

**PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERÍA
EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO DEL PAVIMENTO EN LA
AVENIDA CATAMA ENTRE CARRERAS 6 Y 15 ESTE, VILLAVICENCIO - META**



Por:
Alexander Parrado Castillo
Anderson Andrés Nieto Jiménez



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
2020**

**PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERÍA
EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO DEL PAVIMENTO EN LA
AVENIDA CATAMA ENTRE CARRERAS 6 Y 15 ESTE, VILLAVICENCIO - META**



Por:
Alexander Parrado Castillo
Anderson Andrés Nieto Jiménez

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

Aprobado por:
I.C. Juan Manuel Salgado Díaz, MSc
Director

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
2020

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Fray José Gabriel Mesa Ángulo, O.P.
Rector General

Fray Eduardo González Gil, O.P.
Vicerrector Académico General

Fray José Antonio Balaguera Cepeda, O.P.
Rector Sede Villavicencio

Fray Rodrigo García Jara, O.P.
Vicerrector Académico Sede Villavicencio

Julieth Andrea Sierra Tobón
Secretaria de División Sede Villavicencio

Ing. Manuel Eduardo Herrera Pabón
Decano Facultad de Ingeniería Civil

Nota de aceptación

ING. MANUEL EDUARDO HERRERA PABÓN
Decano Facultad Ingeniería Civil

I.C. Juan Manual Salgado Diaz
Director Trabajo de Grado

I.C. Yeny Natalia Mancipe Cristiano
Jurado

Villavicencio, 10 de septiembre de 2020

DEDICATORIA

A nuestros padres por ese apoyo incondicional la cual nos ayudaron a ir cumpliendo nuestras metas en el paso de nuestras vidas también por forjarnos como las personas que somos actualmente con valores y principios y estar con nosotros en todo momento ya sean malos o buenos.

AGRADECIMIENTOS

Principalmente agradecemos a nuestros familiares que nos han apoyado rotundamente en el transcurso de nuestra vida desde nuestro inicio académico, por ende, cabe resaltarlos debido a que gracias a ellos nuestros “padres” que han estado siempre a nuestro lado apoyándonos.

Este trabajo de tesis ha sido una gran oportunidad para nosotros tanto personal como profesionalmente por eso agradecemos infinitamente ese esfuerzo y paciencia que nos brindaron, gracias y mil gracias a ustedes que este logro en nuestras vidas esta culminada.

Por Cada momento en el transcurso de estos últimos años fueron enseñanzas continuas para cada uno de nosotros por la oportunidad académica que nos brindaron y por medio de errores incontable la cual nos ayudaron en nuestra vida y formación académica a ser mejores.

También a nuestro tutor y nuestra codirectora de tesis la cual fueron esenciales en el proceso de elaboración e investigación del trabajo de tesis presente.

RESUMEN

La avenida Catama de la ciudad de Villavicencio, Meta es muy importante en el ámbito social, económico y en el desarrollo de la ciudad, el cual se ha evidenciado que esta presenta deterioro en el pavimento que afecta directamente la estructura y funcionamiento de esta misma, afectando las actividades que se realizan día a día en esta zona y a los usuarios que transitan por ella, por ende, se decidió realizar un levantamiento de las patologías presentes en la carpeta de rodadura existente, presentes en los dos tipos de pavimento que se pudieron identificar en la zona de estudio tanto flexible como rígido y posteriormente realizar un plan de mantenimiento que garantice un buen servicio a la comunidad de la ciudad de Villavicencio.

Mediante el levantamiento que se realizó entre las carreras 6 hasta la calle 15 ESTE de la ciudad de Villavicencio, Meta se identificaron y se clasificaron las patologías presentes en la zona, una vez caracterizado estos daños de acuerdo a el manual de inspección visual del pavimento de INVIAS, se plantea realizar el reporte detallado de cada una de las patologías que se encontraron en la zona y definir el mejoramiento de la zona de estudio.

Durante el levantamiento de patologías se evidencio a lo largo de la vía fisuras longitudinales, fisuras transversales, baches y grietas, estas patologías se toma como el principal problema de la capa de rodadura de la zona de estudio, el cual nos enfocamos para el plan de mantenimiento sobre estas patologías principalmente.

Palabras Clave: *pavimento flexible, rigido, mantenimiento, patología, evaluación, levantamiento de daños.*

ABSTRACT

The Catama Avenue is located in Villavicencio, Meta, is an important highway in the social and economic scope and helps to the development of the city. It has been seen that it presents wear in the roadway that affects directly the structure and its own functioning, affected the activities that are realized day by day in this stretch and the transit users, thus, it was decided to realize a survey with the pathologies presents in the rolling folder on both pavement types identified in the length studied both flexible and rigid, and so later make a maintenance plan that guarantee a good service for the community of Villavicencio.

Through the survey realized between the 6th street and the 15th street east sense from Villavicencio, it were identified and classified the pathologies in the roadway, so after characterizing the pathologies based on the visual inspection of the pavement manual form INVIAS, proposed to carry out the detailed report of each one to the pathologies finding in the zone and define the improve of the studied length.

During the pathologies survey, was evidenced along the roadway longitudinal and transversal fissures, holes and cracks, those pathologies are taken as the principal problem of the tread layer of the roadway in which are in focus for the maintenance plan about these pathologies mainly.

Key Word: *Flexible flooring, rigid flooring, maintenance, pathology, evaluation, damage survey.*

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	13
2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
3.	JUSTIFICACIÓN.....	15
4.	OBJETIVOS.....	16
4.1.	OBJETIVO GENERAL	16
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
5.	ALCANCE.....	17
5.1.	¿CÓMO IDENTIFICAR EL ALCANCE?.....	17
5.2.	ALINEANDO OBJETIVOS Y ALCANCE.....	18
6.	MARCO DE REFERENCIA	19
6.1.	MARCO TEÓRICO	19
6.1.1	Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles.....	19
6.1.1.3.	REPORTE DE DAÑOS	22
6.1.1.4.	DAÑOS DE CARRILES	22
6.1.2	Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos.....	23
6.1.3	Metodo PCI (Pavement Condition index)	27
6.1.	MARCO CONCEPTUAL	29
6.2.1	Subrasante	29
6.2.2	Obras de drenaje.....	29
6.2.3	Obras de subdrenaje	29
6.2.4	Pavimentos.....	29
6.2.5	Pavimento rígido.....	30
6.2.6	Factores a considerar en el diseño de pavimentos	30
6.2.7	Tipos de daños en los pavimentos rígidos	30
6.2.8	Mantenimiento.....	31
6.2.	ESTADO DEL ARTE.....	32
6.3.	MARCO NORMATIVO	33
6.4.	MARCO GEOGRÁFICO	34
7.	METODOLOGÍA	35
7.1.	DESCRIPCIÓN DE ETAPAS Y TAREAS	35
7.2.	POBLACIÓN, MUESTRAS, VARIABLES E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	36
8.	ETAPA PRELIMINAR	37
9.	ETAPA 1. LEVANTAMIENTO DE DAÑOS, REGISTRO DE INFORMACIÓN DE LA VISITA A CAMPO EN LOS FORMATOS DE INVIAS.....	38
9.1.	LEVANTAMIENTO DE DAÑOS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN FORMATO INVIAS.	38
9.2.	LEVANTAMIENTO DE DAÑOS DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN FORMATO INVIAS.	40
9.3.	LEVANTAMIENTO DE DAÑOS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN FORMATO PCI.....	42
9.4.	LEVANTAMIENTO DE DAÑOS DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN FORMATO PCI.....	44

10.	ETAPA 2. ANALISIS DE INFORMACIÓN OBTENIDA DE ACUERDO A EL MANUAL DE INVIAS.	46
10.1.	ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, FORMATO INVIAS.	46
11.	ETAPA 3. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, METODOLOGÍA PCI.	52
11.1.	ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO, METODOLOGÍA PCI.	53
12.	ETAPA 4. PLAN DE MANTENIMIENTO.....	56
13.	RESULTADOS E IMPACTOS	58
14.	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	59
12.1	CONCLUSIONES	59
12.2	TRABAJOS FUTUROS.....	59
15.	BIBLIOGRAFÍA.....	61
16.	ANEXOS.....	62

LISTA DE TABLAS

Tabla 6-1. Rangos de calificación del PCI.....	27
Tabla 6-2. Tabla marco normativo.....	33
Tabla 7-1. Población, variables de recolección de datos.....	36
Tabla 9-1. Datos para hallar n , i	42
Tabla 9-2. Unidades de muestre intervalo, pavimento flexible	42
Tabla 9-3. Datos para determinar n , i , para el pavimento rígido.....	44
Tabla 9-4. Unidades de muestreo e intervalo	44
Tabla 11-1. Registro de datos para cálculo del PCI	52
Tabla 11-2. Determinación del PCI	52
Tabla 11-3. Determinación del PCI	53
Tabla 11-4. Densidad y valor deducido tramo 1	53
Tabla 11-5. Densidad y valor deducido tramo 2	53
Tabla 11-6. Densidad y valor deducido tramo 3	53
Tabla 11-7. Valores deducidos corregidos tramo 1	54
Tabla 11-8. Valores deducidos corregidos tramo 2	54
Tabla 11-9. Valores deducidos corregidos tramo 3	54
Tabla 11-10. PCI del tramo 1	55
Tabla 11-11 PCI del tramo 2	55
Tabla 11-12 PCI del tramo 3	55
Tabla 11-13 Datos para determinar el PCI del pavimento rígido	55
Tabla 11-14 PCI de la sección de la vía con pavimento rígido	55
Tabla 12-1 Resumen del plan de mantenimiento	56
Tabla 13-1.Tabla sección resultados.....	58
Tabla 13-2. impactos	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 6.1 Formato de levantamiento de daños para estructura de pavimentos flexibles (Parte 1)	20
Figura 6.2 Formato de levantamiento de daños para estructura de pavimentos flexibles (Parte 2)	21
Figura 6.3 Formato de levantamiento de daños para estructura de pavimentos rígido (Parte 1)	24
Figura 6.4 Formato de levantamiento de daños para estructura de pavimentos rígidos (Parte 2).....	25
Figura 6.5 Formato de exploración de condición para carreteras con Pavimento rígido.	27
Figura 6.6 Formato de exploración de condición para carreteras con superficie en concreto hidráulico	28
Figura 6.7. Mapa de la localización de la ciudad de Villavicencio en el departamento del Meta, Fuente: Sitio web de la Alcaldía de Villavicencio.	34
Figura 6.8. Mapa de la localización del tramo de estudio, Fuente: Google Maps .	34
Figura 7.1 Metodología. Fuente: Autor, 2020	35
Figura 8.1. Precipitaciones – Villavicencio, Colombia	37
Figura 9.1. Información general de la vía, pavimento flexible.....	38
Figura 9.2 Registro de daños, pavimento flexible.....	39
Figura 9.3 Geometría y comentarios del levantamiento de daños, pavimento flexible.	40
Figura 9.4 Información general de la vía, pavimento rígido.....	40
Figura 9.5 Registro de daños, pavimento rígido.....	41
Figura 9.6 Geometría y observaciones de la vía, pavimento rígido.....	42
Figura 9.7 Longitud de la unidad de muestreo.	42
Figura 9.8 Información general del pavimento flexible, formato PCI	43
Figura 9.9 Registro de daños pavimento flexible, formato PCI.....	44
Figura 9.10 Información general, formato PCI.....	45
Figura 10.1 Procesamiento de daños.....	48
Figura 10.2 Área afectada por tramos	49
Figura 10.3 Severidad baja.	50
Figura 10.4 Severidad media.	50
Figura 10.5 Severidad alta.	50
Figura 10.6 Severidad por cada daño presentado.	51

1. INTRODUCCIÓN

El deterioro de los pavimentos y su incidencia en el comportamiento mecánico y dinámico, han sido tema de estudio e investigación desde hace mucho tiempo. La causa del deterioro del pavimento no es solo por las cargas que soporta sino también por su proceso de construcción y condiciones ambientales a las que está sometida a lo largo de su vida útil. Dichas condiciones ambientales contribuyen con el agrietamiento y deterioro del pavimento alcanzan un alto grado de pérdida en sus propiedades haciéndolo susceptible a la falla [1].

La fatiga del pavimento es un fenómeno producido por las repeticiones de carga a la que está sometida el pavimento, haciendo que se pierda propiedades de los materiales y esto genere un cambio en la estructura generando micro fisuras y agrietamientos provocados por los esfuerzos cortantes y de tensión que son menor a el esfuerzo admisible.

En la Avenida Catama entre las carreras 6 y 15 Este, ubicado en la ciudad de Villavicencio, Meta se ha identificado el mal estado del pavimento. El deterioro prematuro del pavimento es principalmente por la falta de obras de drenaje y los efectos producidos por las condiciones ambientales de la región como lo son la temperatura y la lluvia entre otros aspectos ambientales, por lo cual, repercute de manera negativa la durabilidad del pavimento y por ende hace que las entidades de la conservación de la infraestructura vial como la AIM tenga que hacer una inversión no prevista y de manera prematura para llevar a cabo la reparación o rehabilitación del pavimento.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Las fallas en los pavimentos se pueden presentar de dos maneras, de orden funcional o estructural [2]. La primera afecta principalmente la circulación de los vehículos y la segunda pone en riesgo la integridad de la estructura. Para la ciudad de Villavicencio, Meta contar con una infraestructura vial adecuada, funcional y estructural es de gran importancia para el desarrollo del mismo, por lo que es necesario realizar antes de rehabilitar la vía, mantenimientos periódicos y preventivos que garanticen su buen funcionamiento y además su vida útil.

El principal problema que conlleva a el mal estado de la vía Catama y el mal estado de la estructura del pavimento es que desde hace tiempo no se realizan actividades de mantenimiento completo a la vía, solo se realizan mantenimientos superficiales que se componen principalmente de parches y son procesos donde en poco tiempo el pavimento vuelve a sufrir las diferentes patologías que se evidencian en la vía, de acuerdo a lo registrado en la página de la secretaria de movilidad, en la sección de noticias de interés, en la ciudad de Villavicencio hace aproximadamente 25 años no se le realiza un mantenimiento completo a la vías, solo mantenimientos de corta duración.

En los tramos a evaluar, carreras 6 y 15 Este, del Barrio Santa Catalina en la ciudad de Villavicencio, presenta un alto flujo vehicular como busetas, automóviles, motocicletas y vehículos pesados, transmitiendo diferentes cargas al pavimento, además las condiciones ambientales de la región Orinoquía generan pérdidas en las propiedades de los materiales que conforman la estructura de pavimento, causando daños, como grietas y fisuras, deteriorando los vehículos además de presentarse accidentes tanto vehiculares como peatonales.

3. JUSTIFICACIÓN

El deterioro en los pavimentos se puede dar por diferentes razones. Una de ellas es que no se dé cumplimiento a los parámetros establecidos en el diseño, otra es que no se construyó teniendo en cuenta obras de drenaje y subdrenaje, punto importante para que las zonas con altas precipitaciones, o simplemente alcancen su vida útil.

La vía Catama de la ciudad de Villavicencio, Meta es una de las avenidas de mayor importancia a nivel comercial y social, dado que es la salida principal de la ciudad a municipios como Restrepo y Cumaral, y tiene fuentes de comercio como asaderos, venta de repuestos y accesorios tanto para vehículos y motocicletas, venta de electrodomésticos, carpintería, ferreterías, entre otros. Sin embargo, el mal estado que presenta la misma, no les permite a los habitantes realizar actividades comerciales, particulares y peatonales cómodas y seguras, por lo que se requiere que la infraestructura vial de esta zona esté en condiciones óptimas que garanticen el progreso de la comunidad. Considerando entonces, que es notorio que el objeto de este proyecto, es de gran importancia para el desarrollo económico-social de la ciudad.

Por lo cual, es primordial identificar las patologías que se presentan en la capa de rodadura, mediante un levantamiento y análisis de daños haciendo uso de la metodología del INVIAS y PCI, con el fin de demostrar la severidad de los mismos y proponer una posible solución mediante un plan de mantenimiento, que garantice una vía segura, cómoda, y eficiente.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el grado de deterioro del pavimento en la Avenida Catama entre carreras 6 y 15 Este, Villavicencio, Meta.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar el estado actual del pavimento mediante una inspección visual.
- Recolectar información de los tipos de fallas y sus causas.
- Determinar el grado de deterioro mediante las metodologías INVIAS y PCI.
- Proponer un plan de mantenimiento teniendo en cuenta el porcentaje de daños de la estructura de pavimentos.

5. ALCANCE

El enfoque que tiene este proyecto es realizar el estudio del grado de deterioro de la capa de rodadura mediante la inspección visual del pavimento en la avenida Catama entre carreras 6 y 15 Este del Barrio san Isidro, siendo este el paso principal para la propuesta de mejoramiento de una vía tan importante para la ciudad. Generando un plan de mantenimiento que le garantice a los usuarios un pavimento con los estándares de calidad adecuado para mejorar las condiciones y necesidades de la comunidad. Para llevar a cabo este estudio se requiere una serie de parámetros y actividades previas que sirven de insumo para la elaboración de dicho plan.

Se hace la recolección de información en campo mediante diagnostico visual, se evalúan los daños presentes en la estructura del pavimento mediante las metodología INVIAS y PC, y con el análisis de los datos se determina el grado de deterioro, por último se plantea como alternativa de solución a la problemática presentada en el pavimento un plan de mejoramiento en el cual se evidencia como mejorar las condiciones del mismo y se garantiza la vida útil del pavimento Es de aclarar que las personas que más se benefician de la vía evidentemente son cercanos.

5.1. ¿CÓMO IDENTIFICAR EL ALCANCE?

- Los principales interesados en que el proyecto se lleve a cabo es la alcaldía de Villavicencio, Meta propietarios de predios y concesiones viales, también la comunidad presente en la zona ya que mejorará la circulación vehicular y peatonal así mismo mejorando la economía de la zona.
- Lo primero que se va a realizar en el proyecto es verificar el estado actual del pavimento de la zona de estudio, segundo evaluar el grado de deterioro del pavimento y así mismo obtener información del mismo, realizar un aforo para determinar el volumen de tránsito por esta zona, así mismo indicar cuales son los tipos de falla, causas y presentar una posible alternativa de solución a esta problemática.
- Obtener información previa del lugar donde se va a llevar a cabo la realización del proyecto, como topografía de la zona, espesores y calidad de cada una de capas del pavimento existente, obras de drenaje y subdrenaje, volumen de tránsito y clima de la zona de estudio que es información útil y especial para llevar a cabo el proyecto.
- El registro del volumen de tránsito es obtenido mediante un aforo que permita determinar los tipos de vehículos y la cantidad de cada uno de estos que circulan por la vía Catama entre las carreras 6 y 15 ESTE.

5.2. ALINEANDO OBJETIVOS Y ALCANCE

El principal enfoque de este proyecto es evaluar el grado de deterioro del pavimento en la avenida Catama entre carreras 6 y 15 Este del barrio san isidro de la ciudad de Villavicencio, Meta posteriormente se establecieron unos objetivos el cual nos permita llevar a cabo este proyecto, uno de los objetivos es la verificación del estado actual del pavimento el cual nos deja conocer la realidad del estado y las inconformidades por las que está pasando la comunidad por el alto grado de deterioro de la vía, además se llevará a cabo una evaluación para así mismo obtener la suficiente información del estado del pavimento y por último una elaboración de formato para identificar las diferentes fallas, causas y posibles alternativas de solución, por lo tanto ayudara a plantear una solución al problema del pavimento y así mejorar las propiedades de los materiales utilizados para garantizar la vida útil de este pavimento y así permitiendo el alcance de este proyecto que es evaluar y dar una solución de ingeniería para garantizar el óptimo desempeño y servicio a la comunidad.

6. MARCO DE REFERENCIA

6.1. MARCO TEÓRICO

6.1.1 Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles

La inspección de pavimentos se lleva a cabo para determinar el porcentaje de área y los tipos de daño que tiene el pavimento, su magnitud, reincidencia y gravedad. Lo anterior, por medio de un formato de inspección que permite registrar toda la información necesaria [3].

6.1.1.1. Formato de inspección – página 1

En la primera página del formato de inspección visual del pavimento flexible está comprendido en 5 partes que se describen a continuación:

- Parte 1: Información general: Es el espacio que permite obtener la información general de la vía, el territorio a la que pertenece, nombre de la vía, su código y adicionalmente se debe establecer la fecha del levantamiento y nombre de quien realiza el levantamiento [3].
- Parte 2: Deterioros: En esta parte del formato es donde se registra toda la información de campo como lo son el tipo de daño, la severidad, ubicación y registro fotográfico [3].
- Parte 3: Aclaraciones: Espacio donde se agrega la descripción de la vía y del daño.
- Parte 4: Geometría de la vía: Se especifica la información de la vía como el número de calzada, ancho de carril, número de carriles por calzada y por último el ancho de la berma [3].
- Parte 5: Comentarios: Espacio adicional para que el ingeniero suministre información que considere que es necesaria e importante para el proyecto [3].

6.1.1.2. Formato de inspección - página 2

En la segunda página del formato de inspección visual de pavimento es de información y apoyo para que el ingeniero pueda realizar el levantamiento adecuadamente.

- Parte 1: En esta primera parte está definido los deterioros a los que puede estar sometido el pavimento y además especifica la severidad de la cada uno de estos [3].
- Parte 2: Comentarios: Espacio para añadir información de consideración y además sobre el procedimiento del levantamiento que se realiza sobre el daño de las bermas [3].

**EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO DEL PAVIMENTO EN LA AVENIDA CATAMA
ENTRE CARRERAS 6 Y 15 ESTE, VILLAVICENCIO - META**



**ESTUDIO E INVESTIGACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS OBRAS DE LA
RED NACIONAL DE CARRETERAS**

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0587 DE 2003

FORMATO PARA LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - V2



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA
SEDE BOGOTÁ**

TIPO DE DAÑO	CONVENC.	SEVERIDADES		
		BAJA	MEDIA	ALTO
FISURAS				
Fisuras longitudinales (m)	FL	Abertura < 1mm o selladas.	Aberturas 1-3mm, sin sello, algunas fisuras leves la cruzan.	Abertura > 3mm, poseen alto desgaste, algunas fisuras median la 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 bloque (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 sellar, 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 3mm, 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 bombeo.
Fisuras por desplazamiento de capas (m2)	FDC	Fisuras < 1mm o selladas.	Fisuras 1-3mm, pueden existir agrietamientos alrededor con aberturas menores a 1mm.	Fisuras > 3mm, pueden existir agrietamientos entre las fisuras con aberturas mayores a 1mm.
Fisuración indiente (m2)	FI	Sin grados de severidad asociados		
DEFORMACIONES				
Ondulaciones (m2)	OND	Altura < 10mm	Altura 10-20mm	Altura > 20mm
Abultamiento (m2)	AB	Altura < 20mm	Altura 20-40mm	Altura > 40mm
Hundimiento (m2)	HUN	Altura < 10mm	Altura 10-25mm	Altura > 25mm
Abundamiento (m2)	AHU	Altura < 10mm	Altura 10-25mm	Altura > 25mm
DAÑOS SUPERFICIALES				
Desgaste superficial (m2)	DSU	Pérdida de la textura uniforme de la superficie, con irregularidades hasta de 3mm.	Profundidad de las irregularidades entre 3mm y 10 mm, se observa el agregado grueso, el vehículo experimenta vibración y ruido.	Ha comenzado a desintegrarse la superficie, presenta desprendimientos 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 extensivo de agregados con separaciones menores a 0.05 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.		
Erodición (m2)	EX	Se hace visible en la superficie en franjas aisladas y de espesor delgado que no cubren los agregados gruesos.	Exceso de asfalto libre que conforma una película cubriendo parcialmente los agregados.	Cantidad significativa de asfalto en la superficie cubriendo casi la totalidad de los agregados, aspecto homogeneo de intensa coloración negra.
Burcos (m2)	SU	Sin grados de severidad asociados.		
DETERIORO DE CAPAS ESTRUCTURALES				
Desmenuamiento (m2)	DC	Altura < 10mm	Altura 10-25mm	Altura > 25mm
Bache o hueco (m2)	BCH	Profundidad < 25 mm, corresponde al desprendimiento de tratamientos superficiales o capas delgadas.	Profundidad entre 25-50 mm, afecta incluso la base asfáltica.	Profundidad > 50mm, llega a afectar la base granular.
Parcheo (m2)	PCH	Está en muy buena condición y se desea poca satisfacción.	Presenta algunos daños de severidad baja a media y delimitados en los bordes.	Presenta daños de severidad alta y requiere ser repavado pronto.
OTROS DAÑOS				
Corrimiento vertical de la berma ⁽¹⁾ (m, h)	CV	Altura < 6mm	Altura 6-25mm	Altura > 25mm
Separación de la berma (m, s)	SB	Ancho < 3mm	Altura 3-10mm	Altura > 10mm
Afloramiento de agua (m) ⁽²⁾	AFA	Sin grados de severidad asociados.		
Afloramiento de finos ⁽³⁾	AFI	Sin grados de severidad asociados.		

COMENTARIOS:

1. En el caso de las bermas, los daños que presenten deben registrarse con las mismas convenciones indicadas adicionando una "B" al final para diferenciarlos de los daños en el pavimento. Los daños reportados como separación y corrimiento vertical de la berma no requieren la adición de la "B" al final.

2. En el caso de los afloramientos de agua se mide en metros (m) la zona afectada cuando no tiene otro daño asociado, sin embargo, cuando el afloramiento se presenta donde existe un daño (por ejemplo una fisura o piel de cocodrilo), se reporta el daño y en las aclaraciones se escribe que posee afloramiento de agua.

3. Dado que el afloramiento de finos siempre se presenta donde existe un daño (por ejemplo una fisura o piel de cocodrilo), se reporta el daño y en las aclaraciones se escribe que posee afloramiento de finos.

Figura 6.2 Formato de levantamiento de daños para estructura de pavimentos flexibles (Parte 2)
Fuente: (INVIAS, 2006)

6.1.1.3. Reporte de daños

Una vez realizado el levantamiento se debe iniciar con el análisis de la información obtenida en el campo y así mismo entregar un informe donde se entregue un reporte de la inspección visual de deterioro en el pavimento.

Con la información obtenida y registrada en el formato, esta información se analiza con la agrupación de datos por el tipo de daño, la severidad que presenta y tramos cada 100 metros por lo cual se ve la necesidad de separar los carriles de las Bermas [3].

6.1.1.4. Daños de carriles

Para llevar a cabo el procesamiento de datos tanto para los daños superficiales como lo daños en la berma se debe hacer en una hoja de cálculo que debe contemplar la siguiente información [3].

- Tramo
- Abscisas 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 (A)
- 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
- Cantidad total de daos por tipo de deterioro (B)
- Peso de cada daño por severidad dentro del área total inspeccionada ©
- Peso del total de cada daño dentro del área total inspeccionada (D)

Ecuación 6-1.

$$\text{Área tramo} = \frac{\text{Ancho de calzada} \times \text{longitud del tramo}}{\text{Área total afectada}}$$

Ecuación 6-2.

$$\% \text{ Afectación vía} = \frac{\text{Área total afectada}}{\text{Área total inspeccionada}} \times 100$$

Ecuación 6-3.

$$\text{Área total afectada} = \sum \text{Daños encontrados}$$

Ecuación 6-4.

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

Ecuación 6-5.

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

Ecuación 6-6.

$$B = \sum \text{Severidad de cada tipo de deterioro}$$

Ecuación 6-7.

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

Ecuación 6-8.

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

6.1.1.5. Reporte de daños en el informe

El informe final debe presentar por separado el reporte de los daños en el carril y los daños en las bermas, también se debe evidenciar fotografías relacionando la fecha que se llevó a cabo el proceso, la ubicación y especificando el tipo de daño presente en el pavimento. El informe final debe tener la siguiente información [3].

- 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).

6.1.2 Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos

Para la inspección del pavimento rígido se lleva un proceso similar al que se realiza con el pavimento flexible, lo que cambia en este proceso es que el pavimento rígido se hace un análisis por losas, los tipos de daños cambian por el diferente comportamiento que presenta el pavimento rígido en comparación con el pavimento flexible [4].



Figura 6.3 Formato de levantamiento de daños para estructura de pavimentos rígido (Parte 1)
Fuente: (INVIAS, 2006)

**EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO DEL PAVIMENTO EN LA AVENIDA CATAMA
ENTRE CARRERAS 6 Y 15 ESTE, VILLAVICENCIO - META**

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA FORMATO PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTO RÍGIDO					
N°	Tipo de daño (unidad de medida)	Símbolo	Severidad ad		
			Baja (B)	Media (M)	Alta (A)
GRIETAS Y AGRIETAMIENTOS					
1	Grietas longitudinales (m)	GL	a < 3mm	3-10 mm	> 10mm
2	Grietas transversales (m)	GT	a < 3mm	3-10 mm	> 10mm
3	Grietas de esquina (m)	GE	a < 3mm	3-10 mm	> 10mm
4	Grietas en los extremos de los pasadores (m)	GP	a < 3mm	3-10 mm	> 10mm
5	Grietas en bloque o múltiples (m2)	GB	Siempre altas		
6	Grietas en pozos o sumideros (m2)	GA	a < 3mm	3-10 mm	> 10mm
JUNTAS					
7	Separación de juntas (m)	SJ	< 3mm	3-25 mm	> 25 mm
8	Deficiencia de sellado (m)	DST, DSL	L < 0,5 m	0,5 - 2 m	> 2 m
DETERIORO SUPERFICIAL					
9	Desportillamiento (m)	DPT, DPL	a < 5 cm	5-15 cm	> 15 cm
10	Descascaramientos (m2)	DE	Sin Severidad		
11	Pulimento (m2)	PU	Fácilmente perceptible.	El área pulimenta tiene un acabado	Apariencia de espejo
12	Desintegración (m2)	DI	Sin Severidad		
13	Cabezas duras (m2)	CD	Sin Severidad		
14	Escalonamiento de juntas (unidad)	EJ	h < 6 mm	6-13 mm	> 13 mm
15	Levantamiento localizado (m)	LET, LEL	h < 5 mm	5-10 mm	> 10 mm
16	Parches (m2)	PCHA, PCHC	Bueno	Daños leves y medios, asent.<5mm	Daños severos, asent. >5 mm
17	Hundimientos o asentamientos (unidad)	HU	No genera molestia o rebote al Conductor	Genera poca molestia al conductor	Causa reducción de velocidad.
OTROS DAÑOS					
18	Fisuramiento por retracción (tipo malla) (m2)	FR	Sin descascarar	desc < 10%	desc > 10%
19	Fisuras ligeras de aparición temprana (m2)	FT	Sin descascarar	Con algunas zonas descascaradas	Agretamiento y descascaramiento
20	Fisuración por durabilidad (m2)	FD	Sin Severidad		
21	Bombeo (m)	BOT, BOL	El agua es expulsada sin arrastrar Finos	Existe una pequeña cantidad del material bombeado en las juntas	Existe una gran cantidad de material bombeado sobre el
22	Ondulaciones (m2)	ON	Genera un rebote leve al vehículo	Genera rebote al vehículo con algo de incomodidad	Genera un rebote excesivo al vehículo, requiere reducir la velocidad
DAÑOS EN BERMAS					
24	Descenso de la berna (m)	DB	h<10 mm	10-30 mm	> 30 mm
25	Separación entre berna y pavimento (m)	SB	Abertura < 3 mm	entre 3 mm y 10 mm	> 10 mm

Figura 6.4 Formato de levantamiento de daños para estructura de pavimentos rígidos (Parte 2)

Fuente:(INVIAS, 2006)

6.1.2.1. Reporte de daños

Para el reporte de los daños se realiza en una hoja de cálculo para así determinar la afectación de las losas con la siguiente información [4].

- Tramo.
- Abscisa inicial y final de cada tramo.
- Total de placas construidas bajo el contrato.
- Número de placas afectadas en el tramo.
- Total de placas afectadas.

- Porcentaje de placas afectadas por tramo con respecto al número de losas de cada tramo.
- Porcentaje de placas afectadas por tramo con respecto al total de losas construidas bajo el contrato.

Además, se debe hallar la afectación en función del área dañada, para ello se utilizan las siguientes formulas.

Ecuación 6-9.

$$\text{Área total afectada} = \sum \text{Daños encontrados en cada tramo}$$

Ecuación 6-10.

$$\text{Área tramo} = \text{Ancho total de la calzada} \times \text{longitud del tramo}$$

Ecuación 6-11.

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

Ecuación 6-12.

$$\% \text{ Afectación de la via} = \frac{\text{Área total afectada}}{\text{Área total inspeccionada}} \times 100$$

- Para analizar las fisuras longitudinales, transversales o en juntas de construcción la longitud registrada se debe multiplicar por el ancho de referencia 0.6 m [4].
- Para desportillamientos en las juntas se multiplica la longitud de afectación por 0.2 m [4].

6.1.2.2. Reporte de daños en el informe

En el informe debe incluir el reporte de daños en el pavimento y en las bermas de forma separada, con la siguiente información [4].

- Abscisas inicial y final del levantamiento.
- Área total inspeccionada.
- Área total afectada.
- Porcentaje de afectación.
- Los deterioros más frecuentes.
- El porcentaje de afectación representado por dichos deterioros.
- Los deterioros menos frecuentes.
- Los tramos de vías más afectados.

6.1.3 Metodo PCI (Pavement Condition index)

El PCI es un índice numérico que evalúa la condición del pavimento desde cero para un pavimento en mal estado hasta cien para un pavimento en perfecto estado.

Tabla 6-1. Rangos de calificación del PCI

RANGOS	CLASIFICACIÓN
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy malo
10 – 0	Fallado

Fuente: Vásquez, 2002

6.1.3.1. Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento

Para llevar a cabo la realización del procedimiento del método PCI se da inicio con un trabajo visual de campo el cual nos permite identificar los daños, severidad y la extensión de estos mismos, seguidamente se llenan los siguientes formatos.

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO				ESQUEMA		
ZONA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO		
CÓDIGO VÍA		ABSCISA FINAL		ÁREA MUESTREO (m²)		
INSPECCIONADA POR				FECHA		
No.	Daño	No.	Daño			
1	Piel de cocodrilo.	11	Parcheo.			
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.			
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.			
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.			
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.			
6	Depresión.	16	Desplazamiento.			
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)			
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.			
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados.			
10	Grietas long y transversal.					
Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Densidad (%)	Valor deducido

Figura 6.5 Formato de exploración de condición para carreteras con Pavimento rígido.

Fuente: Vásquez, 2002

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					
ZONA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO	
CÓDIGO VÍA		ABSCISA FINAL		NÚMERO DE LOSAS	
INSPECCIONADA POR				FECHA	
No.	Daño	No.	Daño	No.	Daño
21	Blow up / Buckling.	27	Desnivel Carril / Berma.	34	Punzonamiento.
22	Grieta de esquina.	28	Grieta lineal.	35	Cruce de vía férrea
23	Losa dividida.	29	Parcheo (grande).	36	Desconchamiento
24	Grieta de durabilidad "D".	30	Parcheo (pequeño)	37	Retracción
25	Escala.	31	Pulimento de agregados	38	Descascaramiento de esquina
26	Sello de junta.	32	Popouts	39	Descascaramiento de junta
		33	Bombeo		
Daño	Severidad	No. Losas	Densidad (%)	Valor deducido	ESQUEMA
					o o o o o
					10
					o o o o o
					9
					o o o o o
					8
					o o o o o
					...
					o o o o o
					1 2 3 4

Figura 6.6 Formato de exploración de condición para carreteras con superficie en concreto hidráulico
Fuente: Vásquez 2002

Debe hallarse las unidades de muestreo para la evaluación con la siguiente formula:

Ecuación 6-13.

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N - 1) + \sigma^2}$$

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar

N: Número total de unidades de muestreo en selección al pavimento

E: Error admisible en el estimativo del PCI de la selección (e=5%)

σ: Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Ecuación 6-14.

$$i = \frac{N}{n}$$

i: Intervalo de muestreo (se redondea al número inferior)

Con el intervalo de muestreo y el número de unidades de muestreo a evaluar se definen la cantidad de tramos, la distancia entre ellos debe ser igual.

Cuando se concluya la inspección de campo se procede a calcular el PCI de las unidades de muestreo, este procedimiento varía según el tipo de pavimento (rígido o flexible).

Finalmente se determina el PCI del pavimento con la siguiente formula:

Ecuación 6-15.

$$PCI = \frac{((N - A) \times PCI_R) + (A \times PCI_S)}{N}$$

Donde:

PCIs: PCI de la sección del pavimento.

PCI_R: PCI promedio de las unidades de muestreo aleatoria o representativas.

PCI: promedio de las unidades de muestreo en la sección.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección.

A: Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

6.1. MARCO CONCEPTUAL

6.2.1 Subrasante

La Subrasante debe estar en óptimas condiciones la cual tenga la capacidad de resistir las cargas y esfuerzos que son transmitidos por el pavimento. La calidad de la subrasante es lo que define e interviene en el diseño del espesor de la capa de pavimento, proporcionando el nivel necesario de la subrasante para conservar la integridad en todo momento aun en condiciones severas de humedad del suelo [5].

6.2.2 Obras de drenaje

Obras que se utilizan principalmente para eliminar humedad y agua del pavimento en los cuales se encuentra los drenajes superficiales y drenajes de aguas subterráneas.

6.2.3 Obras de subdrenaje

Obras que son esencialmente para eliminar el exceso de aguas internas del suelo por medio de filtros y drenes longitudinales, se intercepta los flujos subterráneos y descende el nivel freático [5].

6.2.4 Pavimentos

Es una estructura que está formada por varias capas superpuestas de forma horizontal, tienen la capacidad de resistir las cargas transmitidas por el tránsito y los cambios climáticos de la región [5].

Características y funciones de los pavimentos:

- Resistir las cargas transmitidas por el tránsito.
- Soportar cambios climáticos.
- Seguridad vial, textura y color.
- Durable.
- Cómodo.

- Económico.
- Ser armónico con las obras de drenaje.

6.2.5 Pavimento rígido

El pavimento rígido tiene una vida útil de 20 años, está constituido por una losa de concreto hidráulico que soporta y transmite al nivel adecuado los esfuerzos que se aplican, apoyada sobre la subrasante o una capa de material seleccionado la cual se le denomina subbase del pavimento rígido [5].

6.2.6 Factores a considerar en el diseño de pavimentos

6.2.6.1. Tránsito

El tránsito es un factor de gran importancia que nos permite dimensionar el tipo de pavimento de acuerdo al flujo vehicular que se presente en la zona de estudio, por ende, nos facilita saber las cargas que son transmitidas y seleccionar la estructura que se va a desarrollar en la vía.

6.2.6.2 Clima

Los principales factores que afectan el pavimento son la lluvia y los cambios de temperatura de la región.

6.2.7 Tipos de daños en los pavimentos rígidos

Los principales daños que se presentan en los pavimentos rígidos son grietas, deterioro de las juntas, deterioro superficial y otros deterioros.

6.2.7.1 Grietas

Las grietas que tienen un ancho menor a 0.03 mm se denominan fisura, además existen varios tipos de grietas como lo son:

- Grietas de esquina.
- Grietas longitudinales.
- Grietas transversales.
- Grietas en los extremos de los pasadores.
- Grietas en bloque o fracturación múltiple.
- Grietas en pozos o sumideros.

6.2.7.2 Deterioro de las juntas

Es la abertura que se presenta en la junta longitudinal o transversal, el daño se presenta especialmente en el pavimento rígido.

6.2.7.3 Deterioro superficial

Es la desintegración que presenta una junta “longitudinal, transversal” con desprendimientos y pérdida de trozos del pavimento, además existen diversos tipos de deterioros superficiales como:

- Desportillamiento de juntas.
- Descascaramientos.
- Desintegración.
- Baches.
- Pulimento.
- Escalonamiento de juntas longitudinales y transversales.
- Levantamiento localizado.
- Parches.
- Hundimientos o asentamientos.

6.2.7.4 Otros tipos de deterioro

En el manual de inspección visual de pavimentos trata otros tipos de deterioro como son los siguientes:

- Fisuración por retracción o tipo malla.
- Fisuras ligeras de aparición temprana.
- Fisuración por durabilidad.
- Bombeo sobre la junta longitudinal, bombeo sobre la junta transversal.
- Ondulaciones.
- Descenso de la berma.
- Separación entre la berma y el pavimento.

6.2.8 Mantenimiento

El mantenimiento es un conjunto de actividades que se realizan para la preservación de una carretera y de sus componentes tales como berma, calzada, derecho de vía, obras de drenaje, dispositivos de seguridad y el control de tránsito, etc. El mantenimiento tiene como objetivo garantizar que la carretera siga prestando de manera efectiva el servicio para el cual fueron construidos [6].

6.2.8.1 Actividades de mantenimiento periódico

Son las actividades que se requieren en un periodo superior a un año en una carretera y de sus componentes, estas actividades se pueden programar con antelación debido a que el deterioro o fallo de la carretera es determinado principalmente por las condiciones ambientales y por el tránsito [6].

6.2.8.2 Actividades de mantenimiento rutinario

Son las actividades que están destinadas a reparar deterioros que se producen en una carretera y de sus componentes en el transcurso del año.

6.2. ESTADO DEL ARTE

En la última década, tanto en Colombia como en otros países suramericanos como Perú, Ecuador, Bolivia y Argentina, se han tenido estudios e investigaciones acerca de métodos para el mantenimiento de vías, permitiendo el aprovechamiento de recursos naturales y materiales a menores costos, logrando así un equilibrio ambiental, económico y técnico, aplicando soluciones de forma sostenible [7].

En Colombia el INVIAS como principal institución de Colombia ofrece un servicio de alta calidad con el índice de condición del pavimento PCI a la comunidad con el fin de inspeccionar, mitigar y reportar las posibles afectaciones al pavimento flexible, teniendo como principales daños presentes en una estructura: fisuras, deformaciones, pérdida de capas estructurales, daños superficiales, entre otros [8].

Por consiguiente se realizó una investigación detallada de los posibles procesos para mitigar el grado de deterioro del pavimento en la ciudad de Villavicencio, teniendo en cuenta investigaciones y estudios: *“Plan de mantenimiento para el pavimento de la avenida del llano calzada NS desde la glorieta de la grama hasta la calle 35 en Villavicencio, en base a la inspección visual de daños”* [9], identificando las fallas existentes en la vía para prolongar la vida útil de la estructura del pavimento, mediante el método de PCI que permite seleccionar unidades de muestreo para analizar los daños, buscando aumentar la capacidad estructural de la vía reduciendo los costos de mantenimiento y construcción [9].

De tal manera que en la ciudad de Villavicencio se ve afectado “el deterioro del pavimento en la avenida Catama con ubicación entre carreras 6 y 15 este de la ciudad de Villavicencio-meta” donde se evidencia que el problema comenzó a partir de las avenidas torrenciales, ya que cubre los cráteres ocurriendo accidentes donde se involucran tantos autos, motocicletas y hasta peatones [10].

Según “Evaluación alternativas pavimentación vías bajos volúmenes de tránsito” [7], las soluciones de pavimentación de vías están clasificadas de acuerdo con sus características y con el grado de conocimiento en su aplicación, al igual se debe tener en cuenta los altos volúmenes de tránsito, los tránsitos atraídos y generados para calcular la vida útil de pavimento correctamente.

Por otro lado, la inexperiencia y de habilidades técnicas, escasez de estándares, guías o de especificaciones, la insuficiencia de datos técnicos sobre el desempeño en diferentes condiciones climáticas, las incertidumbres en aspectos de ingeniería influyen en la obstaculización del desarrollo y el empleo de materiales no estándar y uso de nuevas tecnologías en la construcción de carreteras [7].

6.3. MARCO NORMATIVO

Tabla 6-2. Tabla marco normativo

NORMA	TITULO	DESCRIPCION
Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles	Estudio de investigación del estado actual de las obras de la red nacional de carreteras [3].	El manual de inspección visual de pavimento flexible es una recopilación de información entre la Universidad Nacional de Colombia y la institución del INVIAS para el reporte de daños
Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos	Estudio de investigación del estado actual de las obras de la red nacional de carreteras [11].	El manual de inspección visual de pavimento rígido es una recopilación de información entre la Universidad Nacional de Colombia y la institución del INVIAS para el reporte de daños
Método PCI	Índice de condición del pavimento	Este método lo que busca es evaluar las condiciones del pavimento como se encuentra actualmente
Manual de mantenimiento de carreteras	Manual de mantenimiento de carreteras	El manual de mantenimiento de carreteras da los parámetros necesarios para la realización de estas actividades dependiendo del tipo de daño

Fuente: Autor 2020

6.4. MARCO GEOGRÁFICO

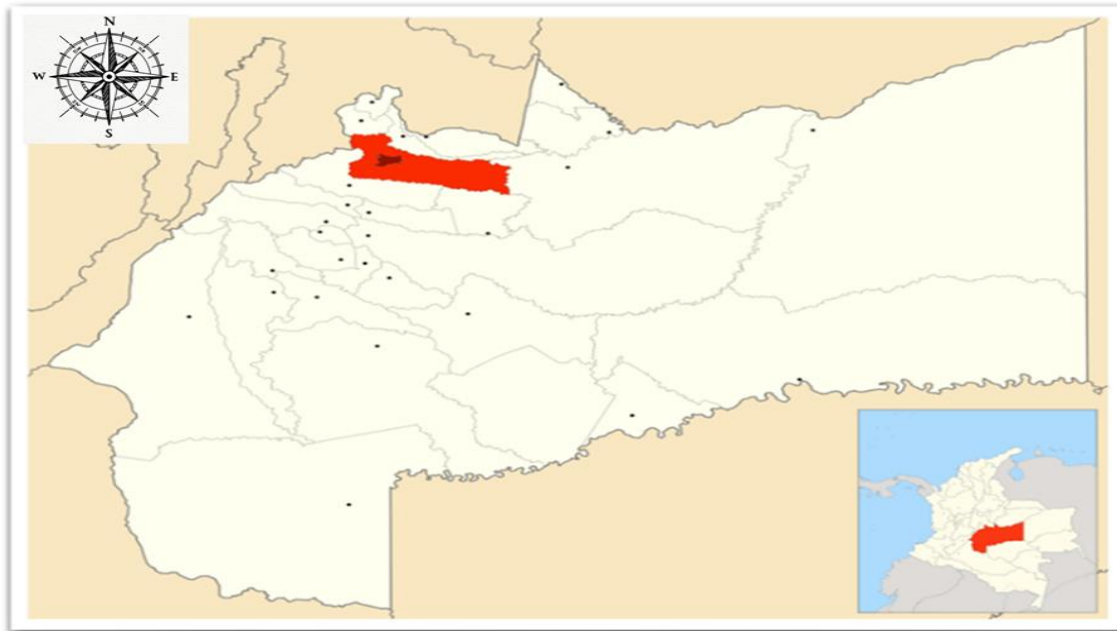


Figura 6.7. Mapa de la localización de la ciudad de Villavicencio en el departamento del Meta, Fuente: Sitio web de la Alcaldía de Villavicencio.



Figura 6.8. Mapa de la localización del tramo de estudio, Fuente: Google Maps

7. METODOLOGÍA

Para este proyecto de enfoque cualitativo sobre la evaluación del pavimento bajo el manual de inspección visual del pavimento flexible y rígido se tendrá en cuenta 5 etapas para la realización del mismo.

7.1. DESCRIPCIÓN DE ETAPAS Y TAREAS

El proyecto estará definido en 5 etapas:

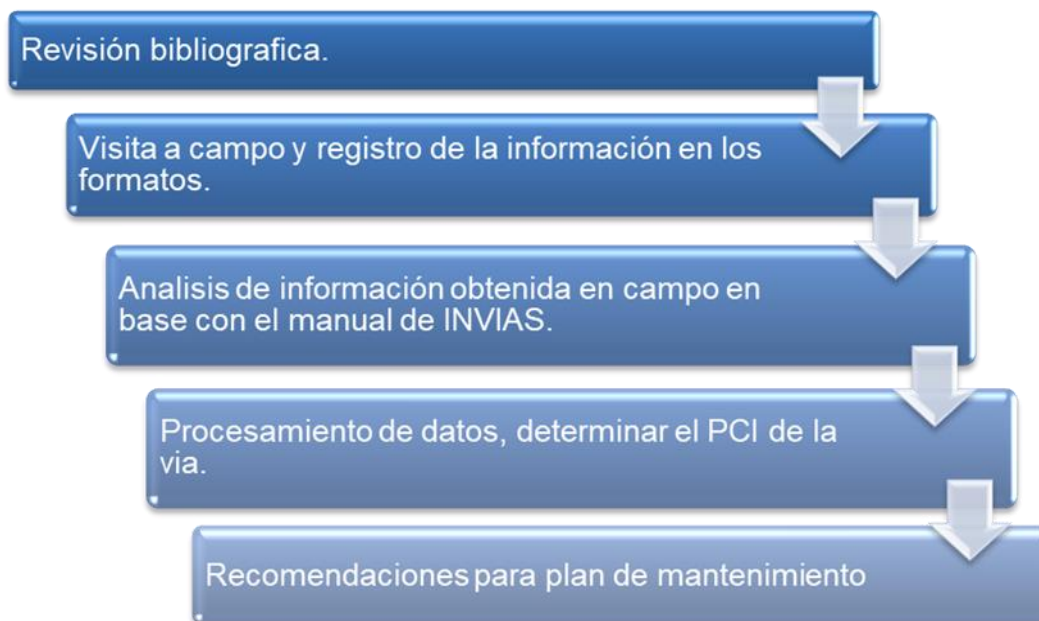


Figura 7.1 Metodología.
Fuente: Autor, 2020

ETAPA 1: En el proyecto de evaluar el grado de deterioro del pavimento se ve la necesidad de antemano realizar una revisión bibliográfica acerca de la zona de estudio y además si se ha realizado un estudio previo en ese sector, obtener información acerca de los factores climáticos de la ciudad y del estado actual del pavimento.

ETAPA 2: Seguidamente de la revisión bibliográfica se realizará la visita a campo de toda la zona de estudio e identificar los daños y tener un registro fotográfico del proceso, así mismo recolectar toda la información necesaria y registrarla en los formatos del manual de inspección visual del pavimento de INVIAS.

ETAPA 3: Con la información registrada en campo se realizará un análisis de esta misma con ayuda del manual de inspección visual de pavimentos INVIAS.

ETAPA 4: En esta fase del proyecto lo que se busca es desarrollar el método del PCI de la vía con toda la información registrada en la fase 2 de este proyecto.

ETAPA 5: Finalmente con la recolección de información, análisis de esta misma y del desarrollo del método PCI se recomendará planes para una solución y mantenimiento de cada uno de los daños encontrados entre las carreras 6 y 15 Este de la avenida Catama.

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

Tabla 7-1. Población, variables de recolección de datos

Población	Vehículos, daños de la vía.
Muestras	Fichas técnicas, fotografías.
Variables	Tránsito, longitud de vía, severidad de daños, clima
Instrumentos de medición	Manuales de inspección del INVIAS, formatos de inspección del Método PCI, cinta métrica.

Fuente: Propia, 2020.

8. ETAPA PRELIMINAR

La ciudad de Villavicencio es el centro comercial más importante de los llanos orientales y se encuentra ubicada en el piedemonte de la cordillera oriental y en la margen derecha del río Guatiquía.

- **Clima:** La ciudad de Villavicencio tiene un clima cálido y la temperatura promedio oscila entre los 28 °C – 31 °C.



Figura 8.1. Precipitaciones – Villavicencio, Colombia
Fuente: IDEAM

- **Economía:** La economía en la ciudad de Villavicencio se basa principalmente en la ganadería, agricultura, minería y un agitado comercio como pilares del desarrollo de los llanos orientales, se destaca por el desarrollo económico generado por las vías de comunicación que canalizan el interior y centro del país.
- **Turismo:** El turismo en la ciudad de Villavicencio se destaca principalmente por los tours a senderos ecológicos, fincas agroturísticas y monumentos como el parque de malocas y cristo rey.
- **Cultura:** Villavicencio como parte de la región de los llanos orientales de Colombia ha encontrado las condiciones para forjar una identidad como cultura llanera con lo que sobresale la gastronomía y su plato típico como es la mamona y el pan de arroz, el joropo como baile típico y el coleo como folclor.
- **Infraestructura vial:** La infraestructura vial de la ciudad de Villavicencio dispone de 8 corredores viales y en la que se destaca la avenida Catama como la vía más extensa de la ciudad.

9. ETAPA 1. LEVANTAMIENTO DE DAÑOS, REGISTRO DE INFORMACIÓN DE LA VISITA A CAMPO EN LOS FORMATOS DE INVIAS.

9.1. LEVANTAMIENTO DE DAÑOS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN FORMATO INVIAS.

Desde la abscisa K0+000 hasta el K1+665 el pavimento es flexible, para dicho levantamiento de daños se utilizó como guía el formato del INVIAS para pavimento flexible.

Parte del levantamiento de daños en el pavimento flexible se permite capturar la información general de la vía como se puede evidenciar en la figura 9.1

	TERRITORIAL: Orinoquia	FECHA: 20/07/2020	CONCESION: _____	
	CODIGO DE LA VIA: _____	CONTRATO N°: _____	MANTENIMIENTO INTEGRAL: _____	
	NOMBRE DE LA VIA: VIA CATAMA	LEVANTADO POR: A. PARRADO – A. NIETO	A.M.V. _____	

Figura 9.1. Información general de la vía, pavimento flexible.
Fuente: Propia, 2020

Después de obtener la información general de la vía se realizó el recorrido para realizar el levantamiento de daños y su posterior registro en el formato del INVIAS, el formato está compuesto de izquierda a derecha por los siguientes ítems.

- **Abscisa:** Para el registro de daños se hizo de abajo hacia arriba en el formato en el sentido del abscisado colocando la abscisa inicial como K0+000 hasta el tramo 16 con separación cada 100 m, el tramo 17 está separado a 65 m porque hasta ahí finaliza el pavimento flexible y empieza el pavimento rígido, el tramo 18 este compuesto de 35 m y a partir de allí se hace nuevamente cada 100 m.
- **Carril:** La calzada de la vía Catama tiene 2 carriles en la misma dirección, para ubicar el tipo de daño se especificó si este se encontraba en el carril derecho o izquierdo, no se tuvo en cuenta el eje de la calzada ya que en el transcurso del recorrido no se evidencia ningún daño en el eje de la calzada.
- **Tipo:** El tipo de daño se relacionó de acuerdo a la figura 6.2
- **Severidad:** De acuerdo a la figura 6.2 se detalló la severidad de cada tipo de daño en el pavimento flexible estableciéndolo de la siguiente manera; donde A: Alto, M: Medio, B: Bajo.
- **Dimensión del daño:** Largo y ancho en m.

- **Dimensión de la reparación:** Largo y ancho en m.
- **Foto:** Registro fotográfico de cada uno de los diferentes daños presentes en el levantamiento realizado.
- **Comentarios y aclaraciones:** Como complemento del levantamiento de daños se hacen unos comentarios generales del estado del pavimento y aclaraciones breves frente a el daño registrado.

A continuación, se presenta una sección del levantamiento realizado en la Vía Catama.

Patología											Aclaraciones
ABSCISA	Carril					Daño		Reparación			
	Izquierdo	centro	Derecho	Tipo	Severidad (m)	Largo (m)	Ancho (m)	Largo (m)	Ancho (m)	Foto	
k1+665		x		DSU	B	90				17	Se presenta en toda la calzada
k1+600			x	PCH	M	4,15	1,5			16	
k1+500		X		FB	B	1,2	0,6			15	
k1+400	X			FL	B	2,1				14	
k1+300			x	BCH	A	5,2	2			13	
k1+200	X			BCH	M	0,4	0,3			12	
k1+100			X	FT	A	7,4				11	
k1+000		X		DC	A	0,45	0,35			10	
k0+900			X	FT	A	3,3				9	
k0+800			X	DC	A	0,8	0,5			8	
k0+700		X		FB	A	12	3,2			7	
k0+600			x	FL	M	9				6	
k0+500			x	DC	M	0,25	0,7			5	
k0+400			x	DC	M	0,8	0,4			4	
k0+300			x	PC	A	6,2	3,1			3	
k0+200	x			FB	A	5,1	2,85			2	
k0+100	x			DC	A	1,5	0,4			1	
k0+000											

Figura 9.2 Registro de daños, pavimento flexible.
Fuente: Propia, 2020

Para finalizar el levantamiento de daños en el pavimento flexible se registro la parte geométrica de la vía y comentarios posteriormente.

Número de calzada: 1	Comentarios: Se nota un deterioro superficial en todo el tramo de estudio, que se evidencia durante el levantamiento de daños.
Número de carriles por calzada: 3	
Ancho de carril: 3,8 Ancho de la berma: N/A	

Figura 9.3 Geometría y comentarios del levantamiento de daños, pavimento flexible.
Fuente: Propia, 2020

9.2. LEVANTAMIENTO DE DAÑOS DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN FORMATO INVIAS.

Desde la abscisa K1+665 hasta el K2+000 el pavimento es rígido, para dicho levantamiento de daños se utilizó como guía el formato del INVIAS para pavimento rígido.

Parte del levantamiento de daños en el pavimento rígido se permite capturar la información general de la vía como se puede evidenciar en la figura 9.4

	TERRITORIAL: Orinoquia	FECHA: 20/07/2020	CONCESION: _____	
	CODIGO DE LA VIA: _____	CONTRATO N°: _____	MANTENIMIENTO INTEGRAL: _____	
	NOMBRE DE LA VIA: VIA CATAMA	LEVANTADO POR: A. PARRADO – A. NIETO	A.M.V. _____	

Figura 9.4 Información general de la vía, pavimento rígido.
Fuente: Propia, 2020

Después de obtener la información general de la vía se realizó el recorrido para realizar el levantamiento de daños del pavimento rígido y su posterior registro en el formato del INVIAS, el formato está compuesto de izquierda a derecha por los siguientes ítems.

- Abscisa: Para el registro de daños se hizo de abajo hacia arriba en el formato en el sentido del abscisado colocando la abscisa PR inicial como K1+665 hasta el tramo 21 denominado K2+000 dando por finalizado el levantamiento de daños.
- Número y letra de la placa: Hace referencia a la losa evaluada y está compuesto por dos casillas; el número se le asigna a la losa que presenta deterioro y la letra a la cantidad de filas de losas que se encuentra en la calzada.
- Dimensiones de la losa: Largo= 3.5 m y ancho= 3.5 m de la losa durante los 335 m del pavimento rígido.
- Tipo de daños: El tipo de daño se relacionó de acuerdo a la figura 6.4

- Dimensión del daño: largo m y ancho m.
- Dimensión de la reparación: Largo m y ancho m.
- Foto: Registro fotográfico de cada uno de los diferentes daños presentes en el levantamiento realizado.
- Comentarios y aclaraciones: Como complemento del levantamiento de daños se hacen unos comentarios generales del estado del pavimento rígido y aclaraciones breves frente a el daño registrado.

El registro de daños del pavimento rígido se hizo de forma ascendente de forma cómo va el abscisado y se puede evidenciar en la figura 9.5

Patología												Aclaraciones
Abscisa	N° Placa		Dimensión de la losa				Daño		Reparación			
	#	Letra	Largo	Ancho	Tipo	Severidad	Largo	Ancho	Largo	Ancho	Foto	
k2+000	3	A	3,5	3,5	DI	A	14,5	3,5	14,5	3,5	5	
k1+900	3	B	3,5	3,5	SJ	A	1,2				4	
k1+800	4	A	3,5	3,5	GL	A	7				3	
k1+700	4	C	3,5	3,5	EJT	A		3,5			2	
k1+665	4	B	3,5	3,5	GE	A	0,9	0,2			1	

Figura 9.5 Registro de daños, pavimento rígido.

Fuente: Propia, 2020

A continuación, se presenta la información que hace referencia a la geometría de la vía y además el espacio de observaciones haciendo descripción de algún detalle o hecho importante relacionado a el levantamiento de daños realizado.

Numero de calzada: 1	Observaciones: Se nota un deterioro superficial en todo el tramo de estudio.
Número de carriles por calzada: 2	
PR Inicial: k1+ 665 PR Final: k2+000	
Ancho de la berma: N/A Espesor de la losa: 0,1 m	

Figura 9.6 Geometría y observaciones de la vía, pavimento rígido.

Fuente: Propia, 2020

9.3. LEVANTAMIENTO DE DAÑOS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN FORMATO PCI.

Para el levantamiento de daños del pavimento flexible por el método PCI se inició determinando la longitud y el número total de unidades de muestreo de la vía, la longitud de la unidad de muestreo la establece el ancho de la calzada de acuerdo el método PCI si el ancho de la calzada es superior a los 7.3 m la longitud de la unidad de muestreo es 31.5 m, después se dividió la longitud total del pavimento flexible entre la longitud de la unidad de muestreo para determinar el número total de unidades de muestreo.

Ancho de la calzada m	11,4
Longitud del pavimento flexible m	1665
Longitud de la unidad de muestreo m	31,5

Figura 9.7 Longitud de la unidad de muestreo.

Fuente: Propia, 2020

Una vez se obtuvo la longitud de la unidad de muestreo se determinaron los valores del error admisible y la desviación estándar del pavimento flexible se aplicó la ecuación 6.13 y 6.14 para calcular los valores de n y i respectivamente donde el valor de las unidades de muestreo a evaluar (n) fue 12 y el intervalo de muestre (i) fue 4, además se escogió una unidad adicional para tener una cobertura más completa del área de estudio por lo que finalmente se evaluaron 13 unidades de muestreo.

Tabla 9-1. Datos para hallar n, i

Tipo de pavimento	Flexible
ANCHO DE LA CALZADA	11.4 m
Longitud de la vía	2000 m
Longitud del pavimento flexible	1665 m
Error admisible e%	5
Desviación estándar	10

Tabla 9-2. Unidades de muestre intervalo, pavimento flexible

Longitud de una unidad de muestreo	31.5
Número total de unidades de muestreo	52.86
Unidades de muestreo a evaluar (n)	12
Intervalo de muestreo (i)	4
Unidad de muestreo inicial	1

Los datos se registraron en el formato PCI para pavimento flexible como el de la figura 6.5, además para cada unidad de muestreo se utilizó un formato, se inició con la información general del tramo como se puede evidenciar en la siguiente figura.

EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO			
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO	
Villavicencio/Meta	K0+000	1	
CODIGO VIA	ABSCISA FINAL	AREA MUESTREO (m2)	
	K0+31,5	359,1	
INSPECCIONADA POR		FECHA	
Alexander parrado - Anderson nieto		20/07/2020	
No.	Daño	No.	Daño
1	Piel de cocodrilo.	11	Parcheo.
2	Exudacion.	12	Pulimento de agregados.
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de via ferrea.
5	Corrugacion.	15	Ahuellamiento.
6	Depresion.	16	Desplazamiento.
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabolica (slippage).
8	Grieta de reflexion de junta.	18	Hinchamiento.
9	Desnivel carril / Berma.	19	Desprendimiento de agredados.
10	Grietas long y transversal.		

Figura 9.8 Información general del pavimento flexible, formato PCI
Fuente: Propia, 2020

A continuación, se registró información de cada uno de los daños presentes en la vía.

- Daño
- Severidad: Alto=H, Medio=M, Bajo=L
- Cantidades parciales: Las dimensiones del daño.

Foto	Daño	Severidad	Cantidades parciales			Total	Densidad (%)	Valor deducido
			Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m2)			
1	15	M	4,3	1,1	4,73	4,73	1,317%	27
2	15	H	3,8	1,2	4,56	21,48	5,982%	92
3	15	H	9,4	1,8	16,92			
4	10	L	1,3	0,4	0,52	0,79	0,22%	21
5	10	L	0,9	0,3	0,27			

Figura 9.9 Registro de daños pavimento flexible, formato PCI

Fuente: Propia, 2020

9.4. LEVANTAMIENTO DE DAÑOS DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN FORMATO PCI.

Para la inspección del pavimento rígido por el método PCI se definieron 3 tramos con 86 losas. A continuación, se determinó las unidades de muestreo y el intervalo de muestreo que corresponde a cada tramo.

Tabla 9-3. Datos para determinar n, i, para el pavimento rígido

Número total de unidades de muestreo (N)	86
Error admisible e (%)	5
σ Pavimento Rígido	15

Fuente: Propia, 2020

Por tener el mismo número de losas los 3 tramos resultan con la misma cantidad de unidades de muestreo e intervalo.

Tabla 9-4. Unidades de muestreo e intervalo

Unidades de muestreo (n)	25
Intervalo de muestreo (i)	3

Fuente: Propia, 2020

Con las unidades de muestreo e intervalo definidos se inició la inspección en campo que se realizó simultáneamente con la inspección para el INVIAS.

EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO		
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO
Villavicencio/Meta	K1+665	1
CODIGO VIA	ABSCISA FINAL	NÚMERO DE LOSAS
	K1+765	28
INSPECCIONADA POR		FECHA
Alexander parrado - Anderson nieto		20/07/2020

Figura 9.10 Información general, formato PCI

Fuente: Propia, 2020.

- Daño y severidad: El tipo de daño con su respectiva severidad presente en cada losa de acuerdo a la clasificación establecida por el método PCI.
- N° losas: Número de losas que presenta el daño.
- Densidad: La relación que se presenta en el numero total de losas evaluadas con las losas de la unidad de muestreo.

10. ETAPA 2. ANALISIS DE INFORMACIÓN OBTENIDA DE ACUERDO A EL MANUAL DE INVIAS.

10.1. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, FORMATO INVIAS.

Para realizar el análisis de la sección de la vía que se está estudiando, comprendida en la carrera 6 y carrera 15 este, de la vía Catama en el sentido Sur-Norte, se analizan las características, el comportamiento y se registra un análisis fotográfico del estado de la vía. A través de este análisis se encontró que la sección vial que se está evaluando es de 2 Kilómetros de longitud y está comprendida de una sección de pavimento rígido de 335 metros y una sección de pavimento flexible de 1.665 metros. Con los formatos de levantamiento de pavimentos suministrados por el INVIAS, se enunciaron y clasificaron las patologías que se presentan en la sección vial estudiada. La tabla 10.1 presenta un análisis de las patologías y la afectación de los tramos que conforman el pavimento flexible según el formato de procesamiento y análisis de datos. En la tabla 10.1 se presenta:

- Los tramos, que comprenden 100 metros de la sección vial que se está evaluando
- El área del tramo que es la longitud de 100 metros por el ancho de la calzada que es de 11,4 metros
- Los daños en el pavimento flexible y el área de afectación de cada daño encontrado en el estudio de estado vial
- **DSU:** es el desgaste superficial de la carpeta asfáltica, presente en todo el tramo y en mayor concentración hacia el carril central de la vía
- **PCH:** Parches en áreas definidas en el capítulo anterior
- **FB:** Fisuras en bloque aproximadamente rectangulares
- **FL/FT:** Fisuras longitudinales y transversales que representan discontinuidades en la carpeta asfáltica
- **BCH:** baches que generan desintegración total de la carpeta asfáltica
- **DC:** Descascaramiento a diferencia de los baches se presenta desprendimiento de la carpeta asfáltica, pero sin afectar las capas subyacentes
- El área total de afectación del tramo que equivale a la sumatoria de los daños acumulados presentados en el tramo
- El porcentaje de afectación por tramo
- El área de afectación clasificado por severidad, conocidas como baja (B), media (M) y alta (A)
- Un análisis de la incidencia que tiene particularmente cada daño en el pavimento y la severidad.

EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO DEL PAVIMENTO EN LA AVENIDA CATAMA ENTRE CARRERAS 6 Y 15 ESTE, VILLAVICENCIO
- META

TRAMO	ABCISA		AREA TRAMO (m2)	DAÑOS EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE																					TOTAL	AFECTACION POR TRAMO	
				DSU			PCH			FB			FL			BCH			FT			DC					
	B	M		A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A					
T1	k0+00 0	k0+10 0	1140																					0,00	0,00%		
T2	k0+10 0	k0+20 0	1140	380																			0,6	380,60	33,39%		
T3	k0+20 0	k0+30 0	1140	380								14,54													394,54	34,61%	
T4	k0+30 0	k0+40 0	1140	380					19,22																399,22	35,02%	
T6	k0+40 0	k0+50 0	1140	380																			0,32		380,32	33,36%	
T7	k0+50 0	k0+60 0	1140	380																			0,18		380,18	33,35%	
T8	k0+60 0	k0+70 0	1140	380									5,4												385,40	33,81%	
T9	k0+70 0	k0+80 0	1140	380											38,4											418,40	36,70%
T10	k0+80 0	k0+90 0	1140	380																	0,4				380,40	33,37%	
T11	k0+90 0	k1+00 0	1140	380														1,98							381,98	33,51%	
T12	k1+00 0	k1+10 0	1140	380																				0,158	380,16	33,35%	
T13	k1+10 0	k1+20 0	1140	380																	28,12				408,12	35,80%	
T14	k1+20 0	k1+30 0	1140	380												0,12									380,12	33,34%	
T15	k1+30 0	k1+40 0	1140	380													10,4								390,40	34,25%	
T16	k1+40 0	k1+50 0	1140	380								1,26													381,26	33,44%	
T17	k1+50 0	k1+60 0	1140	380						0,72															380,72	33,40%	
T18	k1+60 0	k1+66 5	741	342				6,23																	348,23	46,99%	
Área total inspeccionada			18981																		Área total afectada					6170,03	32,51%

Área total afectada por severidad y por daño (m2)	6042	0	0	0	6,23	19,22	0,72	0	52,94	1,26	5,4	0	0	0,12	10,4	1,98	0	28,12	0,4	0,50	0,758
---	------	---	---	---	------	-------	------	---	-------	------	-----	---	---	------	------	------	---	-------	-----	------	-------

área total afectada por daño	6042			25,45			53,66			6,66			10,52			30,10			1,65		
Peso del daño dentro del área inspeccionada según severidad (%)	32	0	0	0	0,03	0,10	0,004	0	0,28	0,01	0,03	0	0	0,001	0,05	0,01	0	0,15	0,002	0,003	0,004
Peso total del daño dentro del área inspeccionada (%)	32%			0,13%			0,28%			0,035%			0,06%			0,16%			0,01%		

Figura 10.1 Procesamiento de daños

A partir de la información de la figura 10.1 se grafican los datos obtenidos con el fin de interpretar con mayor facilidad el comportamiento de los daños en el pavimento que se está evaluando

La primer grafica que se realiza es la del área afectada por tramos, en esta se presenta en un gráfico de barras donde el eje de las abscisas corresponde a los tramos que comprenden el pavimento flexible y el eje de las ordenadas al área afectada por los daños en m². Esta grafica se ilustra en la figura 10.1

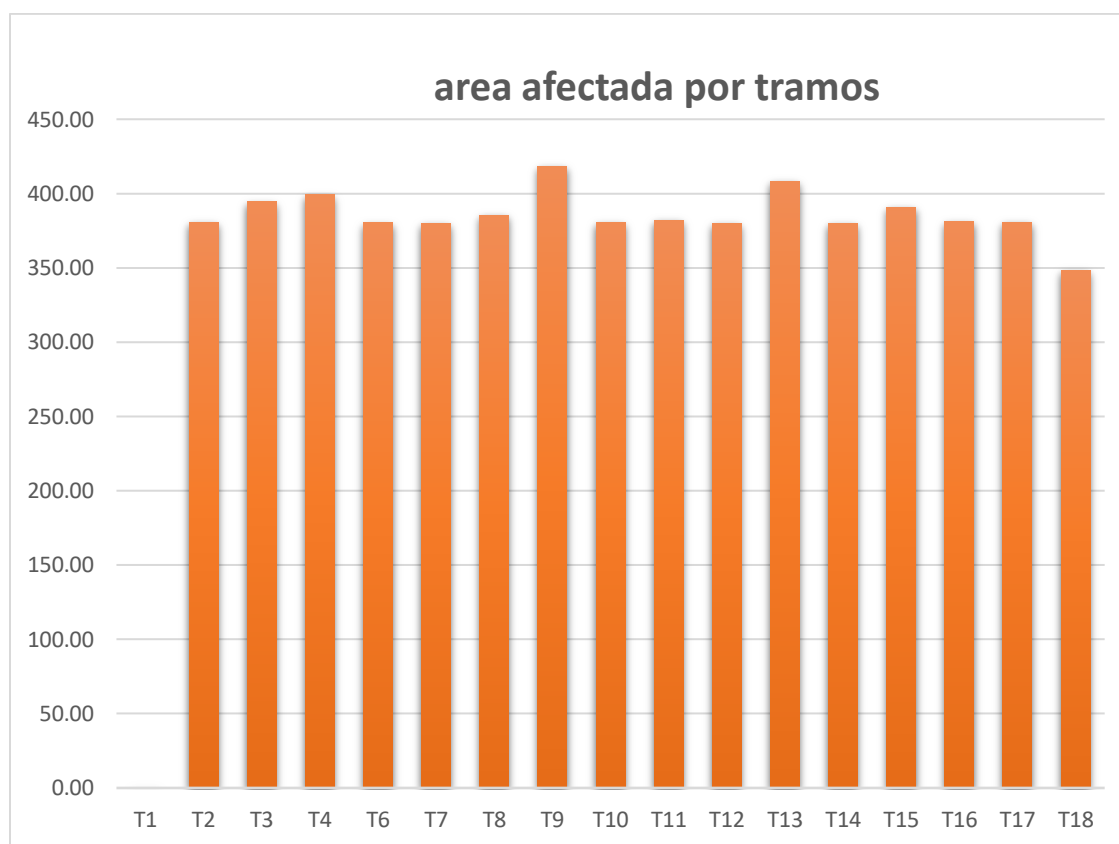


Figura 10.2 Área afectada por tramos

Como se evidencia en la figura 10.2 el tramo 9 en el K0+700 hasta el K0+800 es el que mayor área de daño representa en la estructura del pavimento y el tramo 18 que es donde se encuentra con el pavimento rígido, es el tramo que menor área de daño tiene la estructura

Se presenta también un resumen de los datos de cada daño clasificados por severidad para lograr identificar el grado de incidencia del daño sobre la estructura, inicialmente, La figura 10.3 representa los datos de la severidad baja, en la figura 10.3 presenta los datos de severidad media y la figura 10.4 los datos de severidad alta.



Figura 10.3 Severidad baja.

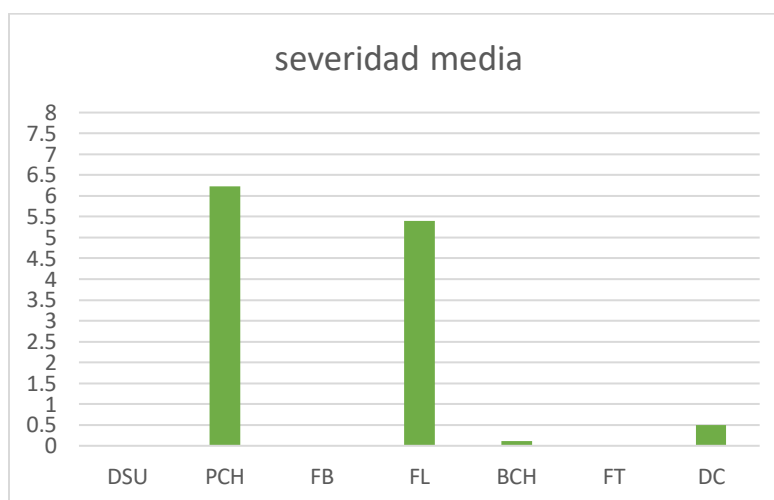


Figura 10.4 Severidad media.

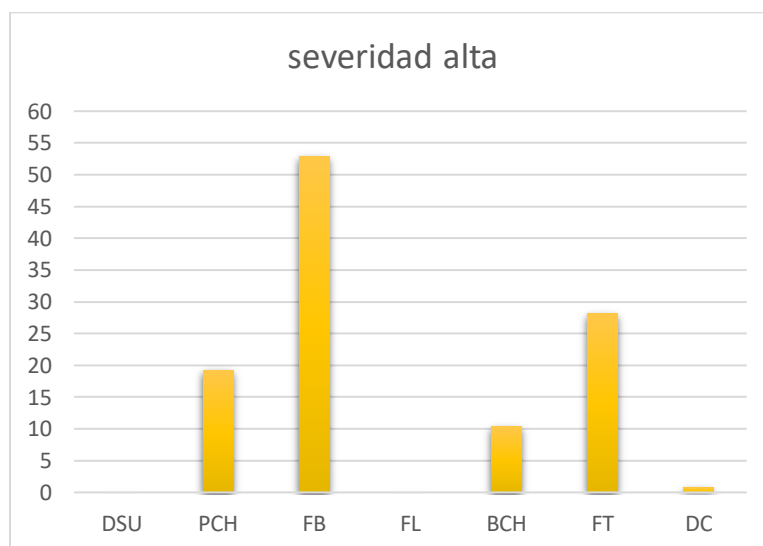


Figura 10.5 Severidad alta.

El desgaste superficial presente en toda la sección se presenta en severidad baja ya que no afecta en gran incidencia la carpeta asfáltica y se presenta en mayor concentración en un solo carril.

Los parches se presentan en mayor área con severidad media y las fisuras en bloque presentan un alto grado de incidencia alta para la afectación de la estructura del pavimento. En la figura 10.5 mostrada a continuación se presenta un resumen de las figuras anteriores, donde se evidencian los tres grados de severidad por cada daño presentado.

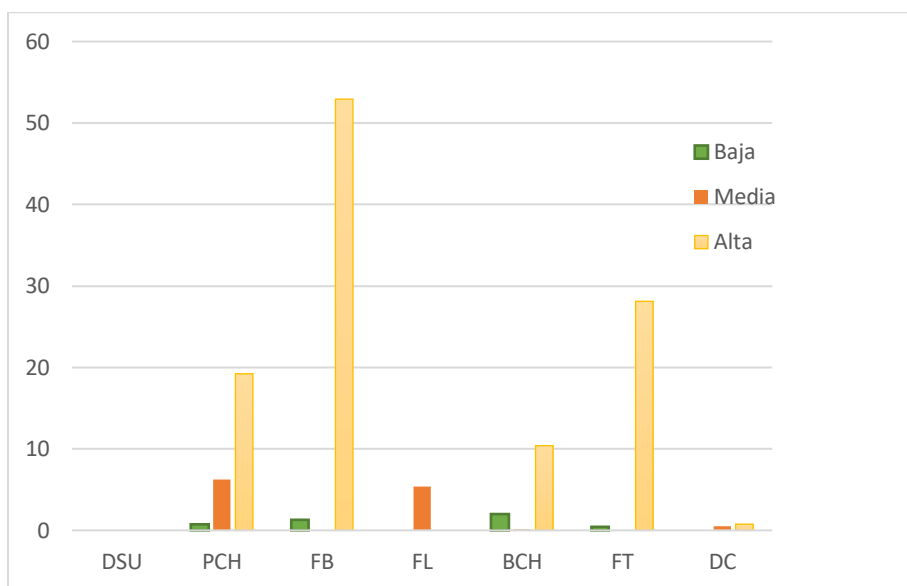


Figura 10.6 Severidad por cada daño presentado.

Sin tomar en cuenta el desgaste superficial que es el que mayor se presenta en toda la estructura del pavimento, el grado de incidencia de los demás daños evidenciados es alto, lo que es un indicador importante para realizar el plan de mantenimiento para la estructura vial.

11. ETAPA 3. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, METODOLOGÍA PCI.

El análisis para la determinación del PCI del pavimento flexible se siguieron unos determinados pasos que se describen a continuación.

- Total: consiste en la sumatoria de las áreas de cada combinación de cada tipo de daño y su respectiva severidad.
- Densidad: Se opta por dividir el área total afectada por cada combinación de cada tipo de daño y severidad en el área total de la unidad de muestreo.
- Valor deducido: Con los valores deducidos por el PCI se determina el valor deducido para cada combinación de tipo de daño y severidad.
- A partir de los valores deducidos se determinó el mayor valor deducido corregido CVD.
- El PCI de cada tramo que son 12 más una muestra adicional para tener una mayor área de estudio siendo en total 13 unidades inspeccionadas.

Tabla 11-1. Registro de datos para cálculo del PCI

Unidad	Abscisa inicial (m)	Abscisa final (m)	PCI
1	0	31,5	<u>48</u>
2	133,6	165,1	<u>78</u>
3	267,2	298,7	<u>40</u>
4	400,8	432,3	<u>35</u>
5	534,4	565,9	<u>47</u>
6	668,0	699,5	<u>37</u>
7	801,6	833,1	<u>70</u>
8	935,2	966,7	<u>75</u>
9	1068,8	1100,3	<u>44</u>
10	1202,3	1233,8	<u>49</u>
11	1335,9	1367,4	<u>72</u>
12	1469,5	1501,0	<u>15</u>
13	1603,1	1635	<u>58</u>

Fuente: Propia

Tabla 11-2. Determinación del PCI

Determinación del PCI	
PCIR	50,8333333
PCI	58
N	52,86
A	1

Tabla 11-3. Determinación del PCI

PCIs	50.9689
Clasificación del PCI	Regular

Fuente: Propia

11.1. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO, METODOLOGÍA PCI.

Para calcular el PCI del pavimento rígido se siguieron los siguientes pasos:

- Densidad: Se dividió el número de losas afectadas por cada combinación de tipo de daño y severidad entre el número de losas de la unidad de muestreo del tramo, el resultado se expresó como porcentaje.
- Valor deducido: En base a la curva de valor deducido establecidas por el PCI, se determinó el valor deducido para cada tipo de combinación de tipo de daño y severidad.

Tabla 11-4. Densidad y valor deducido tramo 1

Densidad %	Valor deducido
11	27
10	23
11	4
20	15
3,6	8

Fuente: Propia, 2020

Tabla 11-5. Densidad y valor deducido tramo 2

Densidad %	Valor deducido
14	20
32	63
18	17
29	39
25	33

Fuente: Propia, 2020

Tabla 11-6. Densidad y valor deducido tramo 3

Densidad %	Valor deducido
32	62
21	4
32	40
11	23
14	9

Fuente: Propia, 2020

- A partir de los valores deducidos obtenidos en el paso 2, se determinó el mayor valor deducido corregido (CVD) de la siguiente forma:
- Con ayuda del formato presentado se ordenó de mayor a menor los valores deducidos.
- El menor valor deducido fue disminuido a 2 en cada iteración.
- Los valores deducidos se sumaron para obtener el total.
- q es el número de valores deducidos mayores a 2.
- Con el total y q se busco en las curvas establecidas por el PCI el CVD correspondiente a cada iteración.

Tabla 11-7. Valores deducidos corregidos tramo 1

Número	Valores deducidos					total	q	CVD
1	27	23	15	8	4	77	5	42
2	27	23	15	8	2	75	4	44
3	27	23	15	2	2	69	3	43
4	27	23	2	2	2	56	2	43
5	27	2	2	2	2	35	1	35

Fuente: Propia, 2020

Tabla 11-8. Valores deducidos corregidos tramo 2

Número	Valores deducidos					total	q	CVD
1	63	39	33	20	17	172	5	87
2	63	39	33	20	2	157	4	83
3	63	39	33	2	2	139	3	82
4	63	39	2	2	2	108	2	74
5	63	2	2	2	2	71	1	71

Fuente: Propia, 2020

Tabla 11-9. Valores deducidos corregidos tramo 3

Número	Valores deducidos					total	q	CVD
1	62	40	23	9	4	138	5	72
2	62	40	23	9	2	136	4	74
3	62	40	23	2	2	129	3	74
4	62	40	2	2	2	108	2	78
5	62	2	2	2	2	70	1	70

Fuente: Propia, 2020

Para obtener el PCI de cada tramo se le resto a 100 el mayor CDV obtenido durante las iteraciones.

Tabla 11-10. **PCI del tramo 1**

Max CVD	44
PCI	56
Clasificación PCI	Bueno

Fuente: Propia, 2020

Tabla 11-11 **PCI del tramo 2**

Max CVD	87
PCI	13
Clasificación PCI	Muy Malo

Fuente: Propia, 2020

Tabla 11-12 **PCI del tramo 3**

Max CVD	78
PCI	22
Clasificación PCI	Muy Malo

Fuente: Propia, 2020

Tabla 11-13 **Datos para determinar el PCI del pavimento rígido**

PCIR	30
PCIA	0
N	75
A	0

Fuente: Propia, 2020

Tabla 11-14 **PCI de la sección de la vía con pavimento rígido**

PCIs	30.3
Clasificación	Malo

Fuente: Propia, 2020

12. ETAPA 4. PLAN DE MANTENIMIENTO

Tabla 12-1 Resumen del plan de mantenimiento

#	Tipo de mantenimiento	deterioro a tratar	severidad	tipo de estructura	Mantenimiento rutinario	Mantenimiento correctivo
1	Fresado	Descascaramiento	Alta, media	Flexible	Limpiar y verificar el estado actual de la reparación y de ser necesario realizar mantenimiento general	Retirar la carpeta asfáltica sea de forma longitudinal o transversal y emplear una nueva mezcla asfáltica
		Fisura en bloque	Alta, baja	Flexible		
		Piel de cocodrilo	Alta	Flexible		
		Parcheo	Media	Flexible		
2	Sellado de fisuras	Fisura longitudinal	Media, baja	Flexible	Después del secado del sellante verificar el estado actual de las fisuras que se repararon e identificar nuevos daños para ser reparados inmediatamente	Limpiar y aplicar el riego de sellante e impermeabilizar
		Fisura transversal	Alta	Flexible		
3	Parcheo	Bache	Alta, media	Flexible	Verificar el estado actual del parcheo construido, limpiar y sello de las juntas que quedan por medio de la construcción	Cortar el área afectada, limpiar, reparación de la capa inferior, aplicar el riego y el asfalto
4	Sellado de grietas	Grieta de esquina	Alta	Rígido	Limpieza de zona aledaña, verificar el estado actual de la grieta reparada y realizar un mantenimiento general en caso de ser requerido	Cortar o pulir, limpiar y aplicar concreto en la grieta
5	Reparación de losa	Escalonamiento de juntas transversales	Alta	Rígido	Verificar el estado actual de la losa construida y reparar si es necesario	Cortar, limpiar, reparar capas inferiores y vaciar concreto
6	Sello de juntas	Separación de juntas longitudinales	Alta	Rígido	Limpiar las juntas, verificar el estado actual de las juntas y realizar mantenimiento general en caso de ser requerido	Reconstruir el tramo afectado, Re-compactando la subrasante y colocar barras de amarre a la junta longitudinal

Tabla 12-1 Resumen del plan de mantenimiento

#	Tipo de mantenimiento	deterioro a tratar	severidad	tipo de estructura	Mantenimiento rutinario	Mantenimiento correctivo
7	Sellado de grietas	Grieta longitudinal	Alta	Rígido	Verificar el estado actual de la grieta reparada, realizar un mantenimiento general en caso de ser requerido	Cortar o pulir, limpiar y aplicar concreto en la grieta longitudinal
8	Limpieza	Material suelto	-	Toda la vía	Limpiar los elementos de la vía para garantizar un buen nivel de servicialidad para los usuarios	N/A
		Tapas de sumideros	-	Toda la vía		
		Rejillas de alcantarilla	-	Toda la vía		
		Señalización	-	Toda la vía		
9	Pintar líneas de señalización sobre la vía	Desgaste de pintura	-	Toda la vía	Aplicar la pintura reglamentaria sobre la vía para señalizar.	Limpiar y verificar el estado de la señalización sobre la vía.
10	Limpieza de separadores y sardineles	Aparición de moho, suciedad y maleza en el separador	-	Toda la vía	-	Limpiar y podar los excesos de pastizal y maleza en el separador
11	Mantenimiento y limpieza de señalización semafórica	El smoke de los vehículos genera suciedad en los semáforos.	-	Todos los semáforos de la vía	Limpiar los semáforos, y hacer mantenimiento eléctrico de los mismos.	N/A

Fuente: Propia, 2020

13. RESULTADOS E IMPACTOS

Tabla 13-1.Tabla sección resultados.

Resultado	Indicador	Objetivo Relacionado
Información de la zona para determinar sus daños.	Manual de inspección visual de pavimentos.	Verificar el estado actual del pavimento rígido mediante la inspección visual de las dos carreras seleccionadas.
Visita a campo para la realización del levantamiento de daños	Formato de inspección visual de pavimentos.	Realizar una evaluación para obtener información del estado físico del pavimento.
Resumen de las fallas presente en la zona de estudio.	Formato de inspección visual de pavimentos.	Elaborar formatos que permitan recolectar información donde describan los tipos de fallas, sus posibles causas y una posible alternativa de solución.
Plan de mantenimiento para la estructura de pavimentos.	Ficha técnica de mantenimiento de pavimentos	Proponer un plan de mantenimiento teniendo en cuenta el porcentaje de daños de la estructura de pavimentos.

Fuente: Autor, 2020

Tabla 13-2. impactos

Aspecto	Impacto	Supuesto	Plazo
Técnico	Documento con la información obtenida de la zona de estudio.	Estudiante, ingenieros.	Mediano plazo
Académico	Punto de referencia para estudios futuros que se vayan a realizar en dicha zona.	Alcaldía Villavicencio, ingenieros	de Largo plazo
Académico	Plan de mantenimiento para la estructura de pavimento.	Alcaldía Villavicencio	de Largo plazo.
Social	Con la rehabilitación y mantenimiento de la vía va generar un servicio de calidad a la comunidad.	Población en general.	Largo plazo
Económico	Aumenta la economía de la zona ya que este se destaca por ser un sector comercial.	Comunidad presente y aledaña de la zona de estudio.	Mediano plazo

Fuente: Autor, 2020

14. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

12.1 CONCLUSIONES

- En los procesos de reconocimiento e inspección de la vía se determinó los daños y deterioro actual, en el tramo k0+160 de pavimento flexible k1+665 en pavimento rígido, donde teniendo en cuenta ambos pavimentos se identificó un gran porcentaje de afectación en la vía de un 57% por diferentes daños del tramo total de 2km, como en el pavimento rígido como grietas, deterioro de las juntas, deterioro superficial y otros deterioro teniendo presente que la última capa asfáltica tanto flexible como rígida fue realizada hace más de 25 años atrás.
- Como tal se le han hecho reparaciones menores donde se vio la necesidad de inspeccionar la vía usando el método PCI teniendo en cuenta la relación con el INVIAS y por ende hacer el mejor plan de mantenimiento, teniendo los tipos de daños y estado actual de la vía donde se evidencia un mayor número de daños en el pavimento flexible pero con una particularidad en el pavimento rígido que aun que es menor la zona afectada a comparación al pavimento flexible, tiene unos daños altamente notorios como grietas y principalmente en el deterioro de juntas también el deterioro general evidentemente
- Para una vía óptima la cual se requiere se necesita una planeación teniendo en cuenta el estado actual estudiado del tramo vial y poner en marca su respectivo plan de mejoramiento así mismo dar solución o mejora a la vía para un beneficio público donde se verá beneficiada todas las pequeñas industrias de la zona y claramente la población de la ciudad de Villavicencio que darán uso de la vía y el tramo de la carrera 6 y 15 este.
- Para que la avenida Catama cumpla con los requerimientos principales de seguridad, continuidad y comodidad, se hace necesario que se realicen mantenimientos principalmente de tipo correctivo, los cuales plantean trabajos de reparación de daños, con el fin de mejorar las condiciones de la vía tanto a nivel superficial como estético; también es conveniente hacer mantenimientos rutinarios como limpieza general para la vía, de esta forma se puede prolongar la vida útil de la estructura.

12.2 TRABAJOS FUTUROS

En el trabajo se refleja en la inspección del estado actual de los pavimentos en Villavicencio con sus respectivas alternativas y soluciones según los daños evidenciados por medio de distintos procesos estipulados para la mejora de la vía y así tener una vía en muy buenas condiciones para la comunidad.

Los daños con mayor participación son principalmente por fatiga, en los últimos 25 años teniendo en cuenta la gran magnitud de las grietas y juntas y el desgaste general del pavimento rígido.

También las alteraciones en el pavimento realizadas por distintas entidades públicas ya sean obras de acueducto o alcantarillado y en algunas ocasiones las telefónicas donde intervienen en la carpeta asfáltica la cual produce gran impacto que se ve reflejado instantáneamente y en otras ocasiones afecta la durabilidad de la vía y en el transcurso del tiempo se presentaron esas fallas o daños generados por esas intervenciones.

15. BIBLIOGRAFÍA

- [1] B. A. Vallergera, H. B. Seed, C. L. Monismith, and R. S. Cooper, Effect of Shape, Size, and Surface Roughness of Aggregate Particles on the Strength of Granular Materials. West Conshohocken, PA: ASTM International, 1957, pp. 63–76
- [2] H. A. Rondón Quintana y F. A. Reyes Lizcano, Pavimentos, materiales, construcción y diseño, Bogotá, D.C: ECOE, 2015.
- [3] INVIAS, INVIAS, «Formato de inspección para la evaluación del pavimento flexible,» Bogotá D.C. 2006.
- [4] INVIAS, «INVIAS, «Formato de inspección para la evaluación del pavimento rígido,» Bogotá D.C. 2006.
- [5] INVIAS. «Glosario de Manual de diseño geométrico de carreteras», Bogotá. 2020.
- [6] INVIAS, «Manual de Mantenimiento de Carreteras 2016 V2», Bogotá D.C. 2016.
- [7] W. Chavarro. & C, Molina. «Evaluación de alternativas de pavimentación para vías de bajos volúmenes de tránsito». Bogotá. Universidad Católica de Colombia. 2015.
- [8] INVIAS. «Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles». Bogotá D.C. 2006.
- [9] R. Guevara. & A. Romero. «Plan de mantenimiento para el pavimento de la avenida del llano calzada ns desde la glorieta de la grama hasta la calle 35 en Villavicencio, en base a la inspección visual de daños». Universidad Santo Tomás. 2019.
- [10] Llano Extra. «Peligro en la vía a Catama de Villavicencio» 2017.

16. ANEXOS

Anexo A. Cálculos y Formato de Inspección de daños pavimento flexible y rígido, Método Invias.

Anexo B. Cálculos y Formato de Inspección de daños pavimento flexible, Método PCI.

Anexo C. Cálculos y Formato de Inspección de daños pavimento rígido, Método PCI.

Anexo D. Plan de mantenimiento.