferentes modos de transporte, la morfología urbana y los usos asignados a los diferentes sectores de la ciudad.<sup>12</sup>

**Vía nacional.** La Red Nacional de Carreteras es la red vial de Colombia regulada por el Ministerio de Transporte colombiano mediante el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) y sus direcciones territoriales (Decreto 1735 de agosto de 20011) y a veces delegadas a empresas privadas por concesión.

El sistema se compone por la Red Primaria (Grandes Autopistas, a cargo de la nación), Red Secundaria (a cargo de departamentos) y Red terciaria (compuesta por carreteras terciarias o caminos interveredales, a cargo de los municipios).

La Red de Carreteras colombiana es de 166.500 km, de los que un 14% está pavimentado. De los 164.000 km, 16.776 son de Red primaria, de los que 13.296 están encargadas al INVÍAS, y 3.380 km están concesionados (Instituto Nacional de Concesiones - INCO); 147.500 km son de Red secundaria y terciaria distribuidos así: 72.761 km encargados a los departamentos, 34.918 km encargados a los municipios, 27.577 al Instituto Nacional de Vías, y 12.251 km a privados.<sup>3</sup> Entretanto, Colombia tiene 1.049 km de vías con calzadas dobles (autovías) hacia el año 2012.

Según un informe de la Cámara Colombiana de Infraestructura, Colombia tiene 9 km de vías por cada kilómetro cuadrado de área.

La Red Nacional de Carreteras hace parte de la infraestructura de transporte encargada al Gobierno colombiano y cumple la función básica de integración de las mayores zonas de producción y de consumo.<sup>13</sup>

**Base.** La base es la capa situada debajo de la carpeta (pavimento flexible). Su función es eminentemente ser resistente, absorbiendo la mayor parte de los esfuerzos verticales y su rigidez o su resistencia a la deformación bajo las sollicitaciones repetidas del tránsito suele corresponder a la intensidad del tránsito pesado. Así, para tránsito medio y ligero se emplean las tradicionales bases granulares, pero para tránsito pesado se emplean ya materiales granulares tratados con un cementante.<sup>14</sup>

---

<sup>12</sup> CONSORCIO CONEXIÓN. Estudio de tránsito, capacidad y niveles de servicio. [En línea] (2015), disponible en < <http://webidu.idu.gov.co:9090/jspui/bitstream/123456789/31199/3/60019188-02.pdf> > p 1

<sup>13</sup> MINISTERIO DE TRANSPORTE (diciembre de 2008). «diagnóstico del sector transporte 2008, Cifras correspondientes al año 2007» (PDF). p. 50. Consultado el 28 de marzo de 2009

<sup>14</sup> MIRANDA, Ricardo Javier. Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos. Universidad Austral de Chile. 2010. P 24

**Sub.base.** En los pavimentos flexibles, la subbase es la capa situada debajo de la base y sobre la capa subrasante, debe ser un elemento que brinde un apoyo uniforme y permanente al pavimento.

**Sub-rasante.** Esta capa debe ser capaz de resistir los esfuerzos que le son transmitidos por el pavimento. Interviene en el diseño del espesor de las capas del pavimento e influye en el comportamiento del pavimento. Proporciona en nivel necesario para la subrasante y protege al pavimento conservando su integridad en todo momento, aún en condiciones severas de humedad, proporcionando condiciones de apoyo uniformes y permanentes. Con respecto a los materiales que constituyen la capa subrasante, necesariamente deben utilizarse suelos compactables y obtener por lo menos el 95% de su grado de compactación.<sup>15</sup>

**Tipos de pavimentos.** Pavimento flexible. Una carpeta constituida por una mezcla asfáltica proporciona la superficie de rodamiento; que soporta directamente las solicitaciones del tránsito y aporta las características funcionales. Estructuralmente, la carpeta absorbe los esfuerzos horizontales y parte de los verticales, ya que las cargas de los vehículos se distribuyen hacia las capas inferiores por medio de las características de fricción y cohesión de las partículas de los materiales y la carpeta asfáltica se pliega a pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin que su estructura se rompa. Las capas que forman un pavimento flexible son. Carpeta asfáltica, base y subbase, las cuales se construyen sobre la capa subrasante.

Asfalto Es un material aglomerante de color oscuro, constituidos por mezclas complejas de hidrocarburos no volátiles de alto peso molecular, originarios del petróleo crudo, en el cual están disueltos, pueden obtenerse por evaporación natural de depósitos localizados en la superficie terrestre, denominados Asfaltos Naturales, o por medio de procesos de destilación industrial cuyo componente predominante es el Bitumen. 5 Los asfaltos destilados del petróleo son producidos ya sea por destilación por vapor o soplados. La destilación por vapor produce un excelente asfalto para pavimentos, mientras que el producto de destilación por aire o soplado tiene una escasa aplicación en pavimentación. Obtención y tipos Según el origen del petróleo crudo la composición de base se divide en: -

Base Asfáltica - Base Parafínica - Base Intermedia Los asfaltos de base asfáltica, es decir, asfaltos obtenidos de petróleos asfálticos, son más deseables para pavimentación, ya que tienen buenas características ligantes y de resistencia al envejecimiento por acción del clima. Los asfaltos de base parafínica, se oxidan lentamente expuestos a la intemperie, dejando un residuo escamosos y de poco valor como ligante. De acuerdo a su aplicación, los asfaltos los podemos clasificar en 2 grandes grupos:

Asfaltos para Pavimentos

Asfaltos Industriales Asfaltos para pavimentos Éstos se subdividen en: - Cementos Asfálticos

---

<sup>15</sup> Ibíd. P 25

## - Asfaltos Cortados - Emulsiones Asfálticas

Cementos Asfálticos Los Cementos Asfálticos, son preparados especialmente para pavimentación.

Es un material ideal para la construcción de pavimentos ya que: - Es un material aglomerante, resistente, muy adhesivo, impermeable y duradero. - Es consistente y puro. - Es termoplástico, s decir, se licua a medida que se va calentando. - Es resistente a los ácidos, sales y álcalis. Se denominan por las letras CA, y se clasifican según su grado de dureza, el que mide según el ensayo de penetración. Podemos distinguir CA 40 – 50, CA 60 – 70, etc.; CA indica que es un cemento asfáltico y los números el rango de penetración. Para su aplicación debe estar libre de agua y con características homogéneas. En Chile los CA mas utilizados son: - CA 40 – 50: uso en rellenos de juntas y grietas. - CA 60 – 70: en mezcla en planta en caliente para la construcción de bases binder y carpetas de rodado. - CA 120 – 150: usados en tratamientos superficiales. Su aplicación no debe hacerse bajo amenaza de lluvia, temperatura ambiente bajo los 10°C y en superficies húmedas, tampoco deben ser calentadas sobre los 170 °C.

Asfaltos Cortados Los asfaltos cortados, AC, llamados también diluidos, líquidos o Cut-Backs, son asfaltos líquidos que resultan de la dilución de cemento asfáltico con destilados del petróleo. Se presenta como un líquido de color negro, de viscosidad variable. Los solventes usados actúan como vehículos, proporcionando productos menos viscosos que pueden ser aplicados a bajas temperaturas. Los solventes se evaporan después de su aplicación. Se clasifican según:

Su velocidad de curado: lo cual se divide en 3 categorías: 7 1) RC: Asfalto Cortado de Curado Rápido (Rapid Curing), se producen al mezclar CA con destilados ligeros del tipo Nafta o Bencina. Se utilizan generalmente en: - RC – 1 / RC – 70: Riegos de liga. - RC – 2 / RC – 250: Mezclas asfálticas abiertas. - RC – 3 / RC – 800: Sellos de arena, tratamientos superficiales. - RC – 5 / RC – 3000: Sellos de arena, macadam de penetración. 2) MC: Asfalto Cortado de Curado Medio (Médium Curing), cuyo solvente es la Parafina o Kerosene, lo que da trabajabilidad a temperatura relativamente baja. Se emplean en: - MC – 0 / MC – 30: Como imprimante en bases estabilizadas. - MC – 2 / MC – 250: Mezclas en sitio de graduación abierta y cerrada. - MC – 3 / MC – 800: Mezclas en sitio de graduación abierta y cerrada. - MC – 4, MC – 5 / MC – 3000: En zonas calurosas y agregados absorbentes. 3) SC: Asfaltos Cortados de Curado Lento (Slow Curing), los aceites son los que le dan cierta fluidez. Este tipo de asfalto ya no se utiliza.<sup>16</sup>

Según su viscosidad cinemática (Centistokes): 30, 70, 250, 800, 3000. 3.- Según grados antiguos: 0, 1, 2, 3, 4, 5, de menor a mayor viscosidad que definen rangos en Segundos Saybot Furol. Los asfaltos cortados (AC), no deben emplearse en días de lluvia o con amenaza de lluvia, en temperaturas inferiores a 10°C y en superficies húmedas. 8 c) Emulsiones Asfálticas Son de cemento asfáltico en una fase acuosa, con estabilidad variable. El tiempo

---

<sup>16</sup> Ibíd. P 26

de quiebre y la viscosidad de las emulsiones, dependen entre otros factores, de la calidad y la cantidad de los agentes emulsificantes. La cantidad de emulsificantes y aditivo químico utilizados varía generalmente de 0.2 % a 5 %, y la cantidad de asfalto en el orden de 60 % a 70 %. El color de emulsiones asfálticas antes del quiebre es marrón y después del quiebre negro, constituyéndole en un elemento auxiliar para la inspección visual. Las emulsiones asfálticas se clasifican de acuerdo a la carga de la partícula en: - Catiónica (Utilizadas referentemente en pavimentación) - Aniónica. (Aplicaciones industriales, levemente en pavimentación) En cuanto al tiempo de quiebre, se clasifican en: - Quiebre rápido CRS - Quiebre medio CMS - Quiebre lento CSS - Quiebre controlado. CQS Las emulsiones asfálticas de quiebre rápido son el ligante más adecuado para la ejecución de tratamientos superficiales, por su facilidad de empleo y su excelente adherencia a todo tipo de áridos. Las emulsiones de quiebre lento se emplean en riegos de liga, en la preparación de lechadas asfálticas (slurry seal) y riegos negros (fog seal). Las emulsiones asfálticas de quiebre medio y lento se emplean en la preparación de mezclas en frío, ya sea en planta o en sitio. Las emulsiones de quiebre controlado (conocidas como Quick Setting) se utilizan para la fabricación de slurries o lechadas asfálticas de rápida apertura al tránsito. 9 Otros usos para las emulsiones son reciclados en frío, estabilización de suelos, sellos de terminación, membrana de curado, riego de penetración (Macadam) y, en la agricultura, para prevenir la erosión o retardar la evaporación del agua

### **Ventajas y desventajas del uso de pavimentos flexibles y rígidos.**

**PAVIMENTO FLEXIBLE Ventajas:** Su construcción inicial resulta más económica. • Tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años.

**Desventajas:** Para cumplir con su vida útil requiere de un mantenimiento constante.

Las cargas pesadas producen roderas y dislocamientos en el asfalto y son un peligro potencial para los usuarios. Esto constituye un serio problema en intersecciones, casetas de cobro de peaje, donde el tráfico está constantemente frenando y arrancando. Las roderas llenas de agua de lluvia en estas zonas, pueden causar deslizamientos, pérdida de control del vehículo y por lo tanto, dar lugar a accidentes y a lesiones personales.

Las roderas, dislocamientos, agrietamientos por temperatura, agrietamientos tipo piel de cocodrilo (fatiga) y el intemperismo, implican un tratamiento frecuente a base de selladores de grietas y de recubrimientos superficiales.

Las distancias de frenado para superficies de hormigón son mucho mayores que para las superficies de asfalto sobre todo cuando el asfalto esta húmedo y con huellas.

Una vez que se han formado huellas en un pavimento de asfalto, la experiencia ha demostrado, que la colocación de una sobrecarpeta de asfalto sobre ese pavimento no evitara que se vuelva a presentar.<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> *Ibíd.* P 27

Las huellas reaparecen ante la incapacidad de lograr una compactación adecuada en las huellas que dejan las ruedas y/o ante la imposibilidad del asfalto de resistir las presiones actuales de los neumáticos y los volúmenes de tráfico de hoy en día.

**PAVIMENTOS RÍGIDOS. Ventajas:** El hormigón refleja la luz, lo que aumenta la visibilidad y puede disminuir los costos de iluminación en las calles hasta un 30%, en cantidad de luminarias y consumo de energía.

El hormigón no se ahueca nunca, por lo tanto no hay acumulación de agua y, por ende, tampoco se produce hidropneumático. Por otra parte, se disminuye el efecto "spray", que es el agua que despiden los vehículos que van adelante sobre el parabrisas del de atrás, impidiendo la visibilidad.

Es fácil darles "rugosidad" a los pavimentos de hormigón durante su construcción, para generar una superficie que provea de mayor adherencia.

La rigidez del hormigón favorece que la superficie de rodado mantenga la planeidad.

La lisura es el factor más importante para los usuarios. Actualmente, los pavimentos de hormigón se pueden construir más suaves que los de asfalto.

A diferencia del asfalto, el hormigón puede soportar cargas de tráfico pesadas sin que se produzca ahuecamiento, deformaciones o lavado de áridos.

La superficie dura del hormigón hace más fácil el rodado de los neumáticos. Estudios han demostrado que aumenta la eficiencia de combustible de los vehículos.

El hormigón se endurece a medida que pasa el tiempo. Después del primer mes, el hormigón continúa lentamente ganando 40% de resistencia durante su vida.

El hormigón tiene una vida promedio de 30 años.

Los pavimentos de hormigón frecuentemente sobrepasan la vida de diseño y las cargas de tráfico.

Los pavimentos de hormigón se pueden diseñar para que duren desde 10 hasta 50 años, dependiendo de las necesidades del sistema.

Las técnicas de restauración de pavimentos pueden extender su vida hasta tres veces la de diseño.

Los pavimentos de hormigón tienen un mayor valor a largo plazo debido a su mayor expectativa de vida con los mínimos requerimientos de mantención.

La durabilidad del hormigón disminuye la necesidad de reparación y/o mantenciones anuales, en comparación con pavimentos asfálticos.

Los pavimentos de hormigón se pueden construir y dar al tránsito en tiempos reducidos, incluso de hasta 12 horas.

**Desventajas:** Tiene un costo inicial mucho más elevado que el pavimento flexible. Se deben tener cuidado en el diseño.<sup>18</sup>

**Análisis Elástico de Capas.** Los pavimentos flexibles son analizados mediante sistemas elásticos de capas. El sistema es dividido en un número arbitrario de capas. El espesor individual de cada capa así como las propiedades del material de las mismas varían gradualmente de capa en capa, el módulo de elasticidad  $E$  y la razón de Poisson se consideran constantes. Evaluación Estructural de Pavimentos Flexibles de Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito en cada capa. Este método se aplica teniendo en cuenta las siguientes suposiciones.

Cada capa es homogénea y elástica lineal con un espesor finito pequeño.

No es considerado el peso propio.

Una presión circular es aplicada en la superficie del pavimento.

Existe compatibilidad de esfuerzos y deformaciones entre dos capas adyacentes.<sup>19</sup>

**Modelos Bicapas.** El comportamiento del suelo no es homogéneo, en el caso de los pavimentos es difícil caracterizar la transmisión de esfuerzos del pavimento a la subrasante, por lo que es necesario incluir una capa que representa esta transmisión.

En general se puede decir que en los modelos de dos capas los esfuerzos dependen de la razón de módulos de elasticidad de cada capa  $E_1/E_2$  y de la razón entre el espesor de la primera capa y el radio del área de carga  $h_1/A$ . El modelo de dos capas se puede aplicar para pavimentos tipo (HMA), también es aplicable a modelos de pavimentos con base estabilizada, los que se pueden resolver por métodos variacionales o por el modelo de Hogg.<sup>20</sup>

**Modelos Multicapas.** Estos modelos permiten determinar las grandes tendencias de variación (importancia del espesor, relación del módulo entre capas, radio de carga). Los modelos de número de capas facilitan la esquematización de la estructura del pavimento y la subrasante. Una estructura tradicional se representa mejor mediante un esquema tricapa

---

<sup>18</sup> Ibíd. P 28

<sup>19</sup> FLORES GONZÁLEZ, Leonardo. Evaluación estructural de pavimentos flexibles de carreteras de bajo volumen de tránsito. Universidad nacional de ingeniería facultad de ingeniería civil. Lima Perú. 2012. P 14

<sup>20</sup> Ibíd. P 15

(suelo, cuerpo granular y capa asfáltica).<sup>21</sup>

**Programas de Análisis Multicapas.** Existe un gran número de programas, por ejemplo el programa CHEV desarrollado por Chevron Research Company que trabaja el problema de multicapas únicamente para casos elásticos; una versión mejorada de Chevron es el programa DAMA que resuelve el problema multicapa para análisis no lineal del material y fue desarrollado por Hwang en 1981; KENLAYER un programa desarrollado por la Universidad de Kentucky en 1985, es un programa que básicamente trabaja sistemas multicapa elásticos bajo cargas circulares, el cual puede modelar cada capa de manera elástica, no lineal del material o viscoelástica, en este programa se dividen a las bases granulares y al suelo en varias capas de manera que las variaciones de las propiedades del material sean progresivas de capa en capa. En 1985 la universidad de California en Berkeley, desarrolla el programa ELSYM5, el cual es mejorado por SRA Technologies Inc. Bajo la supervisión de la Federal Highway Administration (FHWA), es similar al programa

KENLAYER y desarrolla sus soluciones con modelos multicapa. El programa MMPAV, desarrollado en la Universidad Nacional de Ingeniería por y con tecnología numérica sin mallas, incluye matrices de nubes de puntos que modelan el contacto entre capas.

**Modelo de Hogg.** Este modelo es una extensión del modelo bicapa, matemáticamente el modelo está representado por una ecuación diferencial en derivadas parciales, la que se resuelve de manera analítica con ayuda de la transformada de Hankel y, las suposiciones para poder resolver la ecuación de plateas para pavimentos con este método son:

El plano medio se confunde con la fibra neutra.

Las secciones planas permanecen planas durante la deformación.

Los esfuerzos normales que siguen una deformación transversal pueden despreciarse.

Los desplazamientos verticales de la fibra neutra de la placa satisfacen la ecuación de Lagrange para placas delgadas.

**Modelo de Boussinesq.** Este modelo se puede tratar de dos formas diferentes, la primera es resolver el problema a través de la ecuación elíptica Poisson de la Elastostática, en este caso es recomendable trabajar con formulaciones variacionales, esta forma será empleada en el capítulo 4 para la determinación de esfuerzos y deformaciones con cálculo inverso, y será llamada en este trabajo como modelo de Boussinesq Numérico. La segunda forma es resolver analíticamente la ecuación del masivo semi infinito de Boussinesq, para esto se supone que el masivo es lineal isotrópico elástico con módulo de Young calculado con la fórmula de Barber generalizada, las deducciones de las fórmulas para este caso se encuentran en, esta

---

<sup>21</sup> *Ibíd.* P 16

forma de solución será conocida como modelo de Boussinesq Analítico. En los dos acápites siguientes se explicará la forma de trabajar con cada método

**Refinamiento Local de Mallas.** Las dimensiones de cada bloque (elemento) no son uniformes. Los esfuerzos máximos y las máximas deflexiones se producen alrededor de las cargas de la rueda, es por eso que se realiza un refinamiento de la malla, pues una mayor cantidad de elementos dará resultados más precisos. Sin embargo los elementos de malla refinados a pesar de dar mejores resultados consumen más tiempo a la hora de procesar datos. Por lo tanto, es eficaz refinar la malla alrededor de la región donde se aplica la carga y aumentar las dimensiones de la misma a medida que se aleja del área de contacto.

Para saber si el método converge, cada región debidamente identificada en el refinamiento inicial se vuelve a subdividir una y otra vez hasta que los esfuerzos y deformaciones sean prácticamente los mismos.

**Condiciones de Borde del Modelo.** El modelo alrededor de una huella de neumático tiene simetría en la dirección del eje del vehículo y perpendicular a este eje, si se considera como origen de coordenadas el centro geométrico de la huella del neumático, el problema puede partirse en cuatro bloques que presentan los mismos resultados debido a la geometría, los planos verticales comunes a los bloques en contacto sólo presentan desplazamiento vertical, los otros dos planos verticales deben ser considerados empotrados en el infinito.<sup>22</sup>

## 2.3 MARCO CONTEXTUAL

Río de Oro es uno de los pueblos más acogedores del Cesar, algunas de las características que se encuentran es su único y privilegiado clima, que influenciado por las brisas del Catatumbo hace que sea templado, en gran parte del territorio. Los habitantes de esta población cobran vida, año a año de la historia que fundamenta este Municipio mariano. Aunque no se tiene una fecha exacta de fundación se cree que 5 encomenderos españoles llegaron al que llamaron sitio de Río de Oro en el año 1658 y comenzaron la construcción del pueblo.

El primero de agosto de ese mismo año los agustinos calzados trasladaron la virgen del Rosario desde Brotaré (hoy corregimiento de Otaré) hasta Río de Oro, razón por la cual se tomó ese día como la fecha oficial de la fundación del Municipio, en donde se resalta además el amor por la patrona: la virgen del Rosario. La historia de Río de Oro comenzó su construcción y sostenimiento de costumbres, para lograr el reconocimiento que hoy se tiene desde cualquier esfera colombiana. Se destaca su trabajo artesanal a nivel de región para dibujar en cada cuadro las casas de bahareque y paja resaltando la laboriosidad de sus habitantes. En cada piedra esculpida, la representación de calles y jardines interiores; En Carrosas y disfraces, la felicidad de un pueblo alegre y tropical que tiene raíces costeras, celebrando fiestas tradicionales como.

---

<sup>22</sup> Ibíd. P 30

En la belleza de sus mujeres, la elegancia y honor de los reinados de belleza. En su arquitectura colonial, se conservan ciertas casas de tapia pisada y pisos de barro cocido que marcan el antepasado prodigioso. No podemos dejar atrás los sitios que han engalanado a Río de Oro como un lugar religioso. Iglesia nuestra señora del Rosario, Cerro de la virgen, La Cruz, El Parque Francisco de Paula Santander, es un bello lugar que con sus árboles abraza a propios y visitantes que llegan y se amañan.

Durante la administración de Manuel Rodolfo Márquez Páez, Río de Oro en sus 15 corregimientos ha manejado una estructura administrativa tan importante que le permite llevarse el honor de ser uno de los Municipios del país con menor índice de analfabetismo.

Y las obras se conciben como una inversión productiva para todos.<sup>23</sup>

Identificación del municipio:

Nombre del municipio: Río de Oro

NIT: 892300123

Código Dane: 20614

Gentilicio: Riodorenses

**Figura 1.** Mapa de la ubicación de Río de Oro, Cesar.



**Fuente.** MUNICIPIO DE RIO DE ORO, CESAR. Presentación del Municipio

<sup>23</sup> MUNICIPIO DE RIO DE ORO, CESAR. Presentación del Municipio. [En línea] (Octubre 1 de 2012), disponible en <<http://www.riodeoro-cesar.gov.co/presentacion.shtml>>

## **2.4 MARCO LEGAL**

**2.4.1 Constitución Política de Colombia.** Artículo 2 “Son fines esenciales del Estado servir a la comunidad, promover la prosperidad general y garantizar la efectividad de los principios, derechos y deberes consagrados en la Constitución”.<sup>24</sup>

Artículo 209. La función administrativa está al servicio de los intereses generales y se desarrolla con fundamento en los principios de igualdad, moralidad, eficacia, economía, celeridad, imparcialidad y publicidad, mediante la descentralización, la delegación y la desconcentración de funciones.

Artículo 298. “Los departamentos tienen autonomía para la administración de los asuntos seccionales y la planificación y promoción del desarrollo económico y social dentro de su territorio en los términos establecidos por la Constitución. Los departamentos ejercen funciones administrativas.

**2.4.2 Ley 80 de 1993. Por la cual se expide el estatuto general de contratación de la administración pública.** De conformidad con lo previsto en la Ley 80 de 1993 y Ley 1150 de 2007 artículo 2 numeral 1 párrafo primero, por tratarse de una contratación de mayor cuantía conforme a lo establecido por el Decreto Departamental 0008 del 12 de enero de 2011, se deberá adelantar el proceso de convocatoria pública por la modalidad de Licitación Pública, siendo la regla general, por el procedimientos establecido en el artículo 30 de la Ley 80 de 1993 y normas concordantes. Al cabo del cual se celebrará un contrato de Obra; lo cual se hará con la persona natural o jurídica que esté inscrita, clasificada y calificada en el Registro Único de Proponentes, con las capacidades requeridas de acuerdo a las normas de contratación departamentales; siendo factores de selección Precio y Calidad, de conformidad con el artículo 2.2.9° del Decreto 734 de 2012 y numeral 2.A del artículo 5 de la Ley 1150 de 2007 modificado por el artículo 88 de la Ley 1474 de 2011, siendo la mejor propuesta quien ofrezca mejores condiciones de precio por media Geométrica, y calidad siendo mayor calidad en términos de Director y Residente de Obra, así como equipos ofrecidos.<sup>25</sup>

**2.4.3 Ley 1150 de 2007. Por medio de la cual se introducen medidas para la eficiencia y la transparencia en la ley 80 de 1993 y se dictan otras disposiciones generales sobre la contratación con recursos públicos.** Artículo 3. De la contratación pública electrónica. De conformidad con lo dispuesto en la Ley 527 de 1999, la sustanciación de las actuaciones, la expedición de los actos administrativos, los documentos, contratos y en general los actos derivados de la actividad precontractual y contractual, podrán tener lugar por medios electrónicos. Para el trámite, notificación y publicación de tales actos, podrán utilizarse soportes, medios y aplicaciones electrónicas. Los mecanismos e instrumentos por medio de

---

<sup>24</sup> CONGRESO DE LA REPUBLICA. Constitución política de Colombia de 1991. Edición norma. Bogotá. 2013

<sup>25</sup> REPUBLICA DE COLOMBIA. Ley 80 de 1993. Por la cual se expide el estatuto general de contratación de la administración pública. Edición littio. Bogotá. 2000. P 7

los cuales las entidades cumplirán con las obligaciones de publicidad del proceso contractual serán señalados por el Gobierno Nacional.

Artículo 6. De la verificación de las condiciones de los proponentes. Modificado por el art. 221, Decreto Nacional 019 de 2012. Todas las personas naturales o jurídicas nacionales o extranjeras domiciliadas o con sucursal en Colombia, que aspiren a celebrar contratos con las entidades estatales, se inscribirán en el Registro único de Proponentes del Registro Único Empresarial de la Cámara de Comercio con jurisdicción en su domicilio principal.

No se requerirá de este registro, ni de calificación ni de clasificación, en los casos de contratación directa; contratos para la prestación de servicios de salud; contratos cuyo valor no supere el diez por ciento (10%) de la menor cuantía de la respectiva entidad; enajenación de bienes del Estado; contratos que tengan por objeto la adquisición de productos de origen o destinación agropecuaria que se ofrezcan en bolsas de productos legalmente constituidas; los actos y contratos que tengan por objeto directo las actividades comerciales e industriales propias de las empresas industriales y comerciales del Estado y las sociedades de economía mixta y los contratos de concesión de cualquier índole. En los casos anteriormente señalados, corresponderá a las entidades contratantes cumplir con la labor de verificación de las condiciones de los proponentes.

En dicho registro constará la información relacionada con la experiencia, capacidad jurídica, financiera y de organización del proponente, que se establecerá de conformidad con los factores de calificación y clasificación que defina el reglamento. El puntaje resultante de la calificación de estos factores se entenderá como la capacidad máxima de contratación del inscrito.<sup>26</sup>

**2.4.4 Decreto 734 de 2012. Por el cual se reglamenta parcialmente la ley 80 de 1993 y la ley 1150 de 2007 sobre las modalidades de selección, publicidad, selección objetiva, y se dictan otras disposiciones.** Que atendiendo al objeto de la convocatoria pública se invoca como causal de contratación la consagrada en el numeral 1 del Artículo 2 de la Ley 1150 de 2007, por cuanto permite la escogencia del contratista a través de una LICITACIÓN PÚBLICA, norma concordante con el numeral 1 del artículo 3.1.1°, del Decreto 734 de 2012.

Para la selección del contratista se adelantara mediante la modalidad de Licitación, Publica contenida en el numeral 1°, artículo 2° de la Ley 1150 de 2007, en la ley 80 de 1993, y en el Decreto 734 de 2012, utilizando el método para la selección de la oferta más favorable para la entidad el de “Ponderación de los elementos de calidad y precio soportados en puntajes y formulas señaladas en los pliegos de condiciones”.<sup>27</sup>

---

<sup>26</sup> CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 1150 de 2007. Por medio de la cual se introducen medidas para la eficiencia y la transparencia en la ley 80 de 1993 y se dictan otras disposiciones generales sobre la contratación con recursos públicos. Bogotá. 2010.

<sup>27</sup> REPÚBLICA DE COLOMBIA. Decreto 734 de 2012. Por el cual se reglamenta parcialmente la ley 80 de 1993 y la ley 1150 de 2007 sobre las modalidades de selección, publicidad, selección objetiva, y se dictan otras disposiciones

### **3. DISEÑO METODOLOGICO**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El estudio desarrollado se encuentra enfocado en la investigación exploratoria son las investigaciones que pretendió darnos una visión general, de tipo aproximativo, respecto a una determinada realidad. Este tipo de investigación se realiza especialmente cuando el tema elegido ha sido poco explorado y reconocido, y cuando más aún, sobre él, es difícil formular hipótesis precisas o de cierta generalidad. Suele surgir también cuando aparece un nuevo fenómeno que por su novedad no admite una descripción sistemática o cuando los recursos del investigador resultan insuficientes para emprender un trabajo más profundo.

#### **3.2 OBJETOS DE INVESTIGACIÓN.**

El presente estudio tuvo como finalidad realizar un análisis técnico visual de las fallas presentes en el pavimento rígido de la avenida Araujo Cotes, municipio de Rio de oro, Cesar, con el propósito de emitir un diagnóstico sobre el estado inicial de dicho pavimento, emitido el diagnóstico se estima proponer un diseño de la estructura del pavimento de acuerdo a las necesidades de esta avenida, igualmente se pretende realizar un seguimiento al proceso constructivo de esta obra.

#### **3.3 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.**

La información se recolecta a través de la observación, listas de cotejo y test de observación, el procedimiento se llevó a cabo por medio de registros fotográficos, trabajo de campo, trabajo de laboratorio

#### **3.4 ANALISIS DE LA INFORMACIÓN.**

La información obtenida se presentó en un informe donde se expusieron los datos relevantes para la investigación y los cuales darán solución a la problemática enunciada al inicio del trabajo de grado, para lo cual se tendrán en cuenta las fases del trabajo.

Fase 1. Se realizó un estudio técnico teniendo en cuenta los análisis del proyecto Senderos por parte de la empresa Rio de Oro, con el fin de recolectar información para el caso avenida Araujo Cotes, realizando así un análisis con los estudios previos a la presente propuesta y fotos tomados a los lados de la estructura con el fin de verificar y concluir que características posee la estructura.

Fase 2. Se determinó la resistencia del pavimento teniendo en cuenta la muestra existente y la implementada con el fin de determinar su firmeza. Esto se verificará con pruebas realizadas con la máquina extractora de núcleo, y se expondrán las pruebas arrojadas en el trabajo de grado.

Fase 3. Establecer la estructura del pavimento caso avenida Araujo Cote, con el objetivo de establecer la mejor opción, para dicha estructura, esto se mostrará con el diseño de planos de dicha estructura.

Fase 4. Revisión, presentación, sustentación y correcciones del informe final.

## 4. PRESENTACION DE RESULTADOS

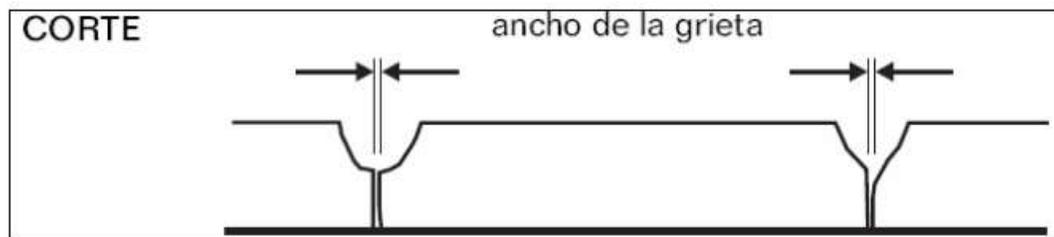
### 4.1 CLASIFICACION DE LAS FALLAS PRESENTES EN LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.

De acuerdo con la respectiva inspección visual realizada a la estructura del pavimento rígido de la avenida Araujo Cotes municipio de Rio de Oro, se realiza el respectivo registro fotográfico, clasificación de las fallas presentes en la estructura del pavimento, medidas y posibles causas de origen de las mismas, según el manual de inspección visual para pavimentos rígidos, grupo técnico convenio 587 de 2003, del INVIAS, Bogotá 2006.

#### 4.1.1 Grietas

Las grietas de ancho menor a 0,03 mm se denominan fisuras, este tipo de deterioros incluye todas las discontinuidades y fracturas que afectan las losas de concreto.<sup>28</sup>

**Figura 1:** corte transversal de una losa, mostrando el ancho de una grieta.



**Fuente:** Autores del proyecto.

**Fotografía 1:** Fisura Avenida Araujo Cote, ancho menor a 0,03 mm.



**Fuente:** Autores del proyecto

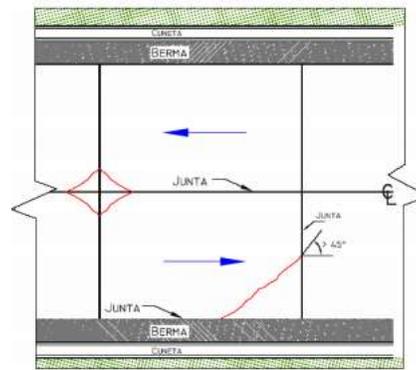
---

<sup>28</sup> Manual de inspección visual para pavimentos rígidos, grupo técnico convenio 587 de 2003, del INVIAS, Bogotá 2006.

Este tipo de fisuras tal como se puede apreciar en la figura 1, están presentes en gran parte del área del pavimento de la avenida en estudio, con sano criterio se afirma que dichas fisuras generan con el paso del tiempo fallas o daños de mayor severidad, que entorpecen la rápida y segura movilidad de la avenida.

**4.1.2 Grietas de Esquina (GE).** Este tipo de deterioro genera un bloque de forma triangular en la losa; se presenta generalmente al interceptar las juntas transversal y longitudinal, describiendo un Angulo mayor que  $45^\circ$ , con respecto a la dirección del tránsito. La longitud de los lados del triángulo sobre la junta de la losa varía entre 0,3 m y la mitad del ancho de la losa.<sup>29</sup>

**Figura 2:** vista en planta, grieta de esquina.



**Fuente:** Autores del proyecto.

**Fotografía 2:** Grieta de Esquina (GE).



**Fuente:** Autores del proyecto.

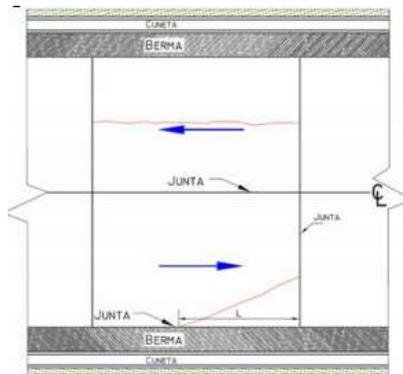
<sup>29</sup> Manual de inspección visual para pavimentos rígidos, grupo técnico convenio 587 de 2003, del INVIAS, Bogotá 2006.

Las grietas de esquina se presentan 20 veces en el pavimento de la avenida en estudio, la grieta de mayor abertura es de 3cm por tanto el nivel de severidad es alto, así mismo existen grietas de esquina de medio y bajo nivel de severidad.

Las posibles causas de la formación de este tipo de grietas son el asentamiento de la base y/o la subbase, falta de apoyo de la losa, originado por erosión de la base, alabeo térmico, sobrecarga en las esquinas y deficiente transmisión de cargas entre las losas adyacentes.<sup>30</sup>

**4.1.3 Grietas longitudinales (GL).** Grietas predominantemente paralelas al eje de la calzada o que se extienden desde una junta transversal hasta el borde de la losa, pero la intercepción se produce a una distancia (L) mucho mayor que la longitud de la losa.

**Figura 3:** características, grietas longitudinales.



Fuente: Autores del proyecto

**Fotografía 3:** grieta longitudinal (GL).



Fuente: Autores del proyecto

En el caso estudiado Avenida Araujo Cote, se presentan grietas 7 longitudinales de diversas longitudes la de mayor longitud presenta 1,3m y una abertura de aproximadamente 1Cm, con lo cual se puede clasificar en nivel de severidad media.

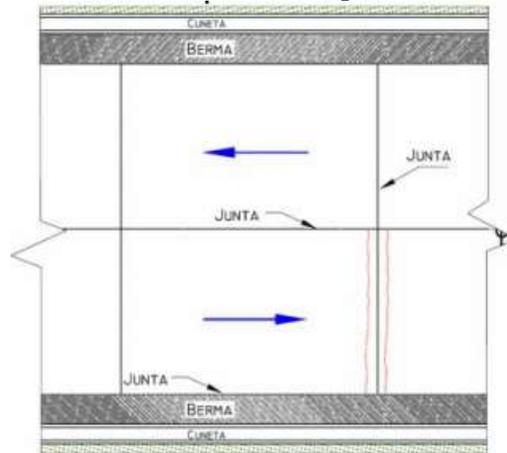
---

<sup>30</sup>Manual de inspección visual para pavimentos rígidos, grupo técnico convenio 587 de 2003, del INVIAS, Bogotá 2006. p.6

Las principales causas de las grietas longitudinales son el asentamiento de la base y/o la súbbase, falta de apoyo de la losa originado por erosión de la base, alabeo térmico, losa de ancho excesivo, carencia de una junta longitudinal, mal posicionamiento de las dovelas y/o barras de anclaje, aserrado tardío de la junta, y contracción del concreto.<sup>31</sup>

**4.1.4 Grietas en los extremos de los pasadores (GP). Cercanas** a los extremos de los pasadores o dovelas. Pueden ser ocasionadas por la mala ubicación de los pasadores o por su movimiento en el proceso constructivo.<sup>32</sup>

**Figura 4:** vista en planta, grieta en los extremos de los pasadores.



**Fuente:** Autores del proyecto

**Fotografía 4:** Grietas en los extremos de los pasadores (GP).



**Fuente:** Autores del proyecto.

En la Avenida Araujo Cote, tramo de estudio para este caso se presentan 4 grietas en los extremos de los pasadores, la de mayor longitud se puede apreciar en la fotografía 4, la cual

<sup>31</sup>Manual de Inspección visual para pavimentos rígidos, grupo técnico convenio 587 de 2003, del INVIAS, Bogotá 2006. P.8.

<sup>32</sup> Ibid.,p.10.

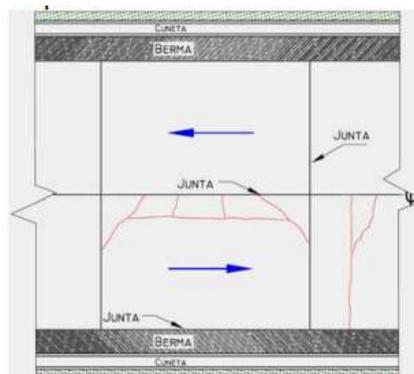
tiene una longitud de 1,7m y una abertura de 1,5Cm, medido esto se puede clasificar con un nivel de severidad alta de acuerdo a lo establecido en manual de inspección visual para pavimentos rígidos, grupo técnico convenio 587 de 2003, del invias, Bogota 2006. P.10.

Así mismo, las posibles causas de origen de este tipo de grieta son; mala ubicación de los pasadores, corrosión o des alineamiento de los pasadores, movimiento durante el proceso constructivo, diámetro de barras muy pequeño y cargas de trafico muy altas.

#### 4.1.5 Grietas en bloque o fracturación múltiple (GB).

Aparecen por la unión de grietas longitudinales y transversales formando bloques a lo largo de la placa.<sup>33</sup>

**Figura 5:** características Grietas en bloque o fracturación múltiple (GB).



**Fuente:** Autor del proyecto

**Fotografía 5:** Grietas en bloque o fracturación múltiple (GB).



**Fuente:** Autor del proyecto

---

<sup>33</sup> manual de inspección visual para pavimentos rígidos, grupo técnico convenio 587 de 2003, Del INVIAS, Bogotá 2006. P.11.

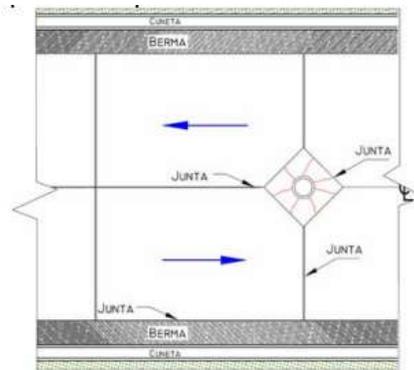
Este tipo de fracturación múltiple se encuentra en 3 puntos siendo la falla de la fotografía 5 la de mayor afectación, este tipo de grieta siempre se considera un deterioro de severidad alta.

Las fracturación múltiple pueden ser causada por la repetición de cargas pesadas, fatiga de concreto, el equivocado diseño estructural y las condiciones de soporte deficiente.<sup>34</sup>

Es la evolución final del proceso de figuración, que comienza formando una malla mas o menos cerrada; el tránsito y la continua flexión de las losas aceleran la subdivisión en bloques más pequeños favoreciendo el desportillamiento de sus bordes, pueden presentar diversas formas y aspectos pero con mayor frecuencia son delimitados por una junta y una fisura.<sup>35</sup>

**4.1.6 Grietas en pozos y sumideros (GA)** se presentan como una clasificación independiente, debido a que son grietas que están directamente relacionadas con la presencia del pozo o del sumidero.

**Figura 6:** características de Grietas en pozos y sumideros.



**Fuente:** Autores del proyecto

<sup>34</sup> Manual de inspección visual para pavimentos rígidos, grupo técnico convenio 587 de 2003, del INVIAS, Bogota 2006. P.11

<sup>35</sup> CORONADO, Jorge, Catalogo Centroamericano De Daños En Pavimentos Viales. En Manual Centroamericano De Mantenimiento De Carreteras. Consejo Sectorial De Ministros De Transporte De Centroamerica (COMITRAN), SECRETARIA DE INTEGRACION ECONOMICA CENTROAMERICANA(SIECA), GUATEMALA:2000.V.3.

**Fotografía 6:** Grietas en pozos.



**Fuente:** Autores del proyecto.

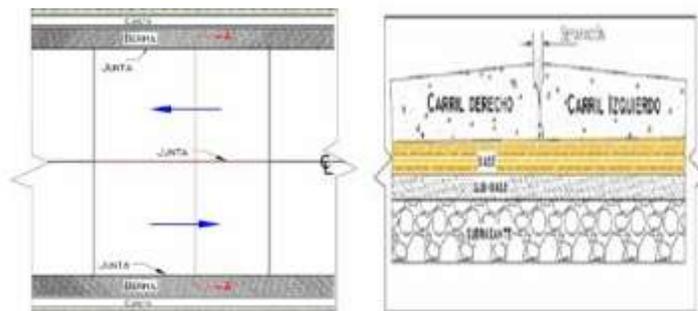
De acuerdo a las grietas observadas en la fotografía 6 y sabiendo que esta tiene una abertura de aproximadamente 1 Cm, podemos clasificar este tipo de grietas en un nivel de complejidad medio.

Las posibles causas de deterioro se le atribuyen a la variación en la distribución de esfuerzos debido a la presencia de pozos y sumideros, estos se convierten en una zona vulnerable a la aparición de grietas derivadas de la geometría irregular de la zona adyacente al pozo que no permite una buena distribución de esfuerzos.<sup>36</sup>

## 4.2 DAÑOS EN JUNTAS

**4.2.1 Separación de Juntas Longitudinales (SJ)** Corresponde a una abertura en la junta longitudinal del pavimento.<sup>37</sup>

**Figura 7:** Vista en planta y perfil; Separación de Juntas Longitudinales (SJ).



**Fuente:** Autores del proyecto

<sup>36</sup> manual de inspeccion visual para pavimentos rigidos, grupo tecnico convenio 587 de 2003, del invias, bogota 2006. P.13.

<sup>37</sup> Ibid.,p.13.

**Fotografía 7:** Separación de Juntas Longitudinales (SJ).



Fuente. Autores del proyecto

Este tipo de falla, se presenta 3 veces en la avenida de estudio, con la finalidad de medir el nivel de severidad de acuerdo con el manual de referencia se midió la falla de mayor longitud y abertura, es decir la de mayor impacto en la avenida.

Longitud: 1,7m

Abertura 2Cm.

Se clasifica en un nivel de severidad alta: aberturas mayores a 0,025m (10 mm). Se presenta diferencia de nivel entre losas adyacentes o altura sobre el nivel medio de la vía mucho mayor a 0,01 m (10 mm) medición del deterioro Se tomará la longitud en metros de la junta afectada por placa.<sup>38</sup>

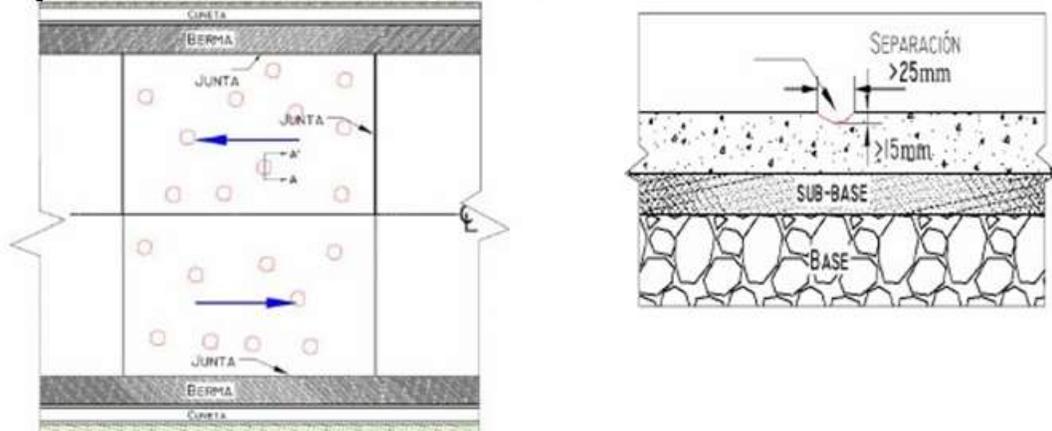
Según el manual de referencia las posibles causas de origen de este tipo de fallas es contracción o expansión diferencial de losas debido a la ausencia de barras de anclaje entre carriles adyacentes, desplazamiento lateral de las losas motivado por un asentamiento diferencial en la subrasante, ausencia de bermas, asentamiento diferencial de la subrogante.

**4.2.2 Descascaramiento (DE)** Descascaramiento es la rotura de la superficie de la losa hasta una profundidad del orden de 5 a 15 mm, por desprendimiento de pequeños trozos de concreto.

---

<sup>38</sup> manual de inspección visual para pavimentos rígidos, grupo técnico convenio 587 de 2003, del INVIAS, Bogotá 2006. P.13.

**Figura 8:** Descascaramiento vista en planta y perfil.



**Fuente:** Autores del proyecto.

**Fotografía 8.** Descascaramiento caso Avenida Araujo Cote.



**Fuente:** Autores del proyecto

En el tramo de pavimento estudiado se presentan descascaramiento en 5 partes, siendo el caso de la fotografía 8 el de mayor dimensión con una profundidad de 1,3 Cm y un área de  $140\text{Cm}^2$ , según el manual de acuerdo a la profundidad a la cual ha existido pérdida de material superficial se clasifica en nivel de severidad Media que consiste en la Pérdida de material superficial a una profundidad de entre 0,005 m y 0.015 m (5 - 15mm).

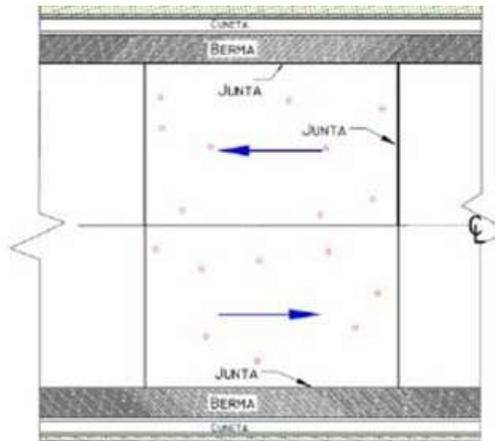
Por otra parte las posibles causas los descascaramientos generalmente son consecuencia de un exceso de acabado del concreto fresco colocado, produciendo la exudación del mortero y agua, dando lugar a que la superficie del concreto resulte muy débil frente a la retracción.

Las fisuras capilares pueden evolucionar en muchos casos por efecto del tránsito, dando origen al descascaramiento de la superficie, posibilitando un levantamiento de material superficial que progresa tanto en profundidad como en área, También pueden observarse

manifestaciones de descascaramiento en pavimentos con refuerzo, cuando las armaduras se colocan muy próximas a la superficie.

**4.2.3 Desintegración (DI)** Consiste en pérdida constante de agregado grueso en la superficie, debido a la progresiva desintegración de la superficie del pavimento por pérdida de material fino desprendido de matriz arena-cemento del concreto, provocando una superficie con pequeñas cavidades.

**Figura 9:** Desintegración (DI), vista en planta.



**Fotografía 9.** Desintegración (DI), caso Avenida Araujo Cote.



**Fuente:** Autores del proyecto.

La desintegración se presenta en gran parte en la superficie del pavimento, realizando una sumatoria de las áreas de afectación por desintegración se obtuvo un área total de  $35m^2$ .

De acuerdo con lo observado y medido se puede afirmar con sano criterio que el nivel de severidad de la desintegración va de medio a alto teniendo en cuenta lo que establece el manual de referencia, clasificándose dado las siguientes consideraciones.

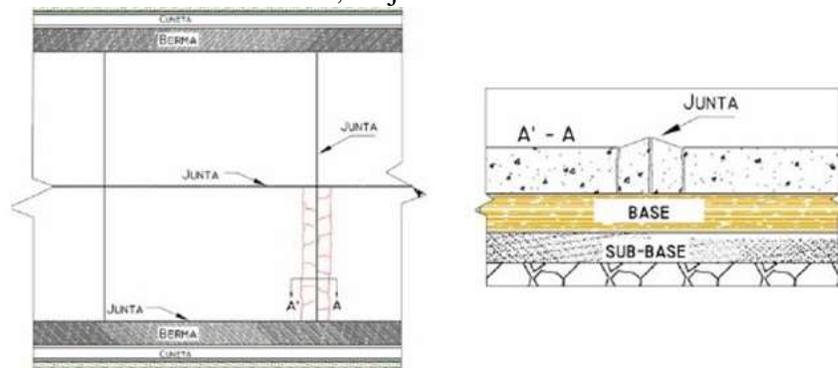
Media: Peladuras generalizadas, se extienden en la superficie dando lugar a una textura abierta, pero los desprendimientos se limitan a material fino, solo superficialmente.

Alta: Peladuras generalizadas, se extienden en la superficie dando lugar a una superficie rugosa, con desprendimiento de agregado grueso formando cavidades o pequeños baches superficiales.

Posibles causas es causado por el efecto abrasivo del tránsito sobre concretos de calidad pobre, ya sea por el empleo de dosificaciones inadecuadas (bajo contenido de cemento, exceso de agua, agregados de inapropiada granulometría), o bien por deficiencias durante su ejecución (segregación de la mezcla, insuficiente densificación, curado defectuoso), otras posibles causas son material inapropiado en el interior del hormigón tal como terrones de arcilla o cal viva, mortero poco homogéneo, deficiente calidad de los materiales, agregados expansivos o de baja durabilidad, reparaciones hechas sin seguir recomendaciones técnicas.<sup>39</sup>

**4.2.4 Levantamiento Localizado (LET, LEL)** Sobre-elevación abrupta de la superficie del pavimento, localizada generalmente en zonas contiguas a una junta o una grieta, habitualmente el concreto afectado se quiebra en varios trozos.<sup>40</sup>

**Figura 10.** Levantamiento Localizado; en junta transversal.



**Fuente.** Autores del proyecto.

<sup>39</sup> Manual de inspección visual para pavimentos rígidos, grupo técnico convenio 587 de 2003, del INVIAS, Bogotá 2006. P.20.

<sup>40</sup> Ibid., p.23.

### **Fotografía 10.** Levantamiento Localizado (LET, LEL)



**Fuente:** Autores del proyecto

Este tipo de falla, levantamiento localizado se presenta 3 veces en la avenida siendo la de mayor impacto el caso presentado en la fotografía 10, con una elevación entre bordes de un Cm y un área aproximada de  $3,4m^2$ .

La severidad se mide en función del efecto de esta falla en el nivel de serviciabilidad y muy especialmente en el riesgo que puede significar para los usuarios<sup>41</sup>, partiendo de esto, según lo establecido en el manual de referencia el nivel de severidad de este caso de levantamiento localizado es medio que consiste en la moderada incidencia en la comodidad de manejo, genera incomodidad y obliga a disminuir velocidad de circulación. Elevación entre bordes de la losa entre 0,005 m (5 mm) y 0,010 m (10 mm).

Posibles causas son causadas por falta de libertad de movimiento de las losas de concreto, la restricción a la expansión de las losas puede originar fuerzas de compresión considerables sobre el plano de la junta, cuando estas fuerzas no son completamente perpendiculares al plano de la junta o son excéntricas a la sección de la misma, pueden ocasionar el levantamiento de las losas contiguas a las juntas, acompañados generalmente por la rotura de estas losas. Otras causas pueden ser mala colocación de barras de transferencia, presencia de un estrato de suelos expansivos a poca profundidad, variaciones térmicas cuando la longitud de las losas es excesiva y no cuenta con juntas de expansión o presentarse por la evolución de desportillamientos.<sup>42</sup>

**4.2.5 Hundimientos o Asentamientos (HU)** Depresión o descenso de la superficie del pavimento en un área localizada; puede estar acompañado de agrietamiento significativo, debido al asentamiento de las losas.

---

<sup>41</sup> CORONADO, Jorge. Catálogo Centroamericano de daños en pavimentos viales. En Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. Consejo Sectorial de Ministros de Transporte de Centroamérica (COMITRAN), Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA). Guatemala: 2000. v.3

<sup>42</sup> manual de inspección visual para pavimentos rígidos, grupo técnico convenio 587 de 2003, del INVIAS, Bogotá 2006. P.24.

**Fotografía 11.** Hundimientos o Asentamientos (HU), caso Avenida Araujo Cote



**Fuente:** Autores del proyecto.

Se presenta 3 hundimientos en forma de media luna en el borde del pavimento, con una profundidad de 1,3 Cm el hundimiento de mayor profundidad, registrado en la fotografía 11. De acuerdo con el manual de referencia con sano criterio se afirma que el nivel de severidad es bajo ya que Profundidad menor que 20 mm, causa poca vibración al vehículo, sin generar incomodidad al conductor; el cual se clasifica según su incidencia en la comodidad de manejo, estos niveles se pueden asignar a la vía con base en la observación de automóviles circulando.

#### [4.3 CALCULO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL PAVIMENTO EXISTENTE.](#)

Ahora bien, Con la finalidad de determinar la resistencia a la compresión que ofrece el pavimento existente del caso en estudio, Avenida Araujo Cote, se extraen cuatro muestras (cilindro) del pavimento para analizarlo mediante ensayos de resistencia;

**Fotografía 12:** Extracción de muestras para analizar.



**Fuente:** Autor del proyecto

### 4.3.1 Ensayo resistencia a la compresión, muestra 1

El cilindro de muestra para la realización de el ensayo de resistencia a la compresión tiene las siguientes características:

Peso (kg): 1,317

Altura (mm) :122,5

Diámetro (mm) :77,82

Teniendo en cuenta las siguientes dimensiones se procede a realizar los respectivos cálculos, de área, volumen y densidad.

### 4.3.2 Cálculo el área:

$$A = \frac{\pi * d^2}{4}$$

77,82mm

$$A = \frac{\pi * 77,82^2}{4} = 4756 \text{ mm}^2$$

Area (mm<sup>2</sup>)= 4756

### 4.3.3 Cálculo de volumen

$$V = \text{Área} * \text{Altura}$$

$$V = 4756 \text{ mm}^2 * 122,5 \text{ mm}$$

$$V = 582610 \text{ mm}^3$$

### 4.3.4 Cálculo de densidad

$$D = \frac{PESO}{VOLUMEN}$$

$$D = \frac{1,317 \text{ kg}}{582610 \text{ mm}^3}$$

Densidad (kg/m<sup>3</sup>) = 2.260

La probeta con las características establecidas se somete al ensayo de compresión, con la finalidad de determinar su resistencia, ver fotografía 13.

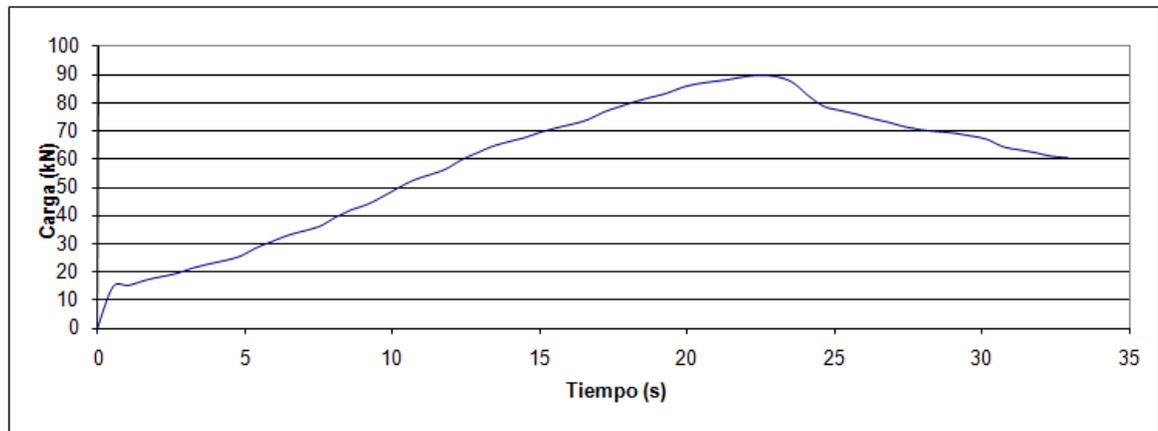
**Fotografía 13.** Muestra 1 colocada en la máquina universal para realizarle el ensayo de resistencia a la compresión.



**Fuente:** Autor del proyecto.

A continuación se presenta los resultados obtenidos en el ensayo, así mismo según los resultados de carga y tiempo se realizó la respectiva gráfica de carga vs tiempo.

**Grafica 1.** Carga vs tiempo

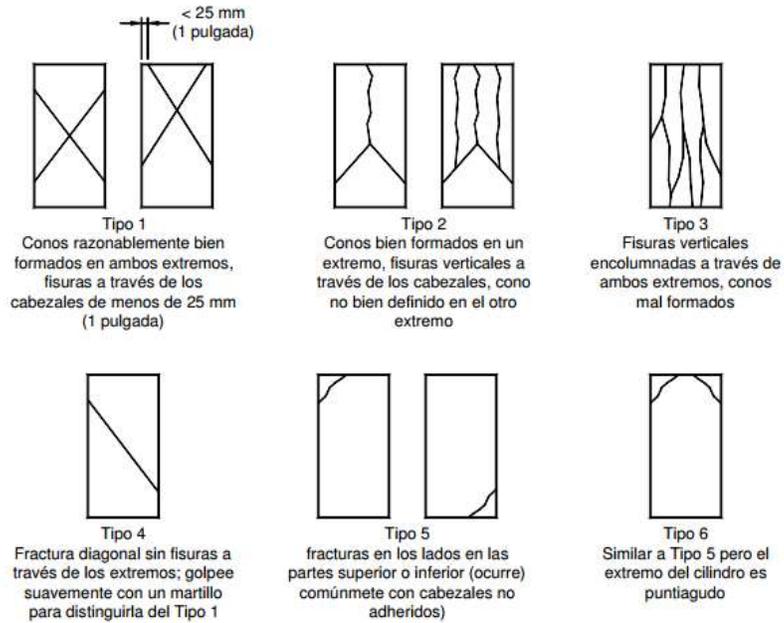


**Fuente:** Autores del proyecto.

En la gráfica podemos observar que la carga máxima que soporto el cilindro fue de 89,8 KN, aproximadamente a los 23 segundos de estar aplicando la carga podemos ver que presenta una uniformidad de carga durante varios segundos, inmediatamente después empieza a decrecer los valores de la carga, lo cual significa que ya se presentó la falla del concreto.

El tipo de falla que presentó el cilindro de muestra es la falla tipo 4 , de acuerdo con la figura 11, establecida por la NORMA TÉCNICA NTC COLOMBIANA 673.

**Figura 11:** esquema de los modelos de fractura típicos



**Figura 2** Esquema de los modelos de fractura típicos

**Fuente:** Autor del proyecto.

**Fotografía 14.** fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos, presentada por la muestra 1.



**Fuente:** Autor del proyecto.

Ahora bien, la carga máxima que soporto el cilindro de muestra es de 89,8 KN, y teniendo un desarrollo de 85,79%

Considerando lo siguiente se procede a calcular la resistencia a la compresión de la muestra; calcule la resistencia a la compresión del espécimen dividiendo la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo por el promedio de la sección transversal<sup>43</sup>

#### 4.3.5 Resistencia a la compresión

$$\text{Resistencia a la compresión} = \frac{\text{Carga maxima}}{\text{area seccion transversal}}$$

$$\text{Resistencia a la compresión} = \frac{89,8 \text{ KN}}{4756/1000000} / 1000$$

Resistencia a la compresión real: 18,88Mpa.

Si la relación de longitud a diámetro del espécimen es de 1,75 o menos, corrija el resultado obtenido de la resistencia a la compresión multiplicanda por el factor de corrección apropiado mostrado en la tabla 3<sup>44</sup>

**Tabla 3. Factor de corrección longitud diámetro**

L/D:	1,75	1,50	1,25	1,00
Factor:	0,98	0,96	0,93	0,87
NOTA Use interpolación para determinar los factores de corrección para los valores L/D intermedios entre los valores dados en la tabla.				

Fuente: Autores del proyecto.

Considerando lo anterior, tenemos un factor de relación  $L/D = \frac{122,5}{77,82} = 1,57$

Realizando la respectiva interpolación obtenemos un factor de corrección de 0,96. Como se muestra a continuación,

relacion l/d	factor de correccion	resistencia corregida
1,57	0,96	18,12

Resistencia a la compresión corregida (Mpa)= 18,12

De igual forma siguiendo exactamente el mismo procedimiento de cálculo del ensayo de la muestra 1 anterior obtenemos las siguientes propiedades.

<sup>43</sup> CONCRETOS. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO. NORMA TÉCNICA NTC COLOMBIANA 673; 2010.

<sup>44</sup> Ibid.p.10.

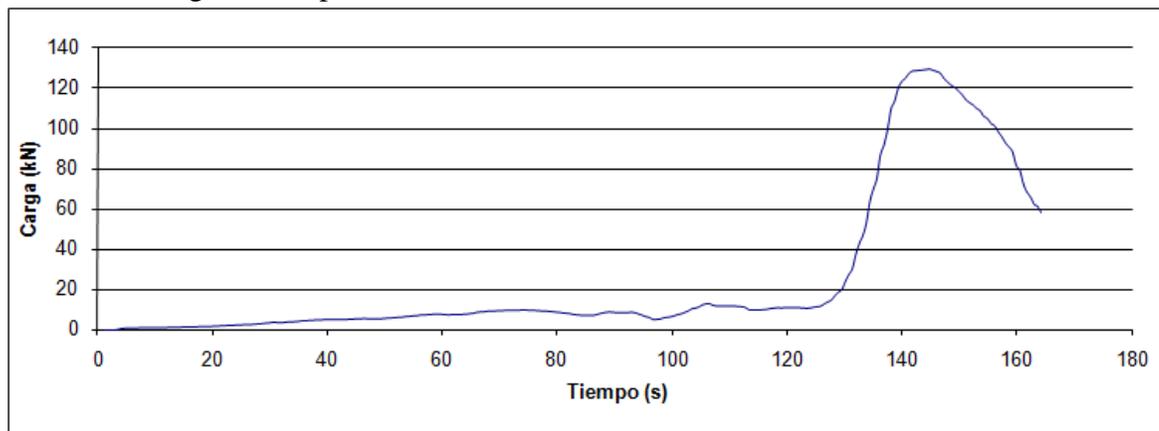
#### 4.4 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION MUESTRA 2

El cilindro de muestra 2 para la realización del ensayo de resistencia a la compresión tiene las siguientes características:

Resultados de ensayo	
No. Del Cilindro	2
Altura (mm)	77,86
Diametro (mm)	74,7
Area (mm <sup>2</sup> )	4761
Edad (días)	0
Carga (kN)	129,9
Resistencia Real (Mpa)	27,29
Desarrollo (%)	124,03
resistencia esperada Mpa	22

Ahora bien, según los resultados de carga y tiempo se realizó la respectiva grafica de carga vs tiempo.

**Grafica 2.** Carga vs tiempo



**Fuente:** Autores del proyecto.

En la gráfica podemos observar que la carga máxima que soporto el cilindro fue de 129,9 KN, aproximadamente a los 143 segundos de estar aplicando la carga podemos ver que presenta el pico máximo, es decir la carga máxima, inmediatamente después empieza a decrecer los valores de la carga, lo cual significa que ya se presentó la falla del concreto, este decrecer tarde aproximadamente 23 segundos.

Si la relación de longitud a diámetro del espécimen es de 1,75 o menos, corrija el resultado obtenido de la resistencia a la compresión multiplicanda por el factor de corrección apropiado mostrado en la Tabla 3<sup>45</sup>

**Tabla 3. Factor de corrección longitud diámetro**

L/D:	1,75	1,50	1,25	1,00
Factor:	0,98	0,96	0,93	0,87
NOTA Use interpolación para determinar los factores de corrección para los valores L/D intermedios entre los valores dados en la tabla.				

**Fuente:** Autor del proyecto.

Considerando lo anterior, tenemos un factor de relación  $L/D = \frac{77,86}{74,7} = 1,04$

Realizando la respectiva interpolación obtenemos un factor de corrección de 0,87.

Resistencia a la compresión Real (Mpa)= 27,29

Resistencia a la compresión corregida = 27,29\* 0,87=23,73 Mpa.

Resistencia a la compresión corregida = 23,73 Mpa.

#### **4.5 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION MUESTRA 3**

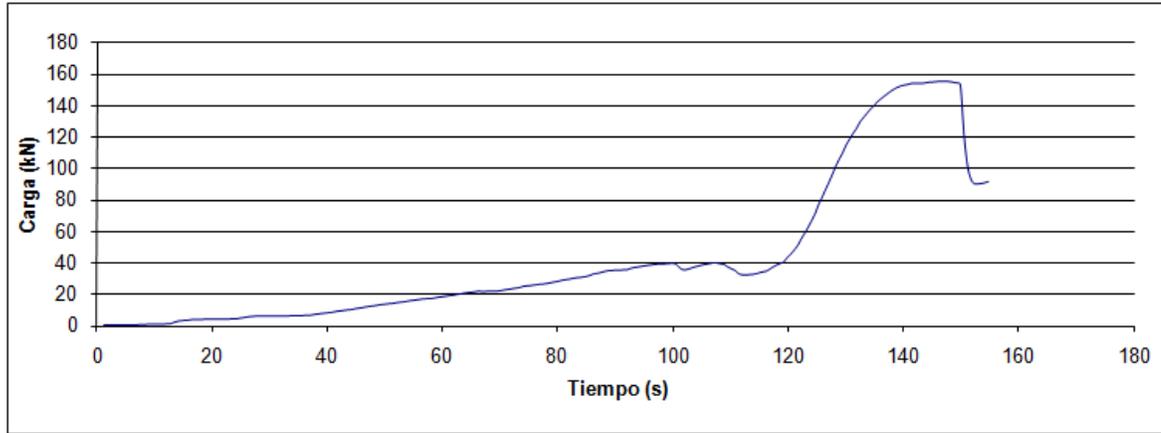
El cilindro de muestra 3 para la realización del ensayo de resistencia a la compresión tiene las siguientes características:

<b>Resultados de ensayo</b>	
<b>No. Del Cilindro</b>	<b>3</b>
<b>Altura (mm)</b>	84,4
<b>Diametro (mm)</b>	75,18
<b>Area (mm<sup>2</sup>)</b>	4439
<b>Edad (días)</b>	0
<b>Carga (kN)</b>	156,2
<b>Resistencia Real (Mpa)</b>	35,18
<b>Desarrollo (%)</b>	140,71
<b>resistencia esperada (Mpa)</b>	25

Ahora bien, según los resultados de carga y tiempo se realizó la respectiva gráfica de carga vs tiempo.

<sup>45</sup> Ibid.p.10.

**Grafica 3.** Carga vs tiempo



**Fuente:** Autores del proyecto.

En la gráfica podemos observar que la carga máxima que soporto el cilindro fue de 156,2 KN, aproximadamente a los 140 segundos de estar aplicando la carga podemos ver que presenta el pico máximo, es decir la carga máxima, donde se mantiene constante por unos segundos inmediatamente después empieza a decrecer los valores de la carga, lo cual significa que ya se presentó la falla del concreto, este decrecer tarde aproximadamente 10 segundos.

Si la relación de longitud a diámetro del espécimen es de 1,75 o menos, corrija el resultado obtenido de la resistencia a la compresión multiplicanda por el factor de corrección apropiado mostrado en la Tabla 3<sup>46</sup>

**Tabla 3. Factor de corrección longitud diámetro**

L/D:	1,75	1,50	1,25	1,00
Factor:	0,98	0,96	0,93	0,87

NOTA Use interpolación para determinar los factores de corrección para los valores L/D intermedios entre los valores dados en la tabla.

**Fuente:** Autor del proyecto.

Considerando lo anterior, tenemos un factor de relación  $L/D = \frac{84,4}{75,18} = 1,1$

Realizando la respectiva interpolación obtenemos un factor de corrección de 0,87.

Resistencia a la compresión Real (Mpa)= 35,18

Resistencia a la compresión corregida = 35,18\* 0,87=30,6 Mpa.

Resistencia a la compresión corregida = 30,6 Mpa.

<sup>46</sup> Ibid.p.10.

#### 4.6 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION MUESTRA 4

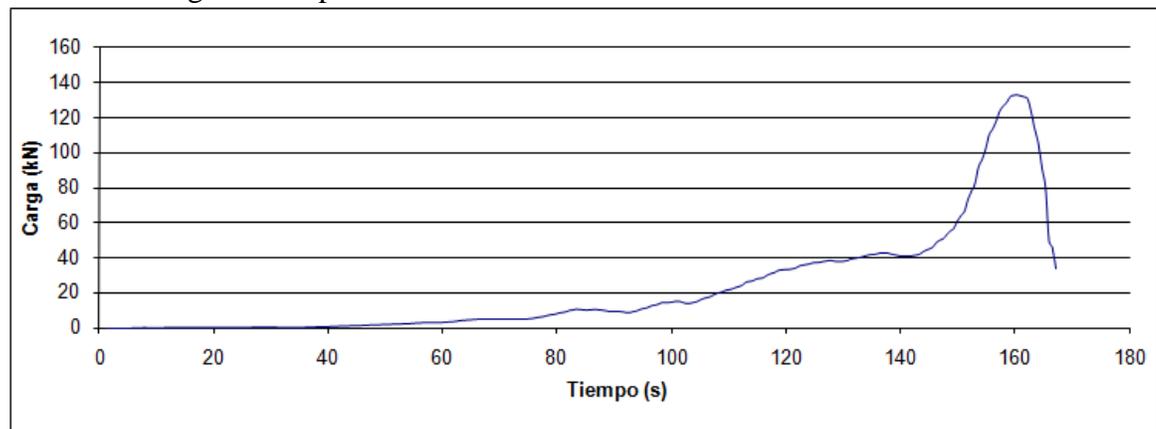
A continuación se presenta los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión:

Resultados de ensayo	
No. Del Cilindro	4
Altura (mm)	142,2
Diametro (mm)	76,45
Area (mm <sup>2</sup> )	4590
Edad (días)	0
Carga (kN)	133,4
Resistencia Real (Mpa)	29,06
Desarrollo (%)	145,32)
resistencia esperada (Mpa)	20

Ahora bien, la carga máxima que soporto la muestra de concreto es de 133,4 KN, y teniendo un desarrollo de 145,32 %.

Según los resultados de carga y tiempo se realizó la respectiva gráfica de carga vs tiempo.

**Grafica 4.** Carga vs tiempo



**Fuente:** Autores del proyecto.

En la gráfica podemos observar que la carga máxima que soporto el cilindro fue de 133,4KN, aproximadamente a los 160 segundos de estar aplicando la carga podemos ver que presenta el pico máximo, es decir la carga máxima, inmediatamente después empieza a decrecer los valores de la carga, lo cual significa que ya se presentó la falla del concreto, este decrecer tarde aproximadamente 8 segundos.

Considerando lo siguiente se procede a calcular la resistencia a la compresión de la muestra; calcule la resistencia a la compresión del espécimen dividiendo la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo por el promedio de la sección transversal<sup>47</sup>

$$\text{Resistencia a la compresión} = \frac{\text{Carga maxima}}{\text{area seccion transversal}}$$

$$\text{Resistencia a la compresión} = \frac{133,4\text{KN}}{4590/1000000} / 1000$$

Resistencia a la compresión real: 29,06 Mpa.

Si la relación de longitud a diámetro del espécimen es de 1,75 o menos, corrija el resultado obtenido de la resistencia a la compresión multiplicando por el factor de corrección apropiado mostrado en la Tabla 3<sup>48</sup>

**Tabla 3. Factor de corrección longitud diámetro**

L/D:	1,75	1,50	1,25	1,00
Factor:	0,98	0,96	0,93	0,87
NOTA Use interpolación para determinar los factores de corrección para los valores L/D intermedios entre los valores dados en la tabla.				

Fuente: Autores del proyecto.

Considerando lo anterior, tenemos un factor de relación  $L/D = \frac{142,2}{76,45} = 1,86$

La relación L/D es mayor de 1,75 por tal razón no es necesario aplicar o multiplicar por el factor de corrección.

Considerando la gran cantidad de fallas y el nivel de severidad alto que presentan las mismas en el pavimento del caso Avenida Araujo Cote, además de la baja resistencia a la compresión que presenta el pavimento con sano criterio se puede decir que es necesario realizar una intervención inmediata en esta estructura, con la finalidad de garantizar la funcionalidad, seguridad y comodidad de la avenida en estudio; es así como se procede a realizar una propuesta de diseño de una nueva estructura de pavimento para este caso.

## **4.7 DISEÑO DE PAVIMENTO EN CONCRETO RIGIDO, CASO AVENIDA ARAUJO COTE.**

### **4.7.1 Reconocimiento del subsuelo**

**4.7.2 Exploración de campo.** Se realizaron dos sondeos (con extracción de núcleo) utilizando el método de Penetración Dinámica De Cono PDC hasta una profundidad de 1m

<sup>47</sup> CONCRETOS. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO. NORMA TÉCNICA NTC COLOMBIANA 673; 2010.

<sup>48</sup> Ibid.p.10.

tomando una muestra de cada uno, cada sondeo fue realizado en puntos estratégicos que permitieron la identificación del suelo en todo el tramo en estudio, estos procedimientos se realizan con la finalidad de identificar el tipo de suelo que compone el área del tramo estudiado.

Ahora bien, en cada una de las excavaciones se realizó extracción de núcleo para cada sondeo y ensayo de penetración dinámica de cono para cada sondeo.

En cuanto a la posición del nivel freático, no se encontró a una profundidad de 1m.

Localización de los sondeos

Georreferenciación de los sondeos.

- Sondeo 1.

Coordenadas: N8 17.501 W73 23.110

Altura (m): 1135

- Sondeo 2.

Coordenadas: N8 17.501 W73 23.066

Altura (m): 1134

**Figura 12.** Localización de los sondeos.



Fuente, google earth.

Además de estos ensayos de campo, que son los sondeos, extracciones de núcleo y penetración dinámica de cono, se realizaron ensayos de laboratorio los cuales son de CBR y de Granulometría.

## 4.8 DISEÑO DE PAVIMENTO EN CONCRETO

**4.8.1 Definición de variables.** En el diseño del pavimento es necesario tener en cuenta varios elementos, de los cuales los más importantes son la capacidad de soporte del suelo, el tránsito

que circulará sobre la estructura durante todo su periodo de diseño, las condiciones climáticas y los materiales con que se construirá<sup>49</sup>

**4.8.2 El tránsito y el período de diseño.** Las categorías de tránsito que se tuvieron en cuenta para los diseños de los pavimentos se indican en la Tabla 1, la cual se obtuvo a partir de los espectros de carga obtenidos con la distribución de pesos para los diferentes tipos de eje por cada 1.000 camiones, en diferentes estaciones de peaje en el país afectados por los respectivos factores de equivalencia establecidos por la AASHTO.

El “TPDs” es el promedio diario, obtenido de un conteo de una semana, de los vehículos que pasan por una sección de la vía.<sup>50</sup>

Mediante la realización de 3 aforos vehiculares representativos, que se llevaron a cabo los días lunes, miércoles y viernes durante 12 horas consecutivas a partir de las seis de la mañana de cada día, dichos aforos fueron realizados por los autores de este documento con el propósito de determinar el tránsito promedio diario.

$$\text{TPDs} = 959/3=319,67$$

**Tabla 1. Categoría del tránsito para selección de espesores.**

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
T <sub>0</sub>	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1'000.000
T1	(Vs) – (M ó A) – (CC)	201 a 500	1'000.000 a 1'500.000
T2	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1.000	1'500.000 a 5'000.000
T3	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1.001 a 2.500	5'000.000 a 9'000.000
T4	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2.501 a 5.000	9'000.000 a 17'000.000
T5	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5.001 a 10.000	17'000.000 a 25'000.000
T6	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10.001	25'000.000 a 100'000.000

**Fuente:** Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito. P.12.

Por otra parte se identifica la vía como vía secundaria, con un ancho de vía de 7,5 metros, considerando esto y lo anteriormente planteado se determina la categoría del tránsito como T1.

Así mismo se considera un periodo de diseño de 20 años para todos los análisis estructurales, el cual bajo premisas teóricas debe coincidir como mínimo con la vida útil del pavimento, en el caso que exista una buena certidumbre en el análisis de las variables de diseño y su respectiva proyección.<sup>51</sup>

<sup>49</sup> Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.

<sup>50</sup> Ibid.p.11.

<sup>51</sup> Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.

Material de soporte para el pavimento en este manual se tendrán en cuenta tres tipos de soporte para el pavimento, como se indica en la Tabla 1.

del mismo modo, el suelo natural, las bases granulares (Artículo INV-330-07) y las bases estabilizadas con cemento (Artículo INV-341-07), de 150 mm de espesor. Su efecto en el espesor de la estructura se tendrá en cuenta elevando el valor de la capacidad de soporte del terreno natural o suelo de subrasante.<sup>52</sup>

De igual forma se debe determinar la transferencia de cargas entre losas y confinamiento lateral

Hay dos factores que influyen en la determinación del espesor de las losas de concreto y son la presencia de pasadores de carga (dovelas) en las juntas transversales y los confinamientos laterales del pavimento, como son las bermas, los bordillos o los andenes.

En este manual se presenta el espesor que deben tener los pavimentos en función de la presencia o ausencia de las dovelas y de los elementos confinantes, que para efectos prácticos se denominan genéricamente como bermas.<sup>53</sup>

Considerando lo anteriormente planteado de acuerdo al anual de diseño de pavimentos de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito las variables con que se desarrollara el diseño serán las siguientes:

- ✓ Ancho de la vía: 7,5 metros.
- ✓ Categoría del tránsito: 1
- ✓ CBR (INV 148-07) de diseño: 2% (sumergido)
- ✓ Clasificación o tipo de subrasante: medio.
- ✓ Resistencia a la flexotracción: 650 PSI a los 28 días.
- ✓ Periodo de diseño: 20 años.
- ✓ Pavimento soporta: base granular de 15 Cm.
- ✓ Transferencia de carga y confinamiento lateral: con dovelas y bermas.

En Colombia los métodos de diseño para los pavimentos de concreto más utilizados son los propuestos por la AASHTO en 1993 y la PCA en 1984. Ambos métodos tienen características distintas y los espesores calculados con ellos, para condiciones similares, pueden ser diferentes, pese a lo anterior, se siguieron las recomendaciones de los dos métodos para la elaboración de las cartas de diseño que se proponen en el catálogo de estructuras.<sup>54</sup>

Teniendo en cuenta los aspectos antes mencionados y teniendo como soporte el METODO SIMPLIFICADO PCA (Portland Cement Association), el propósito de este método de diseño

---

<sup>52</sup> Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.p.11.

<sup>53</sup> Ibid.p.13.

<sup>54</sup> Ibid.p.15.

es el mismo que para otras estructuras, obtener el espesor mínimo que resultara en el costo anual más bajo, bajo los costos de inversión inicial y de mantenimiento.<sup>55</sup>

### 4.8.3 Caracterización geotécnica de la superficie

En cada tramo se tomaron datos a una profundidad 0 a 1,5m, tomándose muestras de suelo para su posterior caracterización en el laboratorio.

En cada ramo se tomó una muestra inalterada de CBR para realizar ensayos de resistencia a la subrasante, obteniendo los módulos de reacción (K) correspondiente, además de la características necesarias para su clasificación por granulometria e índices de plasticidad. Ver tabla 1

**Tabla 2: CARACTERIZACION DE LA SUBRASANTE.**

ENSAYOS	CBR%	HUMEDAD NATURAL
1	2,01	6,80%
2	2,1	8,40%

**Fuente:** Autores del proyecto.

## 4.9 DISEÑO ESTRUCTURA PAVIMENTO RIGIDO, METODO PCA

### 4.9.1 Procedimiento de diseño simplificado, (datos de carga por eje, no disponibles).

Este tipo de procedimiento es para ser usado cuando los datos específicos de carga por eje no estén disponibles. Las tablas de diseño simplificado han sido generadas en base a distribuciones compuestas de cargas por eje, que representan diferentes categorías de carreteras y calles.<sup>56</sup>

Ahora bien los pasos de diseño son los siguientes:<sup>57</sup>

1. Estimación del ADTT (tráfico diario promedio de camiones en dos direcciones, excluyendo camiones de ejes dobles y cuatro ruedas).

---

<sup>55</sup> Diseño de espesores para pavimentos de hormigones carreteras y calles método de la Portland Cement Association, instituto boliviano del cemento y hormigón para el ministerio de transporte y obras públicas de ecuador,p.1.

<sup>56</sup> Ibid.,p.30.

<sup>57</sup> Diseño de espesores para pavimentos de hormigones carreteras y calles método de la Portland Cement Association, instituto boliviano del cemento y hormigón para el ministerio de transporte y obras publicas de ecuador,p30.

2. Selección de la Categoría de carga por eje 1, 2, 3 ó 4.
3. Encontrar el espesor requerido de la losa en la (Para el uso de estas tablas, ver lo tratado como “Comentarios al Procedimiento Simplificado”.)

El diseñador no usa directamente los datos de cargas por eje debido a que los diseños han sido pre-resueltos por los métodos de la PCA.

Una amplia variedad de tipos de pavimentos construidos es cubierto por las cuatro categorías mostradas en la Tabla 3.

**Tabla 3:** Categoría de carga por eje.

Cat. Carga por Eje	Descripción	Tráfico			Cargas por Eje máximas, kips	
		ADT	ADTT		Ejes Simp.	Ejes Tand.
			%	Por día		
1.	Calles, residenciales. Carreteras rurales y secundarias (baja mediana)	200-800	1-3	hasta 25	22	36
2.	Calles colectoras. Carreteras rurales y secundarias (alta). Calles arteriales y carreteras primarias (baja).	700-5000	5-18	40-1000	26	44
3.	Calles arteriales y carreteras primarias (mediana). Vías - expresa e interestatales urbanos y rurales (baja a mediana)	3000-12000 2 Carr. 3000-50000 4 Carr. o más	8-30	500-50000	30	52
4.	Calles arteriales, carreteras primarias, vías - expresa (alta). Interestatales urbanos y rurales (mediana a alta)	3000-20000 2 Carr. 3000-150000 4 Carr. o más	8-30	1500-8000	34	60

**Fuente:** Diseño de espesores para pavimentos de hormigones carreteras y calles método de la Portland Cement Association, Instituto Boliviano del cemento y hormigón para el Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Ecuador, p31.

En la tabla 2, ya se han tenido en cuenta los factores de seguridad de carga apropiados de 1.0, 1.1, 1.2, y 1.3, respectivamente, han sido incorporados en las tablas de diseño para las

categorías de carga por Eje 1, 2, 3, y 4, para un período de diseño de 20 años.<sup>58</sup>

Considerando las condiciones de esta avenida y para este caso proyectando el tránsito atraído y generado por la pavimentación de esta vía, se procede a asumir la **categoría de carga por eje =2**, por tratarse desde luego de una calle colectora, carretera, considerando un TPD entre 700 y 5000 y un TPDC entre 40 y 1000.

#### 4.9.2 Tipos de suelo de subrasante y valores aproximados de cbr.

**Tabla 4.** Tipos de suelo de subrasante y valores aproximados de k.

Tipo de Suelo	Soporte	Valores k, pci
Suelos de grano fino con predominio de limos y arcillas.	Bajo	75-120
Arenas y mezclas de arena-gravas, con moderadas cantidades de limos y arcillas	Mediano	130-170
Arenas y mezclas de arena-gravas, relativamente libre de plásticos finos	Alto	180-220
subbases tratadas con cemento	Muy alto	250-400

**Fuente:** Diseño de espesores para pavimentos de hormigones carreteras y calles método de la Portland Cement Association, instituto boliviano del cemento y hormigón para el ministerio de transporte y obras públicas de Ecuador, p32.

Según el estudio geotécnico realizado por VYO INGENIERIA S.A.S, se establecen valores de CBR, sumergido entre 2 y 3,7 **Ver tabla 1** ; y se establecen que predominan suelos conformados por **ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLA DE ARENA Y ARCILLA, ver anexo 1: estudios geotécnicos.**

Considerando lo anterior y de acuerdo con la tabla 3, determinamos que el suelo de estudio posee **SOPORTE BAJO.**

#### 4.9.3 Módulo de rotura

El hormigón usado en pavimentos debe ser de alta calidad y tener adecuada durabilidad, de

<sup>58</sup> , Diseño de espesores para pavimentos de hormigones carreteras y calles método de la Portland Cement Association, instituto boliviano del cemento y hormigón para el ministerio de transporte y obras públicas de Ecuador, p31.

resistencia uniforme, y ser resistente a la flexión (módulo de ruptura), dentro del rango 550 a 650 PSI; para nuestro caso recomendamos un Mr de 650 PSI.<sup>59</sup>

Dado que se espera que las magnitudes de las cargas por eje sean similares a las promedio que circulan por las vías y según se estableció anteriormente una **categoría de 2**.

**Tabla 5: ADTT permisible, Categoría 2 de Carga por Eje-Pavimentos con Dowels en las Juntas.**

Sin Berna de Concreto o Sardinell					Con Berna de Concreto o Sardinell				
Espesor de losa	Soporte de Subrasante - subbase				Espesor de losa (pulg.)	Soporte de Subrasante - subbase			
	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto		Bajo	Medio	Alto	Ma
MR = 650 PSI	5.5				5	5	3	9	42
	6				5.5	9	42	120	450
	6.5	9	43	120	490	6	96	380	970
	7	80	320	840	3100	6.5	710	2600	
	7.5	490	1900			7	4200		
	8	2500							
MR = 600 PSI	6				11	5	1		
	6.5				110	5.5	1	8	23
	7	15	70	190	750	6	19	84	220
	7.5	110	440	1100		6.5	160	620	1500
	8	590	2300			7	1000	3600	
	8.5	2700							
MR = 550 PSI	6.5				19	5.5	3		
	7				150	6	3	14	41
	7.5	19	84	230	890	6.5	29	120	320
	8	120	470	1200		7	210	770	1900
	8.5	560	2200			7.5	1100	4000	
	9	2400							

**Fuente:** Diseño de espesores para pavimentos de hormigones carreteras y calles método de la Portland Cement Association, instituto Boliviano del cemento y hormigón para el Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Ecuador, p35.

<sup>59</sup> Diseño de espesores para pavimentos de hormigones carreteras y calles método de la Portland Cement Association, instituto boliviano del cemento y hormigón para el ministerio de transporte y obras públicas de ecuador,p33.

Considerando la clase de soporte establecida, es decir bajo, la tabla 4 muestra que el TPD-C admisible sería de 4200 vehículos, los cuales son considerados para un espesor de losa de 7 pulgadas, lo cual es igual a 177,8 mm.

Teniendo en cuenta lo anterior, se establece que **el pavimento tendrá un espesor de 180mm, lo cual es igual a 18 cm de concreto rígido con MR= 650 psi y base granular de 15 Cm.**

ESPESOR		MATERIAL
18 Cm		concreto con MR=650 psi
15 Cm		Base granular
	XXXXXXXXXXXXXXXXXX	subrasante natural

#### 4.9.4 Diseño de juntas transversales.

En las losas que conforman un pavimento se dan esfuerzos como consecuencia del paso de los vehículos y de los movimientos de contracción y dilatación del concreto y a las diferencias en la temperatura, o en la humedad, entre la cara superficial y la de soporte de la losa, estos esfuerzos se controlan con el diseño de las juntas.<sup>60</sup>

Considerando las condiciones climáticas, constructivas, y el tipo de vehículos, se recomienda usar un sistema de transmisión de cargas usando pasadores con el fin de darle soporte a la estructura.

Teniendo en cuenta el espesor del pavimento se procede a realizar recomendaciones sobre el acero, para este caso los pasadores de carga.

**Tabla 6.** Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga.

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada		
0 - 100	13	1/2	250	300
110 - 130	16	5/8	300	300
140 - 150	19	3/4	350	300
160 - 180	22	7/8	350	300
190 - 200	25	1	350	300
210 - 230	29	1 1/8	400	300
240 - 250	32	1 1/4	450	300
260 - 280	35	1 3/8	450	300
290 - 300	38	1 1/2	500	300

**Fuente:** Tabla 6-2. Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.

<sup>60</sup> Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.p.93.

El espaciamiento entre las juntas transversales debe estar comprendido entre 3,60 y 5,0 m y la relación entre el largo y ancho de las losas debe oscilar entre 1 y 1,3. Como recomendación general, las losas que sean lo más cuadradas posible, tendrán un mejor comportamiento estructural.<sup>61</sup> Además se recomienda una longitud de 3m debido a la temperatura de la zona, así mismo se utilizaran dovelas o acero liso de 22mm o 7/8 pulgada de longitud de 35 Cm y separación entre centros de 30 Cm.

#### 4.9.5 Refuerzo de las juntas longitudinales.

Las juntas longitudinales pueden ser de alabeo o de construcción. El objetivo básico de estas juntas es el de controlar las fisuras que se pueden presentar en los pavimentos cuando se construyen con anchos superiores a los 4,5 metros. En nuestro medio, en el cual existe la tradición de construir los pavimentos por carriles, con un ancho cercano a los 3,6 m, las juntas longitudinales son normalmente de construcción.<sup>62</sup>

Se admiten aceros con resistencia de 187,5 MPa (40000 psi) y 280 MPa (60000 psi). La selección del diámetro, separación, longitud y resistencia de las barras de anclaje, se puede hacer según los criterios indicados en la tabla 7.

**Tabla 7.** Recomendaciones para barras de anclaje.

Espesor de losa (mm)	Barras de $\phi$ 9,5 mm (3/8")			Barras de $\phi$ 12,7 mm (1/2")			Barras de $\phi$ 15,9 mm (5/8")					
	Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)		
		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)
<b>Acero de <math>f_y = 187,5</math> MPa (40.000 psi)</b>												
150	0,45	0,80	0,75	0,65	0,60	1,20	1,20	1,20	0,70	1,20	1,20	1,20
175		0,70	0,60	0,55		1,20	1,10	1,00		1,20	1,20	1,20
200		0,60	0,55	0,50		1,05	1,00	0,90		1,20	1,20	1,20
225		0,55	0,50	0,45		0,85	0,85	0,80		1,20	1,20	1,20
250		0,45	0,45	0,40		0,85	0,80	0,70		1,20	1,20	1,10
<b>Acero de <math>f_y = 280</math> MPa (60.000 psi)</b>												
150	0,65	1,20	1,10	1,00	0,85	1,20	1,20	1,20	1,00	1,20	1,20	1,20
175		1,05	0,95	0,85		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
200		0,90	0,80	0,75		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
225		0,80	0,75	0,65		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
250		0,70	0,65	0,60		1,20	1,15	1,10		1,20	1,20	1,20

**Fuente:** Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.p95.

<sup>61</sup> Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.p.97.

<sup>62</sup> Ibid.p.94.

Las juntas longitudinales se utilizaran para dividir las losas y se utilizara acero corrugado de 12,7 mm o ½ pulgada de longitud 0,85 metros espaciados cada 1,2 m.

#### **4.9.6 Juntas de retracción o contracción**

Con este nombre se denominan las juntas que se hacen para liberar los esfuerzos que se desarrollan, en las primeras horas después de construido el pavimento, cuando el concreto sufre contracciones mientras se seca y enfría.

Estas juntas se hacen cortando el concreto, después de que pasan dos horas de haber terminado las labores de enrasado, nivelado y rayado, pero antes de pasadas 12 horas, si el corte se va a realizar con equipos de aserrado dotados de discos adiamantados.

El momento del corte depende de la conjugación de muchas variables, sobretodo del contenido de cemento, las temperaturas del concreto y ambiente durante la construcción del pavimento, la calidad de los agregados y la fricción de la losa con su soporte. Las juntas también se pueden cortar mientras el concreto está fresco cuando se trata de obras con bajo nivel de tránsito, con velocidad de circulación restringida o en aquellas vías en las que la regularidad superficial no sea un parámetro de gran importancia.<sup>63</sup>

#### **4.10 SEGUIMIENTO PROCESO CONSTRUCTIVO**

Tras el diseño de la estructura del pavimento se procede a realizar el proceso de seguimiento desde la demolición del pavimento existente hasta todo el proceso constructivo de la nueva estructura.

✓ Inicialmente se procede a realizar la demolición del pavimento existente, mediante la utilización de una retroexcavadora y herramientas menores, para el retiro de los escombros se hace necesario la utilización de una volqueta.

**Fotografía 13.**demolicion o retiro del pavimento existente.



**Fuente:** Autores del proyecto.

<sup>63</sup> Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.p.93.

- ✓ Inmediatamente realizado la demolición del pavimento se procede a rehabilitar el alcantarillado con el fin de garantizar así la duración de este, es decir que no se presenten fallas en el sistema de alcantarillado y sea necesario proceder a dañar el nuevo pavimento.
- Inicialmente se procede a realizar las zanjas para la debida ubicación del alcantarillado existente.

**Fotografía 14.** Zanjas del sistema de alcantarillado.



**Fuente:** Autores del proyecto.

- Se procede a retirar la tubería de Greis existente para ser reemplazada por tubería de PVC, conservando el mismo diámetro que tenía originalmente la tubería, además conservando las respectivas pendientes.

**Fotografía 15.** Reemplazo de la tubería de greis por tubería de PVC.



**Fuente:** Autores del proyecto.

- Tras realizar la respectiva ubicación de la tubería de greis, se procede a realizar el relleno de las zanjas con recebo, inmediatamente después se realiza la debida compactación del material usando una herramienta de compactación manual.

**Fotografía 16.** relleno y compactacion de las zanjas.



Fuente: Autores del proyecto

- Así mismo en la ejecución del pavimento se realiza la respectiva rehabilitación de las cajas de inspección de cada vivienda que a su vez hacen parte del sistema de alcantarillado.

**Fotografía 17.**rehabilitacion cajas de inspección.



**Fuente:** Autores del proyecto

- Del mismo modo se procede a la rehabilitación y/o construcción de los respectivos pozos de inspección.

**Fotografía 18.** Construcción pozo de inspección.



**Fuente:** Autores del proyecto.

- Con el fin de conservar la altura a la cual estaba el pavimento se realiza un retiro de 15 cm del material presente en la vía, con la finalidad de rellenar estos 15 cm de la base granular.

**Fotografía 19.**retiro de 15 cm de material.



Fuente: Autores del proyecto.

- Se realiza la aplicación de la base granular con un espesor de 15 cm, así mismo se realizó la compactación de la misma.

**Fotografía 20.** aplicacion base granular y compactacion de la misma.



Fuente: Autores del proyecto.

- A este material de base se le realizan los respectivos ensayos de granulometria, desgaste, asentamiento entre otros, **ver anexo 1, estudios geotécnicos**

**Fotografía 21.**ensayos de material base granular.



Fuente: Autores del proyecto.

- Luego de aplicar la base granular, se procede a el armado de las canastillas de acero, las juntas longitudinales y transversales, así mismo se procede al fundamento del concreto, este con un espesor de 18 cm y posterior vibrado del concreto con el fin de lograr la adecuada distribución de los agregados

**Fotografía 21.** Construcción de la estructura del pavimento.



**Fuente:** Autores del proyecto

- Al concreto aplicado para formar parte de la estructura del pavimento se le realizan las respectivas muestras para ser ensayadas en el laboratorio y así obtener la resistencia a la compresión real que ofrecerá el pavimento. **Ver anexo 2, resistencia a la compresión.**

**Fotografía 22.** Muestras ensayo de resistencia a la compresión.



**Fuente:** Autores del proyecto.

- Tras la fundición del concreto se procede a afirmar e inmediatamente después se procede a darle un acabado rugoso, con la finalidad de generar la fricción entre el vehículo y el pavimento y así garantizar la seguridad en la avenida.

Fotografía 23. Nivelación y acabado de la superficie del pavimento.



**Fuente:** Autores del proyecto

○ Siguiendo con lo establecido en el manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, se realizan las respectivas juntas de contracción.

**Fotografía 24.** Realización de juntas por retracción de fraguado y temperatura.



**Fuente.** Autores del proyecto

## 5. CONCLUSIONES

Identificar el tipo de fallas y la resistencia a la compresión que presenta un pavimento para este estudio la Avenida Araujo Cotes, es fundamental para conocer y evaluar su capacidad, funcionalidad y procesos de intervención necesarios de y para el pavimento.

Conocer las características del suelo o los suelos de la zona de un tramo vial en estudio, permite predecir o establecer fallas, amenazas y/o cambios de tipo geológico que puedan presentarse en la vía, o más específicamente en el pavimento.

Para realizar el diseño de un pavimento es necesario estudiar y considerar diversos aspectos como lo son el tipo de vía a intervenir, tipo y números de vehículos que transitan por esta vía, capacidad del suelo y periodo de diseño.

Para la construcción de juntas transversales se recomienda una longitud de 3m debido a la temperatura de la zona, así mismo se utilizaran dovelas o acero liso de 22mm o 7/8 pulgada de longitud de 35 Cm y separación entre centros de 30 Cm.

## 6. RECOMENDACIONES

De acuerdo a las características de los suelos de subrasante, se recomienda construir la alternativa en pavimento rígido establecida en las páginas de esta tesis, ya que la estructura absorbe la mayor cantidad de los esfuerzos en la losa, y de esta forma no trasmite grandes esfuerzos a la subrasante.

El diseño del pavimento se hace bajo la suposición de que el pavimento contara con un adecuado sistema de drenaje superficial y su superficial.

Con la finalidad de garantizar homogeneidad de la subrasante se debe retirar toda el suelo que pueda afectar la estructura, es decir suelo que contenga material orgánico u otro suelo de menor calidad al predominante en la zona a intervenir, de ser así este material debe ser sustituido por uno de mayor calidad o bien del tipo de material predominante en la zona.

Teniendo en cuenta la alternativa de losa del pavimento se deben cumplir con las siguientes recomendaciones.

Se recomienda que el pavimento tenga un espesor de 180mm, lo cual es igual a 18 cm de concreto rígido con MR= 650 psi y base granular de 15 Cm.

Para hacer las juntas de retracción y compresión se debe cortar el concreto, después de que pasan dos horas de haber terminado las labores de enrasado, nivelado y rayado, pero antes de pasadas 12 horas, si el corte se va a realizar con equipos de aserrado dotados de discos adiamantados.

## BIBLIOGRAFIA

ARCOS LOPEZ, Edna Roció. Geometría para los retornos con doble calzada en Colombia. Bogotá. 2014. P 15

CEMEX CONCRETOS. Ppavimentos de concreto Cemex Impulsando el Desarrollo de México, Arco norte Edo. de México - Hidalgo - Puebla – Tlaxcala.

COQUE, R. «Las formas estructurales elementales». Geomorfología. Alianza Universidad Textos 79. Madrid: Alianza Editorial. pp. 46.

CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 1150 de 2007. Por medio de la cual se introducen medidas para la eficiencia y la transparencia en la ley 80 de 1993 y se dictan otras disposiciones generales sobre la contratación con recursos públicos. Bogotá. 2010.

CONGRESO DE LA REPUBLICA. Constitución política de Colombia de 1991. Edición norma. Bogotá. 2013

CORONADO, JORGE, Catalogo Centroamericano De Daños En Pavimentos Viales. En Manual Centroamericano De Mantenimiento De Carreteras. Consejo Sectorial De Ministros De Transporte De Centroamerica (COMITRAN), SECRETARIA DE INTEGRACION ECONOMICA CENTROAMERICANA(SIECA), GUATEMALA:2000.V.3.

CONCRETOS. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO. NORMA TÉCNICA NTC COLOMBIANA 673; 2010.

MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO PARA VIAS CON BAJOS, MEDIOS Y ALTOS VOLUMENES DE TRANSITO.

DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS DE HORMIGONEN CARRETERAS Y CALLES METODO DE LA PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, instituto boliviano del cemento y hormigón para el ministerio de transporte y obras públicas de ecuador.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN, “Programa de concesiones viales 1998-2000: tercera generación de concesiones”, en Documento CONPES, núm. 3045, agosto de 1999.

E.O.T Rio de Oro (Cesar) vol 01- Vol 01\_02- Subsistema Administrativo.

ECHEVERRY, Juan C.; ESLAVA, Marcela; LOZANO, Eleonora, “Transporte carretero de carga”, en Archivos de macroeconomía, DNP, núm. 120, agosto de 1999.

MANUAL DE INSPECCION VISUAL PARA PAVIMENTOS RIGIDOS, grupo técnico convenio 587 de 2003, del invias, Bogotá 2006.

PACHON, Álvaro. Desarrollo de la infraestructura de transporte en la segunda mitad del siglo XX. 2005.

REPUBLICA DE COLOMBIA. Ley 80 de 1993. Por la cual se expide el estatuto general de contratación de la administración pública. Edición littio. Bogotá. 2000. P 7

REPÚBLICA DE COLOMBIA. Decreto 734 de 2012. Por el cual se reglamenta parcialmente la ley 80 de 1993 y la ley 1150 de 2007 sobre las modalidades de selección, publicidad, selección objetiva, y se dictan otras disposiciones

## **REFERENCIAS DOCUMENTALES ELECTRONICAS**

ARQHYS ARQUITECTURA. Historia de las carreteras. [En línea] (Agosto 15 de 2015), disponible en < <http://www.arqhys.com/contenidos/carreteras-historia.html> > p 1

CONSTRUCTOR CIVIL. Resistencia del Concreto. [En línea], disponible en <<http://www.elconstructorcivil.com/2011/01/resistencia-del-concreto.html> > p 1

EN CONCRETO. Importancia del estudio de suelos. [En línea], disponible en <<http://revistaenconcreto.com/importancia-del-estudio-de-suelos/>> p 1

Información extraída de la página web del municipio, disponible en Internet en: <http://riodeoro-cesar.gov.co>

MUNICIPIO DE RIO DE ORO, CESAR. Presentación del Municipio. [En línea] (Octubre 1 de 2012), disponible en <<http://www.riodeoro-cesar.gov.co/presentacion.shtml>>