

**ALTERNATIVAS PARA LA REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO
(CONCRETO HIDRÁULICO) EN UN TRAMO DE 100 METROS ENTRE LA CALLE
78C SUR #18-44, Y LA CALLE 78C SUR #17J-92, UBICADA EN LA LOCALIDAD DE
CIUDAD BOLÍVAR, BOGOTÁ.**

JOHN ALEXANDER MAHECHA LAITON

YONIER LEONARDO RAMOS ROA

TUTORA: ING. ALEXANDRA MORALES

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO

FACULTAD INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL – SEDE SUR

BOGOTÁ D.C.

2020

Tabla de contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	11
2.	OBJETIVOS.....	12
2.1	GENERAL.....	12
2.2	ESPECÍFICOS.....	12
3.	MARCO CONCEPTUAL.....	13
3.1	SUBRASANTE:.....	13
3.2	SUBBASE:.....	13
3.4	CAPA DE RODADURA:.....	14
3.5	TIPOS DE PAVIMENTOS:.....	15
3.5.1	PAVIMENTO (CONCRETO SIMPLE).....	15
3.5.2	PAVIMENTO (CONCRETO REFORZADO):.....	16
3.5.3	PAVIMENTO CONTINUAMENTE REFORZADO:.....	17
3.6	JUNTAS.....	18
3.6.1	JUNTAS DE CONTRACCIÓN.....	19
3.7	SELLOS.....	19
3.8	PROCESO CONSTRUCTIVO DEL PAVIMENTO RÍGIDO.....	20
3.8.1	VACIADO DEL CONCRETO.....	20
3.8.3	CURADO.....	20
3.9	MEZCLAS ASFÁLTICAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS CON PAVIMENTOS.....	20
3.10	MEZCLAS DE PAVIMENTO ASFALTICO EN CALIENTE.....	21
3.11	MANTENIMIENTO VIAL.....	21
3.12	REHABILITACIÓN VIAL.....	21
3.13	REHABILITACIÓN DEL CONCRETO DEL CEMENTO PORTLAND.....	22
3.13.1	VENTAJAS.....	22
3.14	REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO DE HORMIGÓN CON EL HORMIGÓN ARMADO CON FIBRA DE VIDRIO.....	24
3.14.1	VENTAJAS.....	25

3.14.2 DESVENTAJAS	25
3.15 DAÑOS EN PAVIMENTOS RIGIDOS	25
4 ESTADO DE CONOCIMIENTO.	31
4.1 TECNOLOGÍAS INNOVADORAS	32
4.1.1 ESTABILIZACIONES CON ASFALTO ESPUMADO	32
4.1.1.1 VENTAJAS.....	32
4.1.1.2 DESVENTAJAS.....	33
5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	40
5.1 METODOLOGÍA	41
5.2 RESULTADOS	53
5.2.1 AFECTACIÓN DE PLACAS POR SECCIÓN DE VÍA SEGÚN SU DETERIORO	54
5.2.2 CÁLCULOS AFECTACIÓN ÁREA DAÑADA POR TRAMOS	55
6. CONCLUSIONES	69
REFERENCIAS.....	70
ANEXOS.....	77

TABLA DE FIGURAS

Figura 1 Sección estructural de un pavimento asfaltico.....	14
Figura 2 Placa Concreto simple - Vista Planta.....	15
Figura 3 Placa Concreto Simple - Vista en perfil	16
Figura 4 Placa Concreto Reforzado - vista en Planta.....	16
Figura 5 Placa Concreto Reforzado - Vista perfil.....	17
Figura 6 Concreto Continuamente Reforzado - Vista plana	18
Figura 7 Tipos de juntas de contracción.	19
Figura 8 Tipo de fallas y daños agrupados.....	30

Figura 9 Efectividad de transferencia de cargas por barras lisas en juntas.	35
Figura 10 equipo para rubblizing	36
Figura 11 . Esquema representativo del eje transversal de la vía.....	38
Figura 12 Esquema de la losa de pavimento de concreto (18cm).....	39
Figura 13 Esquema de la losa de pavimento (19cm)	39
Figura 14 Esquema de la losa de pavimento de concreto (20 cm).....	40
Figura 15 Fracturación Múltiple	42
Figura 16 Fracturación múltiple y parcheo	43
Figura 17 Fracturación múltiple.....	43
Figura 18 Fracturación múltiple.....	44
Figura 19 hundimiento - Vista superior	44
Figura 20 Hundimiento - Vista perfil izquierdo.....	45
Figura 21 Hundimiento y fracturación múltiple.....	45
Figura 22 Hundimientos y parcheo	46
Figura 23 Fracturación múltiple.....	46
Figura 24 Bache	47
Figura 25 Fisuras	47
Figura 26 Fallas longitudinales y transversales	48
Figura 27 Fallas múltiples	48
Figura 28 Fallas múltiples	49
Figura 29 Fallas múltiples	49
Figura 30 Carril izquierdo	50
Figura 31 Pozo y parche.....	50
Figura 32 Hundimiento y GL.....	50

Figura 33 Ubicación del tramo.....	53
Figura 34 Ubicación de daños.....	54
Figura 35 % Placas con daños respecto al total de losas de cada tramo	55
Figura 36 Gráfico de porcentajes de daños según el tramo.....	63
Figura 37 Presupuesto alternativa reconstrucción total del pavimento rígido	66
Figura 38 Presupuesto alternativa para la rehabilitación del pavimento rígido con concreto portland	67
Figura 39 Presupuesto alternativa de rehabilitación pavimento continuamente reforzado.....	68

TABLAS DE TABLAS

Tabla 1 Tipo de fallas en pavimento rígido - Grietas.....	25
Tabla 2 Fallas en pavimento rígido - Daños en juntas	26
Tabla 3 Fallas en pavimento rígido - Deterioros superficiales.....	27
Tabla 4 Fallas en pavimento rígido - Otros deterioros.....	29
Tabla 5 Clasificación de Artículos Relevantes	31
<i>Tabla 6 Toma de datos y caracterización.</i>	<i>51</i>
Tabla 7 Porcentaje de daño según el tramo.....	54
Tabla 8 Tramo 1 Área de daño total.....	56
Tabla 9 Tramo 2 Área de daño total.....	57
Tabla 10 Tramo 3 Área de daño total.....	58
Tabla 11 Tramo 4 Área de daño total.....	59
Tabla 12 Tramo 5 Área de daño total.....	60
Tabla 13 Tramo 6 Área de daño total.....	61
Tabla 14 % Afectación de cada tramo	62

TABLA DE ANEXOS

Anexo 1 Caracterización de falla por tramo 1	77
Anexo 2 Caracterización de falla por tramo 2	77
Anexo 3 Caracterización de falla por tramo 3	78
Anexo 4 Caracterización de falla por tramo 4	78
Anexo 5 Caracterización de falla por tramo 5	78

Nota de aceptación

Director UDCI

Jurado 1

Jurado 2

Bogotá D.C., Noviembre 2020

AGRADECIMIENTOS

John Alexander Mahecha Laiton

En primer lugar, quiero dedicar este trabajo a Dios y agradecerle por darme la oportunidad de poder culminar un objetivo más en mi vida. A mi madre hermosa **Carmen Elisa Laiton**, que a pesar de las circunstancias me apoyo desde siempre, me ha dado amor, comprensión, me ha dedicado mucho tiempo y esfuerzo además de muchas otras cosas más, para que yo pudiera terminar mi carrera, por ella soy todo lo que soy y por ella daría todo lo que tengo. A mi padre, a mis hermanos y a mis sobrinos, por toda la comprensión que me brindaron, son el motivo más grande que tengo para continuar y seguir adelante. A mi novia y unos pocos compañeros que me brindaron su ayuda para hacerme crecer en todo aspecto, de corazón siempre pediré a Dios por el bienestar de ellos, y por el bienestar de este mundo. Gracias.

Yonier Leonardo Ramos Roa

Primero que todo agradecer a la madre tierra, al universo a nuestro Dios celestial por permitirme cumplir un objetivo de los muchos que me he propuesto, ante todo darle todos mis agradecimientos a esas personas que me brindaron toda su ayuda en Bogotá y por obvias razones a mi madre **“Maria Berta Roa Gutierrez”** que siempre me apoyo a pesar de todas las cosas negativas que hice en el pasado, a mis tíos **“Sebastián Ramos, Carlos Ramos y Hermidez polo”**, a mi viejo **“Jaime Ramos”**, a mis hermanas **“Jenny Roa y Dany Roa”**, a mi tía la chiquita más brava de este planeta **“Fanny Ramos”** a mi primo Jairo Alberto, a mis grandes amigos **“Brayan Cerquera, Guillermo Hios, John Alexander Mahecha Laiton**, ya que sin ellos este logro no hubiese sido posible, que me disculpe a los que no mencione, cabe recalcar que todo mi agradecimiento de todo corazón es para mi vieja y mi niña **“Maria Victoria”** ya que ellas fueron toda esa motivación para cumplir este objetivo.

RESUMEN

El siguiente trabajo de grado describe la problemática que enfrenta una vía de tránsito vehicular localizada en la calle 78c Sur, Ciudad Bolívar – Bogotá, Colombia. Este trabajo pretende brindar alternativas para la rehabilitación que requiere esta vía, en ellas se evalúan sus características generales, ventajas, desventajas y costos de realización; esto con el fin de contrastarlas entre sí, y definir cuál de ellas es la que mejor se aplica al tramo de la calle. El proceso para determinar lo anterior se llevará a cabo por una serie de pasos tomados de la guía de inspección visual de pavimentos rígidos elaborado por un grupo técnico del INVIAS en el año 2006.

Este documento fue elaborado siguiendo un proceso investigativo, en el cual fueron tomadas distintas fuentes de información con un análisis a profundidad, enfocándose a evidenciar los múltiples tipos de daños que se presentan en una vía de pavimento rígido, con la finalidad de establecer que fallas afectan el tramo evaluado. Asimismo, se verán reflejadas muestras fotográficas de la zona, detalles de cada daño, cálculos de afectación de tramos y del área total inspeccionada.

Como información de valor agregado al documento, se presentarán alternativas de rehabilitación de pavimento amigables con el medio ambiente, utilizadas en diferentes partes del mundo con el propósito de estudiar las distintas formas de implementación de modelos sostenibles y sustentables para la construcción de pavimentos rígidos.

La principal meta es proporcionar una mejor calidad frente a los estándares técnicos y económicos que aporten beneficiosamente al desarrollo continuo de una ciudad y sus habitantes, ya que la rehabilitación vial aumenta de forma efectiva la calidad de vida, brindando zonas para satisfacer necesidades tanto sociales como económicas, entre otras.

Palabras clave: Pavimentos rígidos, construcción, suelo, vías, urbanismo, rehabilitación vial, calles, concreto

ABSTRACT

The following degree project describes the problems faced by a vehicular traffic route located on 78c south street, Ciudad Bolívar in Bogotá Colombia. This project aims to provide alternatives for the rehabilitation that this route requires, in which, its general characteristics, advantages, disadvantages and costs of implementation are evaluated in order to contrast them with each other and define which of them is the one that best applies to that section of the street. The process to determine the rehabilitation of this route will be carried out through a series of steps taken from the visual inspection guide for rigid pavements produced by an INVIAS technical group in 2006.

This document was prepared following an investigative process, in which different sources of information were taken with an in-depth analysis focusing on showing the multiple types of damage that occur in a rigid pavement road. The above with the purpose of establishing which faults affect the evaluated section. Likewise, photographic samples of the area, details of each damage, sections affectation calculations and the total area inspected will be reflected in this thesis.

As added value proposition, environmentally friendly pavement rehabilitation alternatives used in different parts of the world will be presented in this document with the purpose of studying the different ways of implementing sustainable models for the construction of rigid pavements.

The main goal is to provide a better quality compared to technical and economic standards that contribute beneficially to the continuous development of a city and its inhabitants, since road rehabilitation effectively increases the quality of life, providing areas to satisfy both, social and economic needs, among others.

Key words: rigid pavements, construction, roads, urban planning, road rehabilitation, streets, concrete.

1. INTRODUCCIÓN.

En Colombia, país con un amplio crecimiento en su población y con un alto flujo económico, es de suma importancia que la infraestructura fluvial, aeroportuaria y hasta la férrea presenten buenas condiciones para un óptimo transporte de mercancía. La infraestructura vial que posee un nivel de importancia mayor es la que genera el crecimiento y desarrollo del país, contar con una adecuada malla vial crea fácilmente mayor posibilidad de traslado de productos y habitantes que se encuentran dentro del territorio. El apostarle a una mejora continua a la infraestructura es primordial para un país, al fomentar la estabilización productiva de diferentes sectores. De igual forma, es un recurso para incrementar los niveles de crecimiento y desarrollo en ámbitos tales como: sociales, culturales, económicos, ambientales y políticos, a fin de poder llegar a una sostenibilidad a largo plazo. Las vías a medida que van avanzando generan una alta demanda de utilización para los habitantes del territorio colombiano, la optimización del tiempo se ve evidenciada en el transporte de productos o personas, en gran medida crean una mayor demanda a proyectos potenciales de ingeniería y así poder ofrecer una mejor calidad de vida.

Se realizará un estudio de la calle 78c sur, ubicada en la localidad de Ciudad Bolívar, Bogotá, en él se conocerá las cifras reales del estado de la vía y se llegará a un análisis para brindar alternativas de rehabilitación y mantenimiento de la malla vial siguiendo en gran medida la guía metodología para la inspección visual de pavimentos rígidos elaborado por un grupo técnico del INVÍAS en el año 2006.

Otro tema que se desea abordar y que además surge como un efecto colateral positivo es el mejoramiento del paisaje urbano, el propósito conciso es generar una nueva vida a una la ciudad ya construida revitalizando las características urbanísticas, con esto proporcionar oportunidades socioeconómicas viables para los ciudadanos. Para lograr llevar acabo oportunamente el siguiente proyecto de grado se consultarán documentos en los cuales se evidencien aportes a nuestro estudio, como: artículos de revistas, tesis y documentos del INVÍAS. A su vez, lograr un desarrollo profesional en las conclusiones analizando la información que sea de gran utilidad para los aportes a futuras intervenciones en calzadas, por último, determinar las alternativas de reparación y mantenimiento a la malla vial de la calle 78c sur, ubicada en la localidad de Ciudad Bolívar.

2. OBJETIVOS

2.1 GENERAL

Elaborar un documento donde se describan y analicen las alternativas de rehabilitación y adecuación del pavimento en la Calle 78c - Sur, ubicada en la localidad de Ciudad Bolívar.

2.2 ESPECÍFICOS

- Realizar la inspección visual de acuerdo con el documento elaborado por el INVIAS para el diseño de pavimentos rígidos y determinar el porcentaje de fracturación o daños que presenta el tramo.
- Identificar los daños presentados en la zona evaluada, evidenciando sus características y dimensiones de deterioro.
- Comparar las diferentes alternativas de rehabilitación expuestas, definiendo sus cualidades, presupuestos y criterios de recomendaciones.

3. MARCO CONCEPTUAL

El desarrollo social y económico es de suma importancia para cualquier ciudad, de igual forma una condición primordial para la sociedad es el transporte, el confort y la serviciabilidad que se presenta en ella. Las vías urbanas principalmente son un factor importante para la mejora frente a la calidad de vida de los habitantes de un territorio.

El pavimento, conformado por estratos especialmente adecuados absorber la energía producida por el tráfico vehicular, necesitan características adecuadas para un alto rendimiento, algunas de ellas son: una adecuada resistencia para evitar fracturas, cálculos geométricos, y cálculos precisos para un alto nivel de cohesión de cualquier tipo de transporte y la superficie del pavimento en cualquier situación climática. (Lozano & Tabares Gonzalez, 2005)

Dicho en otras palabras, el pavimento se conforma por una cantidad definida de capas que se encuentran superpuestas horizontalmente, gracias a los estudios que se deben aplicar con anterioridad en un terreno, se diseñan adecuadamente y estas, están constituidas por materiales tales como: cemento portland, piedra, cenizas, arena, componentes permeables, entre otros. (Zagaceta Gutierrez & Romero Ordoñez, 2008)

3.1 SUBRASANTE:

Apropiadamente se debe encontrar compactado y perfilado, se considera la mayoría de las veces que sea suelo natural, cuando este presenta cualidades deficientes es necesario aplicarle materiales de preferencia granulares para su correcto uso. A la subrasante se le conoce como el suelo de cimentación del pavimento (Archila Acelas & Aparicio, 2018)

3.2 SUBBASE:

Principalmente se usa para distribuir y transmitir uniformemente las cargas aplicadas a la superficie. Esta debe cumplir una función adicional, es controlar las variaciones de elasticidad y en algunos casos del volumen que proporcionan deterioro para el pavimento. Otra función de vital importancia consiste en su capa, que funciona como controlador de ascensión capilar¹ y drenaje de agua, creando de esa forma una protección adicional al pavimento, en gran medida para lograr

¹ Ascensión capilar de los suelos: cualidad que tiene el agua de ascender por pequeñas estrías capilares creadas por grietas del suelo.

esto se deben usar materiales granulares. Es recomendable que la subbase o la subrasante estén hechas bajo estándares de calidad óptimos para evitar al máximo la cantidad de fallas en el pavimento. (Arroyo & Francia, 2012)

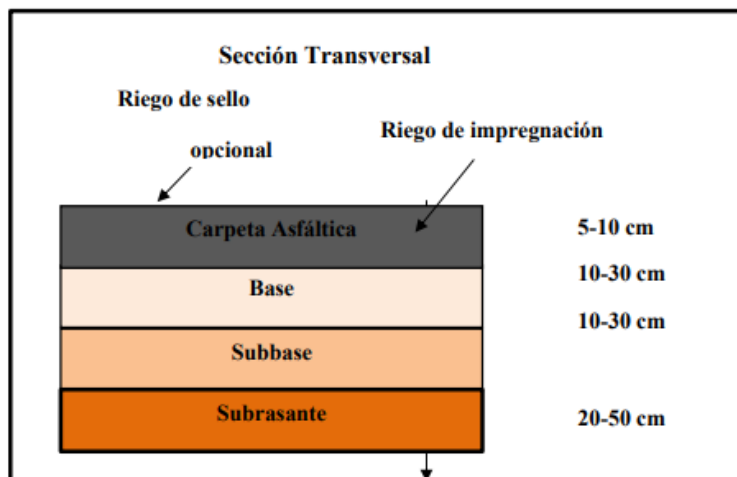
3.3 BASE:

Aquella que aporta como función una resistencia óptima para dirigir hacia la subrasante y subbase la fuerza generada por el paso vehicular. Comúnmente la base trabaja además de soportar cargas, proporciona drenaje al igual que la subbase. Primordialmente el material que lo integra debe de proveer microespacios en su superficie, de igual forma debe generar un alto grado de fricción. (Bonett Solano, 2014)

3.4 CAPA DE RODADURA:

Se estableció como nombre para la última capa por la cual se conforma el pavimento, sobre ella es donde transitan los vehículos a lo largo del periodo de servicio. Esto implica que, su resistencia debe ser mayor a medida que el tránsito vehicular aumente, puesto que el desgaste producido por esta actividad se incrementa, de igual forma afecta el factor climático que en gran medida genera una erosión mayor. La impermeabilización de la superficie es otra característica importante, puesto que gracias a ella la estructura del pavimento mantiene considerablemente un alto grado de protección. Las cualidades que deben primar en la capa de rodadura son, rugosidad para que sea segura y comodidad para que se mantenga cómoda. (Montejo Fonseca, 2006)

Figura 1 Sección estructural de un pavimento asfáltico.



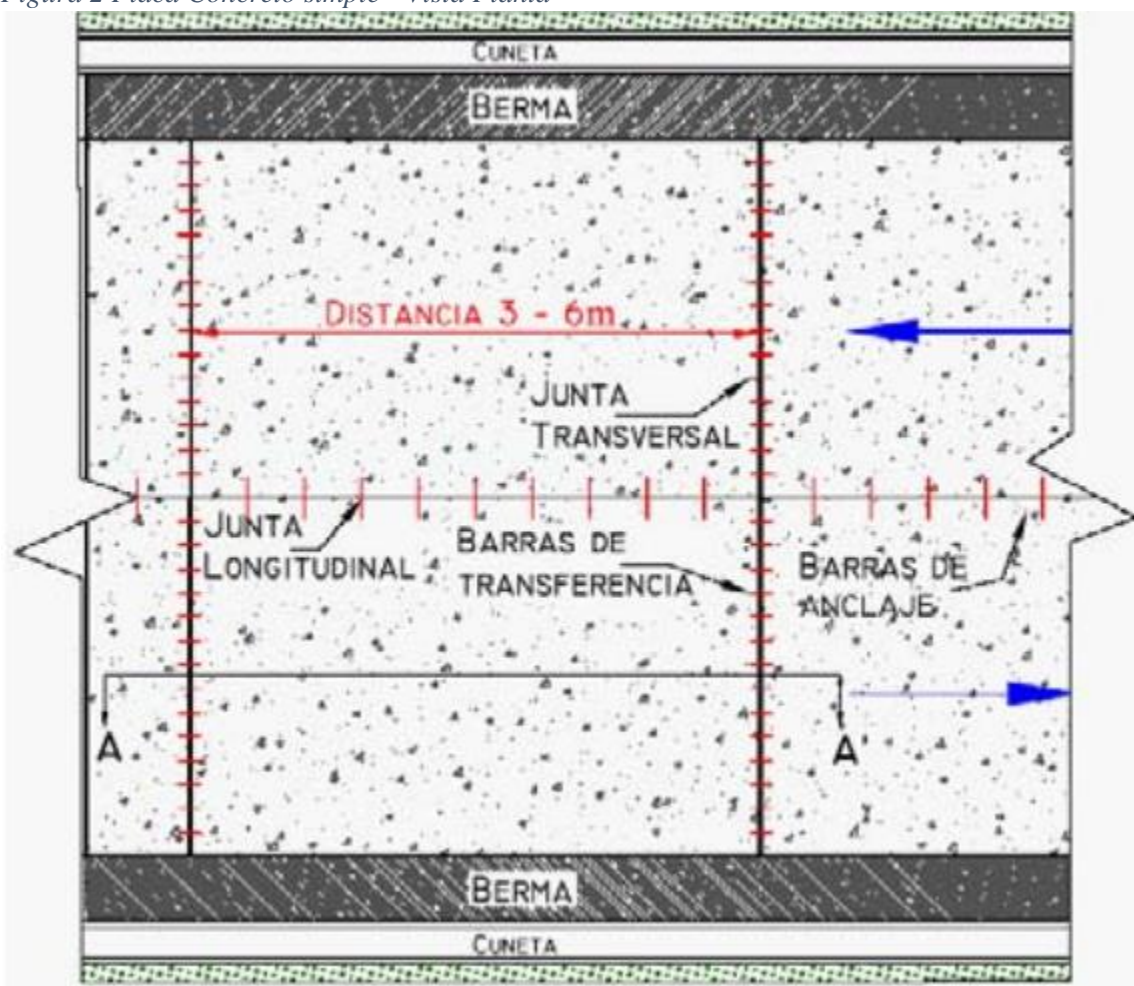
Fuente: (Zagaceta Gutierrez & Romero Ordoñez, 2008)

3.5 TIPOS DE PAVIMENTOS:

3.5.1 PAVIMENTO (CONCRETO SIMPLE)

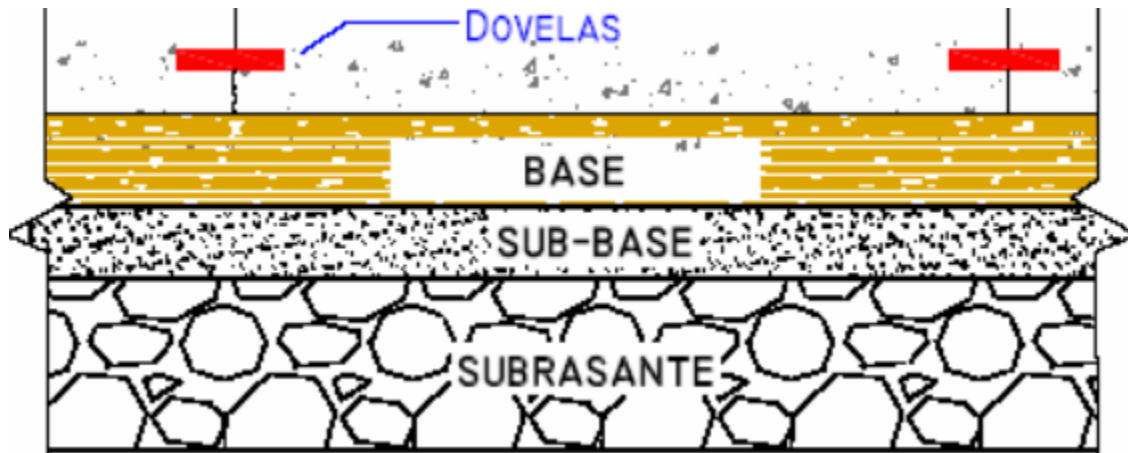
Losas de concreto sin ningún tipo de refuerzo, su construcción va estrictamente ligada con su geometría pues la función principal es mitigar las fracturas que se presentan en el sistema de placas. Para este tipo de concreto la relación de esbeltez va directamente ligada con los espacios adecuados entre juntas. (INVIAS , 2006)

Figura 2 Placa Concreto simple - Vista Planta



Fuente: (INVIAS , 2006)

Figura 3 Placa Concreto Simple - Vista en perfil

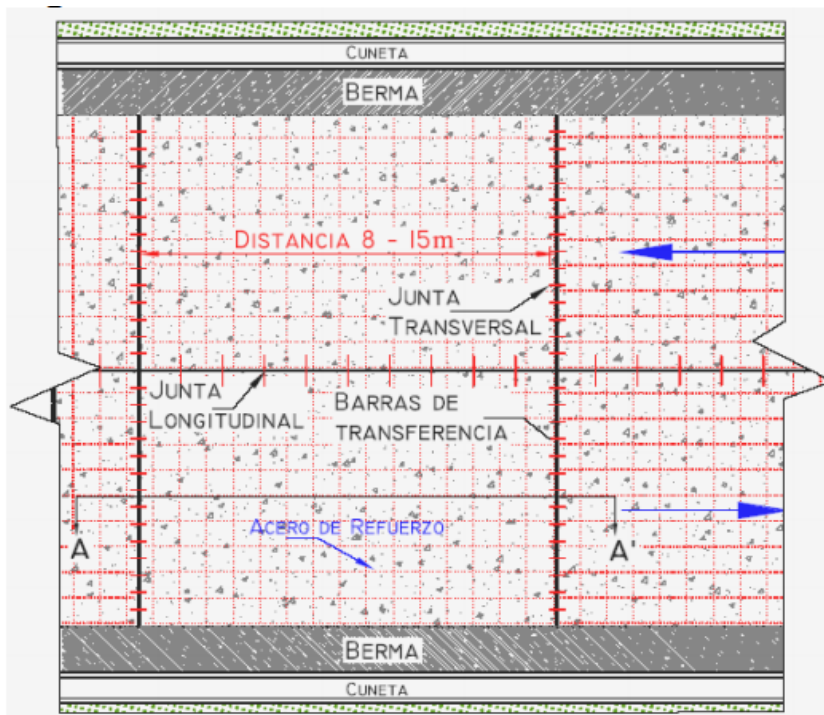


Fuente: (INVIAS , 2006)

3.5.2 PAVIMENTO (CONCRETO REFORZADO):

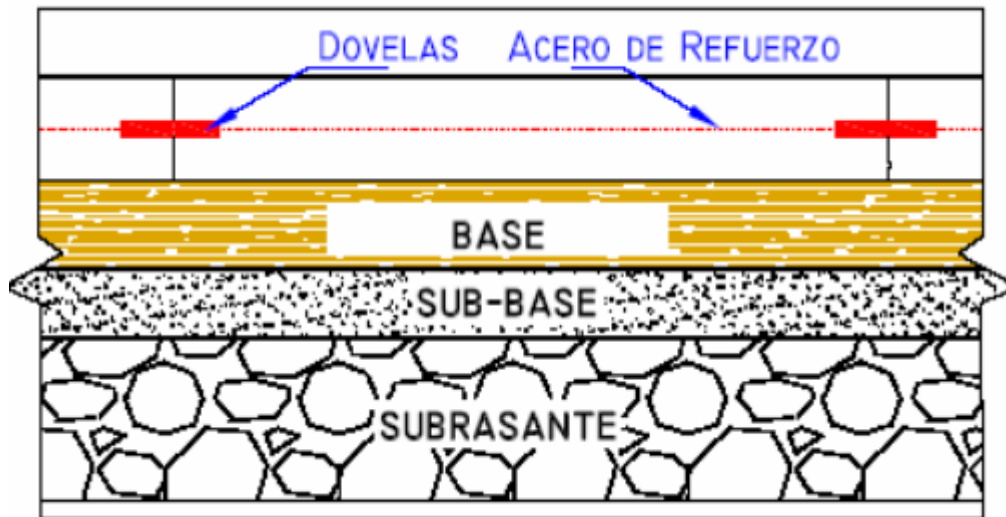
Las juntas transversales poseen una distancia mayor de espaciamiento, además de ello, son importantes las juntas de contracción transversal, pues el acero que lo acompaña controla en gran medida el agrietamiento de las losas, la falla comúnmente ocurre en la parte central de la placa. La malla de acero electrosoldada es el refuerzo que se debe ubicar en el eje neutro del diseño. (Martínez E. & Guerrero Z., 2004)

Figura 4 Placa Concreto Reforzado - vista en Planta



Fuente: (INVIAS , 2006)

Figura 5 Placa Concreto Reforzado - Vista perfil



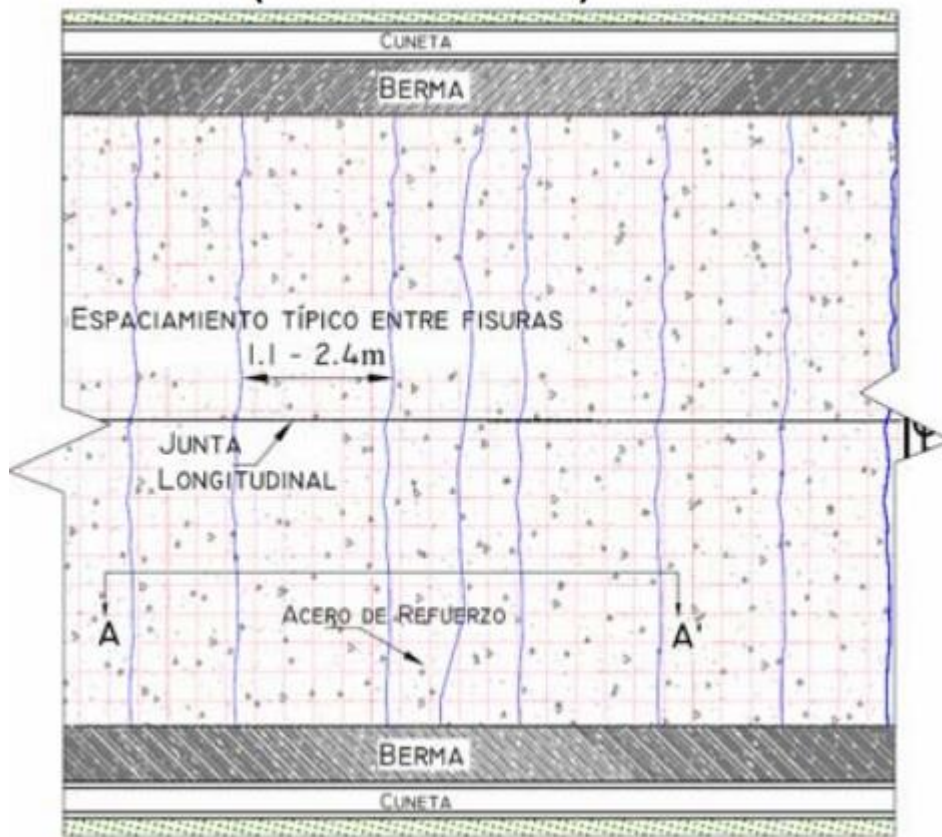
Fuente: Tomado de (INVIAS , 2006)

3.5.3 PAVIMENTO CONTINUAMENTE REFORZADO:

Es llamado PLV², para un alto nivel de control de fisuras su construcción conlleva acero de refuerzo, en su eficacia no son necesarias las juntas de contracción, transversales o longitudinales. La placa puede llegar a sufrir pequeñas grietas transversales, estas no se consideran pues van estrechamente ligadas al esfuerzo generado por el acero de refuerzo en la losa de concreto. Principalmente en los extremos de los carriles se encuentran las vigas longitudinales, y de acuerdo con el diseño son ubicadas las vigas transversales. (Arango Londoño, 2005)

² Pavimentos de Larga Vida.

Figura 6 Concreto Continuamente Reforzado - Vista plana



Fuente: (INVIAS , 2006)

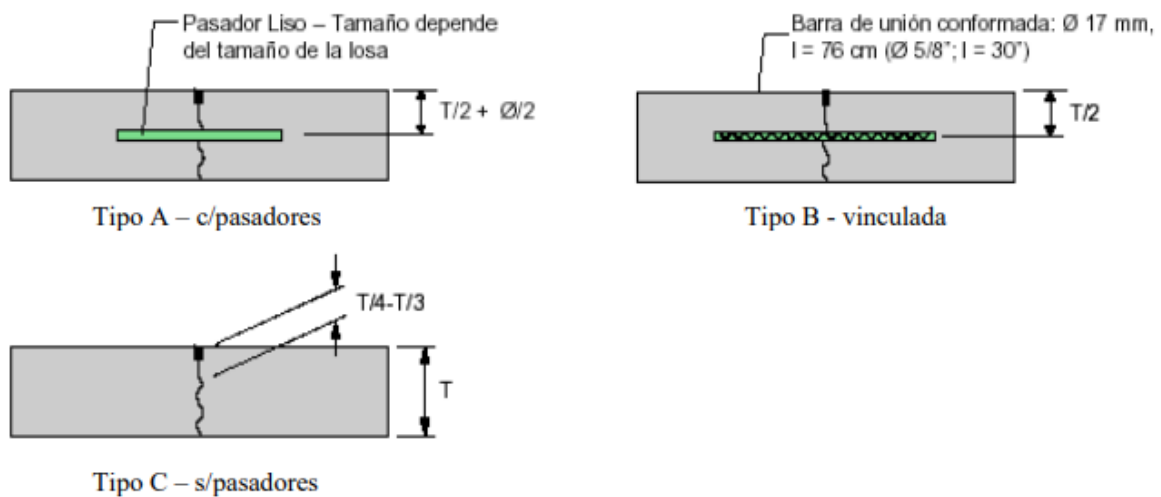
3.6 JUNTAS

En todo aspecto constructivo es de relevancia la manera en que se van a distribuir los esfuerzos y las cargas sobre cualquier estructura, en especial si el diseño se realiza para el soporte de grandes cargas (Bernabeu Larena, 2007). Dentro del mundo de la construcción existen técnicas avaluadas por estudios y prácticas que facilitan adaptar enormes cargas y movimientos horizontales para que no afligen a las estructuras, estas técnicas se conocen por lo general como alternativas y una de ellas son juntas, estas no son más que aberturas en cada intervalo de los pavimentos rígidos puesto que ellos generan un agrietamiento mayor. permitiendo un alto grado de flexibilidad y movimiento horizontal. (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2018)

3.6.1 JUNTAS DE CONTRACCIÓN

Empleadas en gran medida para dominar o dirigir el punto situado de las fisuras generadas por la contracción del concreto, restringe su movimiento. En el campo, estas juntas crean la confianza de que, las grietas que se presenten se verán en el diseño geométrico de la junta, ocasionando así, una disminución parcial de fisuras irregulares. Cabe resaltar que los pasadores se pueden emplear en este tipo de juntas para ayudar con la transferencia de cargas, con ciertas características. (Jensen, , Poulsen., & Hoang, , 2020)

Figura 7 Tipos de juntas de contracción.



Fuente: “Design and construction of joint for concrete highways”, artículo hecho por American Concrete Pavement Association (ACPA).

3.7 SELLOS

Actualmente en el mercado se encuentran diferentes tipos de sellos que se pueden utilizar en pavimento, las características son como cualquier otro producto, comprende desde la calidad hasta la forma de aplicación de cada tipo. En su importancia es necesario entender que las variables principales son la elasticidad, compatibilidad y demás elementos. Para su aplicación es recomendable la inspección visual, en llegado caso que las fisuras o grietas no se de gran tamaño y al paso del tiempo no genera alargamiento, se sugiere selladores plásticos, elaborados a partir de polímeros. Si sucede en condiciones distintas y la grieta se agranda, se recomienda selladores elásticos, elaborados a partir de base asfáltica, la característica principal de esta es su ensanchamiento, manteniendo cualidades adherentes. (Ewuakye & Okine, 2006)

3.8 PROCESO CONSTRUCTIVO DEL PAVIMENTO RÍGIDO

3.8.1 VACIADO DEL CONCRETO

Directamente del mixer se proporciona al afirmado el vaciado, en la superficie de la subbase granular previamente compactada a su máxima densidad, en algunas ocasiones se utilizan elementos para un correcto transporte del concreto. (Hernández Salazar, 2016)

3.8.2 CORTE DE JUNTAS

Las fuerzas ejercidas directamente sobre el concreto generan pequeñas grietas a lo largo y ancho de su dimensión, estas pueden mitigarse por medio de juntas. Comúnmente el corte de juntas se realiza antes del vaciado. Para el diseño y elaboración de las juntas es de suma importancia los datos topográficos precisos. (Hernández Salazar, 2016)

3.8.3 CURADO

Se considera la principal fase de todo el desarrollo, la función primordial es humedecer correctamente el concreto. Existen diferentes emulsiones líquidas (curador químico) que proporcionan una alta disminución de la deshidratación del concreto para su periodo de estabilización. De igual forma para lograr un buen curado el agua logra ser eficaz. (Hernández Salazar, 2016)

3.9 MEZCLAS ASFÁLTICAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS CON PAVIMENTOS.

Conocidos como aglomerados, y conformados por agregados pétreos, las mezclas asfálticas se elaboran en centros especializados para su correcta distribución a la obra, posteriormente se extiende y compacta sobre la superficie diseñada. (Kraemer, y otros, 2004)

Comúnmente las mezclas asfálticas se constituyen por un 10% de polvo mineral y ligante asfáltico, el otro 90% está directamente distribuido en agregados pétreos gruesos y finos. Estos componentes son los principales responsables del funcionamiento del pavimento, puesto que, si alguno de ellos se encuentra en malas condiciones, afectará todas las partes del grupo. El ligante asfáltico y el polvo mineral son componentes que influyen en gran proporción a la calidad del producto. (Padilla Rodriguez, 2001)

3.10 MEZCLAS DE PAVIMENTO ASFALTICO EN CALIENTE

Se constituye como la mezcla bituminosa en caliente, definida por la combinación de elementos como áridos y polvo mineral con un ligante. Las cantidades de estos componentes van directamente ligadas a las cualidades físicas de la mezcla, como procedimiento importante el agregado pétreo y ligante, se calientan a una temperatura considerable, mayor a la ambiental. Posteriormente la mezcla se distribuye sobre la obra. (Zuñiga, 2015)

(Padilla Rodriguez, 2001) sostiene que en gran medida este es el tipo de mezcla asfáltica más globalizada, su aplicación se evidencia en aeropuertos, carreteras, vías urbanas, etc. Su principal uso se ubica en las capas de rodadura, seguido de ellas, en capas inferiores.

3.11 MANTENIMIENTO VIAL

Directamente establecido como un bien público las carreteras o vías están ligados al desarrollo socioeconómico en una sociedad. Ellas están sujetas a un alto grado de deterioro, la aceleración de este proceso este asociado con el volumen de tráfico que circula, la variación climatológica y los periodos de mantenimiento.

El proceso de mantenimiento se clasifica de tres maneras: Rutinarias, periódicas y urgentes. La primera, rutinaria, son trabajos diarios esenciales tales como, limpieza de vías, corte de césped, sistema de drenajes y parcheo de áreas. Posterior a la rutinaria, se encuentra el mantenimiento periódico, este un poco más complejo tiende a solucionar problemas mayores pues incluye la reconstrucción de la vía, repavimentación o el fortalecimiento de esta. Y por último permanece el mantenimiento urgente, son trabajos repentinos que requieren de una respuesta inmediata y oportuna para su funcionalidad. (yarmukhamedov, Smith, & Thiebaud, 2020)

3.12 REHABILITACIÓN VIAL

La rehabilitación vial está definida como la capacidad operativa para aumentar y mejorar las características de funcionalidad estructural de un pavimento. (Ahmed, Thompson, Kim, Carroll, & Huynh, 2020). La rehabilitación vial en gran medida depende de todos los diseños rigurosos los cuales exponen el estado de la zona a trabajar, entre ellos están: diseño de suelos, hidrología, geométricos, y el tráfico, el cual se considera más importante, pues de aquí se estima la serviciabilidad que la estructura vial va a tener en un futuro. (Cevallos Moscoso, 2011)

3.13 REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO CON CEMENTO PORTLAND Y MATERIAL RECICLADO

La rehabilitación del concreto del cemento portland como material de refuerzo surgió en Estados Unidos en la década de 1950 como reciclaje del pavimento con adición de cemento, con el fin de mitigar los impactos que se le causan al medio ambiente y de paso tomarlo como una alternativa de rehabilitación en pavimentos hidráulico, llevando unos pasos a seguir en la manera de la aplicación de este. En donde los pasos principales son 4, el primer paso a tener en cuenta es la forma de esparcir el cemento por el área requerida por ende el siguiente paso a seguir es el agregado del agua y cemento que se aplica en la zona teniendo su debida compactación para con esto culminar con una capa de revestimiento que le brindara más durabilidad al pavimento, todo esto depende del buen manejo y uso de la maquinaria que se necesite para evitar malas intervenciones en la aplicación del cemento portland, lo más recomendable es usar tipo de maquinaria como camiones esparcidores para tener una aplicación a la perfección en donde no es muy recomendable la aplicación de forma manual ya que esto requiere de bastante tiempo y por dichas condiciones aumentaría los costos. Todo esto con lleva a un proceso constructivo utilizando las respectivas maquinarias para la compactación que lo más recomendable son los rodillos vibratorios de pata de cabra, en la acción a ejecutar de amasado se utiliza los rodillos neumáticos cansados que servirá de gran ayuda para eliminar el exceso de agua, teniendo mucho cuidado para evitar quitar el cemento, después de todo el proceso de constructivo es necesario utilizar un método de curado correcto para alcanzar la resistencia requerida y así evitar las fallas grietas por contracción. (Visser, 2020)

3.13.1 VENTAJAS

- Permite rehabilitar un pavimento deteriorado o mejorar una estructura de pavimento débil, debido a la generación de una capa estabilizada que será homogénea, estable y gruesa, proporcionando mejores características mecánicas.

- Reduce la tensión de compresión vertical en la subrasante y la tensión de tracción horizontal en la parte inferior de la capa de desgaste de asfalto, debido a la inclusión de una capa estabilizada.

- Proporciona una capa estabilizada resistente a la humedad y las heladas.
- Recicla y mejora materiales existentes que generalmente no poseen las características técnicas adecuadas.
- Permite la rehabilitación bajo el tráfico, ya que el tráfico generalmente se permite en un carril de la carretera mientras que la construcción se realiza en el otro.
- Mantiene la elevación de la carretera, evitando problemas con bordillos / cunetas y espacios libres elevados. Teniendo en cuenta el espesor de la nueva superficie, sería necesario fresar un cierto espesor de la capa superior del pavimento.
- Genera una perturbación mínima por el tráfico de construcción debido al rápido ciclo de construcción y la pequeña cantidad de volumen de material transportado hacia adentro o hacia afuera.
- Permite realizar mejoras en la geometría de la carretera simultáneamente con la rehabilitación del pavimento.
- Aceptación y disponibilidad de cemento Portland. El material es bien conocido y especificado por la industria de la construcción.
- Reduce costos de material nuevo, así como con su producción y transporte ya que reutiliza materiales de pavimento existentes.
- Permite un rápido retorno del tráfico local y evita desvíos, lo que reduce los costos de usuario.

- Es una de las alternativas de menor costo para rehabilitar un pavimento deteriorado, especialmente en comparación con el recubrimiento estructural grueso o la remoción y reemplazo. Suele ser entre un 25% y un 50% más barato que este último.
- El cemento Portland suele ser más barato que el cemento asfáltico.

Todas las ventajas mencionadas anteriormente son importantes, pero cabe resaltar que una de la más relevante es la de la parte ecológica debido a que se recicla el pavimento ya utilizado para con esto mitigar los impactos que se le causa al medio ambiente.

3.14 REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO DE HORMIGÓN CON EL HORMIGÓN ARMADO CON FIBRA DE VIDRIO

Es evidente que en los pavimentos rígidos la resistencia a la flexión es la necesidad fundamental para resistir las cargas de tráfico pesado, los hormigones planos requieren de un alto espesor para cumplir con los requisitos de diseño y capacidad de servicio. Debido a la gran necesidad de la resistencia a la flexión se lleva a utilizar las fibras de vidrio para incrementar la capacidad de flexión y abstenerse a manejar espesores tan altos, la elección del refuerzo de fibra en lugar de las barras de refuerzo de acero convencionales proporciona varios beneficios, por ejemplo, una mejor difusión del refuerzo a lo largo de la matriz de hormigón, reducción de la fisuración por tracción y un aumento significativo de la tenacidad a la compresión y a la tracción. Los hormigones reforzados con fibras exhiben una mayor durabilidad que el hormigón simple en los ambientes agresivos (como los medios ácidos que conducen a la descalcificación de la matriz aglutinante) y las fibras evitan el deterioro brusco del hormigón en estos ambientes. Los hormigones con alta resistencia a la flexión proporcionan espesores de diseño menores que los que tienen baja resistencia a la flexión. El uso de refuerzo de fibra no solo proporciona una alta resistencia a la flexión y un espesor de diseño reducido, pero también aumenta la tenacidad (que es crucial para la durabilidad de los pavimentos rígidos bajo cargas dinámicas y repetidas) y la resistencia a la acción de las heladas del pavimento. El refuerzo de fibra también tiene el potencial de aumentar la vida útil de los pavimentos entre 1,2 y 3,2 veces.

3.14.1 VENTAJAS

- Alta resistencia a la flexión
- Aumenta la vida útil entre 1.2 y 3.2 veces respecto a los pavimentos rígidos convencionales
- Mitiga el impacto al medio ambiente debido a la reutilización de las fibras que se le agregan al pavimento rígido

3.14.2 DESVENTAJAS

- El alto costo con respecto a la rehabilitación de los pavimentos rígidos convencionales
- El agregado de las fibras afecta gravemente la trabajabilidad del hormigón fresco.

3.15 DAÑOS EN PAVIMENTOS RIGIDOS

Existen diferentes tipos de daños que se podrían presentar en el pavimento, según el manual de inspección visual de pavimentos rígidos (INVIAS , 2006), de igual manera el manual indica que las grietas de ancho menor a 0,03 mm predominan como fisuras.

A continuación, se presenta la descripción de los deterioros y junto con ello, la abreviatura correspondiente con la cual se evidenciará el tipo de daño.

Tabla 1 Tipo de fallas en pavimento rígido - Grietas

Daño		Descripción
GE	Grietas de esquina	Se evidencia mayormente cuando una junta longitudinal y una junta transversal se interceptan, formando así un bloque triangular en la placa. Sus medidas pueden llegar a ser hasta los 0.3m. Para su cálculo se debe medir la longitud de la grieta y el ancho de su abertura.
GL	Grietas longitudinales	Comúnmente se presentan grietas paralelas al eje de la calzada o desde uno de los extremos hasta llegar al borde de la losa. Para su cálculo se debe medir la longitud de la grieta en metros.

GT	Grietas transversales	Las grietas aparecen perpendiculares al eje de circulación, estas pueden surgir en toda la losa extendiéndose desde la junta transversal hasta la longitudinal, este tipo de daño se presenta en las losas. Para su cálculo se debe medir la longitud de la grieta en metros.
GP	Grietas en los extremos de los pasadores	Se generan principalmente por el mal diseño y ubicación de los pasadores o por su movimiento en el periodo de construcción. Para su cálculo se debe medir la longitud de la grieta en metros.
GB	Fracturación múltiple	Se forman por la unión de grietas transversales y longitudinales, allí se generan bloques de distintas dimensiones. Están conformados por las grietas tipo “Y”. Para su cálculo se debe medir el área afectada en metros cuadrados de cada losa.
GA	Grietas en pozos y sumideros	Se detallan como clasificación independiente, puesto que el origen de estas grietas es proporcionado por la presencia de pozos o sumideros. Para su cálculo se debe medir el área afectada en metros cuadrados de cada losa.

Fuente: Estudio e investigación del estado actual de las obras de la red nacional de carreteras

Tabla 2 Fallas en pavimento rígido - Daños en juntas

Daño		Descripción
SJ	Separación de juntas longitudinales.	Representa una hendidura en la junta longitudinal del pavimento. Para su cálculo se debe medir la longitud de la junta en mal estado por placa.

DST- DSL	Deterioro del sello	Desprendimiento parcial o total del sello de cualquier tipo de juntas, incrementando el ingreso de partículas incomprensibles o infiltración de agua. Para su cálculo, se toma la longitud en metros de la junta que presente el daño y se especificará que tipo de detalles presente la misma.
---------------------	----------------------------	---

Fuente: Estudio e investigación del estado actual de las obras de la red nacional de carreteras

Tabla 3 Fallas en pavimento rígido - Deterioros superficiales

Daño		Descripción
DPT, DPL	Desportillamiento de juntas.	Indica la desintegración de las esquinas de cualquier tipo de junta, llegando a generar daño de hasta 15cm por lado de la junta. Para su cálculo, se toma la longitud en metros de la junta que presente el daño.
DE	Descaramiento	Indica el desprendimiento de pequeños trozos de concreto en la superficie, llegando a ser de 5 a 15 mm. Para su cálculo se mide el área de la zona afectada y se identifica la severidad de esta.
DI	Desintegración	Es la pérdida de agregado grueso en la superficie, puesto que el material fino poco a poco genera un desprendimiento de la arena-cemento, generando una superficie con huecos diminutos. Para su cálculo se mide el área de la zona afectada y se identifica la severidad de esta.
BCH	Baches	Consiste en la disgregación de la losa de concreto, generando cavidades notables, en algunos casos queda

		expuesto el material de las capas inferiores. Para su cálculo se mide el área de la zona afectada y se identifica la severidad de esta.
PU	Pulimiento	Perdida de textura superficial necesaria para que logre una fricción apropiada entre el pavimento y neumáticos del vehículo. Para su cálculo se mide el área de la zona afectada y se identifica la severidad de esta.
EJL Y EJT	Escalonamiento de juntas longitudinales y transversales	Este daño es generado por el tránsito ocasionando un desnivel de la placa en su junta con respecto a su placa continua. El cálculo se define en el desnivel que se presenta en el largo y ancho de la placa, obteniendo la magnitud en metros.
LET, LEL	Levantamiento localizado	Aumento desproporcionado de la superficie, se presentan generalmente en zonas contiguas a una grieta, usualmente el concreto afectado se quiebra en varias partes. Sus fallas se miden por su nivel de severidad.
PCHA- PCHC	Parches	Es el pavimento cuya área ha sido removida para ser tratado con un material igual o diferente pero que satisfaga la necesidad requerida. Para su cálculo es importante detallar la cantidad de parches y la superficie en metros cuadrado del área de estos, se deben evidenciar los parches de asfalto o concreto en observaciones.
HU	Hundimientos o Asentamientos	Inmersión de la superficie del pavimento en un punto específico, lo puede acompañar grietas por el

		asentamiento de las losas. Para su cálculo se mide el área de la zona afectada
--	--	--

Fuente: Estudio e investigación del estado actual de las obras de la red nacional de carreteras

Tabla 4 Fallas en pavimento rígido - Otros deterioros

Daño		Descripción
FR	Fisuración por retracción o Tipo malla	Grietas diminutas en la superficie del pavimento, usualmente las fisuras de mayor dimensión se generan en sentido longitudinal conectadas por fisuras más finas. Para su cálculo se mide el área de la zona afectada
FT	Fisuras ligeras de aparición temprana	Son aquellas grietas delgadas que aparecen en la superficie de la placa, sus dimensiones varían de 20 cm a 100 cm. Para su cálculo se mide el área de la zona afectada
FD	Fisuración por durabilidad	Indican fisuras delgadas que se encuentran cercanas entre sí, se generan cerca de las juntas transversales y longitudinales, usualmente se curvan en la intervención de las curvas. Para su cálculo se establece la superficie en metro cuadrado por cada nivel de severidad.
BOT- BOL	Bombeo sobre la junta transversal, Bombeo sobre la junta longitudinal.	Expulsión de agregados a través de las grietas por presencia del agua, posteriormente se produce una deflexión en la placa por el paso de cargas, generando pérdidas de soporte.
ON	Ondulaciones	Aquella deformidad presentada en la superficie ocasionadas por un mal proceso de nivelación en el

		periodo de construcción. Para su cálculo es indispensable medir la longitud del daño.
DB	Descenso de la berma	Se presentan cuando las bermas sufren hundimientos. Diferencia de nivel entre la superficie de la placa frente a la superficie de la berma. Para su cálculo es indispensable indicar si hay presencia de agua posteriormente se detalla la longitud de la junta.
SB	Separación entre la berma y el pavimento	Expansión de la abertura de la junta longitudinal entre la berma y el pavimento. Para su cálculo es indispensable indicar si hay presencia de agua posteriormente se detalla la longitud de la junta.

Fuente: Estudio e investigación del estado actual de las obras de la red nacional de carreteras

Eventualmente se tendrá en cuenta para efectos de cálculos el cuadro de información presentado por el grupo de investigación del estado actual de obras de carretera (INVIAS , 2006) el cual presenta los daños y severidades de cada tipo de falla,

Figura 8 Tipo de fallas y daños agrupados

No.	Tipo de Daño (unidad de medida)	Símbolo	Severidad		
			Baja (B)	Media (M)	Alta (A)
GRETAS Y AGRIETAMIENTOS					
1.	Grietas longitudinales (m)	GL	a<3mm	3 - 10mm	>10mm
2.	Grietas transversales (m)	GT	a<3mm	3 - 10mm	>10mm
3.	Grietas de esquina (m)	GE	a<3mm	3 - 10mm	>10mm
4.	Grietas en los extremos de los pasadores (m)	GP	a<3mm	3 - 10mm	>10mm
5.	Grietas en bloque o múltiples (m2)	GB		Siempre altas	
6.	Grietas en pozos y sumideros (m2)	GA	<3mm	3 - 10mm	>10mm
JUNTAS					
7.	Separación de juntas (m)	SJ	<3 mm	3 - 25 mm	>25mm
8.	Deficiencias de sellado (m)	DST, DSL	L < 0.5m	0.5 - 2.0 m	> 2.0m
DETERIORO SUPERFICIAL					
9.	Desportillamiento (m)	DPT, DPL	a <5 cm	5 - 15 cm	>15cm
10.	Descascaramientos (m2)	DE		Sin severidad	
11.	Pulimento (m2)	PU	Fácilmente perceptible	El área pulimentada tiene un acabado mate	Apariencia de espejo
12.	Desintegración (m2)	DI		Sin severidad	
13.	Cabezas duras (m2)	CD		Sin severidad	
14.	Escalonamiento de juntas (unidad)	EJ	h < 6 mm	6 - 13 mm	> 13mm
15.	Levantamiento localizado (m)	LET, LEL	h <5mm	5 - 10mm	>10mm
16.	Parches (m2)	PCHA, PCHC	bueno	Daños leves y medios, asent<5mm	Daños severos, asent>5mm
17.	Hundimientos o asentamientos (unidad)	HU	No genera molestia (o rebote) al conductor.	Genera poca molestia (o rebote) al conductor.	Causa reducción de velocidad.
OTROS DANOS					
18.	Fisuramiento por retracción (tipo malla) (m2)	FR	Sin descascarar	desc < 10%	desc > 10%
19.	Fisuras ligeras de aparición temprana (m2)	FT	Sin descascarar	Con algunas zonas descascaradas	Agrietamiento y descascaramiento
20.	Fisuración por durabilidad (m2)	FD		Sin severidad	
21.	Bombeo (m)	BOT, BOL	El agua es expulsada sin arrastrar finos.	Existe una pequeña cantidad del material bombeado en las juntas.	Existe una gran cantidad de material bombeado sobre el pavimento.
22.	Ondulaciones (m2)	ON	Genera un rebote leve al vehículo.	Genera rebote al vehículo con algo de incomodidad.	Genera un rebote excesivo al vehículo, requiere reducir velocidad.
DANOS EN BERMAS					
23.	Descenso de la berma (m)	DB	h<10mm	10 - 30mm	>30mm
24.	Separación entre berma y pavimento (m)	SB	Abertura < 3mm.	Entre 3mm y 10mm.	> 10mm.

4 ESTADO DE CONOCIMIENTO.

A continuación, se presentará para este caso de estudio, algunas investigaciones, artículos y noticias donde se expondrá la importancia de la invertir en la rehabilitación y mantenimiento en vías públicas, estos documentos tendrán fundamento nacional e internacional, de igual forma se evidenciarán datos de las principales características frente a la reparación de vías a lo largo del mundo y en Colombia. La siguiente información se obtuvo por medio de buscadores digitales presentados por la Universidad Antonio Nariño, principalmente son: ScienceDirect, Scopus, Springer, VirtualPro, Taylor & Francias, Entre otras, las publicaciones relacionadas con la reparación de la malla vial se seleccionaron y se clasificaron de acuerdo con su contenido y su importancia para la utilización en esta monografía, como se muestra en la tabla.

El estado del conocimiento que se realiza aquí abarca algunas de las alternativas para rehabilitación del pavimento rígido en la calle 78 c sur localidad ciudad bolívar, luego de una investigación minuciosa por documentos de artículos, revistas, páginas web, libros, entre otros.

Tabla 5 Clasificación de Artículos Relevantes

Editado Por:	Cantidad:	Autores:
Science Direct	9	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Beltrán-Calvo GloriaInésRomo-Organista Miguel Pedro ➤ Qun Yang-Shishi Zhou (2020) ➤ Macea Mercado Luis Fernando Márquez Díaz Luis ➤ Ventakata Jorgarao Bulusu-Sudhakar Reddy Kusam-Amarnatha Reddy Muppireddy ➤ William Fedrigo-Washington Pérez Núñez-Alex T. Visser ➤ Geir Dahl Harald Minken (2008) ➤ Fahim Ahmed - Jay Thompson - Dahae Kim - Eric Carroll - Nathan Huynh (2020) ➤ Ruijun Cao - Zhen Leng - Shu-Chien Hsu (2019) ➤ Daniel Garraín - Yolanda Lechón (2019) ➤ Hashemian, Leila; Kavussi, Amir; H. Aboalmaali, Homayoun (2014)

Scopus	4	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Alejandro Pérez Álvarez (➤ Cabral, AEB (➤ De los santos Granados (2003) ➤ Cunha Javier (2019)
---------------	---	--

Fuente: Elaboración propia

4.1 TECNOLOGÍAS INNOVADORAS

Se presentan soluciones referentes a la rehabilitación de pavimentos con respaldo basado en estudios, investigaciones y prácticas, pero que no cuentan con una normatividad vigente a nivel global, esta tecnología rige en países donde se realiza y se logra aplicar en casos específicos, posterior a ello entra en fase de evaluación donde se conocen todos los aspectos a detalle.

4.1.1 ESTABILIZACIONES CON ASFALTO ESPUMADO.

Es una alternativa de reparación vial que produce mezclas asfálticas de una nueva forma, distinta a las tradicionales. Esta técnica se puede aplicar para la estabilización de suelos para capas asfálticas existentes. El asfalto espumado se genera por medio de un proceso mecánico el cual se inyecta al utilizar aire presurizado, el asfalto caliente con una temperatura promedio de 170 °C, junto con un pequeño porcentaje de agua y al interior de una cámara de expansión, genera momentáneamente el efecto de espuma en el asfalto. (Hashemian, Kavussi, & H. Aboalmaali, 2014)

Para utilizar de manera adecuada esta alternativa de rehabilitación vial, es importante considerar el grosor de la capa a intervenir y las características del material a estabilizar. Dichos materiales están conformados por los agregados pétreos producidos por las capas de pavimento en la fase de trituración mecánica, cemento asfáltico y agua, libre de cualquier materia orgánica. (CHAVARRO ACUÑA & MOLINA PINZÓN, 2015)

4.1.1.1 VENTAJAS

- I. En su aplicación puede emplearse con gran diversidad de tipos de agregados por ser un estabilizante.
- II. Genera material con características elásticas
- III. Transito inmediato que genera mayor ganancia en tiempos.
- IV. Posee cualidades positivas si se compara con otras alternativas convencionales.

V. Su modo de emplear es de rápido acceso con la herramienta y maquinaria adecuada.

4.1.1.2 DESVENTAJAS

- I. El aspecto físico no le favorece en los controles de calidad, puesto que en un comienzo su tono de color es café, pero a medida que pasa el tiempo tiende a volverse oscuro, es por ello que requiere de mayor atención.
- II. Para un correcto uso, los materiales que posean un bajo nivel de agregados finos deben pasar por un proceso de tratamiento.
- III. Por ser un tipo de tecnología nueva, está prevista a seguir siendo examinada y estudiada.

Debido a la poca duración de los pavimentos en servicio se contemplaron tres métodos establecidos en la lógica difusa, para establecer el estado de la condición de rigidez y fracturación del pavimento, para determinar todos estos factores se utilizaron pavimentos de tres y cuatros capas con diferentes pruebas de laboratorios. (Romo, 2014)

- Procedimiento a compresión y carga-deflexión del hormigón con fibra de vidrio (GF) y áridos residuales de hormigón (CWA).
- Se experimentaron los impactos económicos y ambientales de GF y CWA considerando una aplicación de pavimento.
- El papel del refuerzo de fibra es muy importante que el CWA en el control del costo y la huella de carbono del pavimento.
- A 0.25% GF, todos los hormigones CWA pueden producir pavimentos de bajo costo que los hormigones simples.

El Concreto simple no es eficiente para trabajar la resistencia a la tracción y compresión en donde esto con lleva a la gran reducción de la mejoría de la calidez de la tenacidad, de acuerdo con lo anterior se llegó a la conclusión de mezclar pavimento hidráulico con armado de fibra de vidrio para contrarrestar su poca resistencia a la tracción y compresión y de paso se da una ayuda al medio ambiente y a la parte económica. El comportamiento del pavimento hidráulico liso y reforzado con fibra de vidrio se contempló que es mucho más efectivo para el ámbito de la resistencia a la tracción y compresión dando un paso gigantesco a la ayuda del medio ambiente

para mitigar los impactos al mismo. (Yang-ShishiZhou, 2020)

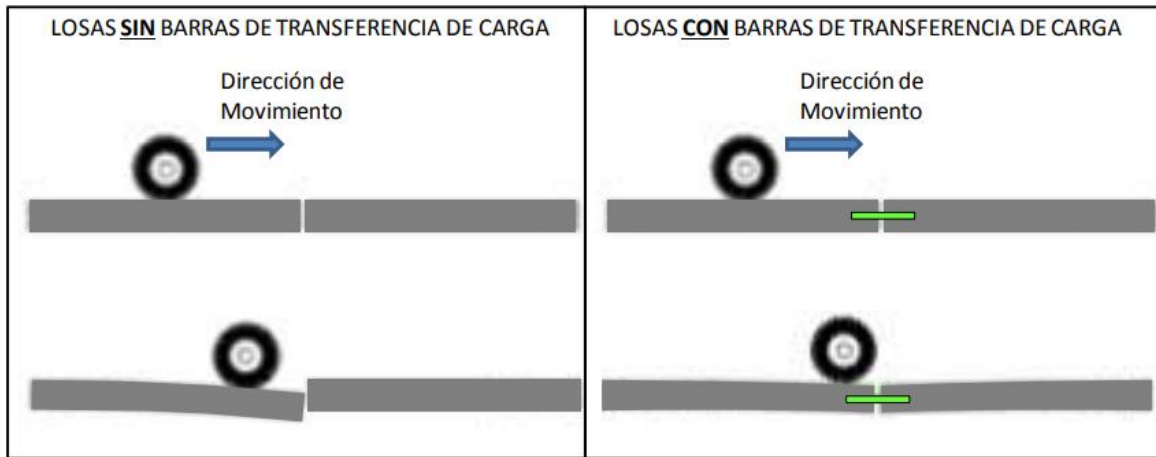
Todo esto nace en busca de la mitigación del deterioro de los pavimentos hidráulicos en donde se busca agregar nuevas herramientas de gran avance de tecnología moderna para tener más controlado las fallas del pavimento rígido de acuerdo aplicaciones web, con esto llevar una base de datos para analizarlos y contemplar las rápidas soluciones que se le pueden brindar al concreto hidráulico para un mejor servicio a la comunidad. (Macea Mercado & Márquez Díaz, 2016)

De acuerdo a todo el avance que se está presentando para las rehabilitaciones del pavimento hidráulico para un servicio idóneo y una larga vida del mismo, nace una nueva idea denominada **“Thin White toppings”** para seguir dando la calidad de servicio y durabilidad que la comunidad espera, En donde este nuevo concepto está tomando un gran avance en los países para la técnica de la rehabilitación económica y duradera para las vías. (Muppireddy, 2020)

Para todos aquellos que le gustan las cosas con mucha eficacia, durabilidad y que el proyecto del pavimento rígido se realice en poco tiempo existe la alternativa del **“fast track”** la grande ventaja del método es que en poco tiempo contribuyen a la reparación de las losas de concreto para la vía, en tan solo un tiempo determinado de 24 horas alcanzando el 70% de la resistencia y para lograr el 100% de la resistencia se necesita aproximadamente 28 días para lograrlo (CemexColombia, 2014)

Para un estudio de tránsito en donde arroje resultados de alto volumen de tráfico se recomienda la alternativa de **“juntas y transferencia de cargas”** para evitar el agrietamiento de las losas, debido a las cargas que se le genera por el repetitivo flujo de tráfico ya que con las juntas y las barras lisas típicas evitamos drásticamente las deflexiones de las losas y por lo tanto la ruptura de la misma (consultores, 2013)

Figura 9 Efectividad de transferencia de cargas por barras lisas en juntas.



Tomado de Guía para el diseño en vías de alto volumen.

Con el paso del tiempo el progreso de los países a solicitado de una mayor cobertura de infraestructura en la parte de la malla vial, requiriendo nuevas tecnologías, rehabilitaciones y reciclaje del pavimento existente para un mejor servicio a los ciudadanos, llevando a utilizar “**la rehabilitación del concreto del cemento portland como material de refuerzo**” para los pavimentos existentes. En donde unos de los pioneros en utilizar esta rehabilitación fue España en el año 1992 generalizándolo a nivel mundial y en la actualidad el país que más lo usa es Brasil debido a que tiene unas grandes ventajas en donde permite rehabilitar un pavimento hidráulico deteriorado o mejorar una estructura del pavimento débil, otra de sus grandes ventajas es la reducción de la tensión de la compresión vertical subrasante y la tensión de tracción horizontal en la parte inferior de la capa de rodadura, y en la parte económica el cemento portland resulta suele ser más barato que el cemento asfáltico. (Visser, 2020)

La siguiente rehabilitación “**Pavimento Rígido Reconstrucción Total**” de la cual se hace mención es una de la más utilizada a nivel de Colombia en donde se debe tener en cuenta unos factores para determinar la reconstrucción parcial del pavimento, como primer paso evaluar el nivel de fractura del pavimento, llegar a definir los límites de reparación, tener una correcta planeación para ejecutar el área a reparación y uno de los pasos más importante es el curado del mismo, en la parte económica se podría decir que es una de las desventaja que tiene esta rehabilitación ya que se hace una reconstrucción total. (TOXEMENT, 2017)

Para el siguiente ejercicio se establece que la alternativa más idónea para cada parte en donde se realice la aplicación del pavimento rígido depende de las Normas establecidas a nivel general, no obstante también se determina con la realidad de cada entidad territorial considerando la alternativa más factible y por ende se deberán realizar los estudios pertinentes, ya que en conclusión el compromiso dependerá del formulador para examinar las alternativas más idóneas del uso del pavimento hidráulico respetando las particularidades de cada región. De acuerdo a unos parámetros establecidos que se le realizó a un tramo de vía rígido de una longitud de cien metros se llegó a la conclusión que el ancho mínimo será de 7 m entre sardinales y el bombeo es del 2%, (Planeación, 2017)

En la siguiente alternativa se observa que la estructura tiene una capa de pavimento rígido con sus respectivas subbases granular, todo esto con lleva a tener soluciones con el cemento portland (artículo 350) en donde le da unos respectivos paso a paso para que a la hora de aplicar el concreto hidráulico no se vayan a cometer errores. (García, 2012)

Debido a las elevaciones de los costos y la demora al entregar las rehabilitaciones de pavimento en concreto hidráulico se generó **la rehabilitación con la técnica RUBBLIZING**, esta técnica consiste en demoler la losa que ya culminó con su vida útil en el sitio para el ahorro de tiempo y la reducción del costo del transporte del material triturado, todo esto se hace con maquinaria pesada **“martillo hidráulico”**

Figura 10 equipo para rubblizing



Fuente: Vise ingeniería de México

Es importante resaltar que la técnica rubblizing es muy efectiva para la rehabilitación de los pavimentos rígidos que alcanzaron su vida útil, pero hay que tener en cuenta que esta técnica no se trata de uso general y aplicable a cualquier pavimento. (Vázquez, 2018)

Para reducir los grandes espesores del pavimento rígido se llegó a la conclusión de utilizar la técnica de la **Rehabilitación del Pavimento de hormigón con el hormigón armado con fibra de vidrio**, ya que con esto se lleva a una mayor resistencia de la flexión y por ende evitar espesores de grandes dimensiones que solo con llevan a grandes costos de la aplicación del pavimento rígido y a la poca durabilidad del servicio para las poblaciones, ya que con la mezcla del pavimento y la fibra de vidrio se le está dando una gran ayuda al medio debido a que se evita tanta contaminación con el material mezclado (Khan, 2020)

Considerando la gran reproducción de cenizas se decidió implantar la **rehabilitación de cenizas de fondo de termoeléctricas en bloques de hormigón para pavimentos rígidos**, se decidió verificar la asociación de las mismas en el hormigón utilizado en los bloques entrelazados para pavimentación, En todos los hormigones se determinó el valor de asentamiento en estado fresco y, en estado endurecido, se realizaron pruebas de resistencia a la compresión y absorción de agua (Cabral, 2018)

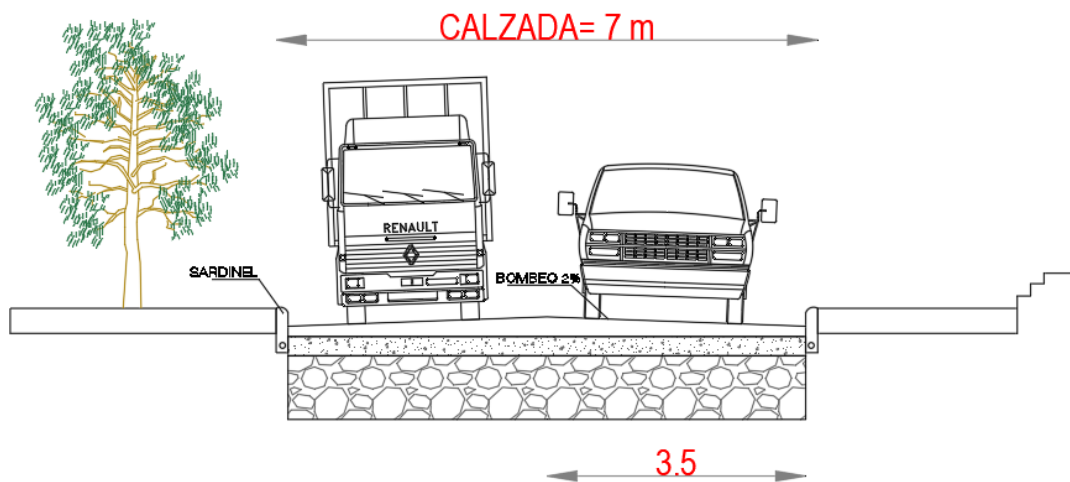
Para la construcción de carreteras en pavimento rígido, se tienen que llevar a cabo los requisitos con relación a los materiales y espesores de la losa para garantizar que la aplicación del pavimento hidráulico sea de manera idónea para el beneficio de los usuarios, en donde para lograr los espesores correctos del pavimento se utiliza el método Ground Penetrating Radar (GPR) el cual estudia los respectivos espesores del pavimento hidráulico para cumplir con los requisitos y llegar a los resultados esperados (Cunha, 2019)

Debido al gran impacto al medio ambiente por causa de los neumáticos. La unión europea estableció un régimen en el cual nos habla de la importancia del reciclado del neumático usado para mitigar el daño al medio ambiente, todo esto lleva a mezclar pavimento hidráulico con caucho para dar la alternativa de controlar el impacto al medio ambiente. Por otra parte, la mezcla del caucho con el pavimento en concreto da una mayor resistencia al pavimento y esto da un resultado positivo la vida útil del pavimento ya que tarda mucho más en deteriorarse en comparación con la aplicación de los pavimentos hidráulicos convencionales. (Granados, 2003)

La utilización de asfalto recuperado pavimento (RAP) ha demostrado ser una tecnología prometedora para resolver algunos de los problemas ambientales y la escasez de recursos en muchas partes del mundo. El objetivo de este estudio fue investigar el módulo dinámico y el ángulo de fase de mezclas de tipo de superficie utilizando dos tecnologías de mezcla de asfalto en caliente (es decir, mezcla de aditivo E en caliente y espuma) y dos agentes antideslizantes líquidos (ASA). Se diseñaron y probaron un total de 20 mezclas. Se llevaron a cabo modelos de curva maestra visco elástico, análisis estadístico y espectros de relajación continua para obtener una mejor comprensión de las propiedades de las mezclas. (Amirkhanian, 2020)

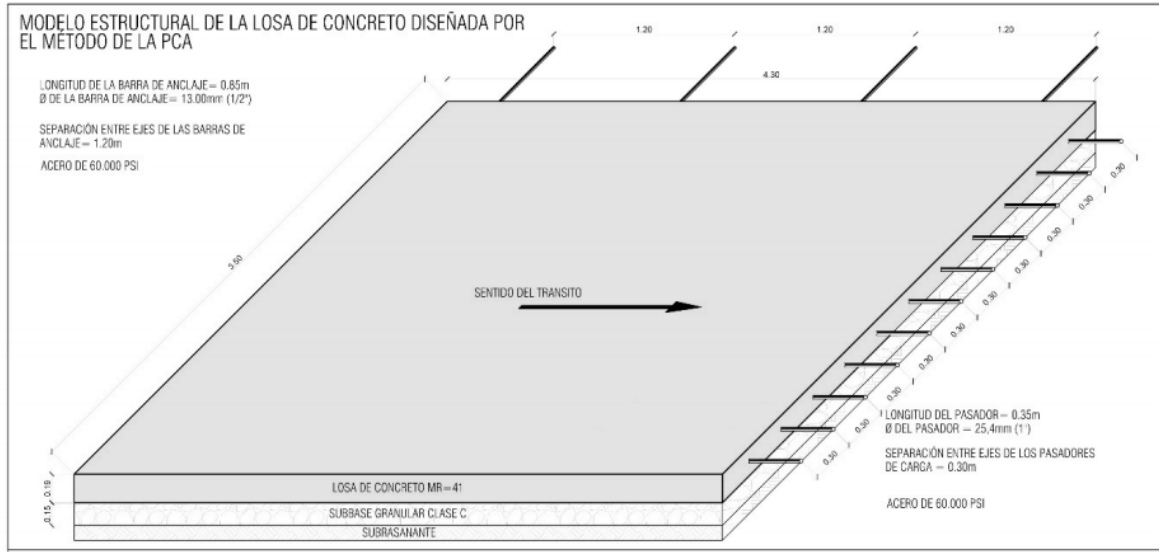
El tamaño del agregado juega un papel importante en el comportamiento mecánico no lineal del hormigón, que está fuertemente relacionado con el efecto del tamaño. En este estudio, se ha establecido el método de modelado mesomecánico basado en el modelo de agregado de clasificación continua para simular el comportamiento de falla por compresión uniaxial bajo carga cuasi estática de muestras cuadradas de concreto con diferentes longitudes de lados, tamaños máximos de agregado y resistencia del concreto. Los grados. (L., 2014)

Figura 11 . Esquema representativo del eje transversal de la vía.



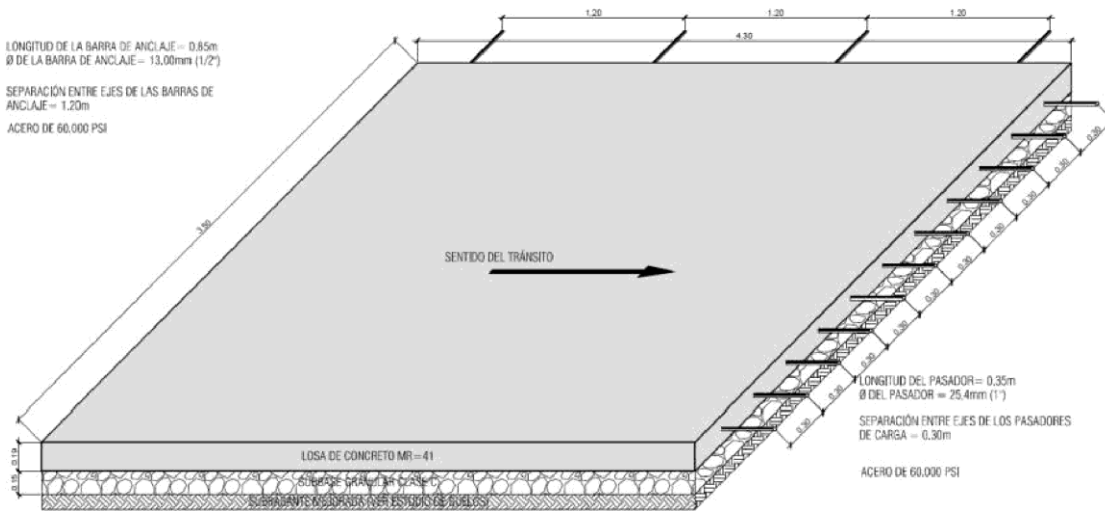
(elaboración propia por el programa AutoCAD) Tomado de construcción de pavimentos rígido en vías urbanas de bajo tránsito.

Figura 12 Esquema de la losa de pavimento de concreto (18cm).



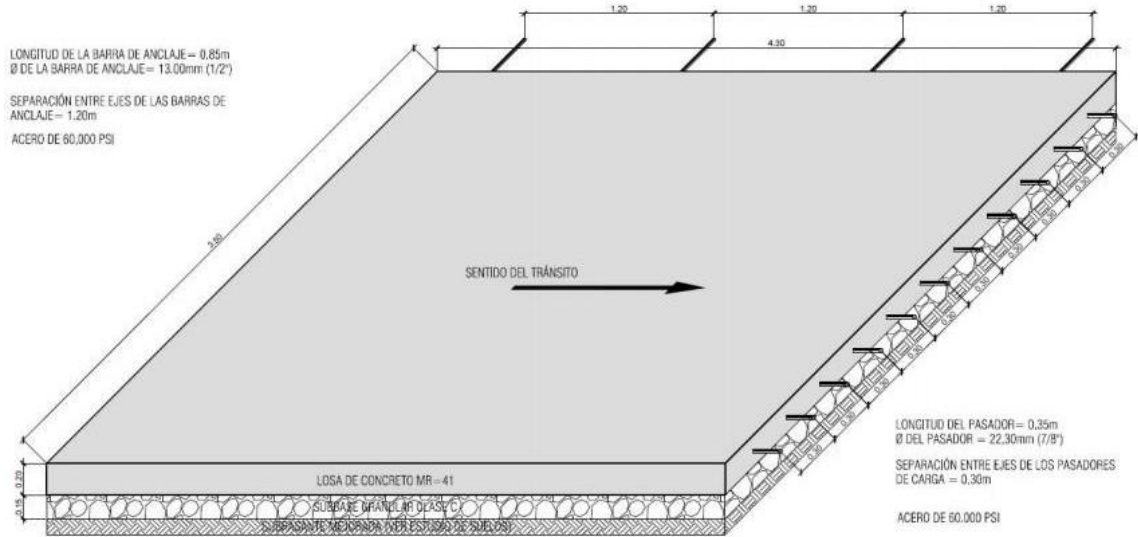
Tomado de construcción de pavimentos rígido en vías urbanas de bajo tránsito

Figura 13 Esquema de la losa de pavimento (19cm)



Tomado de construcción de pavimentos rígido en vías urbanas de bajo tránsito

Figura 14 Esquema de la losa de pavimento de concreto (20 cm)



Tomado de construcción de pavimentos rígido en vías urbanas de bajo tránsito

5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Colombia actualmente está viviendo demoras en el desarrollo de la malla vial, esta no es la única afectada, en túneles y carreteras se evidencian las mismas falencias y en algunos casos llegan a ser peores. Gran parte de las vías en el territorio se encuentran en mal estado. La idea principal del siguiente trabajo de grado es establecer alternativas las cuales se puedan emplear para una reparación óptima de la vía mediante una inspección visual, determinando el grado de daño y la capacidad estructural que el pavimento presente, pues ello va estrechamente ligado al método o refuerzo a utilizar. (Yepes, Ramirez, & Villar, 2013).

Según el estudio realizado por Cámara de Comercio, la localidad a estudiar posee un poco más del 27% del territorio de toda Bogotá, Asimismo se encontró gracias a un diagnostico detallado y en conjunto con los habitantes de la localidad, el mal estado de las vías secundarias que redondea aproximadamente el 80% del total en esa zona. Cabe resaltar que la infraestructura vial de la localidad, integra por lo menos un 7% de toda la malla vial de la ciudad, cuenta con más de 1.000 km de carriles en las calles y aproximadamente el 70% de estas presentan desperfectos a un alto nivel (Bogotá D.C, 2007). Las obras que se consideran importantes porque son llevadas a cabo en vías principales, abarca un poco más del 1,5%, estas presentan óptimas condiciones para su uso,

al igual que el 1.5% aproximadamente de vías locales de Ciudad Bolívar, aquí se evidencia poca intensidad en la construcción vial de la localidad si se compara con el dato ponderado del resto de la ciudad, abarcando así para las vías principales más del 4.5% y para vías locales representando el 20%. (PEÑA ROBLES, 2015)

Este proyecto pretende buscar en primera instancia un diagnóstico del estado de la vía en la calle 78c sur, ubicado en la localidad de Ciudad Bolívar, esto enfocado en implementar alternativas que se empleen nacional e internacionalmente, evaluando así, su diseño, factores relevantes, costos de construcción y durabilidad, brindando una conectividad más cómoda para todos los habitantes de Bogotá, pues al mejorar las vías, los habitantes que residen allí dignifican su estilo de vida, ya que según (Bogotá D.C, 2007) aproximadamente en esta localidad prevalece la población socio-económica más baja, de igual forma pretende ayudar a comerciantes de la zona a activar la economía, pues según revela la Cámara de Comercio, más del 40% del sector económico se ve representado en el mercado comercial, la industria revela un 20% aproximadamente y demás factores suman un 26%.

5.1 METODOLOGÍA

Con la finalidad de examinar detalladamente el desarrollo de los daños en el pavimento, la evaluación visual se traduce como la observación durante un periodo de tiempo en el cual se puntualizan los daños verificados, realizamos una serie de pasos empleados por la *Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos*.

1. Nos desplazamos hacia el terreno afectado, el área que se inspeccionó tiene un largo de 100m por un ancho de calzada de 6m, siendo este tramo el más afectado de toda la calle 78c Sur, posteriormente identificamos las fallas y las causas por las cuales se generan los daños.
2. Plasmamos las fallas en una hoja, junto con todos los datos necesarios, dimensiones, características, descripciones, entre otros.

Ya realizada la valoración visual del tramo de la vía, tomamos los resultados obtenidos para encontrar la condición actual de la calle mediante el inventario de daños en el pavimento, de igual forma describimos obras de drenaje, zonas laterales y las señalizaciones del terreno.

La revisión visual del asfalto se realiza con el propósito de cuantificar y apreciar exactamente los daños del pavimento. Siguiendo este orden de ideas se estableció el porcentaje de fisuras, grietas, fallas y deterioros, para los tipos de severidad determinados. Ya considerada la información del campo y descrito el tipo de daño presentado, emitimos una serie de conclusiones de la zona examinada. Posterior a ello, se analizaron las alternativas presentadas en el estado del conocimiento y se contemplaron las características de cada una de ellas para efectuar la decisión de cual se implementará al pavimento.

Se realizó el registro fotográfico junto con la inspección visual luego de recorrer la zona de estudio y se evidenciaron diferentes tipos de daño.

Según el grupo técnico del INVIAS que determino el seguimiento y control de los pavimentos rígidos, para la toma y registro de datos se creó una tabla de descripciones, en ella se detallan ítems tales como: ubicación, el tipo de daño que se evidencien en el pavimento, características, dimensiones, las calzadas que presente la vía, carril que ocupa, la severidad de la falla y su tipología, con esto queda registro tanto cualitativo como cuantitativo de la zona de estudio. El formato establecido por (INVIAS , 2006) fue tomado como referente para este caso de estudio, y se adaptó a los resultados que arrojó la vía.

Figura 15 Fracturación Múltiple



Fuente: Registrada por integrantes del grupo de estudio

Figura 16 Fracturación múltiple y parcheo



Fuente: Registrada
por integrantes del
grupo de estudio

Figura 17 Fracturación múltiple



Fuente: Registrada
por integrantes del
grupo de estudio

Figura 18 Fracturación múltiple



Fuente: Registrada por integrantes del grupo de estudio

Figura 19 hundimiento - Vista superior



Fuente:
Registradas por
integrantes del
grupo de estudio

Figura 20 Hundimiento - Vista perfil izquierdo



Fuente: Registrada por integrantes del grupo de estudio

Figura 21 Hundimiento y fracturación múltiple



Fuente:
Registradas por
integrantes del
grupo de estudio

Figura 22 Hundimientos y parcheo



Fuente: Registradas por integrantes del grupo de estudio

Figura 23 Fracturación múltiple



Fuente: Registradas por integrantes del grupo de estudio

Figura 24 Bache



Fuente: Registradas por integrantes del grupo de estudio

Figura 25 Fisuras



Fuente:
Registradas por
integrantes del
grupo de estudio

Figura 26 Fallas longitudinales y transversales



Fuente:
Registradas por
integrantes del
grupo de estudio

Figura 27 Fallas múltiples



Fuente: Registradas por
integrantes del grupo de estudio

Figura 28 Fallas múltiples



Fuente:
Registradas por
integrantes del
grupo de estudio

Figura 29 Fallas múltiples



Fuente:
Registradas por
integrantes del
grupo de estudio

Figura 30 Carril izquierdo



Fuente:
Registradas por
integrantes del
grupo de estudio

Figura 31 Pozo y parche



Fuente:
Registradas por
integrantes del
grupo de estudio

Figura 32 Hundimiento y GL



Fuente:
Registradas por
integrantes del
grupo de estudio

Tabla 6 Toma de datos y caracterización.

FORMATO PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTO RÍGIDO

TERRITORIAL: Bogotá FECHA: 02/10/2020 CONCESIÓN
 CODIGO DE LA VÍA: _____ CONTRATO N°: ---- MANTENIMIENTO INTEGRAL HOJA:
 NOMBRE DE LA VÍA: Calle 78c Sur LEVANTADO POR: Mahecha John & Ramos Yonier

ABSCISA	N°. Placa		Dimensiones de la Losa		Tipo	Severidad	TIPO DE DETERIORO			Reparación		Foto	ACLARACIONES		
	#	Letra	Largo	Ancho			Daño			Largo	Ancho				
							Largo	Ancho	Área						
K0+000	1	A	3	3.2	GB	ALTA	3	3.2	9.6			F14	Presenta fisuración múltiple en más del 80%		
	1	B	3	3.2	DPT	ALTA	1.5	0.5				F15			
	1	B	3	3.2	PCHA	MEDIO	1.5	0.5	0.75			F15		Parche asfalto	
	2	A	3	3.2	GB	ALTO	1.3	0.4	0.52			F15			
	2	B	3	3.2	PCHA	ALTA	3	2	6			F15		Parche asfalto	
	3	A	3	3.2	GL	MEDIA	3					F15			
	3	A	3	3.2	GT	MEDIA	1.2					F15			
	3	B	3	3.2	GA	ALTA	3	2.7	8.1			F15		Pozo/alcantarilla	
	4	A	3	3.2	GL	ALTO	3					F15			
	4	A	3	3.2	GT	ALTA	1.4					F15			
	4	B	3	3.2	GL	ALTA	3					F15			
	5	A	3	3.2	PCHA	ALTO	3	3.2	9.6			F15		Parche asfalto	
	5	B	3	3.2	HU	ALTO	3	1.0	3			F15			
	6	A	3	3.2	PCHA	ALTA	3	3.2	9.6			F15		Parche asfalto	
	6	B	3	3.2	GL	ALTA	3					F15			
	6	B	3	3.2	GT	ALTA	0.9					F15			
	K0+018	7	A	3	3.2	DI		3	3.2	9.6				F24	Nivel de daño bajo
		7	B	3	3.2	DI		3	3.2	9.6				F24	Nivel de daño bajo
8		A	3	3.2	GT	ALTA	2					F27			
8		A	3	3.2	GT	ALTA	2.4					F27			
8		B	3	3.2	DI		3	3.2	9.6			F27	Nivel de daño bajo		
9		A	3	3.2	GT	ALTA	3					F25			
9		A	3	3.2	GT	ALTA	1.5					F25			
9		A	3	3.2	GT	ALTA	1.2					F25			
9		A	3	3.2	GT	ALTA	0.25					F25			
9		B	3	3.2	GE	ALTA	0.4	0.05	0.020			F25	0.05 Corresponde al ancho de la abertura		
10		A	3	3.2	GB	ALTA	3	3.2	9.6			F26			
10		B	3	3.2	DI		3	3.2	9.6			F29	Nivel de daño bajo		
11		A	3	3.2	GL	ALTA	2.1					F29			
11		A	3	3.2	GT	ALTA	1.9					F29			
11		A	3	3.2	GT	ALTA	0.4					F29			
11		B	3	3.2	GT	ALTA	3					F29			
12		A	3	3.2	GL	ALTA	3.2					F29			
12		B	3	3.2	HU	ALTO	3	3.2	9.6			F23			
12	B	3	3.2	GA	ALTO	3	3.2	9.6			F23	Pozo/alcantarilla			
K0+036	13	A	3	3.2	GB	ALTA	3	3.2	9.6			F16			
	13	B	3	3.2	GB	ALTO	3	3.2	9.6			F17			
	13	B	3	3.2	HU	ALTA	3	0.8	2.4			F18			
	13	B	3	3.2	PCHA	ALTA	3	0.9	2.7			F18	Parche asfalto		
	14	A	3	3.2	GL	ALTA	3					F30			
	14	A	3	3.2	GT	ALTA	1.5					F30			
	14	B	3	3.2	PCHA	ALTA	1.7	3	5.1			F30	Parche asfalto		
	14	B	3	3.2	GL	ALTA	3					F30			
	15	A	3	3.2	GL	ALTA	3					F30			
	15	B	3	3.2	GT	ALTA	1.3					F30			
16	B	3	3.2	GL	ALTA	3					F30				
16	B	3	3.2	DI		3	3.2	9.6			F30	Nivel de daño bajo			

Observaciones: En todas las losas se evidencia separación de juntas (SJ).
<p>Número de calzadas: 1 PR inicial k0+000 Ancho de berma: N/A</p> <p>Número de carriles por calzada: 2 PR final K0+100</p>

FORMATO PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTO RÍGIDO

TERRITORIAL: Bogotá FECHA: 02/10/2020 CONCESIÓN
 CODIGO DE LA VÍA: _____ CONTRATO N°: ---- MANTENIMIENTO INTEGRAL HOJA:
 NOMBRE DE LA VÍA: Calle 78c Sur LEVANTADO POR: Mahecha John & Ramos Yonier

ABSCISA	N°. Placa		Dimensiones de la Losa		Tipo	Severidad	TIPO DE DETERIORO			Reparación		Foto	ACLARACIONES
	#	Letra	Largo	Ancho			Largo	Ancho	Área	Largo	Ancho		
K0+036	17	A	3	3.2	PCHA	ALTA	3	3.2	9.6				Parche asfalto
	17	B	3	3.2	HU	ALTA	3	2.1	6.3				
	18	A	3	3.2	PCHA	ALTA	3	3.2	9.6				Parche asfalto
	18	B	3	3.2	GL	ALTA	3						
	18	B	3	3.2	GT	ALTA	0.9						
K0+054	19	A	3	3.2	DI		3	3.2	9.6				Nivel de daño bajo
	19	B	3	3.2	DI		3	3.2	9.6				Nivel de daño bajo
	20	A	3	3.2	GT	ALTA	1.8						
	20	A	3	3.2	GT	ALTA	2.6						
	20	B	3	3.2	DI		3	3.2	9.6				Nivel de daño bajo
	21	A	3	3.2	GT	ALTA	2.9						
	21	A	3	3.2	GT	MEDIA	1.5						
	22	A	3	3.2	GL	ALTA	2.7						
	22	B	3	3.2	HU	ALTO	3	3.2	9.6				
	22	B	3	3.2	GA	ALTO	3	3.2	9.6				Pozo/alcantarilla
	23	A	3	3.2	GB	ALTA	3	3.2	9.6				
	23	B	3	3.2	GB	ALTO	3	3.2	9.6				
23	B	3	3.2	HU	ALTA	3	0.9	2.3					
24	A	3	3.2	GB	ALTO	1.5	0.6	0.9					
24	B	3	3.2	PCHA	ALTA	1.8	3.2	5.76				Parche asfalto	
K0+072	25	A	3	3.2	GT	MEDIA	2.9						
	25	A	3	3.2	GT	MEDIA	1.1						
	25	B	3	3.2	DI		3	3.2	9.6				Nivel de daño bajo
	25	B	3	3.2	GT	MEDIA	0.6						
	26	A	3	3.2	GT	ALTA	2.1						
	26	A	3	3.2	DI		3	3.2	9.6				Nivel de daño bajo
	26	B	3	3.2	GL	ALTA	3						
	26	B	3	3.2	GT	ALTA	2.3						
	27	A	3	3.2	GT	ALTA	1.7						
	27	A	3	3.2	GT	ALTA	1.9						
27	B	3	3.2	GE	ALTA	0.8	0.4	0.032				0.032 corresponde al ancho de la abertura	
28	A	3	3.2	GT	ALTA	2.6							
28	B	3	3.2	DI		3	3.2	9.6				Nivel de daño bajo	
29	A	3	3.2	GT	ALTA	2.9							
29	A	3	3.2	GT	MEDIA	1.5							
30	A	3	3.2	GL	ALTA	2.7							
30	B	3	3.2	HU	ALTO	3	3.2	9.6					
30	B	3	3.2	GT	ALTA	3.1							
K0+090	31	A	3	3.2	GL	MEDIA	1.5						
	31	A	3	3.2	HU	ALTO	3	3.2	9.6				

	31	A	3	3.2	GL	ALTO	3						
	31	B	3	3.2	GB	ALTA	3	3.2	9.6				
	32	A	3	3.2	GB	ALTO	3	3.2	9.6				
	32	B	3	3.2	PCHA	ALTA	3	3.2	9.6				Parche asfalto
	32	B	3	3.2	GL	ALTA	3	3					
	33	A	3	3.2	GT	MEDIA	2.9						
K0+099	33	B	3	3.2	DI		3	3.2	9.6				Nivel de daño bajo
Observaciones: El pavimento no presenta cunetas, ninguna otra estructura en sus laterales. La vía presenta deterioro en la mayoría de las juntas.													
Número de calzadas: 1 PR inicial k0+000 Ancho de berma: N/A Número de carriles por calzada: 2 PR final K0+100													

Fuente: Adaptado del numeral 3.1 (INVIAS, 2006)

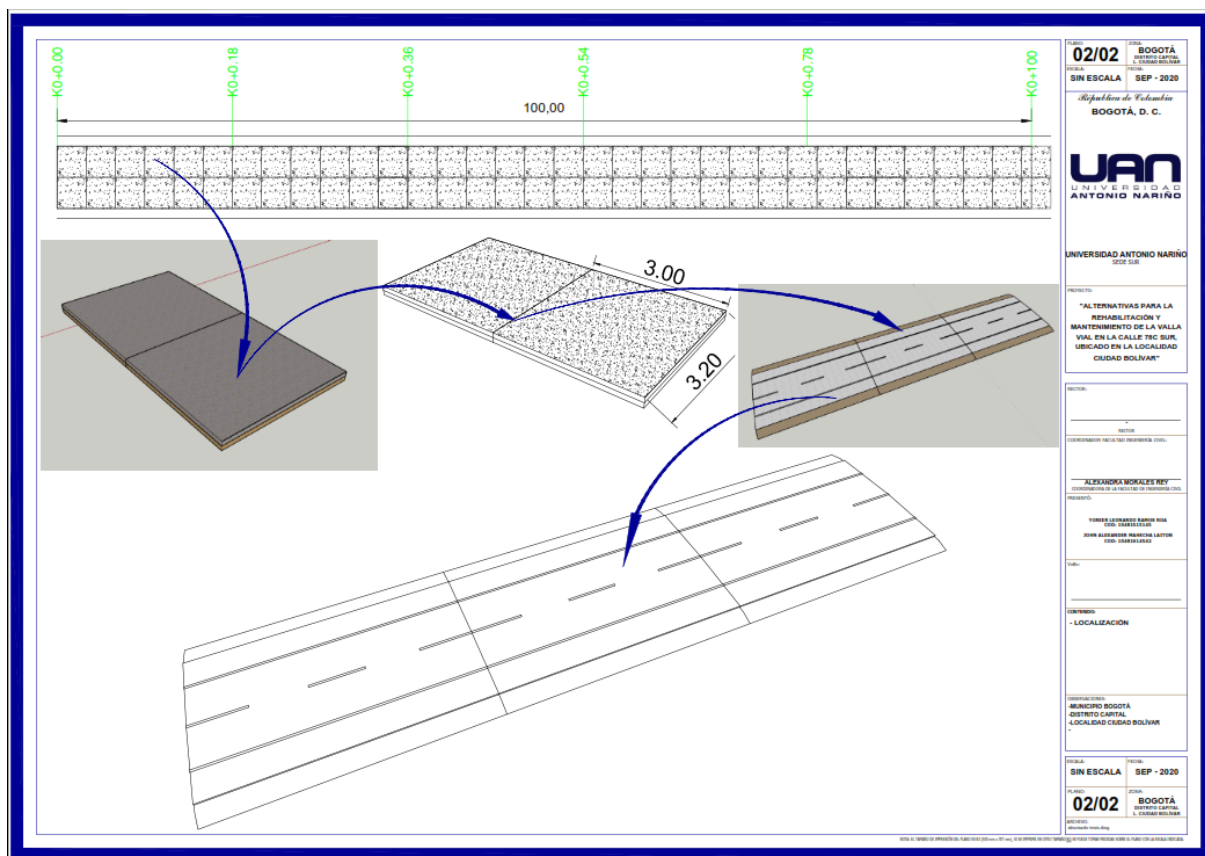
5.2 RESULTADOS

Figura 33 Ubicación del tramo



Fuente: Imágenes tomadas de Google Maps. Diseño Elaborado por integrantes de grupo.

Figura 34 Ubicación de daños



Fuente: Diseño elaborado por integrantes de grupo

5.2.1 AFECTACIÓN DE PLACAS POR SECCIÓN DE VÍA SEGÚN SU DETERIORO

Teniendo en cuenta la sección 4 del manual elaborado por (INVIAS , 2006), se desarrolló un cuadro en el cual se encuentran los tramos de la vía, el número de losas que componen cada sección y su respectivo porcentaje de afectación.

Tabla 7 Porcentaje de daño según el tramo

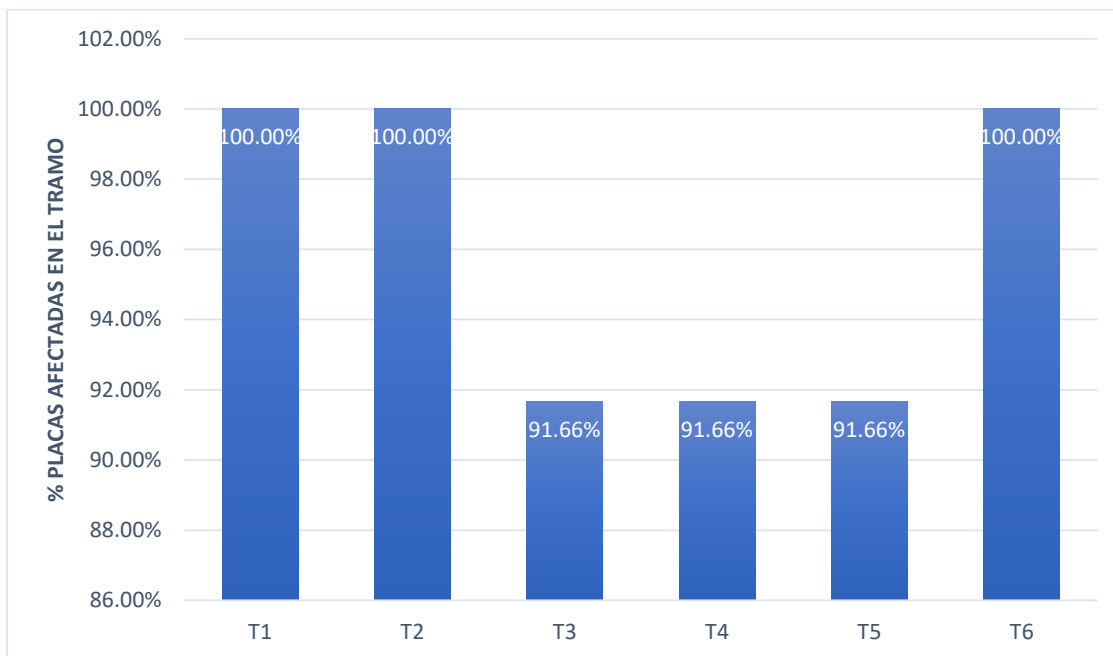
Tramo	ABS Inicial	ABS final	# Losas		% Daño respecto al total de placas	
			Construidas	Afectadas	Construidas	Construidas en el tramo
T1	K0+000	K0+018	12	12	18.18 %	100 %
T2	K0+018	K0+036	12	12	18.18 %	100 %
T3	K0+036	K0+054	12	11	16.67 %	91.66 %

T4	K0+054	K0+072	12	11	16.67 %	91.66 %
T5	K0+72	K0+090	12	11	16.67 %	91.66 %
T6	K0+090	K0+099	6	6	9.09 %	100 %
TOTAL			66	61	95.46 %	

Fuente: Elaboración en base a figura 34 numeral 4.1 (INVIAS , 2006)

Asimismo, se representó gráficamente los porcentajes de deterioro para cada tramo según lo especifica el manual de inspección visual.

Figura 35 % Placas con daños respecto al total de losas de cada tramo



Fuente: Elaborado a partir del numeral 4.1.1 (INVIAS , 2006)

5.2.2 CÁLCULOS AFECTACIÓN ÁREA DAÑADA POR TRAMOS

A continuación, se presentarán cuadros informativos por cada tramo en donde se evidencien a detalle las características de los daños en cada área para encontrar de forma exacta el porcentaje de afectación de la vía.

Para efectos de cálculos y análisis según (INVIAS , 2006) la longitud de las fallas transversales, longitudinales y juntas de construcción, se deben multiplicar por 0.6m para manejar una misma unidad de medida en cuanto al área de daño.

Tabla 8 Tramo 1 Área de daño total

TRAMO 1			ÁREA 1: 6.4m x 18m = 115.2 m ²	
Tipo de Daño	Severidad	Longitud	Ancho	Área
GB	ALTA	3	3.2	9.6
DPT	ALTA	1.5	0.6	0.9
PCHA	MEDIO	1.5	3.2	4.2
GB	ALTO	1.3	3.2	4.16
PCHA	ALTA	3	3.2	9.6
GL	MEDIA	3	0.6	1.8
GT	MEDIA	1.2	0.6	0.72
GA	ALTA	3	3.2	9.6
GL	ALTO	3	0.6	1.8
GT	ALTA	1.4	0.6	0.84
GL	ALTA	3	0.6	1.8
PCHA	ALTO	3	3.2	9.6
HU	ALTO	3	3.2	9.6
PCHA	ALTA	3	3.2	9.6
GL	ALTA	3	0.6	1.8
GT	ALTA	0.9	0.6	0.54

Fuente: Elaborado a partir del numeral 4.1.2 (INVIAS , 2006)

Tabla 9 Tramo 2 Área de daño total

TRAMO 2			ÁREA 2: 6.4m x 18m = 115.2 m ²	
Tipo de Daño	Severidad	Longitud	Ancho	Área
DI	Baja	3	3.2	9.6
DI	Baja	3.	3.2	9.6
GT	ALTA	2	0.6	1.2
GT	ALTA	2.4	0.6	1.44
DI	Baja	3	3.2	9.6
GT	ALTA	3	0.6	1.8
GT	ALTA	1.5	0.6	0.9
GT	ALTA	1.2	0.6	0.72
GT	ALTA	0.25	0.6	0.15
GE	ALTA	0.4	0.05	0.02
GB	ALTA	3	3.2	9.6
DI	Baja	3	3.2	9.6
GL	ALTA	2.1	0.6	1.26
GT	ALTA	1.9	0.6	1.14
GT	ALTA	0.4	0.6	0.24
GT	ALTA	3	0.6	1.8
GL	ALTA	3.2	0.6	1.92
HU	ALTO	3	3.2	9.6
GA	ALTO	3	3.2	9.6

Fuente: Elaborado a partir del numeral 4.1.2 (INVIAS , 2006)

Tabla 10 Tramo 3 Área de daño total

TRAMO 3			ÁREA 3: 6.4m x 18m = 115.2 m ²	
Tipo de Daño	Severidad	Longitud	Ancho	Área
GB	ALTA	3	3.2	9.6
GB	ALTA	3	3.2	9.6
HU	ALTA	3	0.8	2.4
PCHA	ALTA	3	0.9	2.7
GL	ALTA	3	0.6	1.8
GT	ALTA	1.5	0.6	0.9
PCHA	ALTA	1.7	3	5.1
GL	ALTA	3	0.6	1.8
GL	ALTA	3	0.6	1.8
GT	ALTA	1.3	0.6	0.78
GL	ALTA	3	0.6	1.8
DI	Baja	3	3.2	9.6
PCHA	ALTA	3	3.2	9.6
HU	ALTA	3	2.1	6.3
PCHA	ALTA	3	3.2	9.6
GL	ALTA	3	0.6	1.8
GT	ALTA	0.9	0.6	0.67

Fuente: Elaborado a partir del numeral 4.1.2 (INVIAS , 2006)

Tabla 11 Tramo 4 Área de daño total

TRAMO 4		ÁREA 4: 6.4m x 18m = 115.2 m ²		
Tipo de Daño	Severidad	Longitud	Ancho	Área
DI	BAJA	3	3.2	9.6
DI	BAJA	3.	3.2	9.6
GT	ALTA	1.8	0.6	1.08
GT	ALTA	2.6	0.6	1.56
DI	BAJA	3	3.2	9.6
GT	ALTA	2.9	0.6	1.74
GT	MEDIA	1.5	0.6	0.9
GL	ALTA	2.7	0.6	1.62
HU	ALTA	3	3.2	9.6
GA	ALTA	3	3.2	9.6
GB	ALTA	3	3.2	9.6
GB	ALTA	3	3.2	9.6
HU	ALTA	3	0.9	2.3
GB	ALTA	1.5	0.6	0.9
PCHA	ALTA	1.8	3.2	5.76

Fuente: Elaborado a partir del numeral 4.1.2 (INVIAS , 2006)

Tabla 12 Tramo 5 Área de daño total

TRAMO 5			ÁREA 5: 6.4m x 18m = 115.2 m ²	
Tipo de Daño	Severidad	Longitud	Ancho	Área
GT	MEDIA	2.9	0.6	1.74
GT	MEDIA	1.1	0.6	0.66
DI	BAJA	3.	3.2	9.6
GT	MEDIA	0.6	0.6	0.36
GT	ALTA	2.1	0.6	1.26
DI	BAJA	3	3.2	9.6
GL	ALTA	3	0.6	1.8
GT	ALTA	2.3	0.6	1.38
GT	ALTA	1.7	0.6	1.02
GT	ALTA	1.9	0.6	1.14
GE	ALTA	0.8	0.032	0.0256
GT	ALTA	2.6	0.6	1.56
DI	BAJA	3	3.2	9.6
GT	ALTA	2.9	0.6	1.74
GT	MEDIA	1.5	0.6	0.9
GL	ALTA	2.7	0.6	1.62
HU	ALTA	3	3.2	9.6
GT	ALTA	3.1	0.6	1.86

Fuente: Elaborado a partir del numeral 4.1.2 (INVIAS , 2006)

Tabla 13 Tramo 6 Área de daño total

TRAMO 6			ÁREA 6: 6.4m x 9m = 57.6 m ²	
Tipo de Daño	Severidad	Longitud	Ancho	Área
GL	MEDIA	1.5	0.6	0.9
HU	ALTA	3	3.2	9.6
GL	ALTA	3	0.6	1.8
GB	ALTA	3	3.2	9.6
GB	ALTA	3	3.2	9.6
PCHA	ALTA	3	3.2	9.6
GL	ALTA	3	0.6	1.8
GT	MEDIA	2.9	0.6	1.74
DI	BAJA	3	3.2	9.6

Fuente: Elaborado a partir del numeral 4.1.2 (INVIAS , 2006)

Ya realizado el cálculo exacto del área afectada por cada daño según el tipo de falla observada en campo, se procederá al registro de porcentaje de deterioro en cada tramo, iniciando con los daños de severidad baja, media y alta.

Tabla 14 % Afectación de cada tramo

		SEVERIDAD					
		BAJA		MEDIA		ALTA	
# TRAMO	ÁREA	ÁREA AFECTADA TOTAL (m ²)	% RESPECTO AL ÁREA	ÁREA AFECTADA TOTAL (m ²)	% RESPECTO AL ÁREA	ÁREA AFECTADA TOTAL (m ²)	% RESPECTO AL ÁREA
TRAMO 1	115.2 m ²	-	-	6.72	5.83 %	69.44	60.28 %
TRAMO 2	115.2 m ²	38.40	33.33 %	-	-	41.39	35.93 %
TRAMO 3	115.2 m ²	9.6	8.33 %	-	-	66.25	57.51 %
TRAMO 4	115.2 m ²	28.8	25 %	0.9	0.78 %	53.36	46.32 %
TRAMO 5	115.2 m ²	28.8	25 %	3.66	3.17 %	23.01	19.97 %
TRAMO 6	57.6 m ²	9.6	16.67 %	2.64	4.58 %	42	72.92 %
TOTAL	633.6 m ²	115.2	18.18 %	13.92	2.20 %	295.87	46.7 %

Fuente: Elaborado por integrantes del grupo

Posteriormente de haber ejecutado el análisis del porcentaje de daño en cada tramo, se procederá a realizar el cálculo de afectación total del tramo evaluado en la vía (100m), sumando las áreas totales afectadas en cada sección y dividiendo este resultado en la suma de las áreas de cada tramo. según lo indica la guía (INVIAS , 2006) en el numeral 4.1.2.

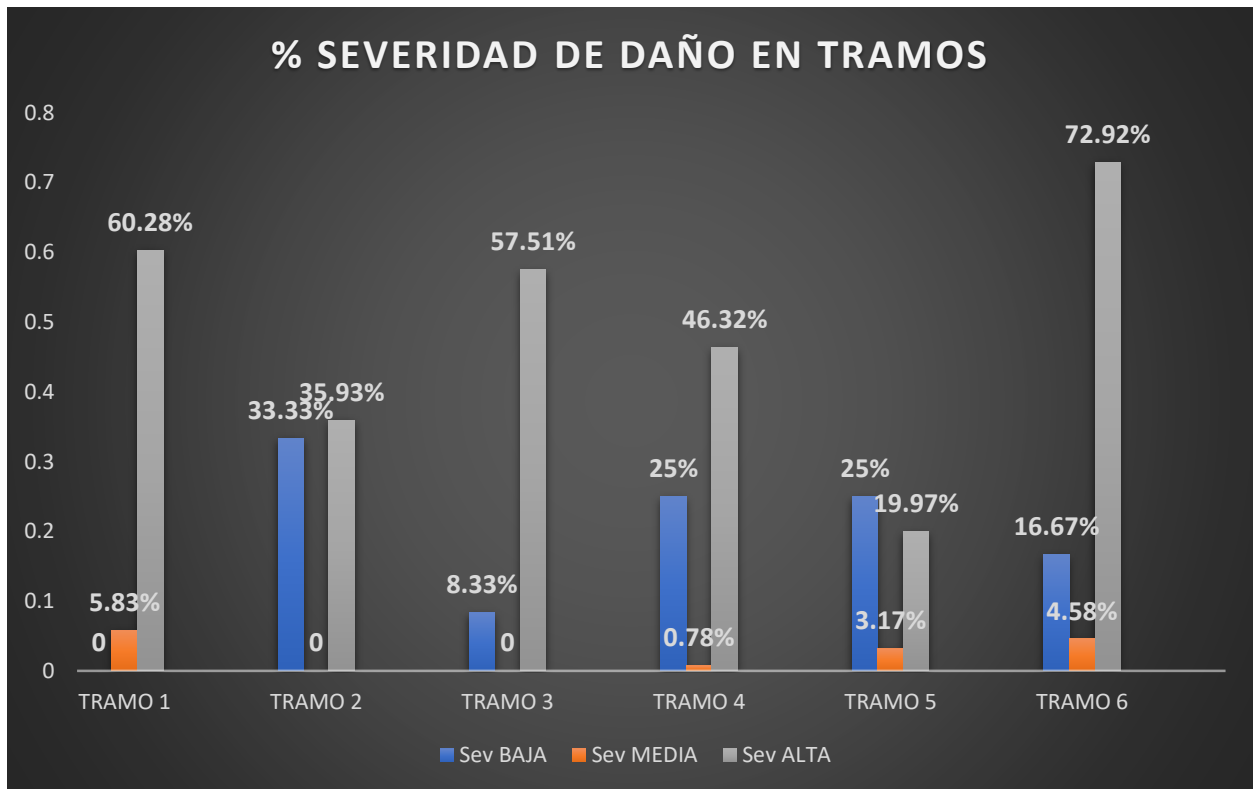
$$\% \text{ Afectación total de vía} = \frac{115.2 + 13.92 + 295.87}{(115.2 \times 5) + 57.6}$$

$$\% \text{ Afectación total de vía} = \frac{424.99}{633.6}$$

$$\% \text{ Afectación total de vía} = 0.6708 \times 100$$

$$\% \text{ Afectación total de vía} = 67.1 \%$$

Figura 36 Gráfico de porcentajes de daños según el tramo



Fuente: Elaborado por integrantes del grupo.

5.2.3 PRESUPUESTO

Se realizaron los presupuestos de las alternativas a implementar en la rehabilitación de la malla vial en la calle 78C sur, ubicada en la localidad de ciudad bolívar, en donde se lograron comprobar el beneficio económico y ambiental ya que con esto se abre debate para interpretar lo que sucede con la aplicación de pavimentos rígidos convencional y las aplicaciones novedosas para mitigar el impacto al medio ambiente. De acuerdo con esto se procederá hacer una descripción minuciosa del ítem propuesto en el presupuesto para un tramo (100 m), en el cual explicaremos las actividades que se anexaron al presupuesto los cuales son: preliminares, demolición, movimiento de tierra, concreto y limpieza de los cuales de ellos se desprende otros ítem que a continuación será detallados.

En las actividades de los preliminares se tienen 7 ítems, los cuales comprenden de:

- 1.1 Campamento (teja, zinc, piso en concreto 17,2 Mpa y tabla): En este ítem lo plantea a realizar es el campamento para la protección de los materiales que se necesitan para la rehabilitación de la malla vial en la calle 78C sur.
- 1.2 Cerramiento provisional con señalizador y tela de cerramiento: En esta parte lo que se desea cumplir es la defensa tanto de los usuarios como de la obra que se está realizando ya que se pueden ocasionar accidentes por tal motivo se procede a cerrar la obra.
- 1.3 localización y replanteo: En esta parte lo que se busca para la malla vial es dejar definido los niveles y su respectiva delimitación
- 1.4 Red provisional de agua: se procede a realizar una red provisional de agua para tener en la obra cuando se necesite hacer la mezcla de los concreto entre otras cosas.
- 1.5 Red provisional de energía: se procede a realizar una red provisional de energía para los diferentes trabajos en los cuales requieren de energía como por ejemplos cortes de pulidoras entre otros.
- 1.6 Valla licencia de curaduría: En esta parte lo que se quiere brindar es la información mediante el número de radicación que solicitud el interventor para la licencia de la rehabilitación de la malla vial en la calle 78C sur.

Ítem 2: En el capítulo de la Demolición en los cuales contienen 3 ítem de los que se desprende son los siguientes:

- 2.1 Demolición pavimento rígido $e > 0.175\text{m}$:
- 2.2 Demolición de andenes:
- 2.3 Demolición de bordillos:

En general lo que busca esta rehabilitación es la demolición total de las losas existentes en la capa de rodadura y por obvias razones la de los andenes y bordillos.

Ítem 3: En el capítulo de movimiento de tierras daremos una descripción muy general ya que no nos compete esta parte, pero es necesario hablar de ello ya que por tal razón a la hora de una rehabilitación total del pavimento se tiene que verificar las redes hidráulicas y sanitarias que pasan por el tramo a rehabilitar y por sentido común si se logra identificar muchas fracturas en la red tocara hacer el cambio en su totalidad.

Ítem 4: En el siguiente Capítulo de Concretos daremos la explicación del por qué se manejamos tal resistencia a los concretos.

- 4.1 Pavimento en concreto de 3000 psi $e = 0.15\text{m}$ calzada 6.2 m: En este ítem se realiza la resistencia del concreto para el pavimento el cual es 3000 psi (210 kgf/cm²) por la simple razón de que se requiere una buena resistencia para brindar una calidad idónea ya que la capa de rodadura recibe mucho desgaste debido a la frecuencia de los vehículos que pasan por el tramo a rehabilitar.

- 4.2 Bordillo en concreto 3000 psi: Se realiza esta resistencia para brindar una calidad correcta ya que el bordillo tiende a recibir grandes impactos de los vehículos que le ocasiona mucho desgaste y fractura.

- 4.3 Anden en concreto de 3000 psi $e = 0.07\text{m}$ ancho 1.4m: Al andén se les realiza esta resistencia debido a los bajos espesores que se manejan para la aplicación de este por tal motivo le manejamos una resistencia de 3000 psi para que al poco tiempo no vaya a sufrir de fracturas tenga problema el interventor.

Ítem 5: En el capítulo de limpieza se tiene que seguir los parámetros que le exigen la Secretaria Distrital de ambiente ya que hay que tener en cuenta las escombreras que ellos nos indican para botar los residuos de construcción y demolición (RCD) con el fin de minimizar los impactos al medio ambiente.

Ítem 6: En este ítem lo que se quiere lograr es todas las medidas de señalización para brindarle al usuario información sobre las señales reflectivas reglamentarias, señales reflectivas preventivas y además de esto la delimitación de los carriles con pintura de tráfico blanco.

Figura 37 Presupuesto alternativa reconstrucción total del pavimento rígido

PRESUPUESTO POR LA ALTERNATIVA RECONSTRUCCIÓN TOTAL DEL PAVIMENTO RIGIDO					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. PARCIAL
1	PRELIMINARES				
1,1	Campamento (teja zinc, piso en concreto 17,2 Mpa y tabla)	M2	9	220.000,00	1.980.000,00
1,2	Cerramiento provisional con señalizador y tela de cerramiento	ML	213	26.000,00	5.538.000,00
1,3	Localización y replanteo	M2	640	6.500,00	4.160.000,00
1,4	Red provisional de Agua	ML	100	22.500,00	2.250.000,00
1,5	Red provisional de energía	ML	100	22.500,00	2.250.000,00
1,6	Vallas informativas (Pasacalles)	M2	2	110.000,00	220.000,00
1,7	Valla licencia de curaduría	M2	2	110.000,00	220.000,00
2	DEMOLICIÓN				-
2,1	Demolición pavimento rígido e > 0,175 m	M2	640	18.500,00	11.840.000,00
2,2	Demolición de andenes	M2	240	10.500,00	2.520.000,00
2,3	Demolición de bordillos	ML	200	5.200,00	1.040.000,00
3	MOVIMIENTO DE TIERRA				-
3,1	Excavación para cambio de redes hidráulicas y sanitarias	M3	21	68.500,00	1.438.500,00
3,2	Excavación a máquina e=0,30 m para conformación de subrasante	M3	192	5.500,00	1.056.000,00
3,3	Excavación a mano e=0,15 m para andén	M3	36	5.500,00	198.000,00
3,4	Conformación de subrasante	M2	640	1.000,00	640.000,00
4	CONCRETO				-
4,1	Pavimento en concreto de 3000 psi e=0,15 m calzada 6.4m	M2	640	120.000,00	76.800.000,00
4,2	Bordillo en concreto de 3000 psi	ML	200	55.000,00	11.000.000,00
4,3	Andén en concreto de 3000 psi e=0,07 m ancho=1.2 m	M2	240	54.500,00	13.080.000,00
5	LIMPIEZA				-
5,1	Retiro de escombros	M3	128	26.000,00	3.328.000,00
5,2	Retiro de sobrante de excavación	M3	160	35.000,00	5.600.000,00
6	SEÑALIZACIÓN				-
6,1	Delimitación de carril con pintura de tráfico blanca	ML	200	7.000,00	1.400.000,00
6,2	Señalización de intersecciones con pintura de tráfico blanca	M2	50	35.500,00	1.775.000,00
6,3	Señalización de paradas de buses con pintura de tráfico blanca	UND	1	32.500,00	32.500,00
6,4	Señal reflectiva reglamentarias D=0,9m	UND	2	350.000,00	700.000,00
6,5	Señal reflectiva preventivas L=0,9m	UND	2	350.000,00	700.000,00
SUBTOTAL					149.766.000,00
AIU 25%					37.441.500,00
VALOR TOTAL					187.207.500,00

Fuente:

Elaborado en base a generador de precios CYPE INGENIEROS S.A 2020

Figura 38 Presupuesto alternativa para la rehabilitación del pavimento rígido con concreto portland

PRESUPUESTO POR LA ALTERNATIVA DEL PAVIMENTO RIGIDO CON CONCRETO PORTLAND					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. PARCIAL
1	PRELIMINARES				
1,1	Campamento (teja zinc, piso en concreto 17,2 Mpa y tabla)	M2	9	220.000,00	1.980.000,00
1,2	Cerramiento provisional con señalizador y tela de cerramiento	ML	213	26.000,00	5.538.000,00
1,3	Localización y replanteo	M2	640	6.500,00	4.160.000,00
1,4	Red provisional de Agua	ML	100	22.500,00	2.250.000,00
1,5	Red provisional de energía	ML	100	22.500,00	2.250.000,00
1,6	Vallas informativas (Pasacalles)	M2	2	110.000,00	220.000,00
1,7	Valla licencia de curaduría	M2	2	110.000,00	220.000,00
2	DEMOLICIÓN				-
2,1	Demolición pavimento rígido e > 0,175 m	M2	640	18.500,00	11.840.000,00
2,2	Demolición de andenes	M2	240	10.500,00	2.520.000,00
2,3	Demolición de bordillos	ML	200	5.200,00	1.040.000,00
3	MOVIMIENTO DE TIERRA				-
3,1	Excavación para cambio de redes hidráulicas y sanitarias	M3	21	68.500,00	1.438.500,00
3,2	Excavación a maquina e=0,30 m para conformación de subrasante	M3	192	5.500,00	1.056.000,00
3,3	Excavación a mano e=0,15 m para andén	M3	36	5.500,00	198.000,00
3,4	Conformación de subrasante	M2	640	1.000,00	640.000,00
4	CONCRETO				-
4,1	Pavimento en concreto de 3000 psi e=0,15 m calzada 6.4m	M2	480	120.000,00	57.600.000,00
4,2	Bordillo en concreto de 3000 psi	ML	200	55.000,00	11.000.000,00
4,3	Anden en concreto de 3000 psi e=0,07 m ancho=1.2 m	M2	240	54.500,00	13.080.000,00
5	LIMPIEZA				-
5,1	Retiro de escombros	M3	128	26.000,00	3.328.000,00
5,2	Retiro de sobrante de excavación	M3	160	35.000,00	5.600.000,00
6	SEÑALIZACIÓN				-
6,1	Delimitación de carril con pintura de tráfico blanca	ML	200	7.000,00	1.400.000,00
6,2	Señalización de intersecciones con pintura de tráfico blanca	M2	50	35.500,00	1.775.000,00
6,3	Señalización de paradas de buses con pintura de tráfico blanca	UND	1	32.500,00	32.500,00
6,4	Señal reflectiva reglamentarias D=0,9m	UND	2	350.000,00	700.000,00
6,5	Señal reflectiva preventivas L=0,9m	UND	2	350.000,00	700.000,00
SUBTOTAL					130.566.000,00
AIU 25%					32.641.500,00
VALOR TOTAL					163.207.500,00

Fuente: Elaborado en base a generador de precios CYPE INGENIEROS S.A 2020

Figura 39 Presupuesto alternativa de rehabilitación pavimento continuamente reforzado

PRESUPUESTO POR LA ALTERNATIVA DEL PAVIMENTO RIGIDO CONTINUAMENTE REFORZADO					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. PARCIAL
1	PRELIMINARES				
1,1	Campamento (teja zinc, piso en concreto 17,2 Mpa y tabla)	M2	9	220.000,00	1.980.000,00
1,2	Cerramiento provisional con señalizador y tela de cerramiento	ML	213	26.000,00	5.538.000,00
1,3	Localización y replanteo	M2	640	6.500,00	4.160.000,00
1,4	Red provisional de Agua	ML	100	22.500,00	2.250.000,00
1,5	Red provisional de energía	ML	100	22.500,00	2.250.000,00
1,6	Vallas informativas (Pasacalles)	M2	2	110.000,00	220.000,00
1,7	Valla licencia de curaduría	M2	2	110.000,00	220.000,00
2	DEMOLICIÓN				-
2,1	Demolición pavimento rígido e > 0,175 m	M2	640	18.500,00	11.840.000,00
2,2	Demolición de andenes	M2	240	10.500,00	2.520.000,00
2,3	Demolición de bordillos	ML	200	5.200,00	1.040.000,00
3	MOVIMIENTO DE TIERRA				-
3,1	Excavación para cambio de redes hidráulicas y sanitarias	M3	21	68.500,00	1.438.500,00
3,2	Excavación a maquina e=0,30 m para conformación de subrasante	M3	192	5.500,00	1.056.000,00
3,3	Excavación a mano e=0,15 m para andén	M3	36	5.500,00	198.000,00
3,4	Conformación de subrasante	M2	640	1.000,00	640.000,00
4	CONCRETO				-
4,1	Pavimento en concreto de 3000 psi e=0,15 m calzada 6.4m	M2	768	120.000,00	92.160.000,00
4,2	Bordillo en concreto de 3000 psi	ML	200	55.000,00	11.000.000,00
4,3	Anden en concreto de 3000 psi e=0,07 m ancho=1.2 m	M2	240	54.500,00	13.080.000,00
5	LIMPIEZA				-
5,1	Retiro de escombros	M3	128	26.000,00	3.328.000,00
5,2	Retiro de sobrante de excavación	M3	160	35.000,00	5.600.000,00
6	SEÑALIZACIÓN				-
6,1	Delimitación de carril con pintura de tráfico blanca	ML	200	7.000,00	1.400.000,00
6,2	Señalización de intersecciones con pintura de tráfico blanca	M2	50	35.500,00	1.775.000,00
6,3	Señalización de paradas de buses con pintura de tráfico blanca	UND	1	32.500,00	32.500,00
6,4	Señal reflectiva reglamentarias D=0,9m	UND	2	350.000,00	700.000,00
6,5	Señal reflectiva preventivas L=0,9m	UND	2	350.000,00	700.000,00
SUBTOTAL					165.126.000,00
AIU 25%					41.281.500,00
VALOR TOTAL					206.407.500,00

Fuente: Elaborado en base a generador de precios CYPE INGENIEROS S.A 2020

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Para la sección total evaluada se encontró que, el 46.7% de las fallas corresponde a un tipo de severidad alta, el 18.18% y 2.2% representan un nivel de severidad baja y media respectivamente.

2. El porcentaje de cada tipo de falla evidenciada en la sección compuesta por los 6 tramos está representado por un 32.98% correspondiente a grietas transversales, siendo el daño que predomina en la vía, seguido de un 18.09% de grietas longitudinales, 12.77% fallas de desintegración, 8.51% hundimientos; los daños por grietas múltiples y parcheo tienen un porcentaje igual, correspondiente a 10.64%, las fallas evidenciadas en grietas y pozos un 3.19%, grietas de esquina y desportillamientos, representan el 2.13% y 1.06% respectivamente.

3. Se determinó que la severidad de los daños evidenciados en su mayoría es alta, por lo tanto, es preciso reparar el total de losas con alteraciones graves, removiéndolas y construyendo unas nuevas.

4. Como se puede observar en los presupuestos para tratar el tramo de vía, la alternativa que resulta más económica es la rehabilitación del pavimento rígido con concreto portland, ocupando una reducción del 20.93% frente a la alternativa de rehabilitación de pavimento continuamente reforzado, y del 12.82% en relación con la alternativa de rehabilitación total del pavimento rígido.

5. Una rehabilitación continua y oportuna es de suma importancia para preservar la inversión en vías y sostenerlas en óptimas condiciones al servicio de la ciudadanía, por el contrario, el manejo inadecuado de procesos de mantenimientos conllevan a un alto deterioro progresivo de los pavimentos, impidiendo alternativas de mejoramiento que pueden significar una disminución de costos, tiempos de rehabilitación y mayores periodos de durabilidad, aumentando el riesgo de no poder intervenirlas o de invertir en soluciones altamente costosas.

6. Como conclusión en la parte económica la rehabilitación más favorable es la del pavimento rígido con cemento portland, pero eso no indica que las demás no sea útiles a la hora de la rehabilitación de la vía, ya que esto depende de un estudio más detallado como los son aforos vehiculares para determinar la rehabilitación más idónea ya que en este caso la rehabilitación de pavimento rígido continuamente reforzado soporta más cargas lo que indica que a la hora del exceso de tráfico esta resulta ser la más correcta y por razones de proceso constructivo la alternativa rehabilitación total del pavimento rígido nos brinda muchos más beneficios quedando a criterio del ejecutor que decisión toma frente a las alternativas a la hora de rehabilitar la vía.

7. De acuerdo a todo el trabajo que se realizó se llegó a la conclusión que las ventajas y desventajas más relevantes en las tres alternativas son:

(Rehabilitación por alternativa por reconstrucción total del pavimento rígido)

Ventajas

- Mayor vida útil (mínima 30 años)
- El mantenimiento que se requiere es mínimo

Desventajas

- El color claro que presenta permite reflejar la luz del sol afectando al usuario durante el día

(Rehabilitación por la alternativa del pavimento rígido con cemento portland)

Ventajas

- Es la parte ecológica debido a que se recicla el pavimento ya utilizado para con esto mitigar los impactos que se le causan al medio ambiente

Desventajas

- Las bajas resistencia que dan a edades iniciales en lo cual permiten ser más vulnerable

(Alternativa por la rehabilitación total del pavimento rígido continuamente reforzado)

Ventajas

- Reduce los espesores de concreto entre 2.5 a 5cm

Desventajas

- Aumento en su costo

REFERENCIAS

1. Cevallos Moscoso, S. (2011). *Modelo de Rehabilitación Vial que permita desarrollar un Plan que mejore las Condiciones de la Estructura de la Capa de Rodadura para Vías* . Recuperado el 22 de 09 de 2020, de UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO:

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2241/1/Maestr%c3%ada%20V.%20T.%2068%20-%20Cevallos%20Moscoso%20Shenderman%20Rigobero.pdf>

2. Macea Mercado , G., & Márquez Díaz, L. (2016). Ingeniería, Investigación y Tecnología. *A Pavement Management System Based on New Technologies for Developing Countries*, 223-236.
3. Ahmed, F., Thompson, J., Kim, D., Carroll, E., & Huynh, N. (24 de 06 de 2020). Cost-effectiveness of performing field investigation for pavement rehabilitation design of non-interstate routes. (ScienceDirect, Ed.) *International Journal of Transportation Science and Technology*. Obtenido de <https://ezproxy.uan.edu.co:2052/science/article/pii/S2046043020300447#b0025>
4. Amirkhanian, S. (2020). Características del módulo dinámico de mezclas que contienen pavimentos de asfalto reciclado, aditivos de mezcla caliente y agentes antideslizantes. *Departamento de Ingeniería Civil*, 50-65.
5. Arango Londoño, J. F. (2005). Tecnológicas. *Científica Redalyc*(14), 89-103. Obtenido de Instituto tecnológico Metropolitano Colombia: <https://www.redalyc.org/pdf/3442/344234270006.pdf>
6. Archila Acelas, A. V., & Aparicio, J. M. (2018). *Impactos ambientales derivados del proceso de pavimentación de vías de transporte en Colombia*. Obtenido de Biblioteca digital Universidad Nacional Abierta y a Distancia: <https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/18318/5/1098694697.pdf>
7. Arroyo, H., & Francia, N. (13 de 04 de 2012). *Diseño y conservación de pavimentos rígidos*. Obtenido de Universidad Ptolomeo: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/504/A6%20Dise%C3%B1o%20de%20Pavimentos%20R%C3%ADgidos.pdf?sequence=6>
8. Bernabeu Larena, A. (2007). *Estrategias de diseño estructural en la arquitectura contemporánea*. Obtenido de http://oa.upm.es/910/1/Alejandro_Bernabeu_Larena.pdf.

9. Bogotá D.C. (07 de 2007). *Perfil económico y empresarial: localidad Ciudad Bolívar*.
Obtenido de Cámara de Comercio:
https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/2894/2228_perfil_economico_ciudad_bolivar.pdf?sequence=1
10. Bonett Solano, G. E. (2014). *GUÍA DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE UNA VIA EN PAVIMENTO FLEXIBLE*. Obtenido de Biblioteca Digital UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA:
<https://pdfs.semanticscholar.org/418d/be9e61087bd429166d4aa1dbe35789d2410f.pdf>
11. Cabral, A. (2018). Evaluation of the application of bottom ashes from thermoelectric in concrete blocks for pavements. *Open Access*, 98-145.
12. CemexColombia. (26 de junio de 2014). *fast track pavimento articulado*. Obtenido de <https://www.cemexcolombia.com/concretos/fast-track>
13. CHAVARRO ACUÑA, W., & MOLINA PINZÓN, C. (2015). *Universidad Catolica* .
Obtenido de EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE PAVIMENTACIÓN PARA VÍAS DE BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO :
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2617/1/Evaluaci%C3%B3n-alternativas-pavimentaci%C3%B3n-v%C3%ADas-bajos-vol%C3%ADas-de-tr%C3%A1nsito.pdf>
14. consultores, E. L. (2013). *GUÍA PARA EL DISEÑO DE VÍAS DE ALTO VOLUMEN . PAVIMENTOS RÍGIDOS* , 1-77.
15. Cunha, S. (2019). Concrete pavement layers investigation with GPR in the BR-101 highway. *Pavimento laminados*, 308-316.
16. Ewuakye, B. O., & Okine, A. N. (10 de 2006). Sealing system selection for jointed concrete pavements – A review. (ELSEVIER, Ed.) *Construction and Building Materials*, 20(8), 591-602.
Obtenido de <https://ezproxy.uan.edu.co:2052/science/article/pii/S0950061805000760>

17. García, L. P.-A.-B.-R. (2012). Construcción de pavimento rígido en vías urbanas de bajo tránsito . *Construcción de pavimento rígido en vías urbanas de bajo tránsito* , 90-125.
18. Granados, D. L. (2003). Mezclas asfálticas con ligantes de alto contenido de caucho. Revestimiento de pavimento rígido de la autovía A-7. *Revista de Obras publicas*, 7-23.
19. Hashemian, L., Kavussi, A., & H. Aboalmaali, H. (2014). Application of foam bitumen in cold recycling and hydrated lime in airport pavement strengthening. *Case Studies in Construction Materials*, 164-171.
20. Hernández Salazar, M. A. (2016). *Evaluación comparativa del impacto ambiental, de pavimentos flexibles frente a los pavimentos rígidos, mediante el análisis de la variación de temperatura*. Obtenido de Universidad Nacional Agraria La Molina - Repositorio Institucional La Molina: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2854>
21. INVIAS . (2006). *Estudio e investigación del estado actual de las obras de la red nacional de carreteras*. Obtenido de INSTITUTO NACIONAL DE VIAS: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/manuales-de-inspeccion-de-obras/664-manual-para-la-inspeccion-visual-de-pavimentos-rigidos/file>
22. Jensen, , T. W., Poulsen., P. N., & Hoang, , L. C. (15 de 02 de 2020). Limit analysis of reinforced concrete slabs with construction joints. *Engineering Structures*, 205(110062). Obtenido de <https://ezproxy.uan.edu.co:2052/science/article/pii/S014102961932468X>
23. Khan, S. U. (2020). Flexural behavior of glass fiber-reinforced recycled aggregate concrete and its impact on the cost and carbon footprint of concrete pavement. *Construction and Building Materials*, 74-154.
24. Kraemer, C., Pardillo, j. M., Rocci, S., Romana, M., Sánchez Blanco, V., & Del Val, M. Á. (2004). *Ingeniería de Carreteras*. Obtenido de https://www.academia.edu/43380215/Ingenier%C3%ADa_de_Carreteras_Vol_II_Carlos_Kraemer_Jos%C3%A9_Mar%C3%ADa_Pardillo_Sandro_Rocci_Manuel_G_Romana_V%C3%ADctor_S%C3%A1nchez_Blanco_Miguel_%C3%81ngel_del_Val

25. L., J. (2014). Investigación numérica y teórica sobre el efecto de tamaño de la resistencia a la compresión del hormigón considerando el tamaño máximo de agregado. *Revista internacional de ciencias mecánicas*, 56-65.
26. Lozano, E. M., & Tabares Gonzalez, R. (11 de 2005). *Diagnostico de vía y diseñador del pavimento flexible de la vía nueva mediante parámetros obtenidos del estudio en fase I de la vía acceso al barrio Ciudadela Del Café - Vía la Badea*. Obtenido de Biblioteca digital - Universidad Nacional de Colombia: <http://www.bdigital.unal.edu.co/743/1/ricardotabaresgonzales.2005.pdf>
27. Martínez E., J. J., & Guerrero Z., P. (2004). *Fundamentos de Concreto Reforzado*. Obtenido de Pontificia Universidad Javeriana: https://www.academia.edu/35237292/FUNDAMENTOS_DE_CONCRETO_REFORZADO_TEXTO_FACULTAD_DE_INGENIERIA_N%C3%BAmero_y_L%C3%ADnea
28. MINISTERIO DE VIVIENDA. (02 de 2018). *Código de Normas y Especificaciones Técnicas de Obras de Pavimentación*. Obtenido de https://csustainable.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2019/01/normas_pavimentacion.pdf
29. Montejo Fonseca, A. (2006). Ingeniería de pavimentos. Tomo I. Fundamentos, estudios básicos y diseño. En A. M. Fonseca, *Ingeniería de pavimentos* (Tercera ed., pág. 496). Colombia: Universidad Católica de Colombia . Obtenido de <https://www.librosyeditores.com/ingenieria-civil/241-ingenieria-de-pavimentos-tomo-i-fundamentos-estudios-basicos-y-diseno-9589761798.html>
30. Muppireddy, V. J.-S.-A. (2020). A critical review of the PCA and IRC methods of thin white topping pavement design. *Transportation Research Procedia*, 3764-3769.
31. Padilla Rodriguez, A. (2001). Materiales Básicos. En *Análisis de la resistencia a las deformaciones plásticas de mezclas bituminosas densas de la normativa mexicana mediante el ensayo de pista*. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/3334>
32. PEÑA ROBLES, L. N. (2015). *VIVIENDA NUEVA EN EL BARRIO NACIONES UNIDAS LOCALIDAD DE CIUDAD BOLIVAR BOGOTÁ D.C*. Obtenido de UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE ARQUITECTURA:

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2477/1/Trabajo%20de%20grado%20Leidy%20Pe%C3%B1a-1101143.pdf>

33. Planeación, D. N. (2017). Construcción de pavimento rígido en vías urbanas de bajo tránsito . *Proyectos tipo soluciones ágiles para un nuevo país* , 1-36.
34. Romo, G. I.-M. (2014). Pavement Evaluation and Maintenance Decisions Based on Fuzzy Inference Systems. *ingeniería, investigación, y tecnología*, 301-402.
35. TOXEMENT, E. G. (2017). GUÍA DE REPARACIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS. *VERSIÓN 2017*, 65-84.
36. Vázquez, A. P. (2018). REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS CON LA TÉCNICA RUBBLIZING. *Materiales de construcción y construcción*, 55-68.
37. Visser, W. F.-W.-A. (2020). Una revisión de la recuperación completa de pavimentos con cemento Portland: Brasil y el exterior. *Materiales de construcción y construcción*, 256-269.
38. Yang-ShishiZhou, Q. (2020). International Journal of Transportation Science and Technology. *Análisis teórico de la sensibilidad de respuesta a la deflexión del pavimento bajo excitación en estado estacionario*, 55-89.
39. yarmukhamedov, S., Smith, A., & Thiebaud, J. C. (2020). Competitive tendering, ownership and cost efficiency in road maintenance services in Sweden: A panel data analysis. En *Transportation Research Part A: Policy and Practice* (Vol. 136, págs. 194-204). Obtenido de <https://ezproxy.uan.edu.co:2052/science/article/pii/S0965856419308018>
40. Yepes, T., Ramirez, J. M., & Villar, L. (03 de 2013). *INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE EN COLOMBIA*. Obtenido de Fedesarrollo: <https://www.infraestructura.org.co/filef.php?IDE=3429>
41. Zagaceta Gutierrez, I. D., & Romero Ordoñez, R. (2008). *El pavimento de concreto hidráulico premezclado en la modernización y rehabilitación de la avenida arboleda*. Obtenido de Instituto Politecnico Nacional - Escuela Superior De Ingeniería y

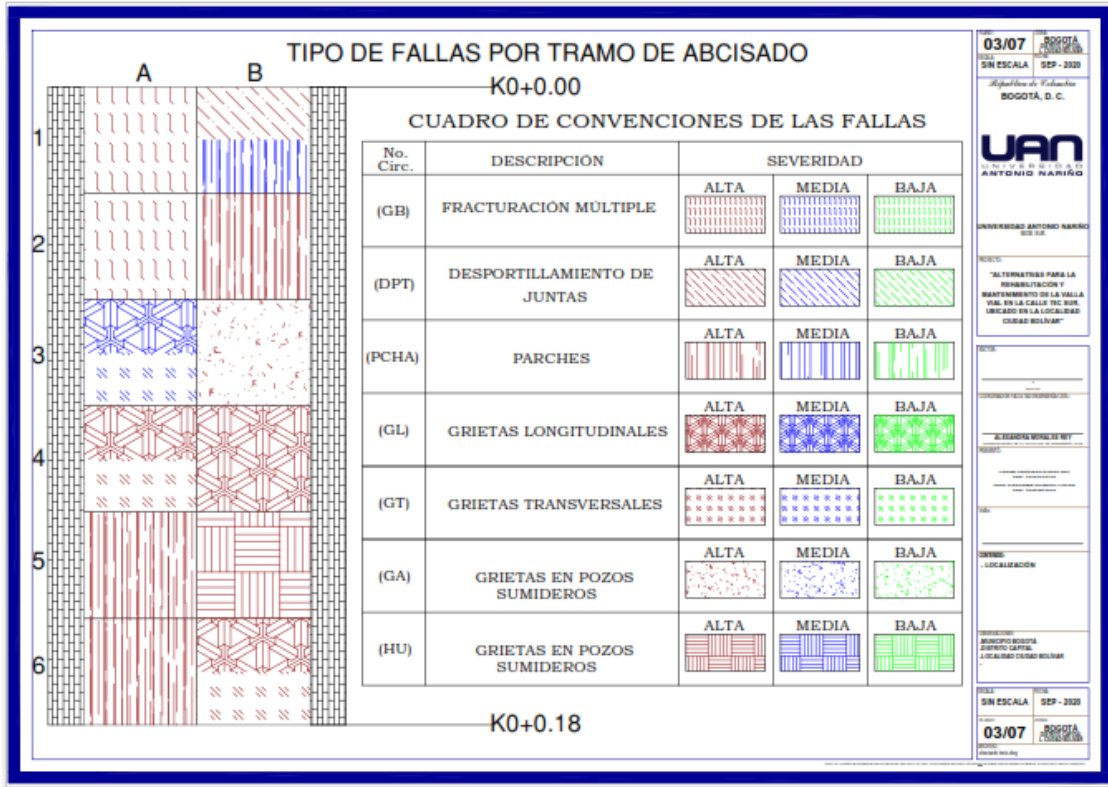
Arquitectura:

<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/2598/CONCRETO%20HIDRAULICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

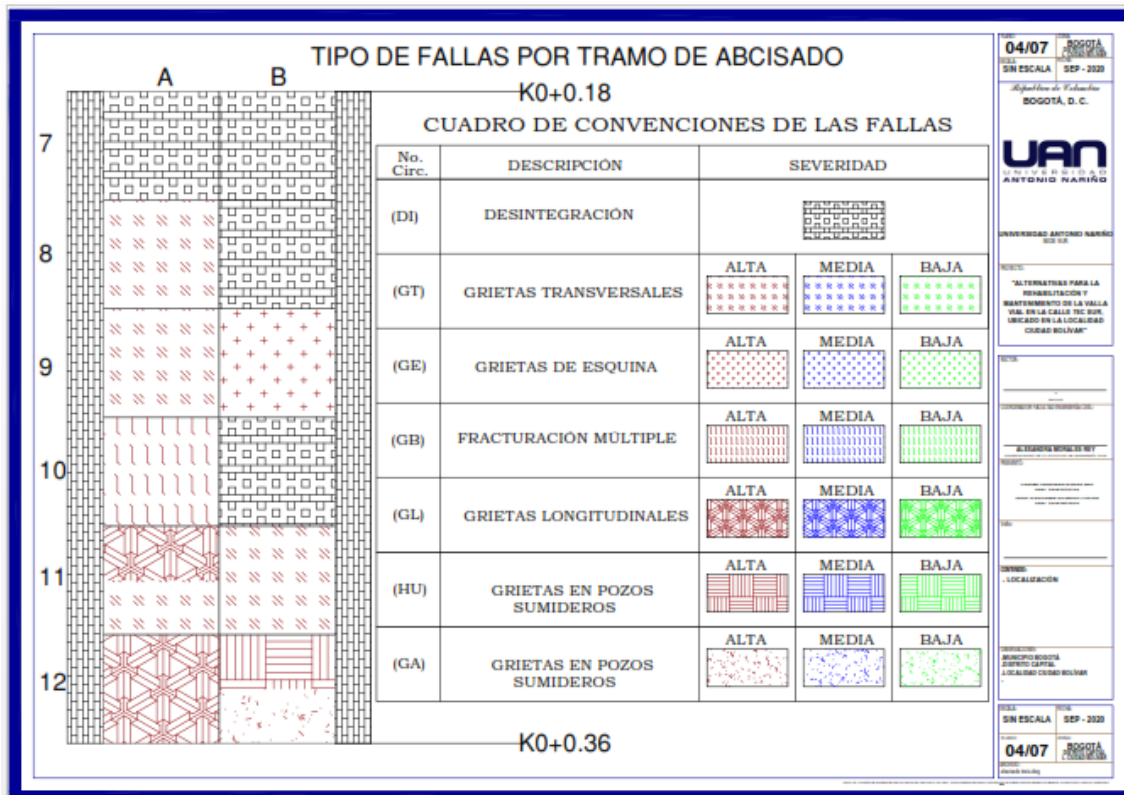
42. Zuñiga, R. (06 de 2015). *Mezcla Asfáltica en caliente*. Obtenido de LABORATORIO NACIONAL DE VIALIDAD - Ministerio de Obras Públicas:
<http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/laboratorionacional/MaterialCursos/Mezclas%20Asf%C3%A1lticas.pdf>

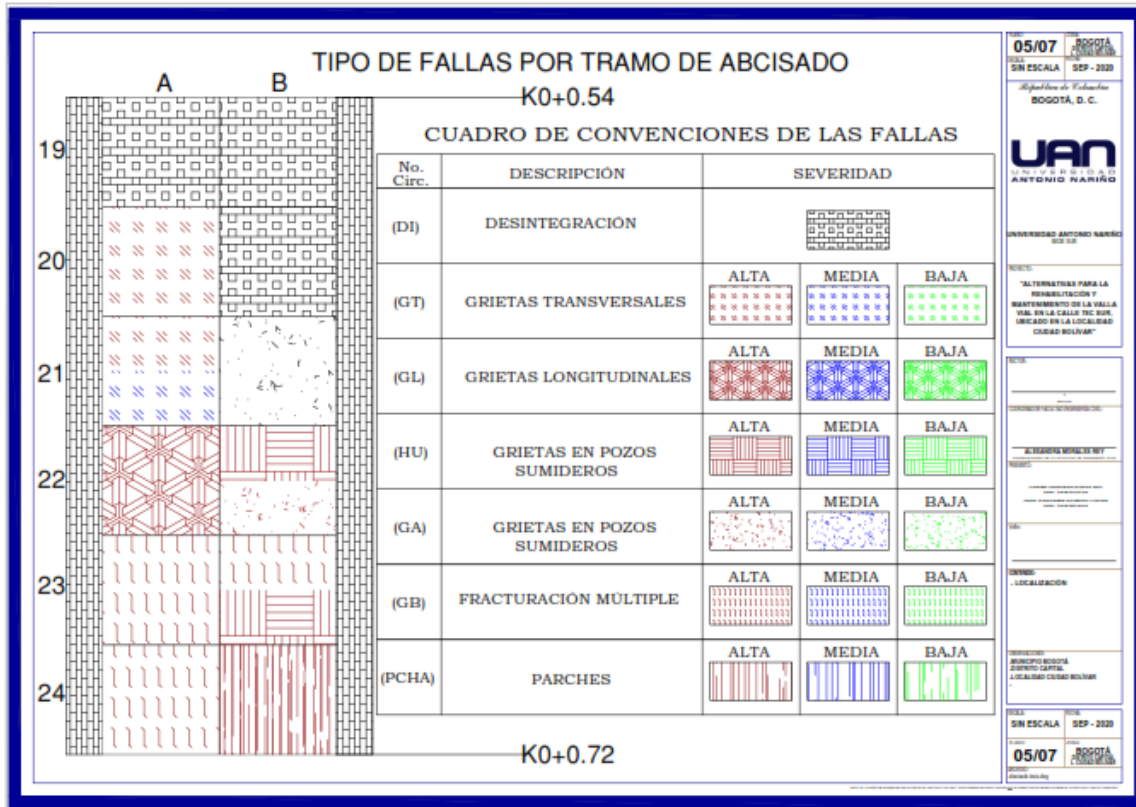
ANEXOS

Anexo 1 Caracterización de falla por tramo 1

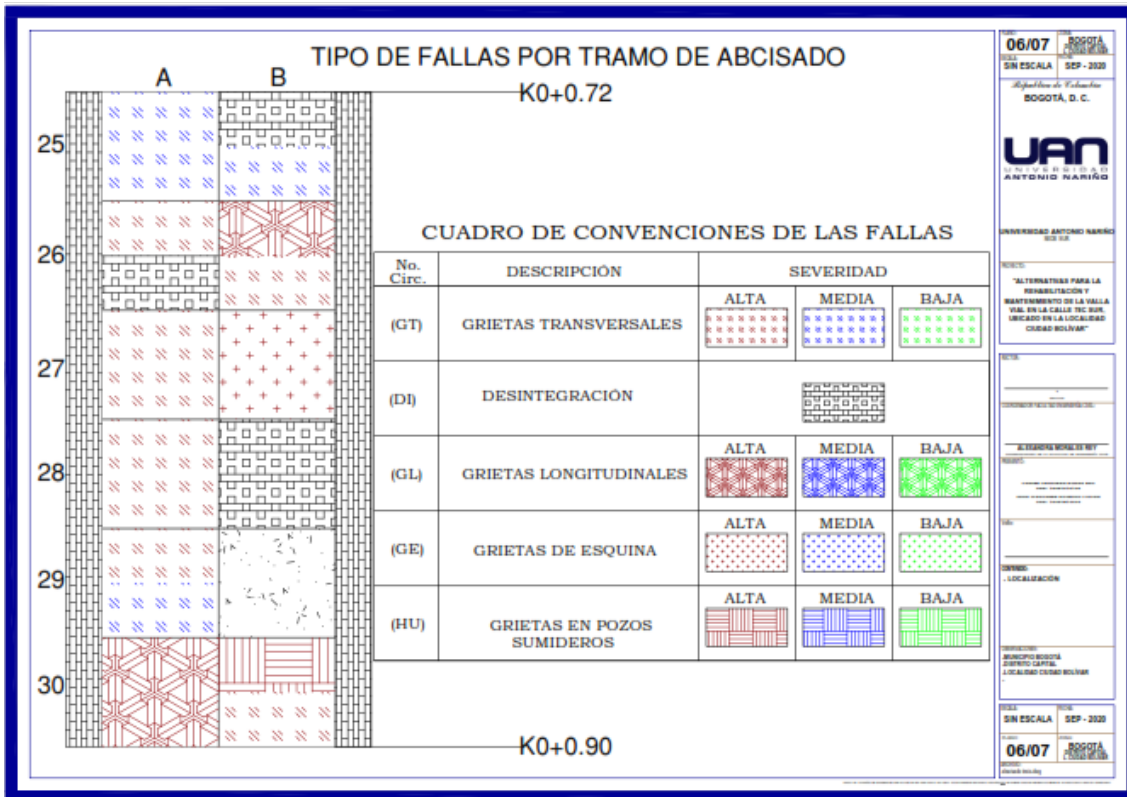


Anexo 2 Caracterización de falla por tramo 2

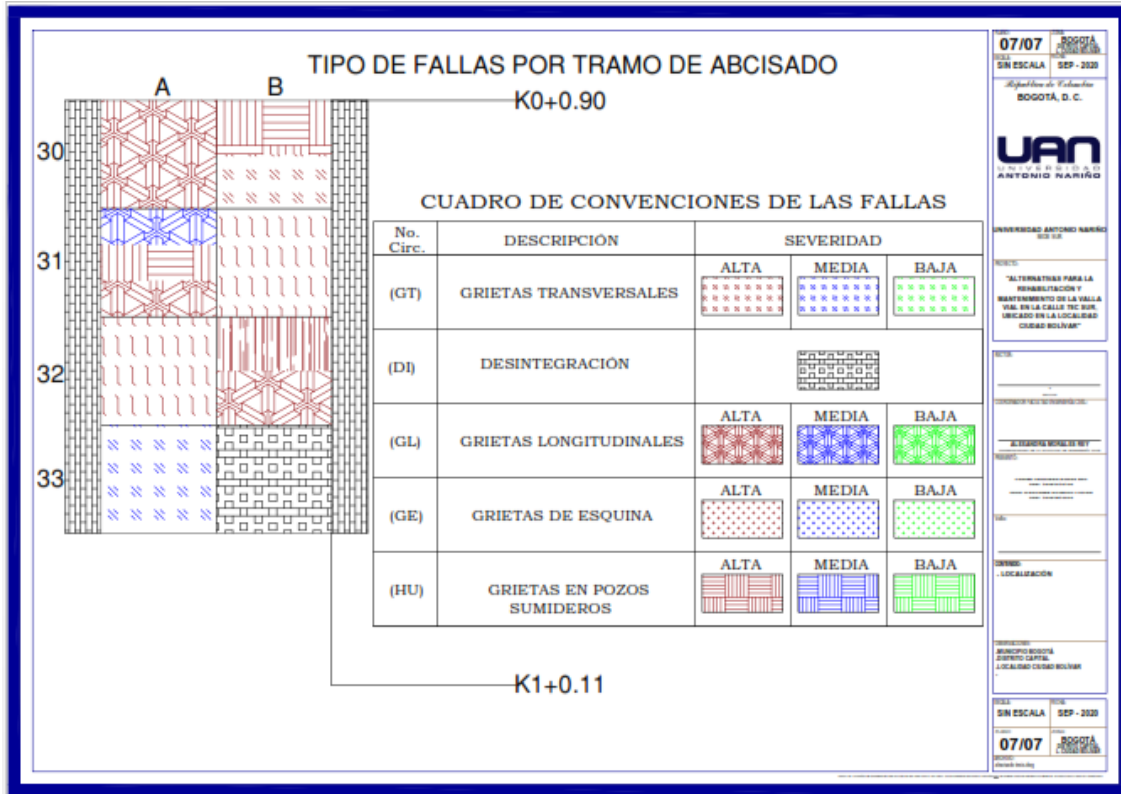




Fuente: Elaborado por integrantes del grupo de estudio



Fuente: Elaborado por integrantes del grupo de estudio



Fuente: Elaborado por integrantes del grupo de estudio