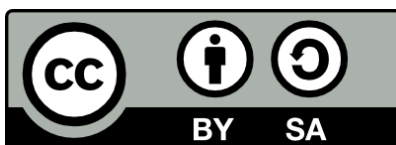


Aplicación en temáticas de Ingeniería Civil
Diagnóstico de las fallas que se presentan en el pavimento flexible de la vía
antigua Villavicencio-Bogotá (Buenavista) en el tramo (k92+40mta-k93+40mta)



Por:
Daniela Andrea Barbosa Tabarez
Jenny Paola Uriza Aguirre



Facultad de Ingeniería Civil
Universidad Santo Tomás
Villavicencio
2019

Aplicación en temáticas de Ingeniería Civil
Diagnóstico de las fallas que se presentan en el pavimento flexible de la vía
antigua Villavicencio-Bogotá (Buenavista) en el tramo (k92+40mta-k93+40mta)

Por:
Daniela Andrea Barbosa Tabarez
Jenny Paola Uriza Aguirre

Documento final presentado como opción de grado para optar al título profesional de
ingeniero civil

Aprobado por:
Ing. Eduin Fernando Valdés Alvarado, Esp., M.Sc.
Director



Facultad de Ingeniería Civil
Universidad Santo Tomás
Villavicencio
2019

Nota de aceptación

Ing. JHON JAIRO GIL PELAÉZ PhD
Decano Facultad Ingeniería Civil

Ing. EDUIN FERNANDO VALDÉS ALVARADO, Esp., M.Sc.
Director Trabajo de Grado

Ing. ERIKA LORENA BECERRA BECERRA, Esp.
Jurado

Villavicencio, 10 de Mayo de 2019

DEDICATORIA

Este trabajo de grado primeramente se lo dedicamos a Dios por brindarnos la oportunidad de culminar este camino con esfuerzo y dedicación, a nuestra familia por su apoyo incondicional, por su amor y por la fe que tuvieron en nosotras para cumplir esta meta, a la Universidad Santo Tomás de Villavicencio y a sus profesores por ser nuestros mentores de conocimiento y aprendizaje a lo largo de este camino, a nuestros amigos y compañeros por compartir todas las batallas vividas durante estos 5 años.

AGRADECIMIENTOS

El ciclo que culmina con este proyecto de grado nos permite abrir puertas como ingenieras civiles, por tal razón queremos agradecer en primer lugar a Dios por darnos la oportunidad de cumplir cada uno de los logros durante nuestra preparación como profesionales, y por darnos la fuerza para no desistir en este camino hacia la vida profesional.

Agradecemos a nuestras familias por el acompañamiento durante este camino lo cual fue fundamental para lograr esta meta, por los esfuerzos y las enseñanzas que nos han brindado durante nuestras vidas para poder luchar por lo que queremos.

Al directo del proyecto, el Ing. Eduin Fernando Valdés Alvarado por brindarnos su conocimiento, paciencia y dedicación para ejecución de este proyecto.

Les agradecemos a nuestras tutoras la Ing. Erika Lorena Becerra y a la Ing. Natalia Mancipe Cristiano por ser nuestras guías a lo largo de la elaboración del proyecto.

Por último, agradezco a la Universidad Santo Tomás de Villavicencio y a los profesores de la facultad de Ingeniería Civil por permitirnos prepararnos como profesionales íntegros, por sus conocimientos brindados los cuales han sido importantes para cumplir con nuestro sueño de ser Ingenieras Civiles.

RESUMEN

Se realizará un diagnóstico de las diferentes fallas que se presentan en el pavimento flexible de la vía antigua Villavicencio-Bogotá en el kilómetro K92+40MTA - K93+40MTA, ya que esta vía es nacional y a su vez cuenta con un tráfico liviano y pesado, y en su mayoría transitan vehículos de carga pesada debido a que se transportan insumos como el crudo, ganadería, alimentos, correspondencia, entre otros, los cuales son exportados a la capital del país. Debido a estos vehículos de carga pesada en el pavimento flexible se han presentado una serie de fallas en su carpeta asfáltica y mediante una inspección visual que se realiza cada cinco (5) metros, se diagnosticaran las diferentes patologías que se encuentran, las cuales son el ahuellamiento, fisuras, descascaramiento, hundimientos, piel de cocodrilo y demás, con el fin de poder brindar recomendaciones para una posible rehabilitación de la vía. Este proyecto se llevará a cabo mediante una recopilación de información en la que se tendrá en cuenta un registro fotográfico, medidas de las dimensiones de la vía y de las fallas que se presentan, también se realizara un mapeo de daños en AutoCAD donde se presentan las fallas de la zona de estudio. Esto con el objetivo de brindar a la concesión y demás una guía para una posible rehabilitación de este tramo de la vía, ya que es uno de los más afectados porque no cuenta con un buen mantenimiento como la limpieza de sus cunetas, y una buena señalización horizontal y vertical. Con ello, brindar a los usuarios mayor seguridad, comodidad, y eficiencia en su viaje. Al realizarse la rehabilitación esto ayudara a impulsar la economía de la capital del país (Bogotá), Villavicencio y sus zonas aledañas, y a su vez potencializar el turismo en esta zona.

Palabras Clave: *Pavimento flexible, diagnostico, patología, vehículos de carga pesada.*

ABSTRACT

There will be realized a diagnosis of the different flaws that appear in the flexible paving of the ancient route Villavicencio-Bogotá in the kilometer K92 40MTA - K93 40MTA, since this route is national and in turn it is provided with a light and heavy traffic, of which mostly heavy load vehicles journey because they transport inputs as the crude oil, cattle, food, mail, between others, which are exported to the capital of the country. Due to these heavy load vehicles in the flexible paving there has appeared a series of flaws in its asphalt folder and by means of a visual examination that realized every 5 meters, there will be diagnosed the different pathologies that are, which are the ahuellamiento, fissures, shelling, subsidence, crocodile skin and the others, in order to be able to offer recommendations for a possible rehabilitation of the route. This project will be carried out by means of a compilation of information in which there will be born in mind a photographic record, measurements of the dimensions of the route and of the flaws that appear, also a geometric design will be realized in AutoCAD of the route and of the stretches where the flaws appear. This with the target to offer to the authorization and the others a support so that this way it is possible to realize the possible rehabilitation of this stretch of the route, since he is one of the most affected because it is not provided with a good maintenance like the cleanliness of its ditches, and a good horizontal and vertical signaling, and this way to offer to the users major safety, serviceability, and efficiency in its trip. After the rehabilitation was realized this was helping to impel the economy of two cities and its bordering areas, and the tourism in this sector because cultural places are.

Key Word: *Flexible pavement, to diagnose , pathology, heavy load vehicles*

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	12
2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
3.	JUSTIFICACIÓN	14
4.	OBJETIVOS	15
4.1.	OBJETIVO GENERAL.....	15
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
5.	ALCANCE	16
6.	MARCO DE REFERENCIA	17
6.1.	MARCO TEÓRICO	17
6.2.	MARCO CONCEPTUAL.....	18
6.3.	ESTADO DEL ARTE	37
6.4.	MARCO NORMATIVO.....	38
6.5.	MARCO GEOGRÁFICO	38
7.	EQUIPO DE INVESTIGACIÓN Y TRAYECTORIA	40
8.	METODOLOGÍA.....	41
8.1.	DESCRIPCIÓN DE ETAPAS Y TAREAS	42
8.2.	POBLACIÓN, MUESTRAS, VARIABLES E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	43
9.	ETAPA 1 (RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN, INSPECCIÓN VISUAL Y DILIGENCIAMIENTO DE LOS FORMATOS ESTABLECIDOS POR INVIA PARA EL DIAGNOSTICO VISUAL).....	45
10.	ETAPA 2 (ANÁLISIS DE LAS PATOLOGÍAS QUE SE PRESENTAN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ESTABLECER LAS POSIBLES SOLUCIONES QUE SE LE PUEDAN REALIZAR A LA VÍA)	49
11.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	52
12.	RESULTADOS E IMPACTOS	66
13.	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	92
13.1.	CONCLUSIONES.....	92
13.2.	TRABAJOS FUTUROS	93
	BIBLIOGRAFÍA.....	94
	ANEXOS.....	95

LISTA DE TABLAS

Tabla 6.4-1 Marco normativo	38
Tabla 8.2-1 Población, muestras, variables e instrumentos de recolección de datos.	44
Tabla 8.2-1 Formato de la inspección de la abscisa k00+175-k00+180.	48
Tabla 8.2-1 Daños en el pavimento (sin incluir daños superficiales ni daños en bermas).	63
Tabla 8.2-1 Afectación de la abscisa K00+000-K00+195.	66
Tabla 8.2-2 Afectación de la abscisa K00+195-K00+365.	68
Tabla 8.2-3 Afectación de la abscisa K00+365-K00+520.	70
Tabla 8.2-4 Afectación de la abscisa k00+520-k00+745.	72
Tabla 8.2-5 Afectación de la abscisa k00+745-k01+000.	74
Tabla 8.2-6 Tipos de daño.	76
Tabla 8.2-7 Área total afectada por severidad y daño.	76
Tabla 8.2-8 tipos de daño.	78
Tabla 8.2-9 Peso del daño dentro del área inspeccionada según su severidad. ..	79
Tabla 8.2-10 Formato de inspección para pavimento rígido.	82
Tabla 8.2-11 Descripción de productos finales.	91
Tabla 8.2-12 Indicadores de impactos.	91

LISTA DE FIGURAS

Figura 6-1 Fisura longitudinal (FL, Unidad de medida: m).	21
Figura 6-2 Fisuras transversales (FT, Unidad de medida: m).	22
Figura 6-3 Fisura longitudinal en junta de construcción (FCL, Unidad de medida: m).	22
Figura 6-4 Fisura transversal en junta de construcción (FCT, Unidad de medida: m).	22
Figura 6-5 Fisura en medialuna (FML, Unidades de medida: m2).	23
Figura 6-6 Fisuras de borde (FBD, Unidad de medida: m).	23
Figura 6-7 Fisuras de bloque (FB, Unidad de medida: m2).	23
Figura 6-8 Piel de cocodrilo (PC, Unidades de medida: m2).	24
Figura 6-9 Ondulación (OND, Unidad de medida: m2).	24
Figura 6-10 Abultamiento (AB, unidad de medida: m2).	25
Figura 6-11 Hundimiento (Hu, Unidad de medida: m2).	25
Figura 6-12 Ahuellamiento (AHU, Unidad de medida: m2).	26
Figura 6-13 Descascaramiento (DC, Unidad de medida: m2).	26
Figura 6-14 Bache (BCH, Unidad de medida: m2).	27
Figura 6-15 Parche (PCH, Unidad de medida: m2).	27
Figura 6-16 Pérdida de agregado (PA, Unidad de medida: m2).	28
Figura 6-17 Pulimiento del agregado (PU, Unidad de medida: m2).	28
Figura 6-18 Cabezas duras (CD, Unidad de medida: m2).	29
Figura 6-19 Exudación (Ex, unidad de medida: m2).	29
Figura 6-20 Separación de berma (SB, Unidad de medida: longitud).	30
Figura 6-21 Afloramientos de agua (AFA, Unidad de medida: m).	30
Figura 6-22 Formato para la evaluación del pavimento flexible.	32
Figura 6-23 Formato para la evaluación del pavimento flexible.	33
Figura 6-24 Detalle del registro de la información básica.	34
Figura 6-25 Formato para el levantamiento de pavimento flexible.	36
Figura 6.5-1 Lugar del tramo de estudio con referencia a la ciudad más cercana (Villavicencio).	39
Figura 6.5-2 Zona en la que se encuentra el tramo de estudio.	39
Figura 9-1 Ubicación de la vía en Google Earth.	45
Figura 9-2 Zona de la inspección visual.	46
Figura 10-1 Trazado de la vía, tramo K00+145-k00+225.	50
Figura 11-1 Ahuellamiento (AHU).	52
Figura 11-2 Desgaste superficial (DSU).	53
Figura 11-3 Piel de Cocodrilo (PC).	54
Figura 11-4 Bache (BCH).	54
Figura 11-5 Parche (PCH).	55
Figura 11-6 Fisura Longitudinal (FL).	56
Figura 11-7 Fisura Transversal (FT).	57
Figura 11-8 Abultamiento (AB).	57
Figura 11-9 Descascaramiento (DC).	58
Figura 11-10 Fisura de Medialuna (FML).	59
Figura 11-11 Fisura en Junta de Construcción Longitudinal (FCL).	60
Figura 11-12 Perdida del Agregado (PA).	61

Figura 12-1 Área de afectación por tramos, Abscisa K00+000-K00+195.	67
Figura 12-2 Área de afectación, abscisa k00+195-k00+365.....	69
Figura 12-3 Área afectada por tramos, abscisa k00+365-k00+520.	71
Figura 12-4 Área afectada, abscisa k00+520-k00+745.	73
Figura 12-5 Área afectada, abscisa K00+750-k01+000.....	75
Figura 12-6 Distribución de severidad baja por daño.	77
Figura 12-7 Distribución de severidad media por daño.	77
Figura 12-8 Distribución alta por daño.	78
Figura 12-9 Distribución del porcentaje de severidad baja por daño.	79
Figura 12-10 Distribución del porcentaje de severidad media por daño.	80
Figura 12-11 Distribución del porcentaje de severidad alta por daño.	81
Figura 12-12 Proceso de conservación para Baches.	85
Figura 12-13 Procedimiento a seguir para fisuras. Piel de cocodrilo, perdida de agregado y desgaste superficial.....	86
Figura 12-14 Procedimiento a seguir para Ahuellamiento, Abultamientos, Descarcamientos y parches.	87
Figura 12-15 Ejemplo de reparación parcial en intersección de juntas.	88

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la infraestructura vial se ve afectada con más frecuencia debido a factores que influyen en su deterioro, ocasionando un aumento en las inversiones de estas obras, mayores gastos para los usuarios que transitan, y a la vez una serie de problemáticas para las comunidades. Por tal motivo es necesario realizar un adecuado mantenimiento y rehabilitación de las vías periódicamente una vez cumplida su vida útil, para detectar las fallas que se presentan y buscar una solución la cual sea segura y económica.

El estado de una vía puede generar un impacto social, lo cual conlleva a que se afecte directamente la situación económica de las regiones que se comunican, ya que el transporte de los insumos se deberá realizar en un tiempo más prolongado y puede generar daños en los vehículos, lo que implica más gastos en el transporte de estos.

Teniendo en cuenta lo anterior mediante una visita al lugar en el que se realizara el estudio del proyecto, esta vía primaria no cuenta con la señalización suficiente y el mantenimiento adecuado para el paso de los vehículos pesados, livianos, ciclas y motocicletas que constantemente transitan por allí. Debido a esto es necesario tener en cuenta que fallas se presentan en el tramo de estudio, a través de una inspección visual que se llevara a cabo en campo donde se identificaran las patologías que se encuentran en el pavimento flexible de la vía antigua Villavicencio-Bogotá (Buenavista) en el tramo (K92+40MTA-K93+40MTA), mediante la elaboración de fichas técnicas se evidenciara cada una de estas, donde se dará una breve descripción de los daños y una posible solución.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son las patologías que afectan el deterioro del pavimento flexible durante los últimos 10 años en sector de la abscisa (k92+40MTA-K93+40MTA) de la vía que comunica Villavicencio-Bogotá?

El tramo que comunica a Villavicencio con Bogotá llamado Buenavista circulan vehículos de carga pesada, esta infraestructura vial puede que no cuente con las medidas de seguridad adecuada ni el diseño apropiado para el tránsito de vehículos el cual está compuesto por automóviles, motocicletas y vehículos de carga pesada, esto conlleva a que se presente problemas de deterioro y fallas a lo largo de la vida útil de la construcción del pavimento flexible ocasionando accidentes de tránsito y mayor tiempo en el viaje de los usuarios. Es por esta razón que se debe realizar los estudios necesarios para conocer las fallas que causan el deterioro en el pavimento flexible y a su vez dar una posible solución mediante la elaboración de una inspección visual estipuladas en fichas técnicas.

3. JUSTIFICACIÓN

La infraestructura vial es muy importante para el desarrollo económico y social de una ciudad, por esta razón es necesario realizar una inspección visual en la cual se determinen las fallas que se generan en la estructura del pavimento.

Mediante un diagnostico visual se pueden identificar las patologías que se presentan en la estructura del pavimento flexible y así darle una posible solución a estas fallas para que la infraestructura vial sea segura, cómoda y eficiente con el fin de que no genere una gran inversión monetaria. Es indispensable realizar estos estudios debido a que esta vía es comercial y es necesaria para el transporte de insumos, ya que conecta con la capital que es una de las principales fuentes económicas del país.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Diagnosticar las fallas que se presentan en la estructura del pavimento flexible y en el terreno en que se encuentra ubicado el tramo de estudio (K92+40MTA-K93+40MTA) en la vía antigua Villavicencio-Bogotá, con el fin de dar una posible solución para rehabilitar o conservar la vía, con el propósito de brindar economía, eficiencia y alargar la vida útil de la estructura.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Definir los tipos de fallas que se presentan, mediante inspecciones visuales en el pavimento flexible de la vía antigua Villavicencio-Bogotá.
2. Identificar la incidencia que tiene el tránsito de vehículos frente a los daños que se presentan en el pavimento, para así determinar la influencia que tiene este frente al comportamiento del pavimento flexible.
3. Especificar el tipo de mantenimiento más adecuado para la rehabilitación de los daños encontrados en el tramo de estudio.
4. Determinar el área más afectada y el porcentaje de daño más representativo de la vía antigua Villavicencio-Bogotá.

5. ALCANCE

En este proyecto se busca identificar las lesiones que se presentan en la estructura del pavimento flexible por medio de una inspección visual, con el fin de brindar un informe del estado actual de la vía y a su vez dar una posible solución que les brinde a los usuarios mayor seguridad, comodidad y eficiencia en la vía antigua Villavicencio-Bogotá.

Los procesos a realizar para la recolección de datos se dividen en:

- Realizar un análisis del tránsito, donde se identifiquen la cantidad de vehículos pesados que transitan por el tramo de estudio.
- Elaborar un mapeo de daños, donde se realizará un levantamiento de las diferentes patologías que se presenta en la estructura del pavimento flexible.
- Formular la ficha técnica de las lesiones del tramo de estudio, donde se identifica el tipo de lesión que se presenta y las posibles causas de esta.
- Se evaluará el grado de afectación de las fallas, a partir de esto obtener una posible solución frente a las problemáticas que se presentan en el pavimento flexible de la vía antigua Villavicencio-Bogotá.

El propósito de este proyecto es beneficiar al sector económico y comercial que se encuentra ubicado en la zona de estudio, ya que influye en el sostenimiento y desarrollo económico de la ciudad.

6. MARCO DE REFERENCIA

6.1. MARCO TEÓRICO

Para el diagnóstico patológico de la vía antigua Villavicencio-Bogotá, se tendrá como antecedente el artículo del periódico del tiempo, donde se habla sobre la intervención que se le realizó a esta vía, en la cual procedieron a rehabilitar y mejorar 16 kilómetros en la vía buena vista, esta obra tuvo un costo de 42 millones de pesos, este dinero fue obtenido del fondo de adaptación del Gobierno nacional. Este proyecto se dividió en nueve tramos o puntos críticos que incluyen ampliación, rehabilitación y construcción de algunos tramos de la calzada con el fin de garantizar el paso vehicular principalmente de vehículos tipo C6 (Tractomulas).

Finalizan obras en antigua vía entre Bogotá y el Llano (Fecha: 27 diciembre del 2016): Casi dos años tardó la intervención de 16 kilómetros, que costó 42.000 millones de pesos. Se realizó el cierre de obra del proyecto vial de la antigua salida del Llano a Bogotá que demandó la construcción, rehabilitación y mejoramiento de 16 kilómetros comprendidos entre el sector de La Grama y la vereda Pipiral de Villavicencio. Las obras estuvieron a cargo del consorcio El Tigre, integrado por las firmas MC Construcciones y JMS, que entregaron oficialmente la obra que tuvo un costo de 42.000 millones de pesos con recursos provenientes directamente del Fondo de Adaptación del Gobierno nacional. Según representantes del consorcio El Tigre, para su desarrollo, los trabajos fueron repartidos en nueve tramos o puntos críticos que incluyeron la ampliación, rehabilitación y construcción de algunos tramos de la calzada que une a estos dos puntos para garantizar el paso vehicular, especialmente el tráfico de tractomulas a las cuales no se les permite pasar por el túnel de Buenavista que hace parte de la moderna vía al Llano, ubicado a las afueras de la capital del Meta.

Lo ejecutado implicó desde la ampliación de la calzada, construcción de puentes, muros de contención anclados, cunetas y alcantarillas, bacheo y reparcho, hasta la elaboración de obras de drenaje que demandaron la instalación de 10.000 metros lineales de drenes o tubos para sacarle agua a la montaña. Así mismo, fue necesario incluir dentro del contrato de obra la construcción de los alcantarillados pluvial y sanitario de ese sector que no estaban contemplados inicialmente, lo que hizo que se tuvieran que reprogramar los tiempos de trabajo y el plazo final de obra.

Una de las obras emblemáticas del proyecto es el puente de La Colorada, de 45 metros de longitud, al cual se le amplió el espacio que hay entre el cauce de la quebrada y el puente y se le hicieron obras de estabilización con muros de gaviones y bolsacreto, lo que erradica la amenaza que siempre se llegaba a ese sitio en época de lluvias con avalanchas de piedra y lodo que tapaban el puente viejo.

En el sitio crítico tres se hizo un trabajo especial en el kilómetro 83+510 con disipadores de energía o escalinatas en concreto que disminuyen o merman la fuerza del agua que baja de la montaña y un control horizontal y vertical con baterías de drenaje que ayudan a evacuar el agua y a conducirla a cunetas y

alcantarillas. En la curva de El Tigre y en algunos tramos entre ese sitio y Pipiral se trató el pavimento con mezclas especiales modificadas que fueron aplicadas sobre un lecho filtrante que lo hace más resistente al agua y al tráfico pesado. [1]

6.2. MARCO CONCEPTUAL

- Pavimento

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el período para el cual fue diseñada la estructura del pavimento. [2]

• Pavimento flexible

Según el manual para la inspección visual de pavimentos flexibles por Grupo técnico – Convenio 587 de 2003 [2]: “Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra”.

• Funciones de las capas de un pavimento flexible

La subbase granular

-Función económica. Una de las principales funciones de esta capa es netamente económica; en efecto, el espesor total que se requiere para que el nivel de esfuerzos en la subrasante sea igual o menor que su propia resistencia, puede ser construido con materiales de alta calidad; sin embargo, es preferible distribuir las capas más calificadas en la parte superior y colocar en la parte inferior del pavimento la capa de menor calidad la cual es frecuentemente la más barata. Esta solución puede traer consigo un aumento en el espesor total del pavimento y no obstante, resultar más económica. [2]

-Capa de transición. La subbase bien diseñada impide la penetración de los materiales que constituyen la base con los de la subrasante y por otra parte, actúa como filtro de la base impidiendo que los finos de la subrasante la contaminen menoscabando su calidad. [2]

-Disminución de las deformaciones. Algunos cambios volumétricos de la capa subrasante, generalmente asociados a cambios en su contenido de agua (expansiones), o a cambios extremos de temperatura (heladas), pueden absorberse con la capa subbase, impidiendo que dichas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento. [2]

-Resistencia. Según el manual para la inspección visual de pavimentos flexibles por Grupo técnico – Convenio 587 de 2003 [2]: “La subbase debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitidas a un nivel adecuado a la subrasante”.

-Drenaje. Según el manual para la inspección visual de pavimentos flexibles por Grupo técnico – Convenio 587 de 2003 [2]: “En muchos casos la subbase debe drenar el agua, que se introduzca a través de la carpeta o por las bermas, así como impedir la ascensión capilar”.

La base granular

-Resistencia. Según el manual para la inspección visual de pavimentos flexibles por Grupo técnico – Convenio 587 de 2003 [2]: “La función fundamental de la base granular de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la subbase ya la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada”.

-Función económica. Según el manual para la inspección visual de pavimentos flexibles por Grupo técnico – Convenio 587 de 2003 [2]: “Respecto a la carpeta asfáltica, la base tiene una función económica análoga a la que tiene la subbase respecto a la base”.

Carpeta

-Superficie de rodamiento. Según el manual para la inspección visual de pavimentos flexibles por Grupo técnico – Convenio 587 de 2003 [2]: “La carpeta debe proporcionar una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito”.

-Impermeabilidad. Según el manual para la inspección visual de pavimentos flexibles por Grupo técnico – Convenio 587 de 2003 [2]: “Hasta donde sea posible, debe impedir el paso del agua al interior del pavimento”.

-Resistencia. Según el manual para la inspección visual de pavimentos flexibles por Grupo técnico – Convenio 587 de 2003 [2]: “Su resistencia a la tensión complementa la capacidad estructural del pavimento”.

- **Patología**

Se dedica a estudiar las enfermedades en su más amplia aceptación, como estados o procesos fuera de lo común que pueden surgir por motivos conocidos o desconocidos. Para demostrar la presencia de una enfermedad, se busca y se observa una lesión en sus niveles estructurales. [2]

- **Diagnostico**

Un diagnóstico son el o los resultados que se arrojan luego de un estudio, evaluación o análisis sobre determinado ámbito u objeto. El diagnóstico tiene como propósito reflejar la situación de un cuerpo, estado o sistema para que luego se proceda a realizar una acción o tratamiento que ya se preveía realizar o que a partir de los resultados del diagnóstico se decide llevar a cabo. [2]

- **Intervención**

Acción que una persona, una entidad, una institución, una fuerza o grupo de personas realizan ante un evento. Esa intervención tiene un objetivo específico y no es casual si no que por lo general está dirigida a un fin particular. La intervención es normalmente voluntaria ya sea por cuestión solidaria o porque quien la lleva a cabo tiene un interés o una responsabilidad sobre ese acto. [2]

- **Transito**

Interesan para el dimensionamiento de los pavimentos las cargas más pesadas por eje (simple, tándem o tridem) esperadas en el carril de diseño durante el período de diseño adoptado. La repetición de las cargas del tránsito y la consecuente acumulación de deformaciones sobre el pavimento (fatiga) son fundamentales para el cálculo. Además, se deben tener en cuenta las máximas presiones de contacto, las sollicitaciones tangenciales en tramos especiales (curvas, zonas de frenado y aceleración, etc), las velocidades de operación de los vehículos (en especial las lentas en zonas de estacionamiento de vehículos pesados), la canalización del tránsito, etc. [2]

- **Subrasante**

De la calidad de esta capa depende, en gran parte, el espesor que debe tener un pavimento sea este flexible o rígido. Como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas del tránsito. Es necesario tener en cuenta la sensibilidad del suelo a la humedad, tanto en lo que se refiere a la resistencia como a las eventuales variaciones de volumen (hinchamiento - retracción). [2]

- **Clima**

Los factores que en nuestro medio más afectan a un pavimento son las lluvias y los cambios de temperatura. Las lluvias por su acción directa en la elevación del nivel freático influyen en la resistencia, la compresibilidad y los cambios volumétricos de los suelos de subrasante especialmente. Este parámetro también influye en algunas actividades de construcción tales como el movimiento de tierras y la colocación y compactación de capas granulares y asfálticas. [2]

- **Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles**

El manual consta de tres capítulos: en el capítulo uno se presenta una descripción de los daños más comunes encontrados en pavimentos flexibles, mostrando una breve definición de estos, las causas que los generan, la unidad de medición, así como sus severidades y evolución probable. En el capítulo dos se presenta un formato propuesto para el registro de los daños durante la inspección visual del pavimento, cuyo diligenciamiento se describe de manera didáctica y ordenada para facilitar el trabajo de las personas encargadas de esta labor. Capítulo tres se explica la forma en que deben presentar los datos capturados en los formatos de campo dentro de un informe de daños, el cual contiene, entre otros, el reporte del área total afectada, el área total ocupada por cada daño, los sectores de la vía más afectados, entre otros. [2]

- **Definición de los tipos de daños en pavimentos flexibles**

Según el manual para la inspección visual de pavimentos flexibles por Grupo técnico – Convenio 587 de 2003 [2]: “Los daños que presentan una estructura de pavimento flexible pueden ser clasificados en cuatro categorías: Fisuras, Deformaciones, Perdidas de capas estructurales, Daños superficiales y Otros daños”.

- **Fisuras**

Fisuras longitudinales transversales (FL, FT). Corresponden a discontinuidades en la carpeta asfáltica, en la misma dirección del tránsito o transversales a él. Son indicio de la existencia de esfuerzos de tensión en alguna de las capas de la estructura, los cuales han superado la resistencia del material afectado. La localización de las fisuras dentro del carril puede ser un buen indicativo de la causa que las genere, ya que aquellas que se encuentran en zonas sujetas a carga pueden estar relacionadas con problemas de fatiga de toda la estructura o de alguna de sus partes. [2]

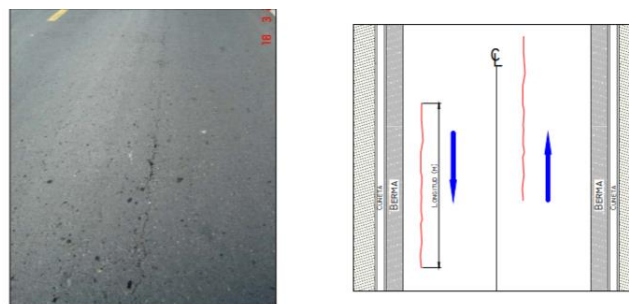


Figura 6-1 Fisura longitudinal (FL, Unidad de medida: m).
Fuente: [2].



Figura 6-2 Fisuras transversales (FT, Unidad de medida: m).
Fuente: [2].

Fisuras en juntas de construcción (FCL, FCT). Corresponden a fisuras longitudinales o transversales generadas por la mala ejecución de las juntas de construcción de la carpeta asfáltica o de las juntas en zonas de ampliación. Se localizan generalmente en el eje de la vía, coincidiendo con el ancho de los carriles, zonas de ensanche y en zonas de unión entre dos etapas de colocación de pavimento asfáltico. [2]



Figura 6-3 Fisura longitudinal en junta de construcción (FCL, Unidad de medida: m).
Fuente: [2].

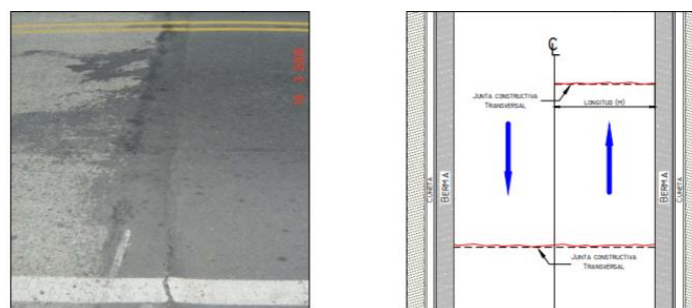


Figura 6-4 Fisura transversal en junta de construcción (FCT, Unidad de medida: m).
Fuente: [2].

Fisuras en medialuna (FML). Según el manual para la inspección visual de pavimentos flexibles por Grupo técnico – Convenio 587 de 2003 [2]: “Son fisuras de forma parabólica asociadas al movimiento de la banca por lo que usualmente se presentan acompañadas de hundimientos”.

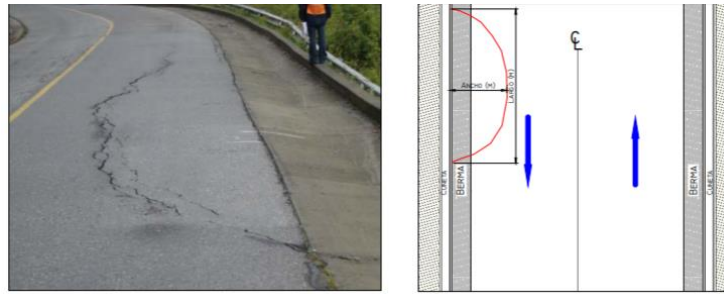


Figura 6-5 Fisura en medialuna (FML, Unidades de medida: m2).
Fuente: [2].

Fisuras de borde (FBD). Corresponden a fisuras con tendencia longitudinal a semicircular localizadas cerca del borde de la calzada, se presentan principalmente por la ausencia de berma o por la diferencia de nivel entre la berma y la calzada. Generalmente se localizan dentro de una franja paralela al borde, con ancho de hasta 0,6 m2. [2]

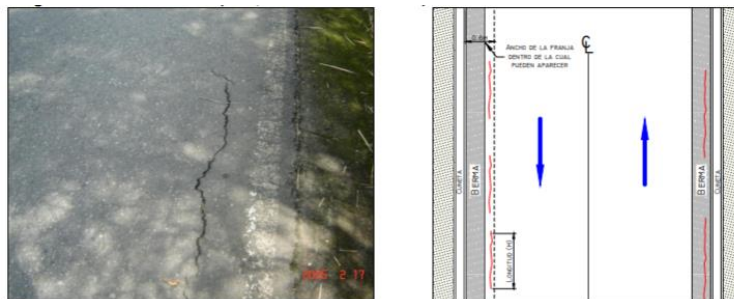


Figura 6-6 Fisuras de borde (FBD, Unidad de medida: m).
Fuente: [2].

Fisuras de bloque (FB). Cuando se presentan este tipo daño la superficie del asfalto es dividida en bloques de forma aproximadamente rectangular. Los bloques tienen lado promedio mayor que 0,30 m. Este deterioro difiere de la piel cocodrilo en que esta ultima aparecen en areas sometidas a carga, mientras que los bloques aparecen usualmente en areas no cargadas. Sin embargo, es usual encontrar fisuras en bloque que han evolucionado en piel de cocodrilo por accion del transito. Por otra parte, la piel de cocodrilo generalmente esta formada por bloques con mas lados y angulos agudos. [2]

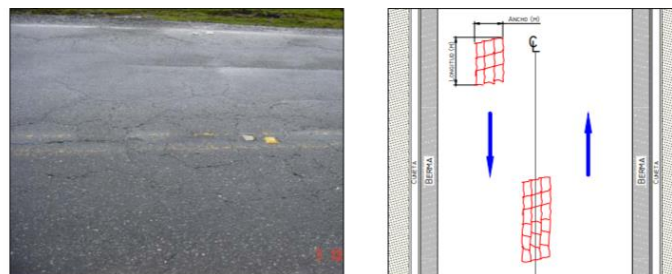


Figura 6-7 Fisuras de bloque (FB, Unidad de medida: m2).
Fuente: [2].

Piel de cocodrilo (PC). Corresponde a un serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, generalmente localizadas en zonas sujetas a repeticiones de carga. La fisuración tiende a iniciarse en el fondo de las capas asfálticas, donde los esfuerzos de tracción son mayores bajo la acción de las cargas. Las fisuras se propagan a la superficie inicialmente como una o mas fisuras longitudinales paralelas. Ante la repetición de cargas tránsito, las fisuras se propagan formando piezas angulares que desarrollan un modelo parecido a la piel de un cocodrilo. Tales piezas tienen por lo general un diametro promedio menos que 30 cm.

La piel cocodrilo ocurren generalmente en áreas que están sometidas a cargas de tránsito, sin embargo, es usual encontrar este daño en otras zonas donde se han generado deformaciones en el pavimento que no están relacionadas con la falla estructural (por tránsito o por deficiencia de espesor de las capas) sino con otros mecanismos como por ejemplo problemas de drenaje que afectan los materiales granulares, falta de compactación de las capas, reparaciones mal ejecutadas y subrasantes expansivos, entre otras. Este tipo de daño no es común en capas de material asfáltico colocadas sobre placas de concreto rígido. [2]

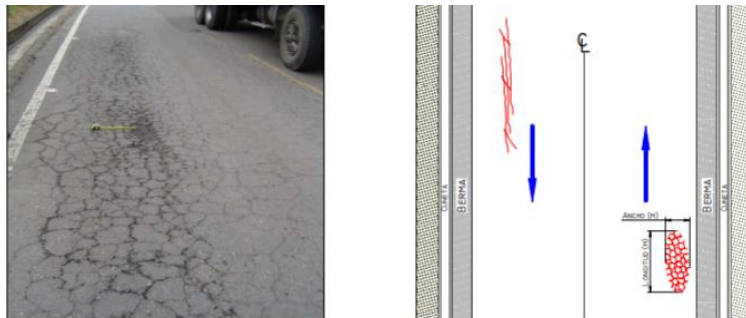


Figura 6-8 Piel de cocodrilo (PC, Unidades de medida: m²).

Fuente: [2].

- **Deformaciones**

Ondulación (OND). Según el manual para la inspección visual de pavimentos flexibles por Grupo técnico – Convenio 587 de 2003 [2]: “También conocida como corrugación o rizado, es un daño caracterizado por la presencia de ondas en la superficie del pavimento, generalmente perpendiculares a la dirección del tránsito, con longitudes entre crestas usualmente menores que 1,0 m”.

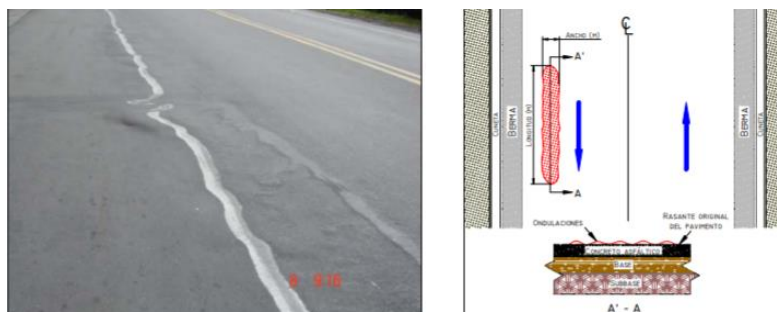


Figura 6-9 Ondulación (OND, Unidad de medida: m²).

Fuente: [2].

Abultamiento (AB). Según el manual para la inspección visual de pavimentos flexibles por Grupo técnico – Convenio 587 de 2003 [2]: “Este deterioro se asigna a los “abombamientos” o prominencias que se presentan en la superficie del pavimento. pueden presentarse bruscamente ocupando pequeñas áreas o gradualmente en áreas grandes, acompañadas en algunos casos por fisuras”.



Figura 6-10 Abultamiento (AB, unidad de medida: m²).
Fuente: [2].

Hundimiento (HUN). Los hundimientos corresponden a depresiones localizadas en el pavimento con respecto al nivel de la rasante. Este tipo de daño pueden generar problemas de seguridad a los vehículos, especialmente cuando contienen agua pues se puede producir hidroplaneo. Los hundimientos pueden estar orientados de forma longitudinal o transversal al eje de la vía, o pueden tener forma de medialuna, en cualquier caso, el reporte del daño debe incluir en las aclaraciones (ver formato de campo en el capítulo 2) la orientación o la forma del hundimiento, si es fácilmente identificable en campo. [2]

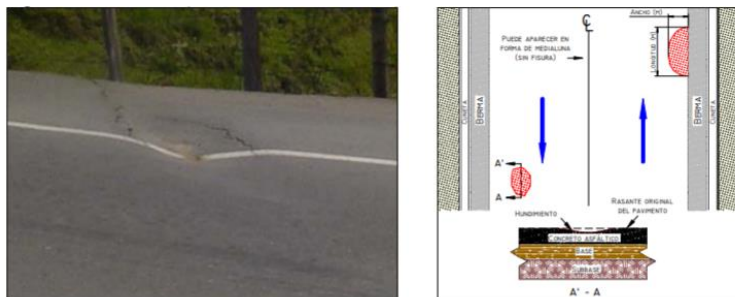


Figura 6-11 Hundimiento (Hu, Unidad de medida: m²),
Fuente: [2].

Ahuellamiento (AHU). El ahuellamiento es una depresión de la zona localizada sobre la trayectoria de las llantas de los vehículos. Con frecuencia se encuentra acompañada de una elevación de las áreas adyacentes a la zona deprimida y de fisuración. Ahuellamiento significativo pueden llevar a la falta estructural del pavimento y posibilitar el hidroplaneo por almacenamiento de agua. [2]



Figura 6-12 Ahuellamiento (AHU, Unidad de medida: m2).
Fuente: [2].

El fin de la inspección de pavimentos es determinar el porcentaje de área de pavimento afectado, estableciendo los tipos de daño que se presentan, su extensión, severidad y recurrencia; factores que orientan al ingeniero en el momento de definir las posibles causas de los daños o de programar actividades de campo y laboratorio para su estudio.

Para capturar los datos correspondientes a los daños del pavimento durante la inspección visual, se desarrolló un formato que permite registrar los tipos de deterioro especificando cada daño con su severidad y dimensiones características (longitud y ancho en la mayoría de las cosas). [2]

- **Pérdidas de la capa de la estructura**

Descascaramiento (DC). Según el manual para la inspección visual de pavimentos flexibles por Grupo técnico – Convenio 587 de 2003 [2]: “Este deterioro corresponde al desprendimiento de parte de la capa asfáltica superficial, sin llegar a afectar las capas asfálticas subyacentes”.

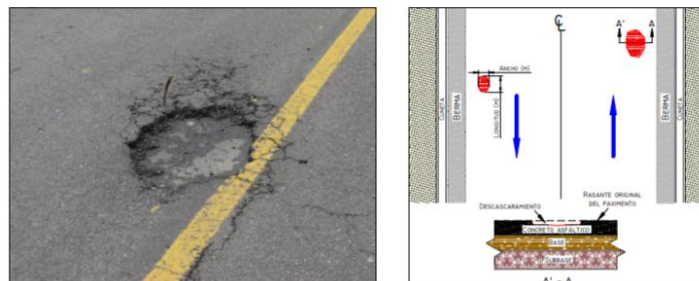


Figura 6-13 Descascaramiento (DC, Unidad de medida: m2).
Fuente: [2].

Baches (BCH). Desintegración total de la carpeta asfáltica que deja expuestos los materiales granulares lo cual lleva al aumento del área afectada y al aumento de la profundidad debido a la acción del tránsito. Dentro de este tipo de deterioro se encuentran los ojos de pescado que corresponden a baches de forma redondeada y profundidad variable, con bordes bien definidos que resultan de una deficiencia localizada en las capas estructurales. [2]

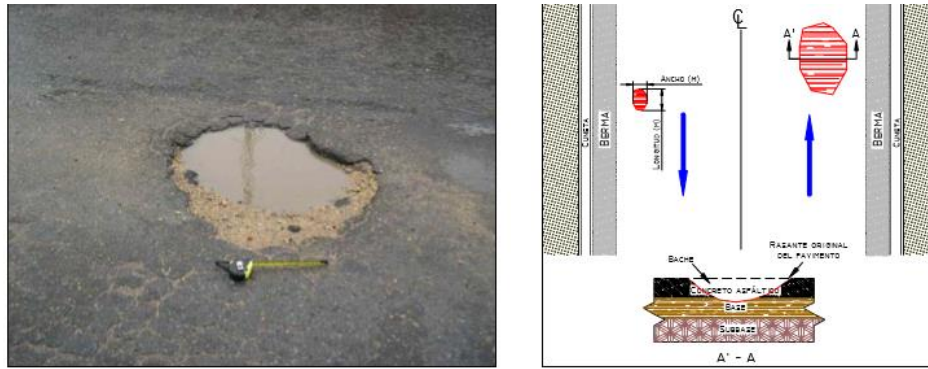


Figura 6-14 Bache (BCH, Unidad de medida: m2).

Fuente: [2].

Parche (PCH). Los parches corresponden a áreas donde el pavimento original fue removido o reemplazado por un material similar o diferente, ya sea para preparar la estructura (a nivel de concretos asfálticos o hasta los granulares) o para permitir la instalación o preparación de alguna red de servicios (Acueductos, gas, etc.). A pesar de que dicha área puede no presentar daños en el momento de la inspección, es necesario reportar su extensión porque indica la existencia de un deterioro anterior. Aunque para el registro de los daños en el formato de campo estas intervenciones se reportan como parches. [2]

- Cuando la intervención realizada comprendió el reemplazo del espesor parcial o total de concreto asfáltico, esta se conoce como parcheo.
- Cuando la intervención realizada comprendió el reemplazo parcial o total granulares, esta se conoce como bacheo. [2]

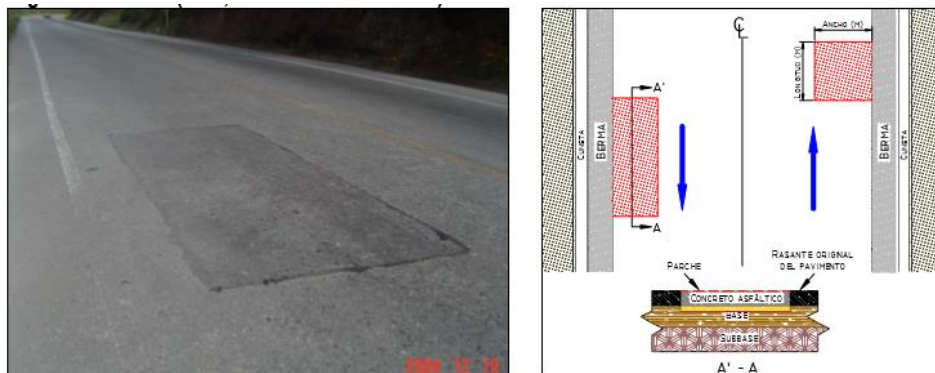


Figura 6-15 Parche (PCH, Unidad de medida: m2).

Fuente: [2].

• Daños superficiales

Desgaste superficial (DSU). Según el manual para la inspección visual de pavimentos flexibles por Grupo técnico – Convenio 587 de 2003 [2]: “Corresponde al deterioro del pavimento ocasionado principalmente por acción del tránsito, agentes abrasivos o erosivos. Se presenta como pérdida de ligante y mortero. Suele encontrarse en las zonas por donde transitan los vehículos. Este año

provoca aceleración del deterioro del pavimento por acción del medio ambiente y del tránsito”.

Pérdida del agregado (PA). Conocida también como desintegración, corresponde a la disgregación superficial de la capa de rodadura debido a una pérdida gradual de agregados, haciendo la superficie más rugosa y exponiendo de manera progresiva los materiales a la acción del tránsito y los agentes climáticos. Este tipo de daño es común en tratamientos superficiales, caso en el que pueden aparecer estrias en la dirección del riego y debe ser reportado como surcos. [2]

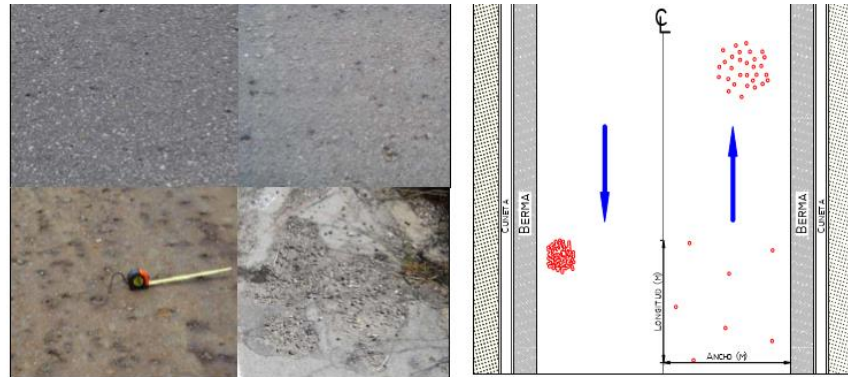


Figura 6-16 Pérdida de agregado (PA, Unidad de medida: m²).
Fuente: [2].

Pulimiento del agregado (PU). Según el manual para la inspección visual de pavimentos flexibles por Grupo técnico – Convenio 587 de 2003 [2]: “Este año se evidencia por la presencia de agregados con caras planas en la superficie o por la ausencia de agregados angulares, en ambos casos se puede llegar a afectar la resistencia al deslizamiento”.

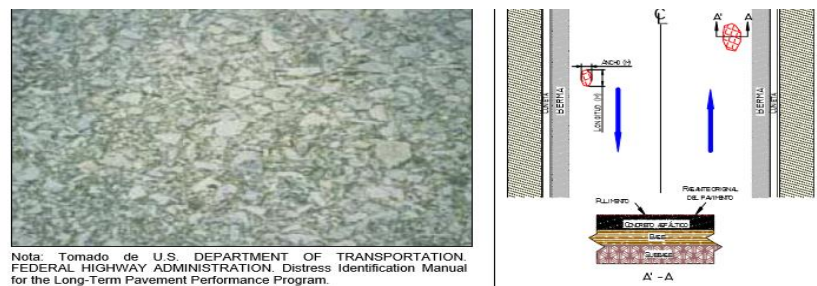


Figura 6-17 Pulimiento del agregado (PU, Unidad de medida: m²).
Fuente: [2].

Cabezas duras (CD). Según el manual para la inspección visual de pavimentos flexibles por Grupo técnico – Convenio 587 de 2003 [2]: “Corresponde a la presencia de agregados expuestos fuera del mortero arena- asfalto, que pueden llegar a aumentar la rugosidad del pavimento, provocando ruido excesivo para conductor”.

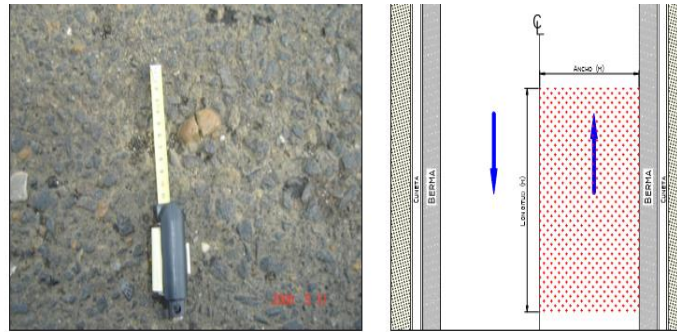


Figura 6-18 Cabezas duras (CD, Unidad de medida: m2).
Fuente: [2].

Exudación (Ex). Según el manual para la inspección visual de pavimentos flexibles por Grupo técnico – Convenio 587 de 2003 [2]: “Este tipo de daño se presenta con una película o afloramiento del ligante asfáltico sobre la superficie del pavimento generalmente brillante, resbaladiza y usualmente pegagosa. Es un proceso que puede llegar a afectar la resistencia al deslizamiento”.

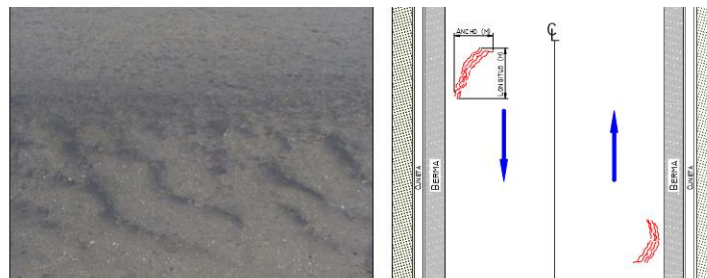


Figura 6-19 Exudación (Ex, unidad de medida: m2).
Fuente: [2].

- **Otros daños**

Separación de berma (SB). Según el manual para la inspección visual de pavimentos flexibles por Grupo técnico – Convenio 587 de 2003 [2]: “Este daño indica el incremento en la separación de la junta existente entre calzada y la berma. Este daño permite la infiltración de agua hacia el interior de la estructura del pavimento provocando su deterioro”.



Figura 6-20 Separación de berma (SB, Unidad de medida: longitud).

Fuente: [2].

Afloramientos de agua (AFA). Agua que se presenta en la superficie cuando en verano. [2]

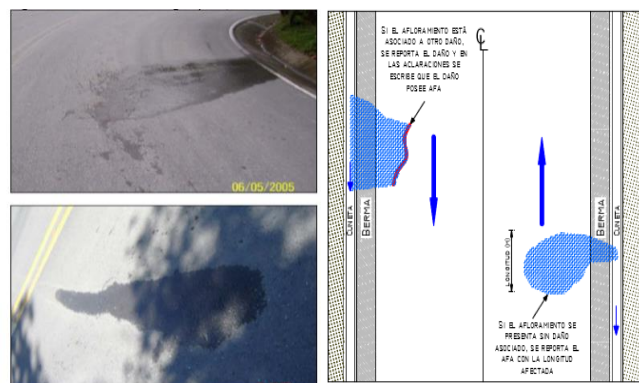


Figura 6-21 Afloramientos de agua (AFA, Unidad de medida: m).

Fuente: [2].

• Procedimiento para registro de daños

El fin de la inspección de pavimentos es determinar el porcentaje de área de pavimento afectado estableciendo los tipos de daños que se presentan, su extensión, severidad y recurrencia; factores que orientan al ingeniero en el momento de definir las posibles causas de los daños o de programar actividades de campo y de laboratorio para su estudio.

Para capturar los datos correspondientes a los daños del pavimento durante la inspección visual se desarrolló un formato que permite registrar los tipos de deterioro especificando cada daño con su severidad y dimensiones características (longitud y ancho en la mayoría de los casos). [2]

Formato de inspección

Es la parte del formato en donde se captura la información de campo de una forma detallada y sistemática. A continuación, se describe cada una de sus partes.

Parte 1- Información General. Permite capturar la información general de la vía, la sistemática. A continuación, se describe cada una de sus partes. Posee la opción

de indicar con una “x” si la vía pertenece a una concesión, un corredor de mantenimiento integral o si está a cargo de administradores viales (siglas A.M.V). Adicionalmente se debe registrar la fecha del levantamiento (día-mes-año), el contrato que se está revisando (Contrato No. Y año), el nombre de quien realiza el levantamiento y el número de la hoja correspondiente.

Parte 2- Deterioros. Esta sección pertenece a la parte del formato donde se registra la información de campo correspondiente a los daños encontrados. [2]

TIPO DE DAÑO	CONVENC.	SEVERIDADES		
		BAJA	MEDIA	ALTO
FISURAS				
Fisuras longitudinales (m)	FL	Abertura < 1mm o selladas.	Abertura 1-3mm, sin sellar, algunas fisuras leves lo cruzan.	Abertura > 3mm, poseen alto desgaste, algunas fisuras median las cruzan, causa vibración al vehículo.
Fisuras transversales (m)	FT			
Fisuras en juntas de construcción (m)	FCL, FCT			
Reflexión de juntas de pavimentos rígidos (m)	FJL, FJT			
Fisuras en media luna (m2)	FML			
Fisuras de borde (m)	FBD			
Fisuras en bloques (m2)	FB	Los bloques se han comenzado a formar, pero no están claramente definidos y están conformados por fisuras < 1mm o selladas, sin desgaste en ellas.	Bloques definidos por fisuras 1-3mm, o sin sellarlas, con desgaste leve.	Bloques bien definidos por fisuras > 3mm que presentan alto desgaste.
Piel de cocodrilo (m2)	PC	Serie de fisuras longitudinales paralelas con abertura de hasta 3 mm, principalmente en la huella.	Las fisuras han formado bloques que tienen un ligero desgaste en los bordes.	Área con bloques sueltos de bordes desgastados, puede existir bacheo.
Fisuras por deslizamiento de capas (m2)	FDC	Fisuras < 1mm o selladas.	Fisuras 1-3mm, pueden existir agrietamientos alrededor con aberturas menores a 1 mm.	Fisuras > 3mm, pueden existir agrietamientos entre las fisuras con aberturas mayores a 1 mm.
Fisuración incipiente (m2)	FIN	Sin grados de severidad asociados.		
DEFORMACIONES				
Ondulaciones (m2)	OND	Altura < 10mm	Altura 10-20mm	Altura > 20mm
Abultamiento (m2)	AB			
Hundimiento (m2)	HUN	Altura < 20mm	Altura 20-40mm	Altura > 40mm
Ahuellamiento (m2)	AHU	Altura < 10mm	Altura 10-20mm	Altura > 20mm
DAÑOS SUPERFICIALES				
Desgaste superficial (m2)	DSU	Pérdida de la textura uniforme de la superficie, con irregularidades hasta de 3 mm.	Profundidad de las irregularidades entre 3 mm y 10 mm, se observa el agregado grueso, el vehículo experimenta vibración y ruido.	No ha comenzado desintegrarse la superficie, presenta desperfectos evidentes y partículas sueltas sobre la calzada.
Pérdida del agregado (m2)	PA	Se observan pequeños huecos cuya separación es mayor a 0.15 m.	Existe un mayor desprendimiento de agregados, con separaciones entre 0.05 m y 0.15 m.	Desprendimiento extenso de agregados con separaciones mayores a 0.25 m, superficie muy rugosa, se observan agregados sueltos.
Pulimento del agregado (m2)	PU	Sin grados de severidad asociados.		
Cabezas duras (m2)	CD	Sin grados de severidad asociados.		
Escudación (m2)	EX	Se hace visible en la superficie en franjas aisladas y de espesor delgado que no cubren los agregados gruesos.	Escurro de asfalto fino que conforma una película cubriendo parcialmente los agregados.	Cantidad significativa de asfalto en la superficie cubriendo casi la totalidad de los agregados, aspecto húmedo de intensa coloración negra.
Surcos (m2)	SU	Sin grados de severidad asociados.		
DETERIORO DE CAPAS ESTRUCTURALES				
Descascaramiento (m2)	DC	Altura < 10mm	Altura 10-20mm	Altura > 20mm
Blache o hueco (m2)	BCH	Profundidad < 20 mm, corresponde al desprendimiento de tratamientos superficiales o capas delgadas.	Profundidad entre 20-50 mm, afecta incluso la base asfáltica.	Profundidad > 50mm, llega a afectar la base granular.
Parcheo (m2)	PCH	Está en muy buena condición y se distingue satisfactoriamente.	Presenta algunos daños de severidad baja a media y deficiencias en los bordes.	Presenta daños de severidad alta y requiere ser reparado pronto.
OTROS DAÑOS				
Corrimiento vertical de la balsa ⁽¹⁾ (m, h)	CV	Altura < 6mm	Altura 6-20mm	Altura > 20mm
Separación de la balsa (m, a)	SB	Ancho < 3mm	Altura 3-10mm	Altura > 10mm
Alfombramiento de agua (m) ⁽²⁾	AFA	Sin grados de severidad asociados.		
Alfombramiento de fango ⁽³⁾	AFI	Sin grados de severidad asociados.		

Figura 6-23 Formato para la evaluación del pavimento flexible.
Fuente: [2].

Formato de inspección

Parte 1- Tipo de daño. En esta sección se encuentran los deterioros definidos en el capítulo anterior, agrupados por tipo y acompañados de la sigla correspondiente. También se incluye un breve resumen de las severidades, todo ello con el fin de ayudar al ingeniero con la identificación del daño durante el trabajo de campo.

Parte 2- Comentarios. En la parte final de la segunda página del formato de inspección se encuentra algunos comentarios acerca del procedimiento para el levantamiento de daños en bermas y se mencionan algunas consideraciones a tener en cuenta cuando aparecen afloramientos. [2]

TERRITORIAL: XXXXXX	FECHA: 30 de mayo 2006	CONCESIÓN: ☐	PRINCIAL: 66+100
CÓDIGO DE LA VÍA: XXXX	CONTRATO No.: 860 de 2001	MANTENIMIENTO INTEGRAL: ☐	PR FINAL: 67+250
NOMBRE DE LA VÍA: XXXX	LEVANTADO POR: OSCAR RAMIREZ - PAOLA OLARTO	AMV: ☒	HOJA: 4 de 15

Figura 6-24 Detalle del registro de la información básica.
Fuente: [2].

Reporte de daños

Una vez realizado el levantamiento se debe iniciar el procesamiento y análisis de la información de campo, con el fin de generar un informe donde se reporten los resultados de la inspección visual de daños. A continuación, se presentan los lineamientos principales para la elaboración del informe. [2]

Análisis y procesamiento de los datos

A partir de la información contenida en los formatos de campo, se procede a analizar la información agrupando los daños encontrados por tipo de deterioro, severidad y por tramo de 100 m (o similar), en una hoja de cálculo, donde se calculan los porcentajes de afectación por tipo de daño severidad y por tramo, además del porcentaje de afectación general para toda la vía, esto con el fin de establecer los daños más frecuentes, los tramos más afectados y las áreas totales de daños.

Para esta etapa, es necesario separar los daños en la berma del resto del análisis, ya que se encuentran localizados en una zona que no afecta directamente la transitabilidad de la vía. Por otra parte, aunque los daños superficiales también sean analizados de manera independiente para evitar la superposición de áreas afectadas con otros daños, se incluyen dentro del análisis de los daños en los carriles. [2]

Daños de carriles. El procesamiento de los datos tanto para este caso como para los daños superficiales y los daños en bermas se realiza en una hoja de cálculo que debe contener la siguiente información:

- Tramo.
- Abscisa inicial y final de cada tramo.
- Área total de cada tramo.
- Daños encontrados por severidad en cada tramo.
- Áreas totales de daños para cada tramo.
- Porcentajes de afectación de cada tramo.
- Área total de cada daño y por severidad.
- Peso de cada tipo de daño y severidad dentro del área total afectada.
- Área total afectada en la vía.
- Porcentaje de afectación de la vía. [2]

- **Daños en bermas**

Reporte de daños en el informe

El informe debe incluir por separado el reporte de los daños en los carriles y los daños en las bermas. Además, debe incluir los registros fotográficos relacionando la fecha de toma, localización y tipo de daño. En la presentación de resultados se debe mostrar la siguiente información:

- Abscisas inicial y final del levantamiento (Solo al inicio del informe)
- Área total inspeccionada (para cada caso)
- Área total afectada (para cada caso)
- porcentaje de afectación (para cada caso)
- los deterioros (con sus severidades) más frecuentemente encontrados (en cada caso).
- el porcentaje de afectación representado por dichos deterioros (en cada caso).
- los deterioros menos frecuentes (en cada caso).
- el porcentaje de afectación representado por dichos deterioros (en cada caso).
- Los tramos de vía más afectados (abscisas, áreas, afectadas y porcentajes de afectación, en cada caso). [2]

6.3. ESTADO DEL ARTE

AIM abrirá licitación para tres proyectos por 19.000 millones de pesos, tras aprobación de vigencias futuras. Diciembre 01 de 2016. Boletín de prensa N° 1362: En próximos días la Agencia para la Infraestructura del Meta (AIM) abrirá licitación para adjudicar tres proyectos viales, tras la aprobación de vigencias futuras por 19.000 millones de pesos en el Órgano Colegiado de Administración y Decisión (OCAD) del Meta.

El gerente de AIM, Juan José Casas franco Medellín, explicó que ante la proximidad de la terminación del bienio 2015-2016 correspondiente al Sistema General de Regalías (SGR), se hizo necesario solicitar vigencias futuras para iniciar estas obras, ya aprobadas, lo antes posible.

El segundo proyecto es la rehabilitación de la vía a la vereda Buenavista en que conduce a la vereda El Cairo desde el cruce de la Ruta 65 (entre el k10+850 y el k17+117).

AIM determinó la necesidad de la obra como resultado del crecimiento acelerado en esos sectores de la capital del Meta, apuntando al beneficio de al menos 40.000 personas. Al respecto, el gerente de AIM manifestó que se requieren 10 meses para su ejecución y una inversión de 10.502 millones de pesos para intervenir 8,2 kilómetros de esas vías rurales.

“Estos proyectos ya están aprobados con recursos del bienio que está por terminar, pero se materializarán las obras en el siguiente bienio 2017-2018, razón por la que se requiere este trámite, el cual nos permitirá iniciar licitación para empezar su ejecución en la primera mitad del próximo año”, concluyó el ingeniero Juan José Casas franco. [3]

Obras de mejoramiento en la vía a la Piedra del Amor: Esto permitirá optimizar la movilidad y fortalecer el sector turístico en esa zona de la capital del Meta. La Agencia para la Infraestructura del Meta (AIM), informó que el avance físico de obra que registra el contrato para la rehabilitación de la vía que en Buenavista conduce a La Piedra del Amor, en Villavicencio, **va en 49,20 por ciento**, con una inversión de 3.072 millones de pesos.

La Agencia para la Infraestructura del Meta (AIM), informó que el avance físico de obra que registra el contrato para la rehabilitación de la vía que en Buenavista conduce a La Piedra del Amor, en Villavicencio, **va en 49,20 por ciento**, con una inversión de 3.072 millones de pesos.

El mejoramiento de esta carretera **comprende desde la ruta 40, entre el k0+100 al k2+154, con una longitud de dos kilómetros 54 metros, y contará con placa de concreto de 4,6 metros y sardineles.** Esta ejecución tiene gran impacto porque permitirá **optimizar la movilidad y fortalecer el sector turístico** en esa zona de la capital del Meta. De esta manera se avanza con las gestiones encaminadas al **desarrollo rural de Villavicencio y del campo**, que beneficia a toda la población. [3]

6.4. MARCO NORMATIVO

Tabla 6.4-1 Marco normativo

Norma/Año	Titulo	Descripción
Manual para la inspección visual de pavimentos flexible (2006)	Estudio de investigación del estado actual de las obras de la red nacional de carreteras.	El presente manual es una recopilación bibliográfica y de la experiencia acumulada en el desarrollo del convenio 587 de 2003, entre la UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Y EL INSTITUTO NACIONAL DE VIAS INVIAS, con respecto a la inspección y al reporte de daños que se pueden encontrar en los pavimentos flexibles. [2]

Fuente: (Propia, 2018).

6.5. MARCO GEOGRÁFICO

El tramo de la estructura vial de estudio se encuentra ubicada en la vía antigua que comunica Villavicencio con Bogotá en el sector llamado buenavista, en el kilómetro (K92+40MTA-K93+40MTA), se encuentra en las coordenadas 4°10'8.34"N y 73°40'31.51"O, como referencia el tramo se encuentra ubicado a 2748 m de la ciudad más cercana que es Villavicencio.

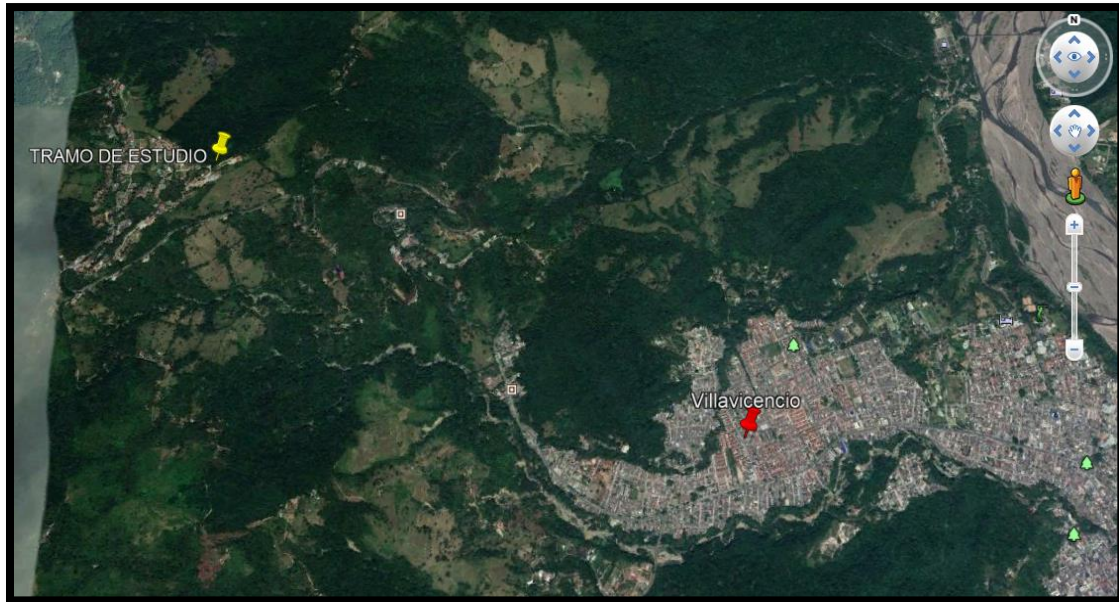


Figura 6.5-1 Lugar del tramo de estudio con referencia a la ciudad más cercana (Villavicencio).
Fuente: [4].



Figura 6.5-2 Zona en la que se encuentra el tramo de estudio.
Fuente: [4].

7. EQUIPO DE INVESTIGACIÓN Y TRAYECTORIA

El director del proyecto, el Ingeniero Eduin Fernando Valdés Alvarado, Esp., M.Sc., cuenta con una maestría en gerencia de proyectos, con una especialización en ingeniería de fundaciones y participa en una línea de investigación llamada Geoamenazas e Ingeniería Civil.

Las investigadoras del proyecto, Daniela Andrea Barbosa Tabarez y Jenny Paola Uriza Aguirre, cuentan con un pregrado de 10 semestres de Ingeniería Civil, en el cual realizaron proyectos de aula relacionados con: diseño de pavimentos avanzados, patología en las estructuras e infraestructuras, diseño geométrico de vías, diseño de un acueducto y alcantarillado, diseño estructural para un edificio de apartamentos de 7 pisos y de un tanque elevado.

8. METODOLOGÍA

Teniendo en cuenta que la vía antigua Villavicencio-Bogotá se encuentra en un estado deplorable, es necesario realizar un diagnóstico visual en el que se determinen las diferentes fallas y de qué tipo son, para así mismo dar una posible solución a estas, ya que esta vía se usa para fines comerciales siendo este un indicador muy importante para la economía de estos municipios y los aledaños.

Para determinar cuáles son las diferentes fallas que se presentan en el pavimento flexible se debe realizar una visita de campo en la cual se tomen muestras fotográficas como evidencias de las lesiones que se pueden presentar en la vía como piel de cocodrilo, ahuellamiento, descaramiento, hundimientos, baches, parches, fisuras longitudinales, surcos, desgaste superficial, entre otros.

Mediante el diligenciamiento de los formatos obtenidos para inspección visual de INVIAS para pavimentos flexibles se estableció las dimensiones de las fallas, nivel de severidad, dimensiones de ancho de calzada, ancho de berma y ancho de cuneta, a partir de esto se realizan unos comentarios y aclaraciones del estado en que se encuentra la vía, en cuanto a su mantenimiento, su señalización vertical y horizontal para así poder analizar y dar una posible solución a la problemática que se presenta en la vía Buenavista, teniendo en cuenta factores como el comportamiento del suelo, nivel freático, el tránsito, y el flujo vehicular en la zona.

8.1. DESCRIPCIÓN DE ETAPAS Y TAREAS

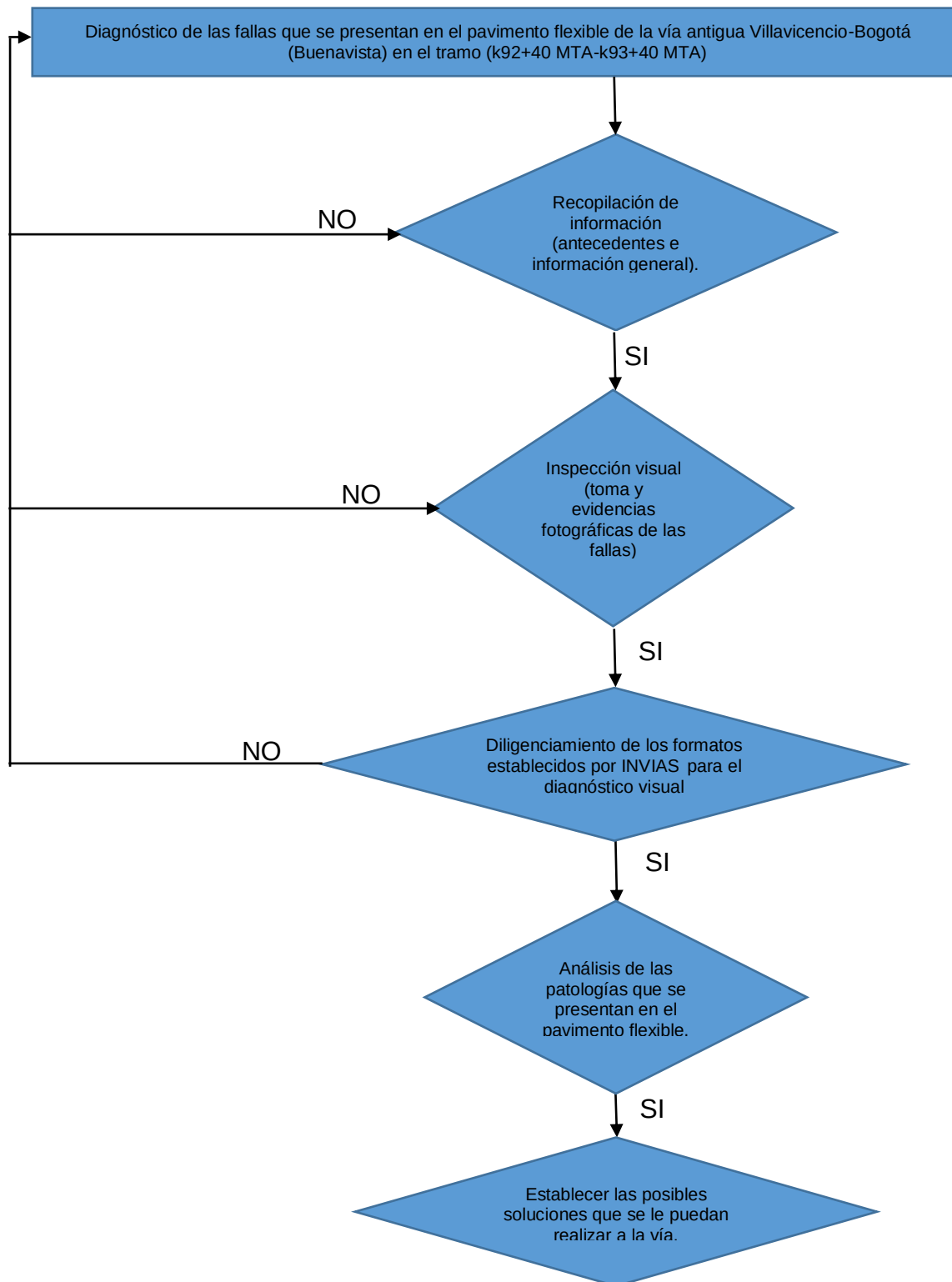


Figura 8.1 Metodología.
Fuente: Propia, 2019.

8.2. POBLACIÓN, MUESTRAS, VARIABLES E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la investigación de este proyecto se tienen unos factores como:

1. Población: Es un factor muy importante debido a que son los mayores beneficiados; cabe resaltar que los conductores que transportan insumos a la capital pueden ser uno de los causantes de que se presenten fallas en el pavimento, por tal motivo es de suma importancia el estudio del diagnóstico de la vía antigua Villavicencio-Bogotá sector Buenavista. Esta zona cuenta con espacios turísticos como miradores, hoteles, hostales y piscinas con aguas termales.
2. Muestras: Para la investigación se requiere de unas evidencias fotográficas de los daños ya que a partir de estas se diagnosticara su nivel de severidad y sus dimensiones, a su vez se tendrá en cuenta el estado en que se encuentra el pavimento flexible.
3. Variables: A partir de los antecedentes obtenidos del contrato de obra N°1230 de 2014 “Rehabilitación de la vía antigua Bogotá entre Pipiral (82+410) y Grama (PR 98+940) en el municipio de Villavicencio”, establece que según el estado inicial de la vía, en su mayoría transitan vehículos de carga pesada, a su vez en la visita de campo se determinó los tipos de vehículos que transitan por la vía los cuales se clasifican en motocicletas, bicicletas, vehículos livianos y vehículos de carga pesada tipo C6, los cuales pueden influir en el deterioro y los daños presentados en la vía. Se estableció un tramo de estudio de (1) un kilómetro debido a que se considera que es la zona que se encuentra más afectada en la vía Buenavista.
4. Instrumentos de recolección de datos: Para la realización del diagnóstico visual se tuvieron en cuenta instrumentos como una cámara para tomar evidencias de las fallas que presenta el pavimento la cual cuenta con una resolución 12 MP, se usaron conos como instrumento de señalización preventivo, formatos de inspección tomados del manual para la inspección visual de pavimentos flexibles donde se registraron las fallas para su respectivo diagnóstico, la cinta métrica se usó para realizar diferentes mediciones de las fallas, de la vía y de las diferentes abscisas para realizar el diagnostico.

Tabla 8.2-1 Población, muestras, variables e instrumentos de recolección de datos.

Población	Conductores de transporte de insumos
	Comunidad de los sectores aledaños a la zona
	turistas
Muestras	Evidencias fotográficas de los daños
Variables	Transito considerado
	longitud del tramo
Instrumentos de recolección de datos	Formato de inspección
	cámara
	Cinta métrica
	Conos

Fuente: Propia, 2019.

9. ETAPA 1 (RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN, INSPECCIÓN VISUAL Y DILIGENCIAMIENTO DE LOS FORMATOS ESTABLECIDOS POR INVIAS PARA EL DIAGNOSTICO VISUAL)

En la siguiente etapa se llevará a cabo 3 fases las cuales explicaran el proceso que se realizó para la elaboración inicial del proyecto.

- **Recopilación de información:** En esta primera fase a partir de la información encontrada y definiciones las cuales son de gran importancia para tener una idea clara del objetivo del proyecto, se realizó una visita de campo a la vía antigua Villavicencio-Bogotá sector de Buenavista en la cual se determinó el kilómetro del tramo de estudio, teniendo en cuenta que en este tramo se encuentra uno de los puntos más críticos de la vía, en la siguiente ilustración se puede observar el trazado de la vía en Google Earth.



Figura 9-1 Ubicación de la vía en Google Earth.

Fuente: Google Earth [4]

- **Inspección visual:** En esta segunda fase se hizo una inspección visual como se puede observar en la figura No. 9-3 ,en la cual se observaron las fallas que se presentan en el pavimento flexible, donde se lograron evidenciar a lo largo del tramo, Fisuras longitudinales (FL), Fisura transversal (FT), Fisuras en junta de construcción (FCL), Perdida del agregado (PA), Fisura de media luna (FML), Piel de cocodrilo (PC), Bache (BCH), Ahuellamiento (AHU), Parche (PCH), Descascaramiento (DC), Desgaste superficial (DSU), Abultamientos (AB), Siendo el ahuellamiento y el desgaste superficial las fallas más encontradas durante el estudio realizado a la vía. Para el estudio se midieron tramos (abscisas) cada 5 metros para así tener información más detallada de las diferentes fallas presentes en el pavimento flexible, a partir de estas abscisas se tomó medidas de longitud, área, altura, ancho y

evidencias fotográficas de las fallas presentes en cada tramo, a su vez se tienen en cuenta la falta de señalización vertical, demarcación horizontal de la vía, dimensión de la vía como el ancho de carriles y bermacuneta y anomalías que se presentaron los días que se tomaron los datos como el estado del clima, tránsito de vehículos, escorrentía del agua y la falta de mantenimiento tanto en la bermacuneta como en la vía. El tipo de falla se establecieron teniendo en cuenta el manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (INVIAS) del 2006.



Figura 9-2 Zona de la inspección visual.

Fuente: Propia, 2019.

- Diligenciamiento de los formatos establecidos por INVIAS para el diagnóstico visual: En esta tercera fase a partir del diagnóstico visual y las evidencias fotográficas tomadas en las (6) seis visitas de campo que se realizaron para la toma de datos, se procede a diligenciar las fichas técnicas del manual para la inspección visual de pavimentos flexibles en los cuales se estipula el tipo de falla con sus respectivas siglas ya mencionadas en el marco conceptual como por ejemplo ahuellamiento (ahu), su longitud y su nivel de severidad; en estos formatos se explica cada falla y su daño se calcula dependiendo de la longitud y ancho, estableciendo si su severidad es leve, media o alta. Se especificaron una serie de comentarios teniendo en cuenta si en la vía se presenta un adecuado mantenimiento, el clima que se presentó durante los días de las inspecciones, si los tramos contaban con la adecuada señalización vertical

y horizontal y aclaraciones en la que se especifica la posible causante de la falla, lo anterior mencionado se debe tener en cuenta para desarrollar un análisis el cual permita establecer una posible solución. Cabe resaltar que las evidencias fotográficas tomadas son un punto importante en los formatos ya que permite tener una visualización del estado en que se encuentra la vía y saber cómo se presentan y comportan las fallas en la carpeta asfáltica del pavimento flexible, en la siguiente ilustración se puede observar uno de los formatos diligenciados con algunas de la fallas encontradas en la inspección visual, la recopilación de todos los formatos diligenciados y las evidencias fotográficas se encuentran en el Anexo A, llamado fichas de inspección visual para pavimento flexible y rígido.

Tabla 8.2-1 Formato de la inspección de la abscisa k00+175-k00+180.

		ESTUDIO E INVESTIGACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS																																																																																																																																																			
CONVENIO INTERADMINISTRATIVO N°.0587 de 2003																																																																																																																																																					
FORMATO PARA LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE-V2																																																																																																																																																					
TERRITORIAL :		ORINOQUIA		FECHA :		5/03/2019																																																																																																																																															
CÓDIGO DE LA VÍA		CONTRATO N°:		1230		MITTO INTEGRAL:																																																																																																																																															
NOMBRE DE LA VÍA		VÍA ANTIGUA VILLAVICENCIO-BOGOTÁ		LEVANTADO POR		DANIELA BARBOSA-PAOLA URIZA																																																																																																																																															
A.M.V:				HOJA		26 DE 154																																																																																																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">PATOLOGIA</th> <th rowspan="2">ACLARACIONES</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">CARRIL</th> <th rowspan="2">TIPO</th> <th rowspan="2">SEVER</th> <th colspan="2">Daño</th> <th colspan="2">Reparación</th> <th rowspan="2">Foto</th> </tr> <tr> <th>LARGO</th> <th>ANCHO</th> <th>LARGO</th> <th>ANCHO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D</td> <td>AHU</td> <td>ALTA</td> <td>5 m</td> <td>1.1 m</td> <td></td> <td></td> <td>CARRIL D 175-180</td> <td>Debido a la repetición de cargas causadas por los vehículos pesados genera una deformacion en la capa de pavimento la cual presenta una profundidad de 3.5 cm.</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>AHU</td> <td>MEDIA</td> <td>5 m</td> <td>1.1 m</td> <td></td> <td></td> <td>CARRIL D 175-180</td> <td>Debido a la repetición de cargas causadas por los vehículos pesados genera una deformacion en la capa de pavimento la cual presenta una profundidad de 1.5 cm.</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>AHU</td> <td>MEDIA</td> <td>5 m</td> <td>1.3 m</td> <td></td> <td></td> <td>CARRIL D 175-180</td> <td>Debido a la repetición de cargas causadas por los vehículos pesados genera una deformacion en la capa de pavimento la cual presenta una profundidad de 1.7 cm.</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>AHU</td> <td>BAJA</td> <td>5 m</td> <td>1.3 m</td> <td></td> <td></td> <td>CARRIL D 175-180</td> <td>Debido a la repetición de cargas causadas por los vehículos pesados genera una deformacion en la capa de pavimento la cual presenta una profundidad de 0.5 cm.</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>DSU</td> <td>BAJA</td> <td>5 m</td> <td>3.9 m</td> <td></td> <td></td> <td>CARRIL D 175-180</td> <td>En este tramo se presenta un desgaste superficial en el carril causado posiblemente por acción del tránsito de vehículos pesados ocasionando una pérdida del ligante de la capa de rodadura.</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>BCH</td> <td>ALTA</td> <td>2.19 m</td> <td>1.10 m</td> <td></td> <td></td> <td>BACHE 175-180</td> <td>Desintegración del material asfáltico dejando expuesto los materiales granulares, este bache tiene una profundidad de 9 cm</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>BCH</td> <td>MEDIA</td> <td>1.02 m</td> <td>64 cm</td> <td></td> <td></td> <td>BACHE 175-180</td> <td>Desintegración del material asfáltico dejando expuesto los materiales granulares, este bache tiene una profundidad de 4cm.</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>BCH</td> <td>ALTA</td> <td>1.16 m</td> <td>86 cm</td> <td></td> <td></td> <td>BACHE 175-180</td> <td>El bache es una desintegración de la capa de rodadura la cual deja expuesto los materiales granulares, estos baches pueden aumentar su profundidad por el alto flujo de tránsito.</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>PC</td> <td>MEDIA</td> <td>1.12 m</td> <td>69 cm</td> <td></td> <td></td> <td>PIEL DE COCODRILO 175-180</td> <td>Son fisuras longitudinales que con el paso del tiempo se interconectan formando la piel de cocodrilo las cuales se dan, cuando se alcanzan valores mayores en la tensiones y deformaciones de la estructura del pavimento, principalmente son causadas por la repetición de cargas de tránsito.</td> </tr> <tr> <td>I</td> <td>DSU</td> <td>BAJA</td> <td>5 m</td> <td>3.9 m</td> <td></td> <td></td> <td>CARRIL I 175-180</td> <td>En este tramo se presenta un desgaste superficial en el carril causado posiblemente por acción del tránsito de vehículos pesados ocasionando una pérdida del ligante de la capa de rodadura.</td> </tr> <tr> <td colspan="7">Número de calzada: 1</td> <td>COMENTARIOS: 1. Durante la inspección visual se presento un clima soleado con una temperatura aproximadamente de 32°C, esta via no cuenta con la suficiente señalización horizontal ni vertical la cual es perjudicial para los usuarios que transitan por esta vía, de igual manera no se le ha realizado el mantenimiento adecuado, y por tal motivo la acumulación de basuras en las cunetas no permite un flujo constante del agua en epoca de lluvias.</td> </tr> <tr> <td colspan="7">Números de carriles por calzada: 2</td> <td>COMENTARIOS 2: 2.1 El carril izquierdo cuenta con una bermacuneta de 1.035 m de ancho.</td> </tr> <tr> <td colspan="7">Ancho de carril: 3.9 m</td> <td>2.2 El carril derecho no presenta señalización vertical.</td> </tr> <tr> <td colspan="7">Ancho de bermacuneta: 75 Cm</td> <td>2.3 En el carril izquierdo no presenta señalización horizontal ni vertical.</td> </tr> </tbody> </table>								PATOLOGIA							ACLARACIONES	CARRIL	TIPO	SEVER	Daño		Reparación		Foto	LARGO	ANCHO	LARGO	ANCHO	D	AHU	ALTA	5 m	1.1 m			CARRIL D 175-180	Debido a la repetición de cargas causadas por los vehículos pesados genera una deformacion en la capa de pavimento la cual presenta una profundidad de 3.5 cm.	D	AHU	MEDIA	5 m	1.1 m			CARRIL D 175-180	Debido a la repetición de cargas causadas por los vehículos pesados genera una deformacion en la capa de pavimento la cual presenta una profundidad de 1.5 cm.	D	AHU	MEDIA	5 m	1.3 m			CARRIL D 175-180	Debido a la repetición de cargas causadas por los vehículos pesados genera una deformacion en la capa de pavimento la cual presenta una profundidad de 1.7 cm.	D	AHU	BAJA	5 m	1.3 m			CARRIL D 175-180	Debido a la repetición de cargas causadas por los vehículos pesados genera una deformacion en la capa de pavimento la cual presenta una profundidad de 0.5 cm.	D	DSU	BAJA	5 m	3.9 m			CARRIL D 175-180	En este tramo se presenta un desgaste superficial en el carril causado posiblemente por acción del tránsito de vehículos pesados ocasionando una pérdida del ligante de la capa de rodadura.	D	BCH	ALTA	2.19 m	1.10 m			BACHE 175-180	Desintegración del material asfáltico dejando expuesto los materiales granulares, este bache tiene una profundidad de 9 cm	D	BCH	MEDIA	1.02 m	64 cm			BACHE 175-180	Desintegración del material asfáltico dejando expuesto los materiales granulares, este bache tiene una profundidad de 4cm.	D	BCH	ALTA	1.16 m	86 cm			BACHE 175-180	El bache es una desintegración de la capa de rodadura la cual deja expuesto los materiales granulares, estos baches pueden aumentar su profundidad por el alto flujo de tránsito.	D	PC	MEDIA	1.12 m	69 cm			PIEL DE COCODRILO 175-180	Son fisuras longitudinales que con el paso del tiempo se interconectan formando la piel de cocodrilo las cuales se dan, cuando se alcanzan valores mayores en la tensiones y deformaciones de la estructura del pavimento, principalmente son causadas por la repetición de cargas de tránsito.	I	DSU	BAJA	5 m	3.9 m			CARRIL I 175-180	En este tramo se presenta un desgaste superficial en el carril causado posiblemente por acción del tránsito de vehículos pesados ocasionando una pérdida del ligante de la capa de rodadura.	Número de calzada: 1							COMENTARIOS: 1. Durante la inspección visual se presento un clima soleado con una temperatura aproximadamente de 32°C, esta via no cuenta con la suficiente señalización horizontal ni vertical la cual es perjudicial para los usuarios que transitan por esta vía, de igual manera no se le ha realizado el mantenimiento adecuado, y por tal motivo la acumulación de basuras en las cunetas no permite un flujo constante del agua en epoca de lluvias.	Números de carriles por calzada: 2							COMENTARIOS 2: 2.1 El carril izquierdo cuenta con una bermacuneta de 1.035 m de ancho.	Ancho de carril: 3.9 m							2.2 El carril derecho no presenta señalización vertical.	Ancho de bermacuneta: 75 Cm							2.3 En el carril izquierdo no presenta señalización horizontal ni vertical.
PATOLOGIA							ACLARACIONES																																																																																																																																														
CARRIL	TIPO	SEVER	Daño		Reparación			Foto																																																																																																																																													
			LARGO	ANCHO	LARGO	ANCHO																																																																																																																																															
D	AHU	ALTA	5 m	1.1 m			CARRIL D 175-180	Debido a la repetición de cargas causadas por los vehículos pesados genera una deformacion en la capa de pavimento la cual presenta una profundidad de 3.5 cm.																																																																																																																																													
D	AHU	MEDIA	5 m	1.1 m			CARRIL D 175-180	Debido a la repetición de cargas causadas por los vehículos pesados genera una deformacion en la capa de pavimento la cual presenta una profundidad de 1.5 cm.																																																																																																																																													
D	AHU	MEDIA	5 m	1.3 m			CARRIL D 175-180	Debido a la repetición de cargas causadas por los vehículos pesados genera una deformacion en la capa de pavimento la cual presenta una profundidad de 1.7 cm.																																																																																																																																													
D	AHU	BAJA	5 m	1.3 m			CARRIL D 175-180	Debido a la repetición de cargas causadas por los vehículos pesados genera una deformacion en la capa de pavimento la cual presenta una profundidad de 0.5 cm.																																																																																																																																													
D	DSU	BAJA	5 m	3.9 m			CARRIL D 175-180	En este tramo se presenta un desgaste superficial en el carril causado posiblemente por acción del tránsito de vehículos pesados ocasionando una pérdida del ligante de la capa de rodadura.																																																																																																																																													
D	BCH	ALTA	2.19 m	1.10 m			BACHE 175-180	Desintegración del material asfáltico dejando expuesto los materiales granulares, este bache tiene una profundidad de 9 cm																																																																																																																																													
D	BCH	MEDIA	1.02 m	64 cm			BACHE 175-180	Desintegración del material asfáltico dejando expuesto los materiales granulares, este bache tiene una profundidad de 4cm.																																																																																																																																													
D	BCH	ALTA	1.16 m	86 cm			BACHE 175-180	El bache es una desintegración de la capa de rodadura la cual deja expuesto los materiales granulares, estos baches pueden aumentar su profundidad por el alto flujo de tránsito.																																																																																																																																													
D	PC	MEDIA	1.12 m	69 cm			PIEL DE COCODRILO 175-180	Son fisuras longitudinales que con el paso del tiempo se interconectan formando la piel de cocodrilo las cuales se dan, cuando se alcanzan valores mayores en la tensiones y deformaciones de la estructura del pavimento, principalmente son causadas por la repetición de cargas de tránsito.																																																																																																																																													
I	DSU	BAJA	5 m	3.9 m			CARRIL I 175-180	En este tramo se presenta un desgaste superficial en el carril causado posiblemente por acción del tránsito de vehículos pesados ocasionando una pérdida del ligante de la capa de rodadura.																																																																																																																																													
Número de calzada: 1							COMENTARIOS: 1. Durante la inspección visual se presento un clima soleado con una temperatura aproximadamente de 32°C, esta via no cuenta con la suficiente señalización horizontal ni vertical la cual es perjudicial para los usuarios que transitan por esta vía, de igual manera no se le ha realizado el mantenimiento adecuado, y por tal motivo la acumulación de basuras en las cunetas no permite un flujo constante del agua en epoca de lluvias.																																																																																																																																														
Números de carriles por calzada: 2							COMENTARIOS 2: 2.1 El carril izquierdo cuenta con una bermacuneta de 1.035 m de ancho.																																																																																																																																														
Ancho de carril: 3.9 m							2.2 El carril derecho no presenta señalización vertical.																																																																																																																																														
Ancho de bermacuneta: 75 Cm							2.3 En el carril izquierdo no presenta señalización horizontal ni vertical.																																																																																																																																														

Fuente: Propia, 2019.

10. ETAPA 2 (ANÁLISIS DE LAS PATOLOGÍAS QUE SE PRESENTAN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ESTABLECER LAS POSIBLES SOLUCIONES QUE SE LE PUEDAN REALIZAR A LA VÍA)

En la siguiente etapa se llevará a cabo 2 fases las cuales explicaran el proceso que se realizó para la elaboración final del proyecto.

- **Análisis de las patologías:** Mediante los daños encontrados en el tramo de estudio se realiza la tabla de distribución de daños como se muestra en el Anexo A llamado fichas de inspección visual para pavimento flexible y rígido. A partir de unos cálculos estipulados en el manual de inspección para pavimentos flexible de INVIAS y la Universidad Nacional como se puede observar en el paso a paso que se encuentra en el ítem de análisis de resultados, se establece el área del daño por cada tramo y su respectiva severidad, a su vez se calcula el área total afectada por cada daño y su porcentaje de afectación una vez calculados estos datos se obtienen unos diagramas de barras, indicando el tramo que presenta la mayor área afectada. Sin embargo con los datos obtenidos se determinan unos diagramas de barras los cuales arrojan la distribución de severidad dependiendo su nivel, si es bajo, medio o alto. Teniendo en cuenta lo anterior mencionado se calcula el porcentaje de distribución por daño y su respectiva severidad. Paralelamente se realiza el trazado del tramo de estudio en AutoCAD el cual se encuentra en el Anexo B llamado Trazado de la vía, donde se indican las diferentes patologías que presenta el pavimento flexible con sus respectivas abscisas y coordenadas, en la siguiente figura se observa un tramo de la vía donde se presentan la mayor cantidad de daños.

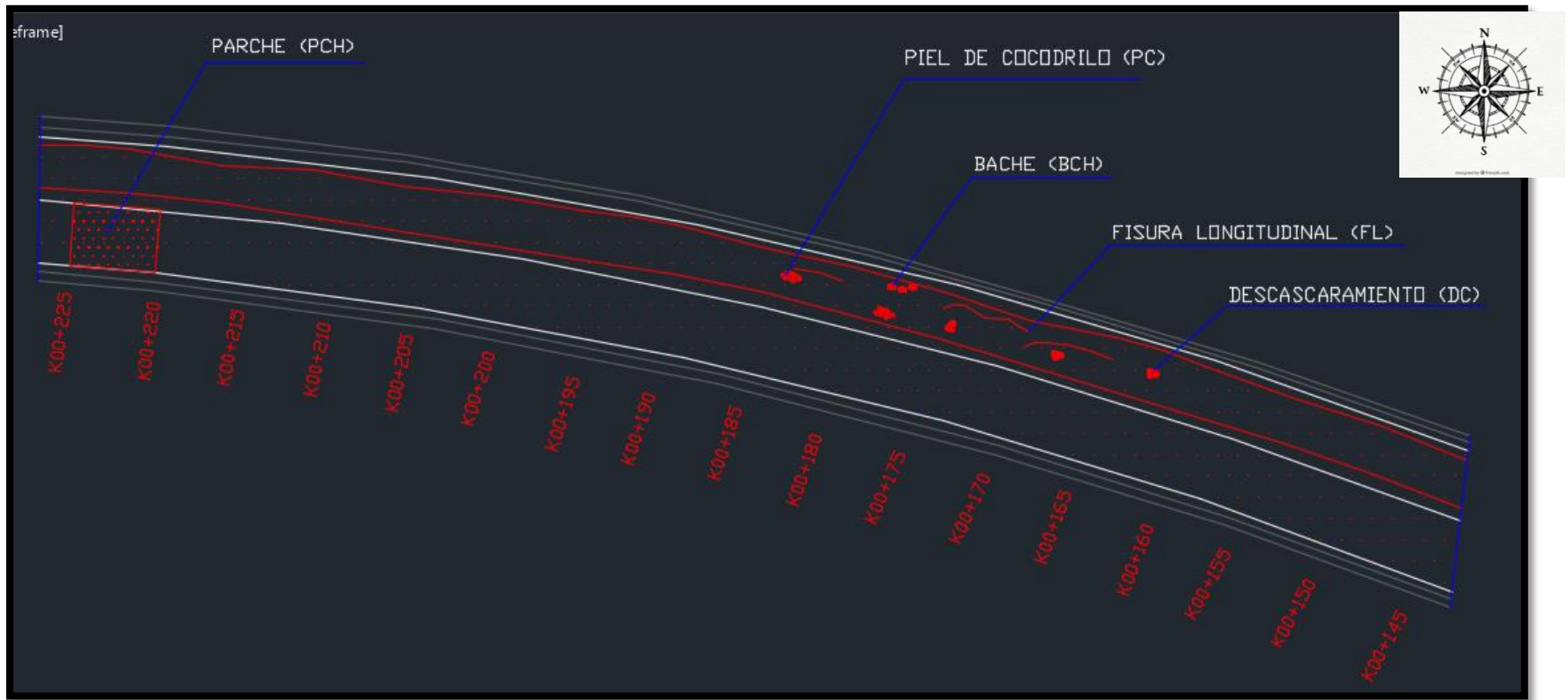


Figura 10-1 Trazado de la vía, tramo K00+145-k00+225.
Fuente: Propia, 2019.

- Posibles soluciones: En esta segunda fase se tendrá en cuenta los tipos de daños encontrados en la inspección vial como fisuras, ahuellamiento, desgaste superficial, entre otros. Se estipula el posible mantenimiento vial que se debe realizar respectivamente, considerando a su vez el tipo de intervención más adecuado a ejecutar para la conservación de la vía, el cual puede ser una intervención de mantenimiento rutinario, reconstrucción o rehabilitación.

11. ANÁLISIS DE RESULTADOS

- ✓ Ahuellamiento (AHU): Durante la inspección visual del tramo de 1000 metros, la falla que más se evidencio fue ahuellamiento la cual en algunos tramos presenta un nivel de severidad baja, media y alta, posiblemente esta falla se presenta en el pavimento debido al alto índice de circulación de vehículos de carga pesada, ocasionando una deformación en el pavimento flexible, a su vez esto se puede presentar por problemas en la construcción de la carpeta asfáltica y de las altas temperaturas que se presentan en el ambiente de esta zona (33 °C). Teniendo en cuenta la visita de campo y debido a que este terreno es montañoso se presentan afloramientos de agua generando una posible expansión en el terreno provocando deformaciones en el suelo afectando las capas del pavimento flexible (subrasante, base, subbase, carpeta asfáltica). En el tramo estudiado se lograron evidenciar puntos críticos para la vía ocasionados por esta falla como se logra observar en la siguiente figura la cual pertenece a la abscisa k00+070-k00+080.



Figura 11-1 Ahuellamiento (AHU).
Fuente: Propia, 2019.

- ✓ **Desgaste superficial (DSU):** Debido a que esta vía aun es considerada importante para el transporte de insumos es decir el paso de vehículos de carga pesada esta cuenta con un flujo de transito constante, lo que genera un desgaste en el pavimento flexible, a su vez se puede evidenciar la exposición del agregado de la carpeta asfáltica con el paso del tiempo esto puede generar una pérdida total del agregado e inicios de nuevas patologías en el pavimento, ocasionando que en un futuro esta vía no sea funcional, como bien se puede observar en la figura correspondiente a la abscisa k00+200-k00+205 de la inspección visual.



Figura 11-2 Desgaste superficial (DSU).

Fuente: Propia, 2019.

- ✓ **Piel de cocodrilo (PC):** Esta vía al ser primaria presenta un alto flujo de vehículos, en su mayoría de carga pesada, generando mayores cargas en las capas del pavimento flexible, lo cual ocasiona que haya un aumento en los esfuerzos de tensión y deformaciones de la estructura del pavimento, principalmente esto se puede dar por la acción repetitiva de tránsito de vehículos pesados, esto causando unas fisuras longitudinales las cuales a través del tiempo se propagan y se interconectan formando la piel de cocodrilo. En la siguiente figura se puede evidenciar el comportamiento de esta falla en la abscisa k00+175-k00+180 del tramo estudiado.



Figura 11-3 Piel de Cocodrilo (PC).
Fuente: Propia, 2019.

- ✓ Baches (BCH): Debido a que esta zona es montañosa, presenta cuerpos de agua (nacederos), lo cual puede generar que en algunos puntos de la vía se retenga agua y debido al tránsito constante y carga de los vehículos se presenten pequeñas fisuras en el pavimento que finalmente se convierten en baches. Sin embargo otro factor que genera esta falla en el pavimento pueden ser las fallas geológicas que se encuentra en esta zona, las cuales pueden generar una desestabilización de las capas del pavimento en especial de la subrasante. En la abscisa k00+175-k00+180, se puede observar el comportamiento de esta falla en la carpeta asfáltica.



Figura 11-4 Bache (BCH).
Fuente: Propia, 2019.

- ✓ Parche (PCH): Durante la visita de campo se observó la reparación en un tramo de la vía llamado parche, el cual consiste en reemplazar por un pavimento similar o diferente al que se encontraba anteriormente, en este tramo se presentaron fisuras en la junta del parche posiblemente causado por la mala ejecución en el momento de la rehabilitación como se puede observar en la figura correspondiente a la abscisa k00+590-k00+595 del tramo de estudio.



Figura 11-5 Parche (PCH).
Fuente: Propia, 2019.

- ✓ Fisuras longitudinales (FL): Mediante la inspección visual se diagnosticó que las fisuras longitudinales se encuentran en el mismo sentido del tránsito, se dan cuando se supera los esfuerzos a tensión los cuales se determinan con un estudio previo para construcción de la estructura de pavimento, dando paso a que se generen estos daños por la carga que generan estos vehículos y el transito constante de estos en la carpeta asfáltica. En la figura de la abscisa k00+180-k00+185 se evidencia esta falla.



Figura 11-6 Fisura Longitudinal (FL).
Fuente: Propia, 2019.

- ✓ Fisuras transversales (FT): Estas fisuras se presentan en el pavimento de una manera transversal al tránsito de los vehículos, debido a que la zona de estudio tiene un terreno montañoso y a su vez cuenta con fallas geológicas esto puede generar que se presente un corte en el terreno debido a movimientos del suelo ocasionando la presencia de esta fisuras transversales. La inspección visual nos muestra que en la abscisa k00+750-k00+755 se presenta esta falla como se puede visualizar en la figura.



Figura 11-7 Fisura Transversal (FT).

Fuente: Propia, 2019.

- ✓ Abultamientos (AB): Debido a que el tramo de estudio se encuentra en un terreno montañoso y limita por el carril derecho (subida) con este, esta zona cuenta con afloramientos de agua, siendo este factor el posible causante de los abultamientos en el pavimento flexible ya que la filtración del agua en el suelo puede generar una expansión en el material de las capas del pavimento. La figura muestra el comportamiento de esta falla en la zona inspeccionada, la cual pertenece al tramo de la abscisa k00+810-k00+815.



Figura 11-8 Abultamiento (AB)

Fuente: Propia, 2019.

- ✓ Descascaramiento (DC): Esta capa es el desprendimiento de la carpeta asfáltica la cual se puede generar debido a un mal proceso de constructivo de la mezcla asfáltica, esto también se da cuando la carpeta asfáltica presenta un espesor insuficiente y a su vez no es muy impermeable permitiendo que el agua se filtre por la carpeta asfáltica generando pérdida de material. En la abscisa k00+170-k00+175 se logró evidenciar esta falla, como se puede observar en la figura.



Figura 11-9 Descascaramiento (DC)

Fuente: Propia, 2019.

- ✓ Fisura de medialuna (FML): Esta zona al tener un tipo de suelo montañoso cuenta con taludes en los lados derecho e izquierdo de la vía, siendo este un posible causante de estas fisuras ya que probablemente se generó una desestabilización del terreno lo cual genere la presencia de este tipo de falla. La siguiente figura pertenece a la abscisa k00+565-k00+570, en la cual mediante la inspección visual se demuestra la presencia de la fisura.



Figura 11-10 Fisura de Medialuna (FML).

Fuente: Propia, 2019.

- ✓ Fisuras en junta de construcción longitudinal (FCL): Teniendo en cuenta los antecedentes históricos que se encuentran en el documento del proyecto del contrato de obra No.1230 de 2014 “REHABILITACION DE LA VIA ANTIGUA VILLAVICENCIO BOGOTA ENTRE PIPIRAL (82+410) Y GRAMA (PR 98+940) EN EL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO obtenido de la Alcaldía, como es mencionado en el título de este, se realizó una rehabilitación a esta vía por tal motivo este tipo de falla se puede presentar debido a una mal unión entre los materiales ya que pueden llegar a tener una rigidez diferente o por la falta del ligante en las paredes de la junta. En la visita de campo se refleja en la carpeta asfáltica este tipo de daño en la abscisa k00+930-k00+940, como se observa en la figura.

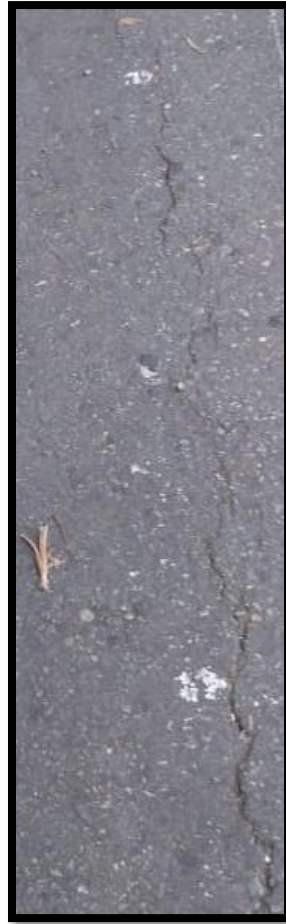


Figura 11-11 Fisura en Junta de Construcción Longitudinal (FCL).

Fuente: Propia, 2019.

- ✓ **Perdida del agregado (PA):** Una de las causas de estas fallas es debido a materiales contaminantes que caen directamente sobre la carpeta asfáltica del pavimento flexible y teniendo en cuenta que los vehículos que más transitan por esta vía son vehículos de carga pesada que transportan hidrocarburos como lo son la gasolina, aceite y otros, ocasionan que se genere una desintegración superficial de la capa de rodadura, exponiendo a su vez los materiales de las demás capas del pavimento al tránsito de los vehículos y agentes climáticos. En uno de los tramos de estudio esta falla se presenta en la abscisa k00+560-k00+565, como se contempla en la siguiente figura.



Figura 11-12 Perdida del Agregado (PA).
Fuente: Propia, 2019.

Para determinar el área de afectación se tiene en cuenta cada una de las fallas mencionadas anteriormente, se realizaron una serie de cálculos los cuales están previamente estipulados en el Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles de INVIAS y la Universidad Nacional, estos cálculos se encuentran ya determinados en el Anexo A Fichas de inspección visual para pavimento flexible y rígido teniendo en cuenta los formatos de inspección visual.

1. Inicialmente se calcula el área del tramo:

$$\text{Área tramo: } \text{Longitud del tramo} \times \text{Ancho de la calzada de la vía}$$

2. Se calcula para cada tramo las áreas de los daños y se ubican según la severidad que presentan:

$$\text{Tipo de daño y severidad: (Longitud} \times \text{Ancho)}$$

3. Se calcula el área afectada:

$$\text{Área total afectada: } \sum \text{Daños que se presentan}$$

4. Se calcula el porcentaje de afectación

$$\% \text{ Afectación de la vía} = \frac{\text{Área total afectación}}{\text{Area del tramo}} \times 100\%$$

5. Se calcula área total inspeccionada:

$$\text{Área total inspeccionada: } \sum \text{Áreas de cada tramo}$$

6. Se calcula área total afectada:

$$\sum \text{Áreas afectadas por cada tramo}$$

7. Se calcula el porcentaje de afectación:

$$\frac{\text{Área total de afectación}}{\text{Área total inspeccionada}}$$

8. Se realiza la sumatoria de áreas afectadas por cada tipo de daño y por severidad.

$$A = \sum \text{áreas afectadas por cada tipo de daño y severidad}$$

9. Se realiza la sumatoria de severidades de cada tipo de daño.

$$B = \sum \text{severidad de cada tipo de daño}$$

10. Se calcula A que es la sumatoria de áreas afectadas por cada tipo de daño y severidad sobre el área total inspeccionada.

$$C = \frac{A}{\text{Área total inspeccionada}}$$

11. Se calcula B que es la sumatoria de severidades de cada tipo de daño sobre el área total inspeccionada.

$$D = \frac{B}{\text{Área total inspeccionada}}$$

Con estos cálculos realizados se determina la ficha con los daños más representativos llamada daños en el pavimento (sin incluir daños superficiales ni daños en bermas), como se puede observar una parte de esta en la siguiente figura, para una mejor visualización ir al Anexo A fichas de inspección visual para pavimentos flexibles y rígidos.

Tabla 8.2-1 Daños en el pavimento (sin incluir daños superficiales ni daños en bermas).

TRAMO	DESDE	HASTA	AREA TRAMO M2	FL			FCL			FJL			PC			AHU			DC			BCH			PCH			TOTAL	% AFECTACIÓN POR TRAMO
				B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A		
T1	k00+000	k00+030	234																									0	0%
T2	k00+030	k00+045	117													16.5												16.5	14%
T3	k00+045	k00+065	156													22												22	14%
T4	k00+065	k00+070	39														5.5	6.5										12	31%
T5	k00+070	k00+075	39														5.5	6.5										12	31%
T6	k00+075	k00+080	39														6.5	5.5										12	31%
T7	k00+080	k00+085	39															6.5										6.5	17%
T8	k00+085	k00+090	39															6.5										6.5	17%
T9	k00+090	k00+095	39													5.5	6.5	6.5										18.5	47%
T10	k00+095	k00+100	39													5.5	6.5	6.5										18.5	47%
T11	k00+100	k00+105	39													6.5	6.5											13	33%
T12	k00+105	k00+110	39													5.5	6.5	6.5										18.5	47%
T13	k00+110	k00+115	39													5.5	6.5	6.5										18.5	47%
T14	k00+115	k00+120	39														6.5	5.5										12	31%
T15	k00+120	k00+125	39													5.5	6.5	6.5										18.5	47%
T16	k00+125	k00+130	39													6.5	5.5	6.5										18.5	47%
T18	k00+130	k00+135	39														5.5	6.5										12	31%
T19	k00+135	k00+140	39														5.5	6.5										12	31%
T20	k00+140	k00+145	39														5.5	6.5										12	31%
T21	k00+145	k00+150	39														6.5	6.5										13	33%
T22	k00+150	k00+155	39														6.5	6.5										13	33%
T23	k00+155	k00+160	39														6.5	6.5										13	33%
T24	k00+160	k00+165	39														6.5	6.5										13	33%
T25	k00+165	k00+170	39														5.5	6.5										12	31%
T26	k00+170	k00+175	39			0.15											6.5	6.5		0.125								13.275	34%
T27	k00+175	k00+180	39											0.7728		6.5	6.5	5.5					0.6528	2.409				22.335	57%
T28	k00+180	k00+185	39			0.0377								1.617			6.5											8.1547	21%
T29	k00+185	k00+190	39														6.5											6.5	17%
T30	k00+190	k00+195	39													5.5	6.5	6.5										18.5	47%
T31	k00+195	k00+200	39														6.5	6.5										13	33%
T32	k00+200	k00+205	39														6.5	6.5										13	33%
T33	k00+205	k00+210	39													6.5	6.5											13	33%
T34	k00+210	k00+215	39													6.5												6.5	17%
T35	k00+215	k00+220	39													6.5												6.5	17%
T36	k00+220	k00+225	35.7													6.5	6.5											13	36%
T37	k00+225	k00+230	35.7													6.5	6.5					0.7395						13.74	38%
T38	k00+230	k00+235	35.7													6.5	5.5											12	34%
T39	k00+235	k00+240	35.7														6.5											6.5	18%
T40	k00+240	k00+245	35.7														6.5											6.5	18%
T41	k00+245	k00+250	35.7														6.5	6.5										13	36%
T42	k00+250	k00+255	35.7														6.5	6.5										13	36%
T43	k00+255	k00+260	35.7													6.5	6.5	5.5										18.5	52%
T44	k00+260	k00+265	35.7													5.5	6.5											12	34%
T45	k00+265	k00+270	35.7														6.5											6.5	18%
T46	k00+270	k00+275	35.7														5.5											5.5	15%
T47	k00+275	k00+280	35.7														6.5											6.5	18%

K93+40MTA)

0.006

K93+40MTA)

Área total afectada por severidad y por daño (m2)	0	0.0286	0.1877	0	0	0.0139	0	0	0	0	2.3898	0	349.5	384.5	303	0.006	0.125	0	0.7395	0.6528	2.409	0.0987	0	0
Área total afectada por daño (m2)	0.22			0			0.000			2.39			1037.0			0.131			3.80			0.099		
so del daño dentro del área inspeccionada según severidad (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	5%	5%	4%	0%	0%	0%	1%	1%	3%	0%	0%	0%
Peso total del daño dentro del área inspeccionada (%)	0%			0%			0%			3%			14%			0%			5%			0%		

Fuente: Propia, 2019.

12. RESULTADOS E IMPACTOS

• AFECTACIÓN POR TRAMOS

El tramo de estudio cuenta con 154 tramos los cuales se dividieron cada 30 tramos con la finalidad de que sea más visible y entendible, con el objetivo de determinar que tramo presento la mayor área de afectación, esto se realiza a partir de un diagrama de barras en el cual se grafica el área total de afectación vs los tramos afectados, esto con el fin de obtener que tramo presenta la mayor afectación y así de determinar que intervención se requiere para futuras rehabilitaciones.

En los siguientes diagramas de barras se mostrará los tramos que presentan mayor afectación:

1. En el primer diagrama de barras se obtiene que el tramo que presenta mayor afectación es el tramo (T27) en la abscisa (k00+175-k00+180) con un área de 22,3 m².

Tabla 8.2-1 Afectación de la abscisa K00+000-K00+195.

TRAMO	ABSCISA	
	DESDE	HASTA
T1	k00+000	k00+030
T2	k00+030	k00+045
T3	k00+045	k00+065
T4	k00+065	k00+070
T5	k00+070	k00+075
T6	k00+075	k00+080
T7	k00+080	k00+085
T8	k00+085	k00+090
T9	k00+090	k00+095
T10	k00+095	k00+100
T11	k00+100	k00+105
T12	k00+105	k00+110
T13	k00+110	k00+115
T14	k00+115	k00+120
T15	k00+120	k00+125
T16	k00+125	k00+130
T18	k00+130	k00+135
T19	k00+135	k00+140
T20	k00+140	k00+145
T21	k00+145	k00+150
T22	k00+150	k00+155
T23	k00+155	k00+160
T24	k00+160	k00+165
T25	k00+165	k00+170
T26	k00+170	k00+175
T27	k00+175	k00+180
T28	k00+180	k00+185
T29	k00+185	k00+190
T30	k00+190	k00+195

Fuente: Propia, 2019.

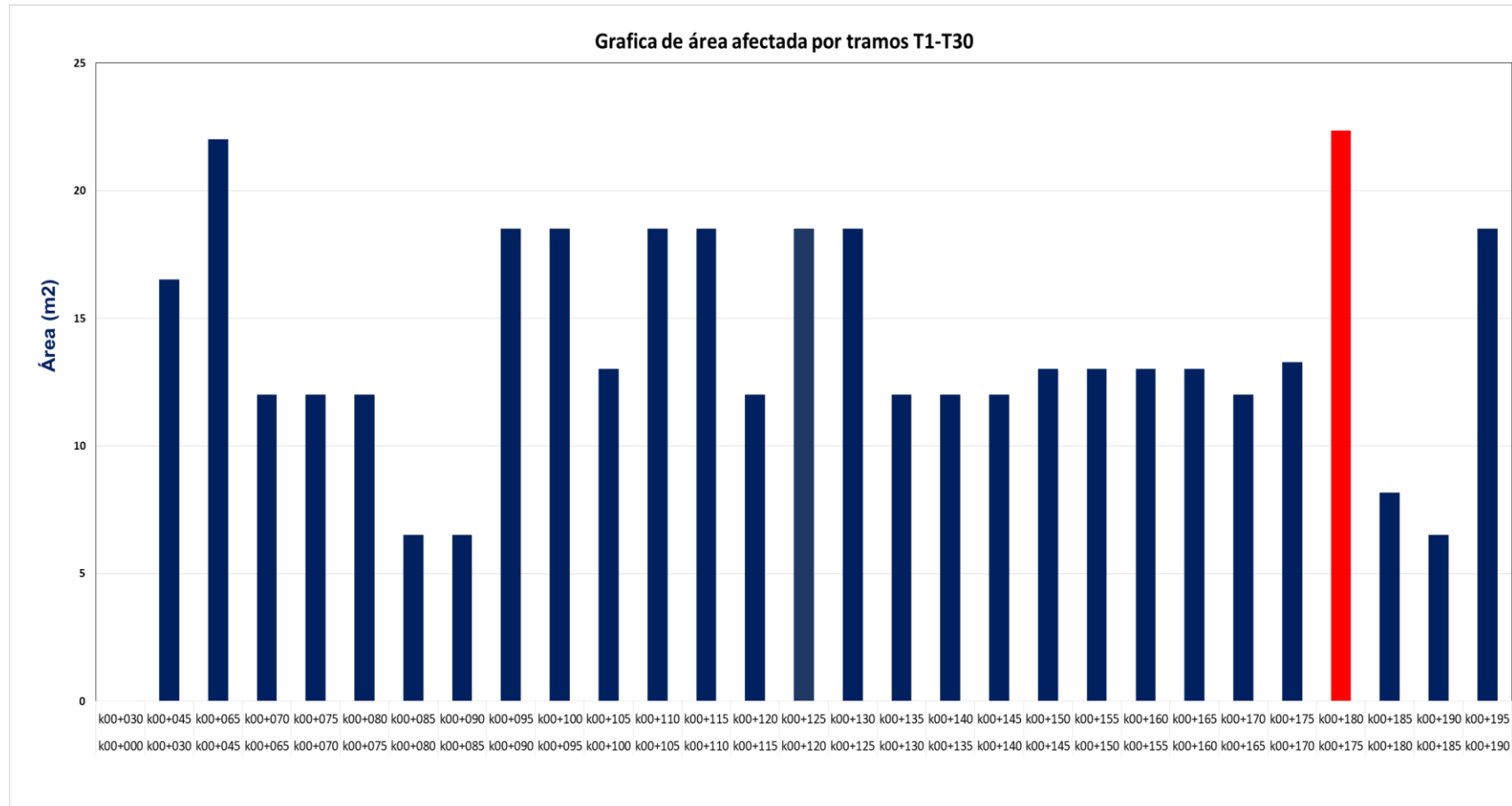


Figura 12-1 Área de afectación por tramos, Abscisa K00+000-K00+195.
Fuente: Propia, 2019.

2. En el segundo diagrama de barras se obtiene que el tramo que presenta mayor afectación es el tramo (T43) en la abscisa (K00+255-K00+260) con un área de 18,5 m².

Tabla 8.2-2 Afectación de la abscisa K00+195-K00+365.

T31	k00+195	k00+200
T32	k00+200	k00+205
T33	k00+205	k00+210
T34	k00+210	k00+215
T35	k00+215	k00+220
T36	k00+220	k00+225
T37	k00+225	k00+230
T38	k00+230	k00+235
T39	k00+235	k00+240
T40	k00+240	k00+245
T41	k00+245	k00+250
T42	k00+250	k00+255
T43	k00+255	k00+260
T44	k00+260	k00+265
T45	k00+265	k00+270
T46	k00+270	k00+275
T47	k00+275	k00+280
T48	k00+280	k00+285
T49	k00+285	k00+290
T49	k00+290	k00+305
T50	k00+305	k00+310
T51	k00+310	k00+315
T52	k00+315	k00+320
T53	k00+320	k00+325
T54	k00+325	k00+330
T55	k00+330	k00+335
T56	k00+335	k00+340
T57	k00+340	k00+345
T58	k00+345	k00+350
T59	k00+350	k00+355
T60	k00+355	k00+360
T61	k00+360	k00+365

Fuente: Propia, 2019.

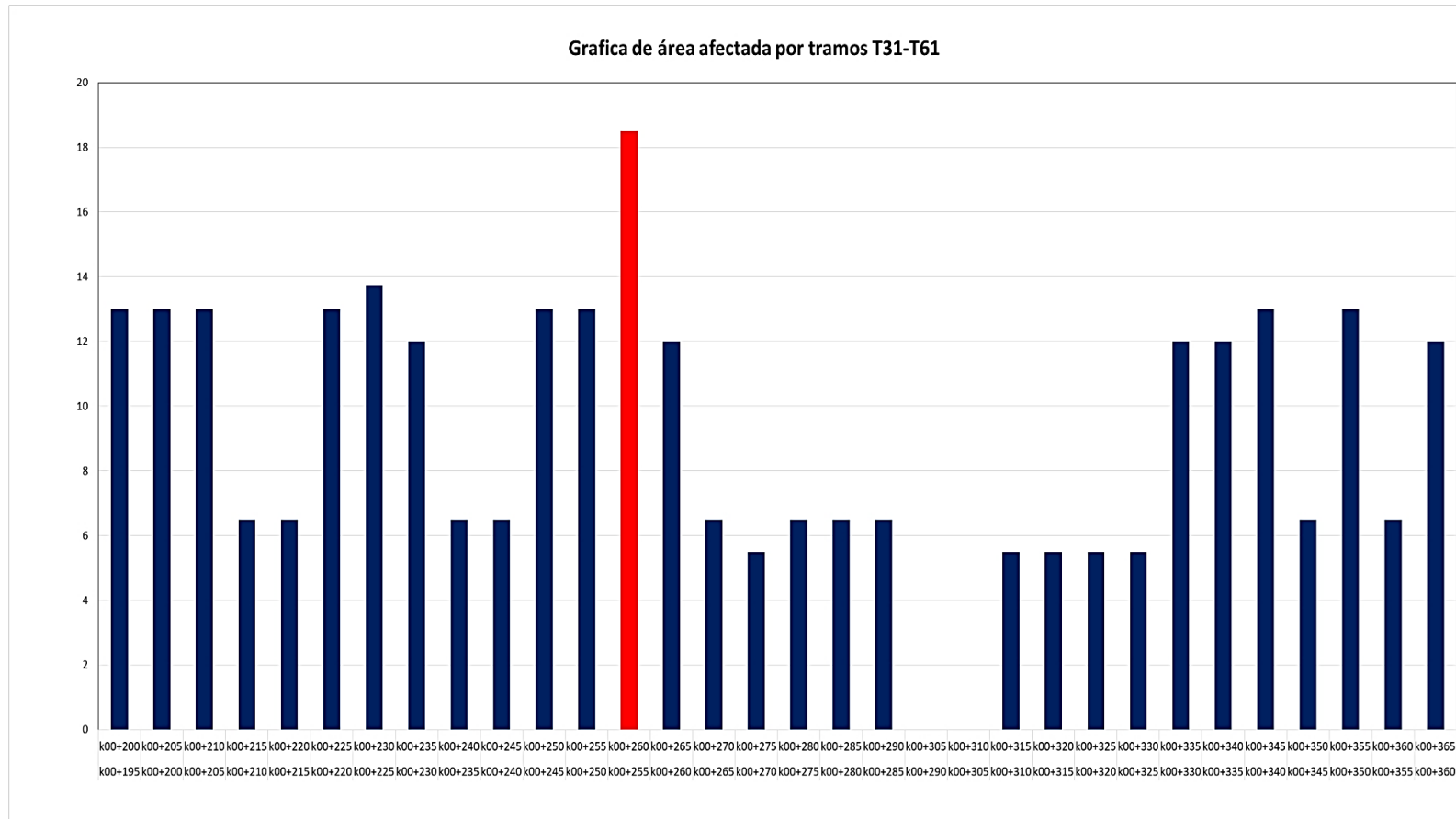


Figura 12-2 Área de afectación, abscisa k00+195-k00+365.
Fuente: Propia, 2019.

3. En el tercer diagrama de barras se obtiene que el tramo que presenta mayor afectación es el tramo (T62) en la abscisa (K00+365-K00+370) con un área de 18,5 m².

Tabla 8.2-3 Afectación de la abscisa K00+365-K00+520.

T62	k00+365	k00+370
T63	k00+370	k00+375
T64	k00+375	k00+380
T65	k00+380	k00+385
T66	k00+385	k00+390
T67	k00+390	k00+395
T68	k00+395	k00+400
T69	k00+400	k00+405
T70	k00+405	k00+410
T71	k00+410	k00+415
T72	k00+415	k00+420
T73	k00+420	k00+425
T74	k00+425	k00+430
T75	k00+430	k00+435
T76	k00+435	k00+440
T77	k00+440	k00+445
T78	k00+445	k00+450
T79	k00+450	k00+455
T80	k00+455	k00+460
T81	k00+460	k00+465
T82	k00+465	k00+470
T83	k00+470	k00+475
T84	k00+475	k00+480
T85	k00+480	k00+485
T86	k00+485	k00+490
T87	k00+490	k00+495
T88	k00+495	k00+500
T89	k00+500	k00+505
T90	k00+505	k00+510
T91	k00+510	k00+515
T92	k00+515	k00+520

Fuente: Propia, 2019.



Figura 12-3 Área afectada por tramos, abscisa k00+365-k00+520.
Fuente: Propia, 2019.

4. En el cuarto diagrama de barras se obtiene que el tramo que presenta mayor afectación es el tramo (T115) en la abscisa (K00+630-K00+635) de y (T116) en la abscisa (K00+635-K00+640), estos dos tramos presentan un área de afectación de 13 m².

Tabla 8.2-4 Afectación de la abscisa k00+520-k00+745.

T93	k00+520	k00+525
T94	k00+525	k00+530
T95	k00+530	k00+535
T96	k00+535	k00+540
T97	k00+540	k00+545
T98	k00+545	k00+550
T99	k00+550	k00+555
T100	k00+555	k00+560
T101	k00+560	k00+565
T102	k00+565	k00+570
T103	k00+570	k00+575
T104	k00+575	k00+580
T105	k00+580	k00+585
T106	k00+585	k00+590
T107	k00+590	k00+595
T108	k00+595	k00+600
T109	k00+600	k00+605
T110	k00+605	k00+610
T111	k00+610	k00+615
T112	k00+615	k00+620
T113	k00+620	k00+625
T114	k00+625	k00+630
T115	k00+630	k00+635
T116	k00+635	k00+640
T117	k00+640	k00+645
T118	k00+645	k00+650
T119	k00+650	k00+660
T120	k00+660	k00+730
T121	k00+730	k00+735
T122	k00+735	k00+740
T123	k00+740	k00+745

Fuente: Propia, 2019.

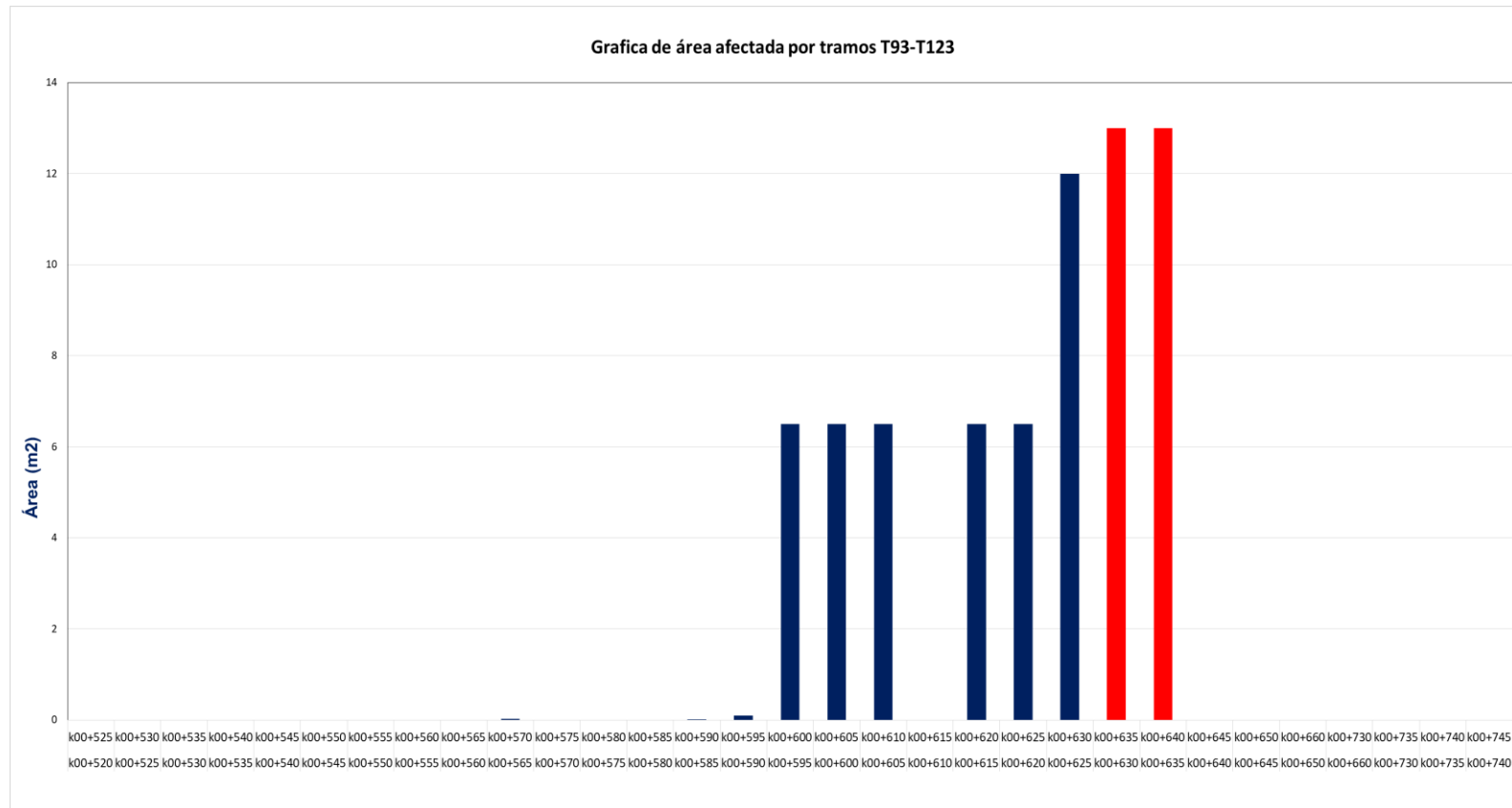


Figura 12-4 Área afectada, abscisa k00+520-k00+745.
Fuente: Propia, 2019.

5. En el quinto diagrama de barras se obtiene que los tramos que presenta mayor afectación es el tramo (T130) en la abscisa (K00+805-K00+810) con un área de 18,5 m² y (T132) en la abscisa (K00+815-K00+820) con un área de 12 m², también los tramos (T145) en la abscisa (K00+950-K00+955) con un área de 18,5 m² y (T148) en la abscisa (K00+965-K00+970) con área de 18,5 m².

Tabla 8.2-5 Afectación de la abscisa k00+745-k01+000.

T124	k00+745	k00+750
T125	k00+750	k00+785
T126	k00+785	k00+790
T127	k00+790	k00+795
T128	k00+795	k00+800
T129	k00+800	k00+805
T130	k00+805	k00+810
T131	k00+810	k00+815
T132	k00+815	k00+820
T133	k00+820	k00+825
T134	k00+825	k00+830
T135	k00+830	k00+835
T136	k00+835	k00+840
T137	k00+840	k00+845
T138	k00+845	k00+900
T139	k00+900	k00+920
T140	k00+920	k00+925
T141	k00+925	k00+930
T142	k00+930	k00+940
T143	k00+940	k00+945
T144	k00+945	k00+950
T145	k00+950	k00+955
T146	k00+955	k00+960
T147	k00+960	k00+965
T148	k00+965	k00+970
T149	k00+970	k00+975
T150	k00+975	k00+980
T151	k00+980	k00+985
T152	k00+985	k00+990
T153	k00+990	k00+995
T154	k00+995	k00+1000

Fuente: Propia, 2019.

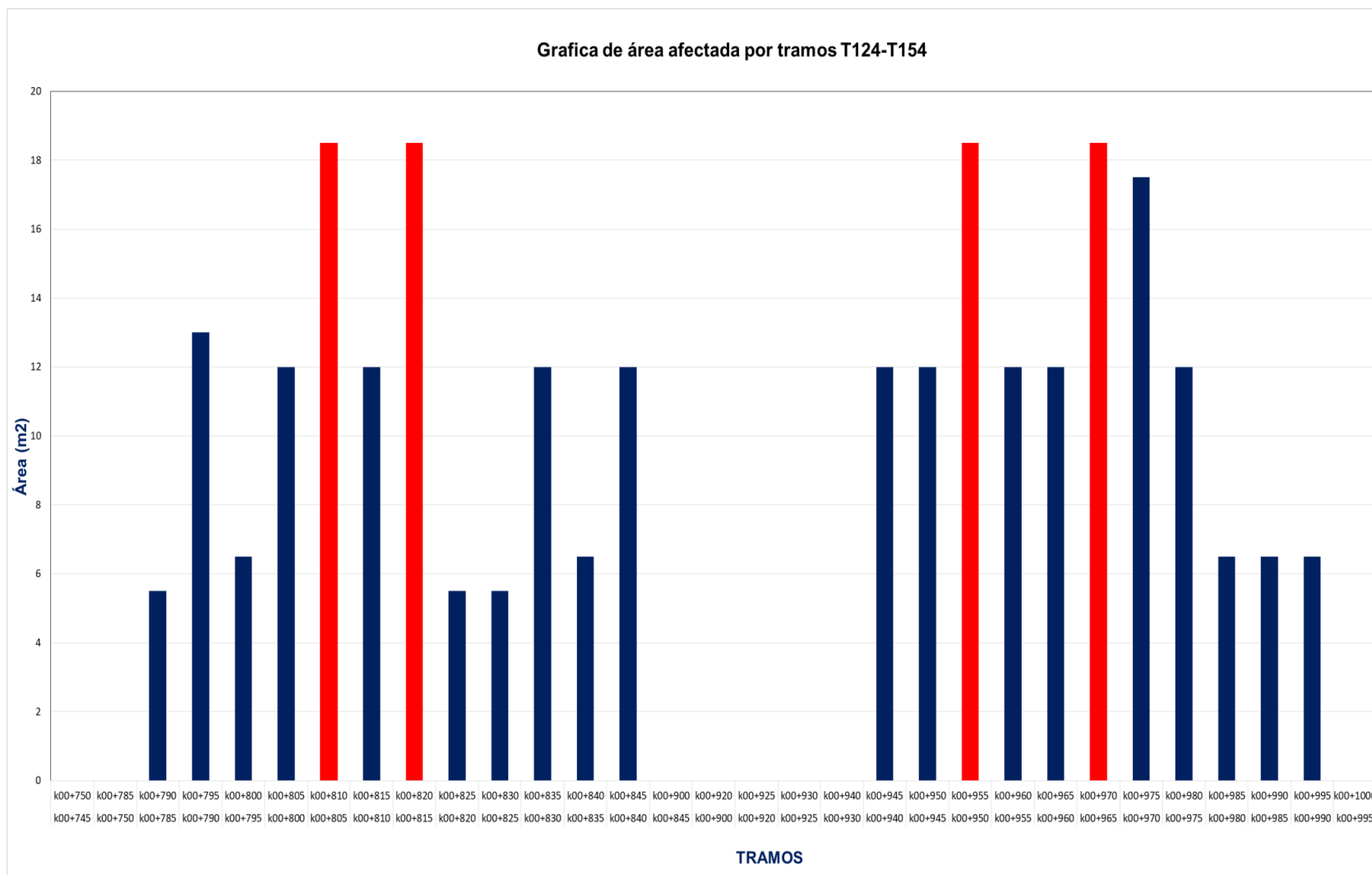


Figura 12-5 Área afectada, abscisa K00+750-k01+000.
Fuente: Propia, 2019.

- **DISTRIBUCIÓN DE SEVERIDAD POR DAÑO**

Se realizaron 3 gráficos con las severidades baja, media y alta con el fin de obtener cual es daño que presenta mayor área total afectada por severidad y por daño en el tramo de estudio, según los datos obtenidos se concluye que el daño que presenta mayor incidencia es el ahuellamiento como lo podemos observar en las siguientes tablas.

Tabla 8.2-6 Tipos de daño.

DAÑOS
FL
FCL
FJL
PC
AHU
DC
BCH
PCH

Fuente: Propia, 2019.

Tabla 8.2-7 Área total afectada por severidad y daño.

BAJA	MEDIA	ALTA
0	0.0286	0.1877
0	0	0.0139
0	0	0
0	2.3898	0
349.5	384.5	303
0.006	0.125	0
0.7395	0.6528	2.409
0.098712	0	0

Fuente: Propia, 2019.

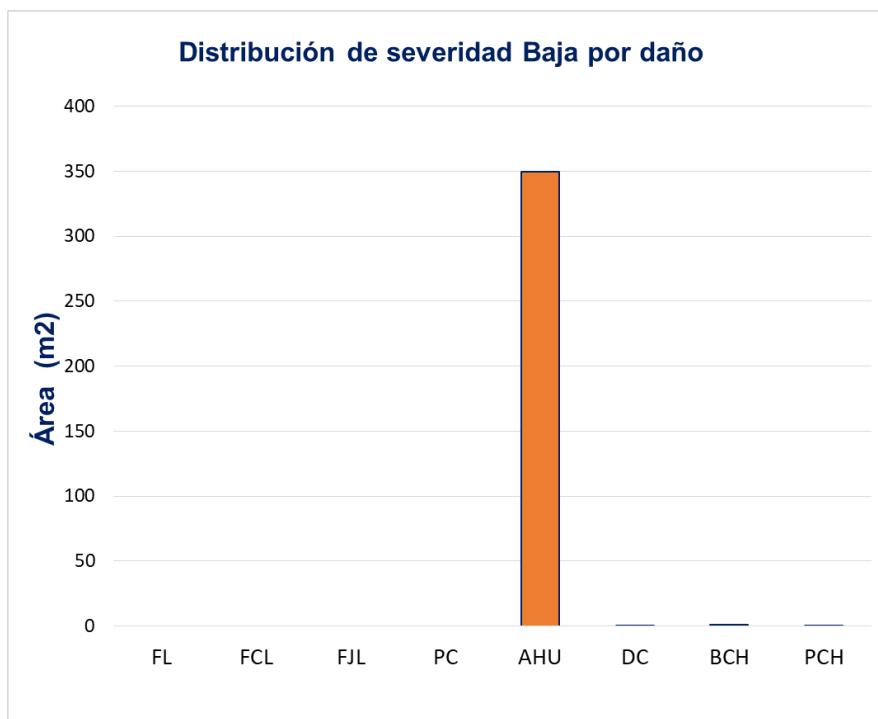


Figura 12-6 Distribución de severidad baja por daño.
Fuente: Propia, 2019.

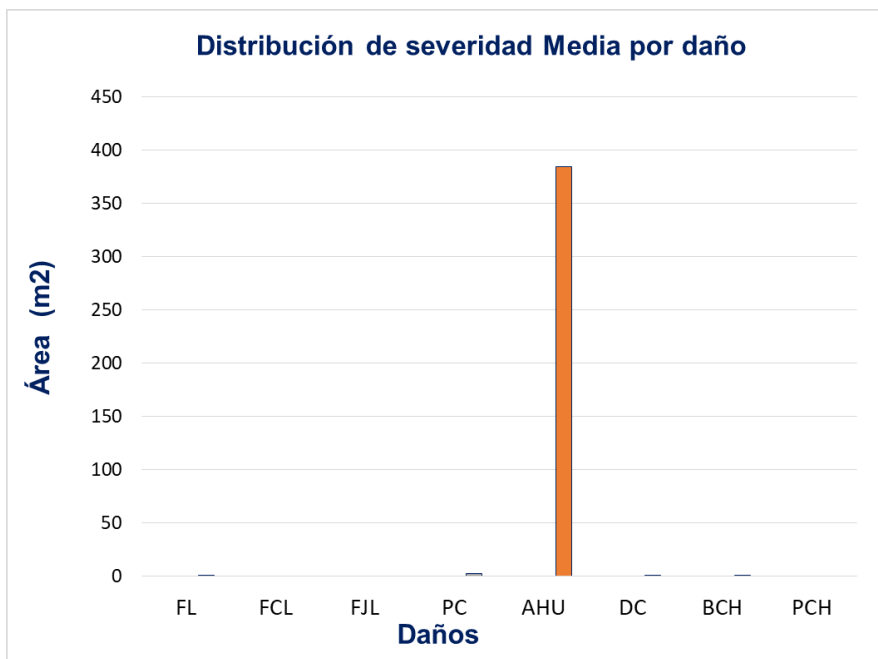


Figura 12-7 Distribución de severidad media por daño.
Fuente: Propia, 2019.

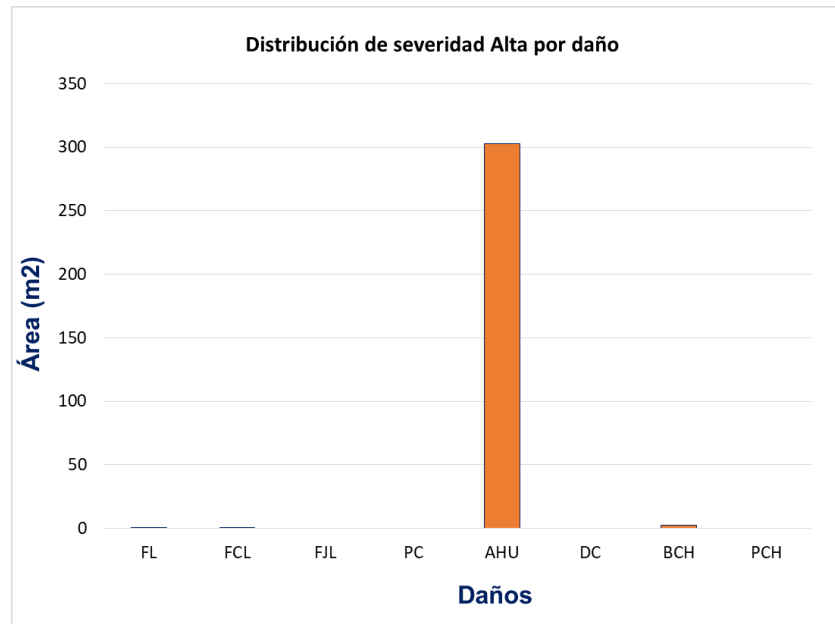


Figura 12-8 Distribución alta por daño.
Fuente: Propia, 2019.

- **Distribución de severidad por daño según el porcentaje (%) de afectación.**

Tabla 8.2-8 tipos de daño

DAÑOS
FL
FCL
FJL
PC
AHU
DC
BCH
PCH

Fuente: Propia, 2019.

Tabla 8.2-9 Peso del daño dentro del área inspeccionada según su severidad.

Peso del daño dentro del área inspeccionada según severidad (%)		
BAJA	MEDIA	ATA
0%	0%	0%
0%	0%	0%
0%	0%	0%
0%	3%	0%
5%	5%	4%
0%	0%	0%
1%	1%	3%
0%	0%	0%

Fuente: Propia, 2019.

En este diagrama de barras de distribución del porcentaje (%) de severidad baja por daño nos muestra que el ahuellamiento presenta un porcentaje del 5%, luego le sigue el bache con el 1% siendo estos los daños más recurrentes en el tramo de estudio.

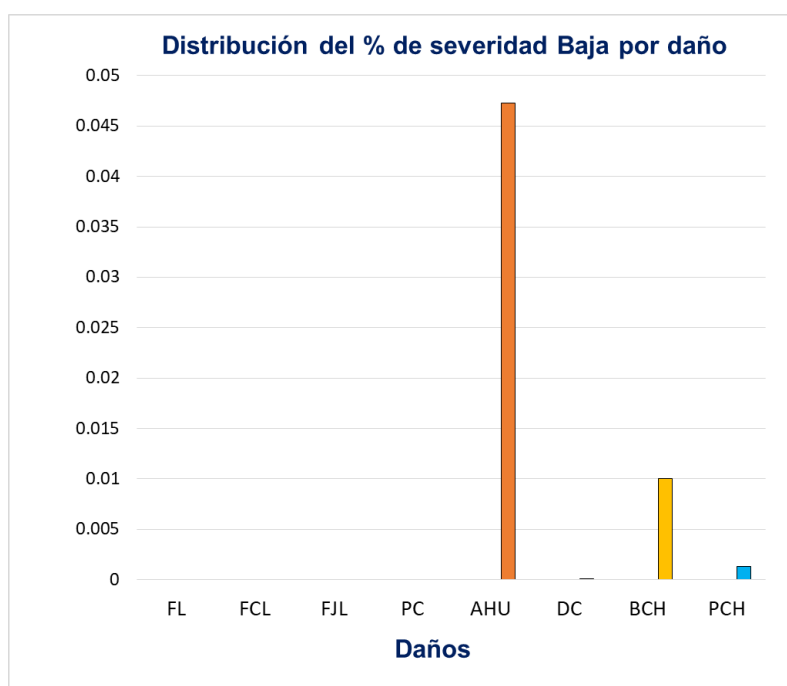


Figura 12-9 Distribución del porcentaje de severidad baja por daño.

Fuente: Propia, 2019.

En este diagrama de barras de distribución del porcentaje (%) de severidad media por daño nos muestra que el ahuellamiento presenta un porcentaje del 5%, luego le sigue la piel de cocodrilo con el 3% y el bache con él 1% siendo estos los daños más recurrentes en el tramo de estudio.

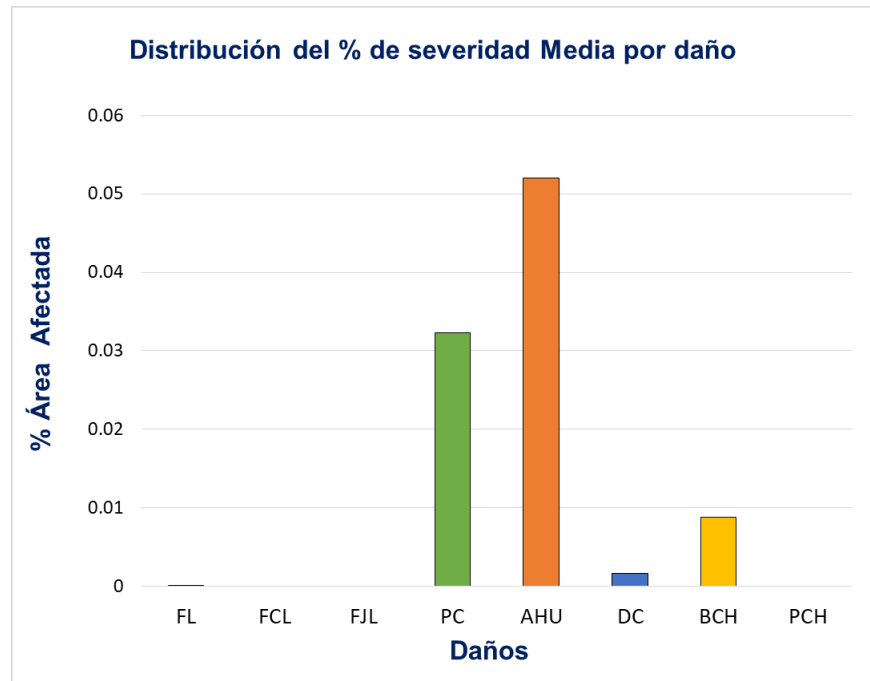


Figura 12-10 Distribución del porcentaje de severidad media por daño.
Fuente: Propia, 2019.

En este diagrama de barras de distribución del porcentaje (%) de severidad alta por daño nos muestra que el ahuellamiento presenta un porcentaje del 4%, luego le sigue el bache con él 3% siendo estos los daños más recurrentes en el tramo de estudio.

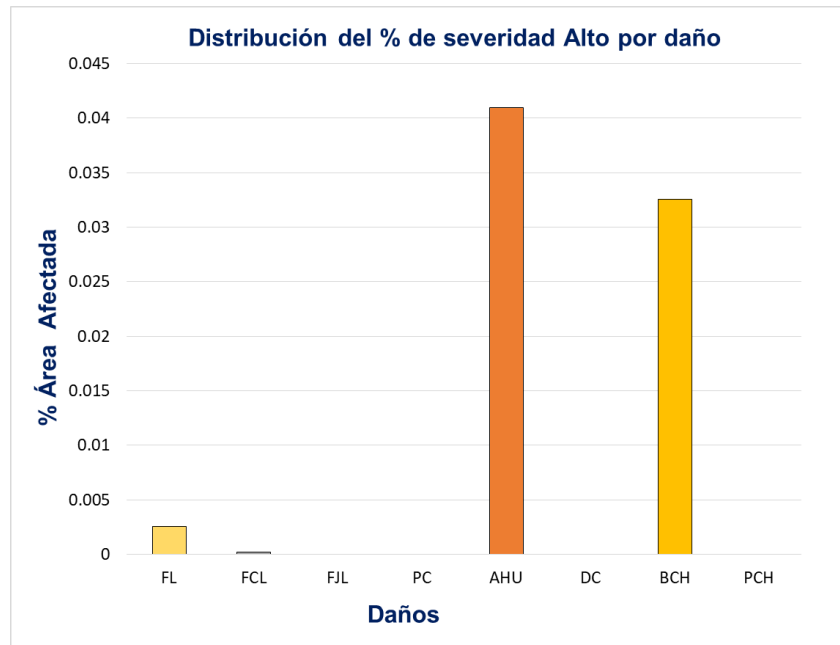


Figura 12-11 Distribución del porcentaje de severidad alta por daño.
Fuente: Propia, 2019.

INSPECCIÓN VISUAL PARA PAVIMENTO RÍGIDO

El tramo de estudio de la vía está compuesta por una bermacuenta la cual está construida en pavimento rígido, es decir con losas de concreto, mediante el diagnostico visual se evidenciaron fallas como grietas longitudinales y deterioro del sello, estos daños posiblemente se originaron debido a una desestabilización del terreno afectando las capas del pavimento rígido, teniendo en cuenta a su vez que en esta zona se encuentran fallas geológicas y afloramientos de agua los cuales afectan esta parte de la vía, ya que es uno de los elementos de la vía que se encuentra en contacto directo con la montaña.

Para una mejor visualización del formato se encuentra en el Anexo A. Fichas de inspección visual para pavimento flexible y rígido.

Tabla 8.2-10 Formato de inspección para pavimento rígido.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA		ESTUDIO E INVESTIGACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS				INSTRUMENTOS DE VÍAS	
CONVENIO INTERADMINISTRATIVO N°.0587 de 2003							
FORMATO PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTO RÍGIDO							
TERRITORIAL:	ORINOQUIA		FECHA:	21/02/2019		CONCESIÓN:	x
CÓDIGO DE LA VÍA			CONTRATO N°:	1230		MITO INTEGRAL:	
NOMBRE DE LA VÍA	VÍA ANTIGUA VILLAVICENCIO-BOGOTÁ		LEVANTADO POR:	DANIELA BARBOSA-PAOLA URIZA		A.M.V:	
ABSCISA	N°. Placa		TIPOS DE DETERIORO				ACLARACIONES
	#	Letra	Dimensiones de la Losa	TiPos	Sever	Foto	
			LARGO	ANCHO			
K00+000+K1+000	1	A	5 m	58.5 cm	GL	ALTA	Grieta longitudinal
K00+000+K1+000	1	A	5 m	58.5 cm	DST	ALTA	Deterioro del sello
Observaciones: Durante la inspección visual se presento un clima templado con una temperatura aproximadamente de 21°C, a esta vía no se le ha realizado el mantenimiento adecuado, y por tal motivo la acumulación de basuras en las cunetas no permite un flujo constante del agua en epoca de lluvias.							
			Numero de calzada	1	PR Inicial	k00+00	Ancho de bermacuneta
			Número de carriles por calzada	2	PR Final	k1+000	Espesor de losa
							54.8 cm

Fuente: Propia, 2019.

- **POSIBLES SOLUCIONES PARA CONSERVAR EL TRAMO DE ESTUDIO FRENTE A LAS FALLAS QUE INCIDEN EN EL DETERIORO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE.**

Para establecer una posible solución a las fallas que se presentan en el tramo de estudio de la vía antigua Villavicencio-Bogotá, se debe tener en cuenta que tipo de mantenimiento vial es el más adecuado para conservar la vía en buen estado.

Una carretera, por mejor diseñada o construida que este, necesita un mantenimiento permanente y adecuado, de lo contrario se deteriorara rápidamente. El mantenimiento vial nos permite conservar una vía inclusive más allá de su periodo de diseño, lo que significa, a la larga, un ahorro de recursos económicos. [5]

Para conservar una vía se necesita de unos niveles de intervención en los cuales según Rafael Menéndez [6] “teniendo en cuenta la magnitud de trabajo se realiza desde una intervención sencilla pero permanente (mantenimiento rutinario), hasta una intervención más costosa y complicada (reconstrucción o rehabilitación)”.

-El mantenimiento Rutinario: se refiere a la conservación continua (intervalos menores de un año) de las zonas laterales, y a intervenciones de emergencias en la carretera, con el fin de mantener las condiciones óptimas para la transitabilidad en la vía. [2]

“Se incluye en este mantenimiento una serie de actividades estipuladas en la MTC [7] de limpieza de las obras de drenaje, el corte de la vegetación y las reparaciones de los defectos puntuales de la plataforma”.

-Mantenimiento Periódico: Es el conjunto de actividades que se ejecutan en periodos, en general, de más de una año y que tienen el propósito de evitar la aparición o el agravamiento de defectos mayores. El mantenimiento periódico es destinado primordialmente a recuperar los deterioros de la capa de rodadura ocasionados por el tránsito y por fenómenos climáticos, también podrá contemplar la construcción de algunas obras de drenaje menores de protección faltantes en la vía. [2]

-Mantenimiento Diferido: Realiza acciones y actividades de mantenimiento que deberían haberse efectuando en el pasado, pero que por alguna razón no se realizaron. Su objetivo es detener y restablecer las condiciones de transitabilidad de un pavimento evitando que los deterioros no atendidos con oportunidad sean más graves e irreversibles. [8]

-Rehabilitación: Actividades que tiene por finalidad recuperar las condiciones iniciales de la vía de manera que se cumplan las especificaciones técnicas con que fue diseñada. Su reparación será mayor selectiva, con refuerzo del pavimento o de la calzada. Se requiere previamente efectuar trabajos de mantenimiento como tratamiento de fisuras, parchados, etc. En la estructura existente y posibles mejoramientos de drenaje. Su objetivo es establecer la capacidad estructural y la calidad original de la superficie de rodadura. [8]

-Reconstrucción: es la renovación completa de la estructura del camino, se requiere efectuar previamente la demolición parcial o completa de la estructura existente. Las causas determinantes probable son una deficiente construcción o la ausencia de mantenimiento adecuado. Su objetivo es restaurar los deterioros provocados por desatención o descuido prolongado de las vías, a fin de asegurar el normal funcionamiento de la vía, al menor costo posible. [8]

-Reparación de emergencia: Son aquellas que se realizan cuando el camino está en mal estado o incluso intransitable, como consecuencias del descuido prolongado o de un desastre natural, por no disponerse de los recursos necesarios para reconstruirlo o rehabilitarlo, que es lo que correspondería hacer. Generalmente, las reparaciones de emergencia dejan el camino en estado regular. [6]

Teniendo en cuenta lo anterior mencionado se analiza cual actividad es la más adecuada para conservar el pavimento flexible que se encuentra en el tramo de estudio de la vía antigua Villavicencio-Bogotá conocida como Buenavista, teniendo en cuenta los daños patológicos encontrados en la inspección visual realizada y mencionada anteriormente.

Para los baches se debe recortar en líneas rectangulares y superficies verticales, a su vez se debe realizar su respectiva limpieza, para continuar con el remplazo del material de la base y se compacta hasta quedar una superficie plana, se procede a impregnar con producto asfáltico rebajado en el fondo y las paredes de la excavación dejándola secar hasta que el asfalto se vuelva pegajoso, finalmente se rellena con mezcla asfáltica en capas mayores de 7 cm de espesor. [9]

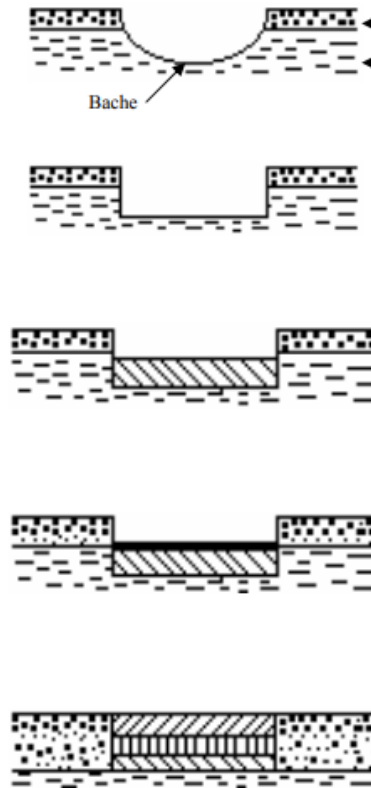


Figura 12-12 Proceso de conservación para Baches.

Fuente: [9]

En el caso de fisuras longitudinales, fisuras transversales, fisuras en juntas de construcción, piel de cocodrilo, pérdida del agregado y desgaste superficial, se debe aplicar una capa de material pétreo que se liga a la carpeta por medio de un producto asfáltico. El procedimiento a seguir cuando se requiere la aplicación de algún riego de sello como solución de reconstrucción de un pavimento flexible es limpiar la superficie eliminando el polvo y materiales extraños, sobre la carpeta limpia se procederá a aplicar un riego de producto asfáltico del tipo y la cantidad por metro cuadrado fijados por el proyecto, posteriormente y en un determinado tiempo se cubrirá el riego de producto asfáltico con el material pétreo, se pasará la rastra para eliminar ondulaciones, bordes o depresiones, se procederá al planchado, el cual se iniciará con el rodillo liso, de forma alterna se usará la rastra, se planchará con el compactador de neumáticos el tiempo necesario para asegurar que el máximo del material pétreo se haya adherido al material asfáltico, finalmente se realizará un barrido y recolección del material excedente que no se adhiera al material asfáltico. [9]



Figura 12-13 Procedimiento a seguir para fisuras. Piel de cocodrilo, pérdida de agregado y desgaste superficial.
Fuente: Alibaba.

Para los daños encontrados como Ahuellamiento, abultamientos, descascaramiento y parche se debe realizar el fresado de carpeta asfáltica, es un proceso en frío compuesto por un cilindro rotatorio con dientes de especial dureza, remueve pavimentos de concreto asfáltico, hasta una profundidad especificada. Estos equipos cuentan con sistemas de nivelación automática y son capaces de operar con buena precisión. [8]

Esta acción específica se refiere a la remoción de 1 a 3 cm de pavimento con la finalidad de alisar áreas deformadas con elevaciones y corrugaciones, ahuellamientos menores, superficies agrietadas. El equipo remueve el material sin dañar las capas inferiores, deja una superficie rugosa y nivelada que facilita la colocación de nuevas capas de espesor uniforme, además de mejorar la adherencia. Antes de iniciar la superficie del pavimento debe estar limpia, el fresado se efectuara a temperatura ambiente y sin adición de solventes, el material extraído deberá ser transportado y acopiado evitando su contaminación con suelos u otros materiales. [8]



Figura 12-14 Procedimiento a seguir para Ahuellamiento, Abultamientos, Descarcamientos y parches.

Fuente: Cienfederal, 2018.

- **POSIBLES SOLUCIONES PARA CONSERVAR EL TRAMO DE ESTUDIO FRENTE A LAS FALLAS QUE INCIDEN EN EL DETERIORO DEL PAVIMENTO RIGIDO.**

Reparación espesor parcial en pavimento rígido

1. Descripción y objetivo

La reparación de espesor parcial de losas de concreto es una técnica de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos rígidos que consiste en la restauración de deterioro superficiales localizados que se han producido en un espesor parcial de la losa de concreto.

Esta técnica de mantenimiento considera la remoción y reemplazo de una porción de tercio o hasta la mitad del espesor de la losa con el fin de reparar daños superficiales (ver figura 12-15).

La aplicación de este tipo de intervención tiene como objetivos principales restaurar la integridad estructural del pavimento y así impedir su deterioro progresivo del pavimento. Además, buscar mejorar la transpirabilidad en la vía y proveer borde apropiados para que las juntas y grietas puedan ser reselladas en forma efectiva. [10]

2. Selección del proyecto

Se recomienda optar por una reparación a profundidad parcial, cuando los niveles de deterioro en una losa de concreto son bajos. Se aplican generalmente para reparar fracturas en los bordes y esquinas de las losas baches, desniveles, desnudamientos, despoillamientos o desprendimientos superficiales. [10]

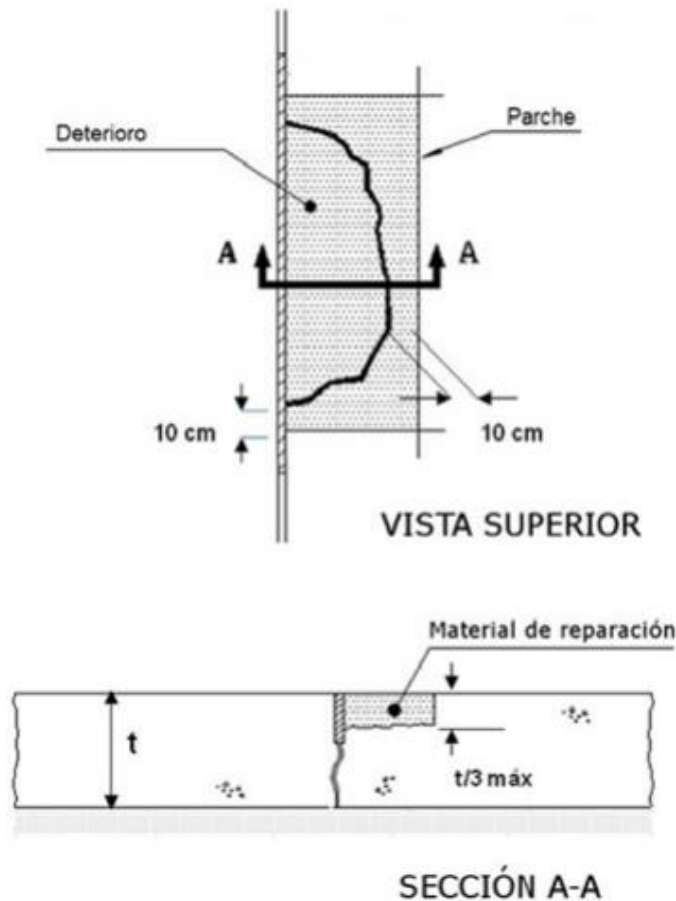


Figura 12-15 Ejemplo de reparación parcial en intersección de juntas.

Fuente: [11]

Condición del pavimento

Las reparaciones de profundidad parcial son apropiadas sólo para ciertos tipos de deterioros en pavimento de concreto:

- Desprendimiento causado en la parte superior de la losa y que es causado por el daño por congelación-descongelación.
- Desprendimiento causado por la intrusión de materiales incompresibles en la junta o grieta.
- Desprendimiento causado por una vibración deficiente, un curado inadecuado o acabado deficiente.

- Desprendimiento causado por áreas localizadas de escalonamiento, concreto débil, o acero colocado muy cerca de la superficie.
- Fisuras no estructurales, ya sean longitudinales o transversales.
- Desprendimiento causado por la desalineación o bloqueo de dovelas. [10]

No son apropiadas las reparaciones de espesor parcial en deterioros asociados a:

- Desprendimientos causados por agrietamiento tipo D o agregados reactivos tales como reacciones álcali-sílice reactivo álcali-carbonato.
- Desprendimiento y movimiento de las grietas transversales o longitudinales causadas por efecto de contracción térmica, la fatiga o pérdida de capacidad de soporte, a menos que se implemente una reparación de profundidad parcial en combinación con la colocación de dovelas para controlar el movimiento vertical. [10]

Tipos de reparación de espesor parcial

Existen tres tipos de reparación de espesor parcial para juntas, fisuras y desprendimientos. Los tipos I y II son reparaciones estándar de profundidad parcial y las reparaciones de tipo III son aquellas desarrolladas para reparaciones especiales incluyendo la mitad inferior de la losa:

- Tipo I. Reparaciones localizadas: apropiadas en áreas pequeñas y poco profundas, donde el deterioro de las juntas o grietas se encuentra en la mitad superior de la losa. Las reparaciones con extensiones de longitud mayores a 25 cm, pero no superiores a 180 cm, normalmente se utilizan en pavimentos donde los dispositivos de transferencia de carga existentes siguen funcionando.
- Tipo II. Reparaciones de juntas longitudinales, transversales o grietas: son reparaciones de más de 180 cm y que se extienden de un tercio a la mitad de la profundidad del pavimento de concreto en juntas / grietas transversales y longitudinales. La extracción es usualmente por fresado, y se usa un pequeño martillo neumático para extraer el material que no es alcanzado por la fresadora.

Reparaciones puntuales en toda la profundidad del espesor en intersecciones de juntas o bordes de losas: se utilizan en lugares de distancia corta (no mayor a 46 cm) donde el deterioro a lo largo de la reparación de profundidad parcial excede más de la mitad del espesor. Esta reparación es para trabajos realizados en la mitad inferior del pavimento y su uso debe limitarse a los bordes de la losa o ubicaciones de entrecruzamientos de juntas que no sean mayores de 46 cm. [10]

Procedimiento constructivo

Se detallan a continuación aspectos relacionados al proceso constructivo y consideraciones de diseño.

Consideraciones de diseño estructural, Se deben contemplar las siguientes consideraciones de diseño en la reparación de espesor parcial:

- Determinar el diseño del pavimento existente y el tipo de agregado grueso para asegurarse de que las reparaciones realizadas puedan durar tanto como la estructura de pavimento existente.
- Determinar el tipo de pavimento rígido, si se utiliza dovelas o si las juntas funcionan por trabazón del agregado.
- Incluir a los inspectores de construcción durante la fase de diseño que estarán en el proyecto de reparación de manera que se facilite el criterio de seleccionar el tipo de reparación en juntas deterioradas o grietas.
- Los límites de las áreas a reparar se deben extender 7,5 cm más allá de la zona deteriorada.
- Se recomienda un ancho mínimo de 10 cm y longitud mínima de 25 cm para uso de materiales cementantes.
- Mantener forma rectangular, cuadrada o similar, evitar formas irregulares.
- Áreas separadas menos de 600mm se deben unir como una sola reparación.
- Reparar toda la junta transversal si existen más de dos despoillamientos a lo largo de ella. [10]

Fisuras longitudinales: Se recomienda coser en ranura a lo largo de la fisura en las losas que no tienen una mala modulación, y donde estas se encuentran mal moduladas una reparación a una mayor profundidad total o volver a construir. Como recomendación constructiva se deben hacer las ranuras a lo largo de la fisura, remover el concreto que queda en la ranura, realizar limpieza con chorros de aire, colocar la barra en la ranura y rellenar la ranura dando vibrado y así darle un acabado a la superficie y curar.

• RESULTADOS E IMPACTOS

En la siguiente tabla se mostraran los resultados obtenidos en la elaboración de este trabajo investigativo.

Tabla 8.2-11 Descripción de productos finales.

Resultado	Indicador	Objetivo Relacionado
Formatos de inspección visual para pavimento flexible y rígido (Anexo A)	Manual de inspección visual para pavimento flexible y rígido.	Objetivo específico 1
La falla que presenta mayor incidencia es causada por el tránsito.	Manual de inspección visual para pavimento flexible.	Objetivo específico 2
Realizar un fresado, aplicar capa de material pétreo y rellenar con mezcla asfáltica.	Documento método de rehabilitación en pavimentos.	Objetivo específico 3
Diagramas de barras con el porcentaje de área afectada por daño.	Manual de inspección visual para pavimento flexible.	Objetivo específico 4

Fuente: Propia, 2019.

Tabla 8.2-12 Indicadores de impactos.

Aspecto	Impacto	Supuesto	Plazo
Social	Incentivar a la comunidad beneficiada para exigir una rehabilitación o mantenimiento en esta vía ya que es primordial para movilidad.	Dar a conocer a la concesión la problemática que presenta la vía.	Corto
Económico	Mejorar el turismo y acortar el viaje de los usuarios	Inversión económica por parte de las entidades encargadas del manejo de estas vías.	Mediano
Académico	Presentar las fallas que se pueden encontrar en el pavimento flexible.	A través de la inspección visual se determina el impacto de los daños.	Corto
Científico	Rehabilitación y mantenimiento de las vías primarias.	Conocer la problemática que generan los daños en las vías primarias.	Largo

Fuente: Propia, 2019.

13. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

13.1. CONCLUSIONES

- A través de la inspección visual se identificó que las fallas que se encuentran en el tramo de estudio son: Fisuras longitudinales (FL), Fisura transversal (FT), Fisuras en junta de construcción (FCL), Perdida del agregado (PA), Fisura de media luna (FML), Piel de cocodrilo (PC), Bache (BCH), Ahuellamiento (AHU), Parche (PCH), Descascaramiento (DC), Desgaste superficial (DSU) y Abultamientos (AB).
- Mediante el registro fotográfico y los datos obtenidos en la inspección visual, el daño más representativo fue el desgaste superficial (DS) y el ahuellamiento (AHU), estas patologías son causadas por el alto flujo de vehículos pesados que se presentan en la vía, el afloramiento de estas fallas generan un alto índice de accidentalidad para los usuarios debido a la falta de mantenimiento y rehabilitación que se le debe realizar a esta. Otro factor importante que influye en el origen de estas fallas son los cambios de temperatura que se presenta en la zona donde se encuentra el tramo de estudio en la vía antigua Villavicencio- Bogotá, debido a que por las altas temperaturas la mezcla asfáltica se vuelve viscosa ocasionando que con el paso de los vehículos se vaya erosionando y marcando en el carril los ejes de los vehículos.
- El tramo que presenta mayor área afectada se encuentra en la abscisa (k00+174-k00+180) del tramo (T27) con un área de 22.33 m², esto nos indica que posiblemente es necesario realizar una intervención inmediata debido a que estos daños pueden afectar las capas subyacentes del pavimento, de igual manera estos daños pueden llegar a generar un alto índice de accidentalidad.
- Según la figura 12-10 se puede evidenciar que la severidad más representativa es la media debido a que presentan los porcentajes más altos de ahuellamiento y baches. Según los formatos de inspección visual el nivel de severidad más constante en los daños es la severidad media.
- Según los datos obtenidos y sus respectivos análisis, se determinó los mantenimientos más adecuados para este tipo de daños, que pueden ser
 - 1.El fresado para el ahuellamiento, descascaramiento, abultamientos y parche.
 2. Aplicar una capa de material pétreo que se liga a la carpeta por medio de un producto asfáltico, para fisuras longitudinales, fisuras transversales, fisuras en juntas de construcción, piel de cocodrilo, perdida del agregado y desgaste superficial.
 3. Rellenar con mezcla asfáltica para baches.

13.2. TRABAJOS FUTUROS

Con el diagnostico visual previo es recomendable realizar un estudio de las capas del pavimento, con el fin de determinar si la estructura cuenta con los espesores y los materiales adecuados con los que fue diseñado inicialmente.

Teniendo en cuenta los datos obtenidos y las recomendaciones para una posible solución de los daños presentados, es necesario elaborar un estudio detallado de la rehabilitación que se le puede realizar al pavimento flexible de este tramo y ejecutarla.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. tiempo, «Finalizan obras en antigua vía entre Bogotá y el Llano,» 27 Diciembre 2016. [En línea]. Available: <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/entrega-de-obras-en-via-villavicencio-bogota-51425>.
- [2] INVIAS, «Estudio e investigacion del estado actual de las obras de la red nacional de carreteras,» Bogota D.C, 2006.
- [3] G. d. Meta, «Departamento del meta, tierra de oportunidades,» Boletin de prensa, 01 Diciembre 2016. [En línea]. Available: <http://www.meta.gov.co/web/blog/aim-abrir%C3%A1-licitaci%C3%B3n-para-tres-proyectos-por-19000-millones-de-pesos-tras-aprobaci%C3%B3n-de>. [Último acceso: 17 febrero 2019].
- [4] .. G. Google Earth, *Google Earth*, Villavicencio, 2018.
- [5] A. varios, «Pavimentos seleccion de principales articulos,» Peru, Editorial ICG, 2009.
- [6] J. R. Menendez, «Mantenimiento Rutinario de Caminos con Microempresas,» Copyright, Lima, 2003.
- [7] MTC, «Manual tecnico de mantenimiento rutinario para la red vial departamental no pavimentada,» Perú, 2006.
- [8] K. H. Pineda, «Tesis "Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la region de Puno",» Juliaca, 2015.
- [9] R. M. M. Moreno, «Tesis " Metodos de rehabilitacion en pavimentos",» Mexico,DF., 2005.
- [10] P. Luis Guillermo Loria Salazar, «Reparacion espesor parcial en pavimento rigido.,» Costa Rica, 2018.
- [11] M. d. o. p. y. transporte, «Manual de especificaciones generales para la conservacion de caminos, carreteras y puentes.,» Costa Rica, 2015.

ANEXOS

ANEXO A Fichas de inspección visual para pavimento flexible y rígido. (Carpeta con evidencias fotográficas y Archivo en Excel con fichas de inspección y sus respectivos cálculos)

ANEXO B Trazado de la vía. (Archivo en AutoCAD con trazado de la vía y sus respectivos daños)

GLOSARIO

- **Pavimento flexible**

Según el manual para la inspección visual de pavimentos flexibles por Grupo técnico – Convenio 587 de 2003 [2]: “Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra”.

- **Diagnosticar**

Perteneciente o relativo a la diagnosis. Acción y efecto de diagnosticar. Determinación de la naturaleza de una enfermedad mediante la observación de sus síntomas. Calificación que da el medico a la enfermedad según los signos que advierte.

- **Patología**

Parte de la medicina que estudia las enfermedades. Conjunto de síntomas de una enfermedad.

- **Falla**

Defecto material de una cosa que merma su resistencia. Defecto, falta. Geología quiebra que los movimientos geológicos han producido en un terreno.

- **Rastra**

Consiste en mover la capa superficial del terreno, dejando tierra suelta, aireada y mullida lo que se obtiene pasando la rastra las veces que sean necesarias de acuerdo al terreno.

- **Pavimento rígido**

Son aquellos formados por una losa de concreto Pórtland sobre una base, o directamente sobre la sub-rasante. Transmite directamente los esfuerzos al suelo en una forma minimizada, es auto-resistente, y la cantidad de concreto debe ser controlada.