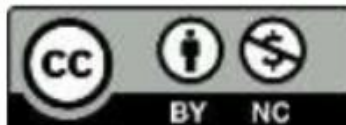


PROYECTO DE APLICACIÓN EN TEMAS DE INGENIERIA CIVIL
PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL PAVIMENTO DE LA AVENIDA DEL LLANO
CALZADA NS DESDE LA GLORIETA DE LA GRAMA HASTA LA CALLE 35 EN
VILLAVICENCIO, EN BASE A LA INSPECCIÓN VISUAL DE DAÑOS



Por:
Raúl Enrique Guevara Ruiz
Alix Carolina Romero Aya



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
VILLAVICENCIO
2019

PROYECTO DE APLICACIÓN EN TEMAS DE INGENIERIA CIVIL
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

Por:
Raúl Enrique Guevara Ruiz
Alix Carolina Romero Aya

Anteproyecto presentado como opción de grado para optar al título profesional de
Ingeniero Civil

Aprobado por:
I.C. Jessica María Ramírez Cuello, MsC.
Director



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
VILLAVICENCIO
2019

Nota de aceptación

Ing. Jhon Jairo Gil Peláez, Ph. D
Decano Facultad Ingeniería Civil

Ing. Jessica María Ramírez Cuello, M.Eng
Director Trabajo de Grado

Ing. Erika Lorena Becerra Becerra
Jurado

Villavicencio, 01 de abril de 2019

RESUMEN

La avenida del llano es un corredor vial muy importante en la ciudad de Villavicencio, en el cual se han venido presentando deterioros en la estructura del pavimento que afecta el funcionamiento de esta y el desarrollo de actividades de los usuarios que por la vía transitan. Por lo anterior, se propuso realizar un plan de mantenimiento adecuado a partir de un levantamiento de daños y análisis de estos a lo largo de 1758 metros correspondientes a esta avenida tan importante.

Mediante este levantamiento, se identificaron las fallas existentes en la vía con lo cual definimos el mantenimiento que debe hacerse para prolongar la vida útil de la estructura del pavimento.

Para el registro y análisis de los daños se utilizaron dos métodos, el primero es el método del INVIAS, donde se tuvo que inspeccionar cada metro de la vía dejando en evidencia los daños encontrados en el formato reglamentado por el instituto nacional de vías, y el segundo método utilizado fue el de PCI que permitía seleccionar unidades de muestreo para analizar los daños.

Los resultados que arrojó el desarrollo del proyecto ponen en evidencia el alto deterioro que tiene el pavimento, donde los 216 metros de pavimento rígido tienen una mayor área de daños que el pavimento flexible. A lo largo de toda la vía se observan parches y fisuras o grietas de diversos tipos, estas patologías son el principal problema de la capa de rodadura de zona de estudio, por lo que el plan de mantenimiento tuvo un enfoque especial en este tipo de daños.

Se determinaron dos tipos de mantenimientos alternativos, con los cuales se busca aumentar la capacidad estructural de la vía, reducir en cierto porcentaje los costos de mantenimiento y construcción, de igual manera con este documento se podría impulsar su uso en las construcciones nuevas de las vías en la ciudad de Villavicencio, teniendo en cuenta que los suelos de la ciudad son generalmente gravas estas metodologías podrían ser una solución importante en todas las obras civiles.

PALABRAS CLAVE: Pavimento rígido y flexible, levantamiento de daños, INVIAS, PCI, mantenimiento, deterioros.

ABSTRACT

The Avenida del Llano is a very important road corridor in the city of Villavicencio, in which this avenue has been presenting deteriorations in the structure of the pavement that affects the operation of this and the development of activities of the users that pass through the road. Therefore, it was proposed to carry out an adequate maintenance plan based on a damage survey and analysis of these along 1758 meters corresponding to this important avenue.

Through this survey, the existing faults in the road were identified, with which we define the maintenance that must be done to prolong the useful life of the pavement structure.

Two methods were used to record and analyze the damage, the first being the INVIAS method, where each meter of the road had to be inspected, revealing the damage found in the format regulated by the national road system, and the second method used was PCI, which allowed to select sampling units to analyze the damage.

The results of the project show the high deterioration of the pavement, where the 216 meters of rigid pavement have a greater area of damage than the flexible pavement. Throughout the road there are patches and fissures or cracks of various types, these pathologies are the main problem of the rolling area of study area, so the maintenance plan had a special focus on this type of damage.

Two types of alternative maintenance were determined, with which it is sought to increase the structural capacity of the road, reduce maintenance and construction costs in a certain percentage, in the same way this document could be used in new construction of roads in the city of Villavicencio, taking into account that the city's soils are generally taxed, these methodologies could be an important solution in all civil works.

Key Word: *Rigid and flexible pavement, Lifting of damages, INVIAS, PCI, Maintenance, Deterioration.*

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	10
2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	11
3.	JUSTIFICACIÓN.....	12
4.	OBJETIVOS.....	13
4.1	OBJETIVO GENERAL.....	13
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
5.	ALCANCE.....	14
6.	MARCO DE REFERENCIA	16
6.1	MARCO TEÓRICO.....	16
6.1.1	Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles.....	16
6.1.2	Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos.....	20
6.1.3	Método PCI	24
7.	MARCO CONCEPTUAL.....	27
7.1	PAVIMENTO	27
7.2	PAVIMENTO FLEXIBLE	27
7.3	PAVIMENTO RIGIDO	27
7.3.1	Losa de concreto.....	27
7.4	LAS BERMAS.....	27
7.5	EL TRANSITO.....	27
7.6	MANTENIMIENTO	28
7.6.1	Actividad de mantenimiento.....	28
7.6.2	Actividades de mantenimiento periódico	28
7.6.3	Actividades de mantenimiento rutinario.....	28
7.6.4	Especificaciones generales	28
7.6.5	Especificaciones particulares	29
7.7	DEFINICION DE LOS TIPOS DE DAÑOS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	29
7.7.1	Fisuras.....	29
7.7.2	Deformaciones	30
7.7.3	Perdidas de las capas de la estructura.....	31
7.8	DEFINICION DE LOS TIPOS DE DAÑOS EN PAVIMENTOS RIGIDOS.....	31
7.8.1	Grietas.....	31
7.8.2	Deterioro de las juntas.	32
7.8.3	Deterioros superficiales.....	32
7.9	GEOCOMPUESTO DE PAVIMENTO TDM	32
8	ESTADO DEL ARTE.....	33
9	MARCO NORMATIVO.....	34
10	MARCO GEOGRÁFICO	35
12	METODOLOGÍA	38
12.1	ETAPA 1	38
13	ETAPA 1. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE LA ZONA.	40
14	ETAPA 2. LEVANTAMIENTO Y REGISTRO DE DAÑOS EN FORMATOS INVIAS Y POR EL METODO PCI.....	41

14.1	FASE 1: LEVANTAMIENTO DE DAÑOS DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN FORMATO INVIAS.....	41
14.2	FASE 2. LEVANTAMIENTO DE DAÑOS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN FORMATO INVIAS.....	42
14.3	FASE 3. LEVANTAMIENTO DE DAÑOS DEL PAVIMENTO RIGIDO EN FORMATO PCI.....	44
14.4	FASE 4. LEVANTAMIENTO DE DAÑOS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN FORMATO PCI.....	46
15	ETAPA 3. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE ACUERDO CON EL MANUAL DEL INVIAS.....	48
15.1	ANÁLISIS DE DAÑOS DEL PAVIMENTO RIGIDO, INVIAS.....	48
15.2	ANÁLISIS DE DAÑOS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, INVIAS.....	54
16	ETAPA 4. DETERMINACIÓN DEL PCI DE LA VÍA.....	60
16.1	DETERMINACIÓN DEL PCI, PAVIMENTO RIGIDO.....	60
16.2	DETERMINACIÓN DEL PCI, PAVIMENTO FLEXIBLE.....	63
17	ETAPA 2. PLAN DE MANTENIMIENTO.....	65
18	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	71
19	DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS FINALES.....	72
20	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	73
20.1	CONCLUSIONES.....	73
20.2	TRABAJOS FUTUROS.....	74
	BIBLIOGRAFÍA.....	75
	ANEXOS.....	76

LISTA DE TABLAS

Tabla 5.1. Interesados del proyecto	14
Tabla 5.2. Entregables del proyecto	15
Tabla 9.1 Marco normativo del proyecto	34
Tabla 12.1 Población, muestras, variables e instrumentos de recolección de datos	39
Tabla 13.1. Información general de la zona de estudio	40
Tabla 14.1. Longitud de unidades de muestreo.	46
Tabla 14.2. Datos para hallar n, i, para el pavimento flexible	46
Tabla 14.3. Unidades de muestreo e intervalo, pavimento flexible.	46
Tabla 15.0.1. Reporte de daños de la vía, sección de pavimento rígido	48
Tabla 15.0.2. Resumen de daños por tramos.	48
Tabla 15.0.3. Resumen de deterioros con severidad baja, Tramo 1	49
Tabla 15.0.4. Resumen de deterioros con severidad media, Tramo 1	50
Tabla 15.0.5. Resumen de deterioros con severidad alta, Tramo 1	50
Tabla 15.0.6. Resumen de deterioros con severidad baja, Tramo 2	51
Tabla 15.0.7. Resumen de deterioros con severidad media, Tramo 2	51
Tabla 15.0.8. Resumen de deterioros con severidad alta, Tramo 2	52
Tabla 15.0.9. Resumen de patologías encontradas	53
Tabla 16.1. Densidad y valor deducido del tramo 1	60
Tabla 16.2. Densidad y valor deducido del tramo 2	60
Tabla 16.3. Valores deducidos corregidos del tramo 1	61
Tabla 16.4. Valores deducidos corregidos del tramo 2	61
Tabla 16.5. PCI del Tramo 1	62
Tabla 16.6. PCI del Tramo 2	62
Tabla 16.7. Datos para determinar el PCI del pavimento rígido	62
Tabla 16.8. PCI de la sección de la vía con pavimento rígido	62
Tabla 16.9. PCI de las unidades inspeccionadas en el pavimento flexible	63
Tabla 16.10 Datos para determinar el PCI del pavimento flexible	64
Tabla 16.11. PCI del pavimento flexible	64
Tabla 17.1. Resumen del plan de mantenimiento.	65
Tabla 17.2. Rutina de mantenimiento	67
Tabla 19.1. Resultados	72
Tabla 19.2. Impactos	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 6.1. Formato de levantamiento de daños para estructura de pavimentos flexibles (Parte 1)	17
Figura 6.2. Formato de levantamiento de daños para estructura de pavimentos flexibles (Parte 2)	18
Figura 6.3. Formato de levantamiento de daños para estructura de pavimentos rígido (Parte 1)	21
Figura 6.4. Formato de levantamiento de daños para estructura de pavimentos rígidos (Parte 2).....	22
Figura 6.5. Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica	24
Figura 6.6. Formato de exploración de condición para carreteras con superficie en concreto hidráulico	25
Figura 7.1. Imagen geomalla en el pavimento.....	32
Figura 7.2. Especificaciones técnicas	32
Figura 10.1. Localización de Villavicencio en el Meta	35
Figura 10.2. Zona de estudio dentro de la ciudad de Villavicencio.....	36
Figura 10.3. Zona de estudio entre Glorieta La Grama y Hotel Rosado.....	37
Figura 12.1 Metodología.	39
Figura 14.1. Información general en el formato INVIAS	41
Figura 14.2. Registro de daños pavimento rígido.....	42
Figura 14.3. Observaciones	42
Figura 14.4. Geometría de la vía, pavimento rígido.	42
Figura 14.5. Información general Pavimento Flexible, INVIAS.....	43
Figura 14.6. Registro de daños, pavimento flexible.....	44
Figura 14.7. Comentarios y geometría de la vía, pavimento flexible	44
Figura 14.8. Información general, formato PCI.....	45
Figura 14.9. Registro de daños de pavimento rígido, formato PCI.....	45
Figura 14.10. Información general del pavimento flexible, PCI	47
Figura 14.11. Registro de daños para pavimento flexible, PCI.....	47
Figura 15.0.1. % De losas con daños respecto al total de losas construidas en cada tramo	49
Figura 15.0.2. Daños por severidades	52
Figura 15.3. Hoja de cálculo para el proceso y análisis de los datos.	55
Figura 15.4. Área afectada por daños no superficiales.	56
Figura 15.0.5. Distribución de los daños de severidad baja por tipos.	57
Figura 15.0.6. Distribución de los daños de severidad media por tipos.	57
Figura 15.0.7. Distribución de los daños de severidad alta por tipos.	58
Figura 15.0.8. Área afectada por daños superficiales.	58
Figura 15.0.9. Distribución de daños superficiales por tipo y severidad.....	59
Figura 17.1. Geocompuesto de pavimentación TMD	69
Figura 17.2. Geoceldas Neoloy de PRS para estabilización de suelos.....	70

1. INTRODUCCIÓN

Gran parte de las vías existentes en la ciudad de Villavicencio se encuentran en estado regular y de deterioro, una de ellas es la Avenida del Llano, desde la glorieta de la Grama hasta la calle 35 (avenida Cátama), este tramo tiene una longitud de 1,8 km aproximadamente.

En la Avenida del Llano se evidencian diferentes tipos de daños que conllevan a que las estructuras de pavimento rígido y flexible presenten fallas importantes como lo son el asentamiento diferencial de las losas de concreto, pérdida de esquinas, grietas longitudinales y grietas transversales, estas fallas afectan a la población ocasionando daños en los vehículos. También se han presentado diferentes tipos de accidentes por el alto flujo de vehículos pesados y la mala señalización. Es evidente que a la vía objeto de estudio no se le ha realizado un mantenimiento adecuado para suplir la demanda y ser conservada en estado óptimo ya que no cumple con los requisitos de seguridad, comodidad y continuidad.

Con el desarrollo de este documento se busca presentar de forma cualitativa y cuantitativa el estado actual del pavimento de la vía, dando a conocer los tipos, el grado de severidad y la reincidencia de las fallas que presenta, todo lo anterior, utilizando lo propuesto por el manual de inspección visual para pavimento flexibles y rígidos del INVIAS, además de aplicar el método PCI (Índice de condición del pavimento). En base a esto se propone una posible solución mediante un plan de mantenimiento para la estructura del pavimento estudiado.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La ciudad de Villavicencio se encuentra en una posición geográficamente estratégica, siendo la entrada del desarrollo de la mayoría de los municipios de la región de la Orinoquia, por esta razón es de vital importancia tener en estado óptimo las vías de acceso a la ciudad.

El municipio presenta diferentes problemáticas, tanto económicas como de administración pública, al ingreso de la ciudad, los vehículos con carga pesada peligrosa (químicos o inflamables) no se les permite el acceso por la vía principal Bogotá-Villavicencio; en lugar de esto son desviados por la vía antigua que presenta problemas estructurales, llegando por el barrio el Galán en la parte norte de la ciudad seguido por la avenida del Llano la cual tiene una estructura de pavimento rígido desde la Glorieta de la Grama hasta la Transversal 25 y entre la Transversal 25 y la calle 35 flexible, esta estructura se encuentra deteriorada provocando incomodidad a los usuarios y generando un desgaste en los vehículos que por allí transitan.

El problema principal radica en que a pesar del evidente y alto estado de deterioro que tiene la estructura del pavimento, desde hace mucho tiempo, esta situación no ha sido solucionada de forma efectiva, de acuerdo al Ingeniero Jhonny Ojeda de la secretaria de movilidad de Villavicencio, el pavimento construido es rígido en su totalidad y el cambio más fuerte que se le dio fue hace aproximadamente 40 años, desde la abscisa K0+226 hasta K1+800 se realizó un black-topping, 25 años después se llevó a cabo un mantenimiento completo, pero luego de esto solo se han realizado mantenimientos superficiales y de corta duración, principalmente parches.

El proyecto dará solución a la falta de información técnica que hay en el municipio - sobre el estado actual de la Avenida del Llano y de este, se generará una propuesta de mantenimiento para alargar la vida útil de la vía.

3. JUSTIFICACIÓN

La avenida del Llano es una de las vías más importantes de la ciudad de Villavicencio, dado que, es el único acceso desde Bogotá a la capital del departamento del Meta para vehículos de carga pesada peligrosa (químicos o inflamables) y motociclistas. De acuerdo al INVIAS en el año 2017 la vía antigua Bogotá-Villavicencio tuvo un tránsito promedio diario de 717 Camiones [1], que necesariamente transitaron por la avenida del Llano, ya que esta conecta la vía antigua con las principales zonas de la ciudad.

En la ciudad de Villavicencio se presentan problemas en todos los aspectos relacionados con sistemas de infraestructura (vial, redes subterráneas y de servicios generales) debido a la deficiente o inexistente proyección realizada a la hora de diseñar y construir la urbanización, con el paso del tiempo y el hallazgo de petróleo en los llanos orientales, el municipio fue creciendo territorialmente y fue aumentando la población oportunidades laborales que se presentaron, de manera que la demanda aumentó provocando colapso en los sistemas de infraestructura.

La problemática en el aspecto vial no ha sido solucionada debido a que aún no se han efectuado los proyectos de ampliación de las redes sanitarias y de acueducto, y se desconoce la fecha en la que esto sea realizado; por esta razón es indispensable prolongar la vida útil de la Avenida del Llano y de esta manera no afectar las actividades económicas y cotidianas de los habitantes de Villavicencio y de la población de la Orinoquía.

Por lo anterior, se puede afirmar que la vía objeto de estudio, es de gran importancia para el desarrollo económico y social de la ciudad, siendo esencial que se encuentre en óptimas condiciones. Por lo cual, es fundamental identificar las patologías que se presentan en la capa de rodadura, a través de un levantamiento y análisis de daños por la metodología del INVIAS y PCI (Pavement Condition Index) el fin de evidenciar la severidad de los mismos y proponer una posible solución o un plan de mantenimiento y/o mejoramiento, que garantice una vía segura, cómoda, y eficiente.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer un plan de mantenimiento para la estructura de pavimento de la avenida del Llano en la calzada NS desde la glorieta de la Grama hasta la calle 35 en Villavicencio, en base a la inspección visual de daños (INVIAS) y el método PCI.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las fallas que se presentan en la estructura del pavimento mediante la inspección visual propuesta por el INVIAS.
- Estimar el índice de condición del pavimento (método PCI).
- Determinar los tipos de mantenimientos que demanda la vía para cumplir con los requerimientos principales (seguridad, continuidad y comodidad).
- Sugerir métodos alternativos para el mantenimiento de la vía y diferentes estudios que analicen la capacidad estructural del pavimento para futuras intervenciones.

5. ALCANCE

Este proyecto es un paso inicial hacia el mejoramiento de una importante vía, lo que se busca finalmente con el desarrollo de este proyecto es otorgar un plan de mantenimiento que garantice a los usuarios una vía segura, cómoda y eficiente; para esto se requiere realizar una serie de actividades y análisis que conlleven a la construcción de dicho plan de mantenimiento. La vía consta de 1,8 km de longitud.

Se debe hacer una recolección de información general, donde se identifiquen:

- Antecedentes de la vía, esto para conocer las intervenciones que ha tenido, eventos de importancia como lo son accidentes, movimientos sísmicos, inundaciones... etc.
- Un diagnóstico visual o levantamiento de daños presentes en la estructura del pavimento.
- Las personas que se benefician de que la vía en cuestión sea eficiente son los habitantes cercanos a la zona de la vía, todos los sectores económicos y comerciales de la ciudad de Villavicencio, los transportadores, las personas de las demás poblaciones que requieren el uso de esta vía para sustento económico.

Tabla 5.1. Interesados del proyecto

Interesados	Nivel de interés (1-10)
Habitantes de barrios aledaños al proyecto	10
Transportadores de alimentos	10
Transportadores de insumos (materiales)	10
Empresas de transporte de personas	3
Comerciantes de Villavicencio	8
Hospitales y clínicas	8
Industrias	10
Empresas de correspondencia	5

Fuente: Propia 2019.

A continuación, se definen los entregables que tiene el proyecto para ser desarrollado:

Tabla 5.2. Entregables del proyecto

N°	Entregables
1	Formatos de levantamiento de daños de la vía (INVIAS y PCI)
2	Informe técnico de análisis de daños por el método (INVIAS y PCI)
3	Propuesta de plan de mantenimiento
4	Ficha técnica de métodos de mantenimientos alternativos.

Fuente propia 2019

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. [1]

6.1.1.1 *Formato de inspección*

6.1.1.1.1 Página 1. En su primera página se registra la siguiente información:

Parte 1- Información General. En esta se describe la vía en general, es decir, la territorial a la que pertenece, el código y nombre de la vía. Además, debe especificarse la fecha del levantamiento y nombre de quien lo realiza. [1]

Parte 2- Deterioros. Permite registrar la patología de la vía, es decir, información acerca de los daños como su ubicación, clasificación, severidad, dimensiones, área a reparar y foto. [1]

Parte 3- Aclaraciones. Espacio en el que se agregan detalles de la vía y de los daños. [1]

Parte 4- Geometría de la vía. Se especifica el número de calzadas, carriles por calzada, ancho de carril y ancho de berma. [1]

Parte 5- Comentarios. Este campo adicional se dispone para cualquier información extra que el ingeniero considere importante. [1]

6.1.1.1.2 Página 2. La segunda página del formato es un apoyo para que el ingeniero realice el levantamiento de información de forma correcta. [1]

Parte 1- En esta sección están definidos los deterioros, que se encuentran agrupados de acuerdo a su clasificación e incluye un corto resumen de las severidades. [1]

Parte 2- Comentarios. Menciona consideraciones que deben estar presentes cuando aparezcan afloramientos, también habla acerca del procedimiento para el levantamiento de daños en bermas. [1]

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



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



TIPO DE DAÑO	CONVENC.	SEVERIDADES		
		BAJA	MEDIA	ALTO
FISURAS				
Fisuras longitudinales (m)	FL	Abertura < 1mm o selladas.	Aberturas 1-3mm, sin sellar, algunas fisuras leves lo cruzan.	Abertura > 3mm, poco alto desgaste, algunas fisuras medianas lo 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 aberturas 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 estar borboso.
Fisuras por deslizamiento 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 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
Ahundamiento (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.	No comenzado 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.		
Exudación (m2)	EX	Se hace visible en la superficie en franjas aisladas y de espesor delgado que no cubren los agregados gruesos.	Exceso de asfalto blando que conforma una película cubriendo parcialmente los agregados.	Cantidad elígilativa de asfalto en la superficie cubriendo casi la totalidad de los agregados, aspecto homogeneo de intensa coloración negra.
Surcos (m2)	SU	Sin grados de severidad asociados.		
DETERIORO DE CAPAS ESTRUCTURALES				
Descascaramiento (m2)	DC	Altura < 10mm	Altura 10-25mm	Altura > 25mm
Rachas o huecos (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 desempeña satisfactoriamente.	Presenta algunos daños de severidad baja a media y delimitados en los bordes.	Presenta daños de severidad alta y requiere ser reparado 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 presentan 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)

6.1.1.2 **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.

La información registrada en los formatos se analiza agrupando los daños por tipo, severidad y tramo de 100m. Para esto es necesario separar los carriles de las bermas. [1]

6.1.1.3 **Daños de carriles**

El procesamiento de los datos tanto para este caso como para los daños superficiales y los daños en bermas se realizan en una hoja de cálculo que deben contener la siguiente información. [1]

- 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 (C)
- Peso del total de cada daño dentro del área total inspeccionada (D)

$$\text{Area tramo} = \text{Ancho de calzada} * \text{Longitud del tramo} \quad (1)$$

$$\% \text{ Afectacion via} = \frac{\text{Area total afectada}}{\text{Area total inspeccionada}} \quad (2)$$

$$\text{Area total afectada} = \sum \text{daños encontrados} \quad (3)$$

$$\text{Area total inspeccionada} = \sum \text{areas de cada tramo} \quad (4)$$

$$A = \sum \text{Areas afectadas por cada tipo de daño y por severidad} \quad (5)$$

$$B = \sum \text{Severidades de cada tipo de deterioro} \quad (6)$$

$$C = \frac{A}{\text{Area total inspeccionada}} \quad (7)$$

$$D = \frac{B}{\text{Area total inspeccionada}} \quad (8)$$

6.1.1.4 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: [1]

- 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 desarrolla un proceso muy similar al que se realiza con el pavimento flexible, el formato difiere en que el pavimento rígido se analiza por losas, además los tipos de daños cambian (ya que estos varían de acuerdo al tipo de pavimento). [2]

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 NACIONAL DE COLOMBIA		FORMATO PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTO RÍGIDO			
N°	Tipo de daño (unidad de medida)	Símbolo	Severidad		
			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	Agrietamiento y descascaramiento
20	Fisuración por durabilidad (m2)	FD	Sin severidad		
21	Bombeo (m)	BOT, BOL	El agua es expulsada sin arrastrar finos	Existe una pequeña cantidad del material bombeado en las juntas	Existe una gran cantidad de material bombeado sobre el
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 berma (m)	DB	h < 10 mm	10-30 mm	> 30 mm
25	Separación entre berma 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)

6.1.2.2 Reporte de daños

Para el reporte de daños se debe realizar una hoja de cálculo para determinar la afectación por número de losas con la siguiente información [2]:

- 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.
- Porcentajes 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.
- Porcentaje de placas afectadas con respecto al total de losa construidas.

Además, se debe hallar la afectación en función del área dañada. Para ellos se usan las siguientes formulas:

$$\text{Area tramo} = \text{Ancho total de la calzada(sin bermas)} \quad (9) \\ * \text{ longitud del tramo}$$

$$\text{Area total afectada} = \sum \text{Daños encontrados en cada tramo} \quad (10)$$

$$\text{Area total inspeccionada} = \sum \text{Areas de cada tramo} \quad (11)$$

$$\% \text{Afectacion de la via} = \frac{\text{Area total afectada}}{\text{Area total inspeccionada}} \quad (12)$$

- Para analizar las fisuras longitudinales, transversales o en juntas de construcción la longitud registrada se debe, multiplicar por el ancho de referencia 0.6m. [2]
- Para desportillamientos en las juntas se multiplica la longitud de afectación por 0.2m. [2]

6.1.2.3 Reporte de daños en el informe.

El informe debe incluir el reporte de daños en el pavimento y en las bermas de forma separada, con la siguiente información [2]:

- 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 Método PCI

El PCI es un índice numérico que evalúa de 0 a 100 el estado de un pavimento como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 6.1. Rangos de calificación del PCI

Rango	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

Para aplicar este método en primer lugar se debe iniciar con un trabajo de campo en el que se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos, y se llenan los siguientes formatos:

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO				ESQUEMA		
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m ²)				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
INSPECCIONADA POR		FECHA		<input type="text"/>		
<input type="text"/>		<input type="text"/>				
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 superficie asfáltica

Fuente: Vásquez, 2002

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

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	Parqueo (grande).	36	Desconchamiento
24	Grieta de durabilidad "D".	30	Parqueo (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:

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} * (N - 1) + \sigma^2} \quad (13)$$

Donde:

- 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.

$$i = \frac{N}{n} \quad (14)$$

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:

$$PCI = \frac{[(N - A) * PCI_R] + (A * PCI_A)}{N} \quad (15)$$

Donde:

PCIs: PCI de la sección del pavimento

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

PCI_A: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales

N: Número total de unidades de muestreo en la sección

A: Numero adicional de unidades de muestreo inspeccionadas

7. MARCO CONCEPTUAL

7.1 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 sub-rasante 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. [3]

7.2 PAVIMENTO FLEXIBLE

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra. [3]

7.3 PAVIMENTO RIGIDO

Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado, la cual se denomina como la subbase del pavimento rígido. [2]

7.3.1 Losa de concreto

Las funciones de la losa en el pavimento rígido son las mismas de la carpeta en el flexible, más la función estructural de soportar y transmitir en nivel adecuado los esfuerzos que le apliquen. [2]

7.4 LAS BERMAS

Las bermas son aquella parte de la corona del pavimento que se encuentra aledaña a la superficie de rodamiento y que tiene como función principal, proporcionar un espacio adecuado para la detención de vehículos en emergencia. [3]

7.5 EL 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. [3]

7.6 MANTENIMIENTO

Conjunto de actividades destinadas a preservar la condición de una carretera y de sus componentes, tales como el derecho de vía, calzadas, bermas, elementos de drenaje, estructuras, túneles, dispositivos de seguridad y control de tránsito, etc., con el fin de que sigan prestando de manera efectiva el servicio para el cual fueron construidos o dispuestos. [4]

7.6.1 Actividad de mantenimiento

Trabajo de mantenimiento de vial que se puede definir, individualizar y diferenciar claramente de otros, para el cual se describen procedimientos generales de ejecución, se estipulan los materiales requeridos, se establecen los requisitos de calidad a los que se debe ajustar para su recibo y se fijan las condiciones para la medida y el pago del trabajo realizado correctamente. [4]

7.6.2 Actividades de mantenimiento periódico

Acciones que se requieren ocasionalmente o con una periodicidad superior a un año en una carretera y sus elementos conexos y que, en cierta medida, se pueden programar con antelación, debido a que son determinadas principalmente por el tránsito y las condiciones meteorológicas. [4]

7.6.3 Actividades de mantenimiento rutinario

Actividades destinadas a reparar o reponer situaciones de deterioro que se producen en la carretera y en sus elementos conexos a lo largo del año y que, en cierta medida, son independientes de la intensidad del tránsito y de las condiciones meteorológicas. [4]

7.6.4 Especificaciones generales

Conjunto de disposiciones que especifican el alcance de las diferentes actividades de mantenimiento, las exigencias sobre los materiales por utilizar, las pruebas de control de calidad y las modalidades para la medida y el pago del trabajo de mantenimiento ejecutado. También incluyen, a modo informativo, una descripción de los procedimientos más usuales para la ejecución de los trabajos, de manera que se ajusten a los requisitos especificados. Las especificaciones generales constituyen el objeto del presente documento. [4]

7.6.5 Especificaciones particulares

Conjunto de disposiciones adicionales o complementarias a las especificaciones generales y que priman sobre éstas, las cuales abarcan y definen condiciones específicas de un proyecto particular de mantenimiento. [4]

7.7 DEFINICION DE LOS TIPOS DE DAÑOS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES

Los daños que se presentan en una estructura de pavimento flexible se clasifican en 4 categorías [1]:

- Fisuras.
- Deformaciones.
- Perdida de capas estructurales.
- Daños superficiales.
- Otros daños.

7.7.1 Fisuras

El manual de inspección de daños para pavimentos flexibles contempla 9 clases fisuras. [1]

7.7.1.1 Fisuras longitudinales y transversales (FL, FT)

Se refiere a las discontinuidades en la carpeta asfáltica, en la misma dirección del tránsito o transversales a él. Son indicio de la existencia de esfuerzos a tensión en alguna de las capas de la estructura los cuales han superado la resistencia del material afectado. [1]

7.7.1.2 Fisura en juntas de construcción (FCL, FCT)

Corresponden a las fisuras que se presentan por la mala ejecución de las juntas de construcción de la carpeta asfáltica, se puede presentar tanto longitudinal como transversalmente. [1]

7.7.1.3 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 borde o por la diferencia de nivel entre la berma y la calzada. [1]

7.7.1.4 Fisura en bloque (FB)

Cuando se presenta este tipo de daño la superficie de asfalto es dividida en bloques de forma aproximadamente rectangular, los bloques tienen lado promedio mayor que 0.3 m. [1]

7.7.1.5 Piel de cocodrilo (PC)

Corresponde a una serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, generalmente localizadas en zonas sujetas a repeticiones de carga. [1]

7.7.1.6 Fisuras en media luna (FML)

Son fisuras de forma parabólica asociadas al movimiento de la banca por lo que usualmente se presentan acompañadas de hundimientos. [1]

7.7.1.7 Fisuras por deflexión de juntas en placas de concreto (FJL o FJT)

Este tipo de daño se presenta cuando existe una capa de concreto asfáltico sobre placas de concreto rígido, se presentan de forma transversal y longitudinal al tránsito. [1]

7.7.1.8 Fisuración por deslizamiento de capas (FDC)

Corresponden a fisuras en forma de semicírculo o medialuna provocadas por la acción de frenada o aceleración de los vehículos. [1]

7.7.1.9 Fisuración incipiente (FIN)

Son fisuras contiguas y cerradas que generalmente no son interceptadas, solo provocan daños en la superficie del pavimento mas no daños estructurales. [1]

7.7.2 Deformaciones

7.7.2.1 Ondulación (OND)

Este daño se caracteriza por la presencia de ondas en la superficie del pavimento de forma perpendicular al tránsito.

7.7.2.2 Abultamiento (AB)

Este daño se asigna a los abombamientos que se presentan en la superficie del pavimento, pueden presentarse bruscamente ocupando pequeñas o grandes áreas de la superficie. [1]

7.7.2.3 Hundimientos (HUN)

Corresponde a depresiones localizadas en el pavimento con respecto al nivel de la rasante.

7.7.2.4 Ahuellamiento (AHU)

Es una depresión de la zona relacionada a las llantas, estas ejercen una presión sobre el pavimento y genera hundimiento de forma longitudinal. [1]

7.7.3 Perdidas de las capas de la estructura

7.7.3.1 Descascaramiento (DC)

Se refiere al desprendimiento de parte de la capa asfáltica superficial, sin afectar las capas subyacentes. [1]

7.7.3.2 Baches (BCH)

Es la desintegración total de la capa asfáltica dejando en evidencia los materiales granulares y afectándose gradualmente con el paso del tránsito. [1]

7.7.3.3 Parches (PCH)

Corresponde a áreas donde el pavimento original fue removido para arreglos de la estructura o permitir la instalación o reparación de alguna red de servicios. [1]

7.8 DEFINICION DE LOS TIPOS DE DAÑOS EN PAVIMENTOS RIGIDOS

Los daños que se presentan en una estructura de pavimento rígido se clasifican en 4 categorías:

7.8.1 Grietas.

En el manual de inspección visual para pavimentos rígidos del INVIAS definen una grieta como una fisura demás de 0,03 mm de ancho, estos deterioros incluyen todas la discontinuidades y fracturas que afectan las losas de concreto. [2]

7.8.2 Deterioro de las juntas.

Son los daños relacionados a las juntas de las losas de concreto, hace referencia a las discontinuidades entre losas, las separaciones exageradas, daños en el sello de las losas. [2]

7.8.3 Deterioros superficiales.

Se refiere a los daños que se presentan en la superficie de las estructuras (losas de concreto) se pueden identificar como, desportillamiento de la losa, descascaramiento, desintegración, baches, pulimento entre otros. [2]

7.9 GEOCOMPUESTO DE PAVIMENTO TDM

Es una geomalla de alta resistencia recubierta en asfalto, que trabaja en conjunto con un geotextil no tejido de pavimentación, actuando de manera de refuerzo y retardando la aparición/reflexión de grietas en superficies asfálticas.



Figura 7.1. Imagen geomalla en el pavimento.

Fuente: TDM Colombia, 2018

Propiedad	Método de Prueba	Unidad	Valores VMPR ⁽¹⁾
Abertura máxima de la geomalla (MD/TD) ⁽²⁾	Medido	mm	30 x 30
Resistencia a la tensión última (MD/TD) ⁽²⁾	ASTM D6637	kN/m	>50/50
Elongación en la rotura	ASTM D6637	%	<10%
Punto de fusión	ASTM D276	°C	255
PRESENTACIÓN			
Dimensiones del rollo (Ancho x Largo)	Medido	m x m	2,7x 100

Figura 7.2. Especificaciones técnicas

Fuente: TDM Colombia, 2018

8 ESTADO DEL ARTE

Desde las civilizaciones más antiguas siempre se ha buscado tener vías para movilizar diferentes tipos de mercancías o personas, esto trae progreso y desarrollo a la sociedad, por tal razón el hombre tiene la necesidad de desarrollar nuevas y mejores carreteras, por lo que han inventado diferentes métodos de construcción y diseño para estas, donde es fundamental la estructura de su pavimento, pero no es suficiente con solo tener un diseño y construcción correcto, además es indispensable darles un mantenimiento continuo para conservar su calidad y que así puedan prestar de forma óptima el servicio.

Esta necesidad ha hecho que diferentes instituciones y profesionales se interesen en el tema, tal es el caso del INVIAS que desarrolló un manual para la inspección visual de los pavimentos tanto rígidos como flexibles, a un nivel más internacional la ASTM D6433-03 desarrollo el método PCI para cálculo del índice de condición del pavimento, el cual ha sido altamente usado a nivel internacional por dar resultados cuantificables y más precisos, un ejemplo de esto es el proyecto “Cálculo del índice de condición del pavimento Barranco- Surco- Lima” que fue realizado en Perú , donde por medio de este inspeccionaron , estudiaron y analizaron los daños de la vía para finalmente determinar su PCI y con este dar recomendaciones especiales para el mantenimiento del pavimento. [5]

9 MARCO NORMATIVO

Tabla 9.1 Marco normativo del proyecto

Norma/Año	Título	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. [6]
Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos (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 rígidos. [6]
Manual de mantenimiento de carreteras INVIAS 2016	Manual de mantenimiento de carreteras	El presente manual define los tipos de mantenimiento que existen para una carretera, y las soluciones más acertada para cada tipo de falla. [4]
Método PCI	Índice de condición del pavimento	Este manual describe como hallar la PCI de acuerdo con el procedimiento ASTM D6433-03. [7]

Fuente: Propia (2019)

10 MARCO GEOGRÁFICO

La zona del proyecto se encuentra ubicada en el departamento del Meta, al Norte de la ciudad de Villavicencio con las coordenadas $4^{\circ}09'22.0''N$ $73^{\circ}37'53.0''W$, entre el barrio La Grama y la calle 35, esta zona es comercial, allí se puede encontrar industrias de compra y venta de vehículos, venta de ladrillos, estaciones de servicio, industrias madereras, talleres de mecánica automotriz, talleres de aluminios y latonería de vehículos, restaurantes gourmet, y es la vía de ingreso de municipio de Restrepo, y comunica con el centro de la ciudad y la plaza de San Isidro que es una de las mayores fuentes de economía para las personas de Villavicencio coordenadas $4^{\circ}09'22.0''N$ $73^{\circ}37'53.0''W$.

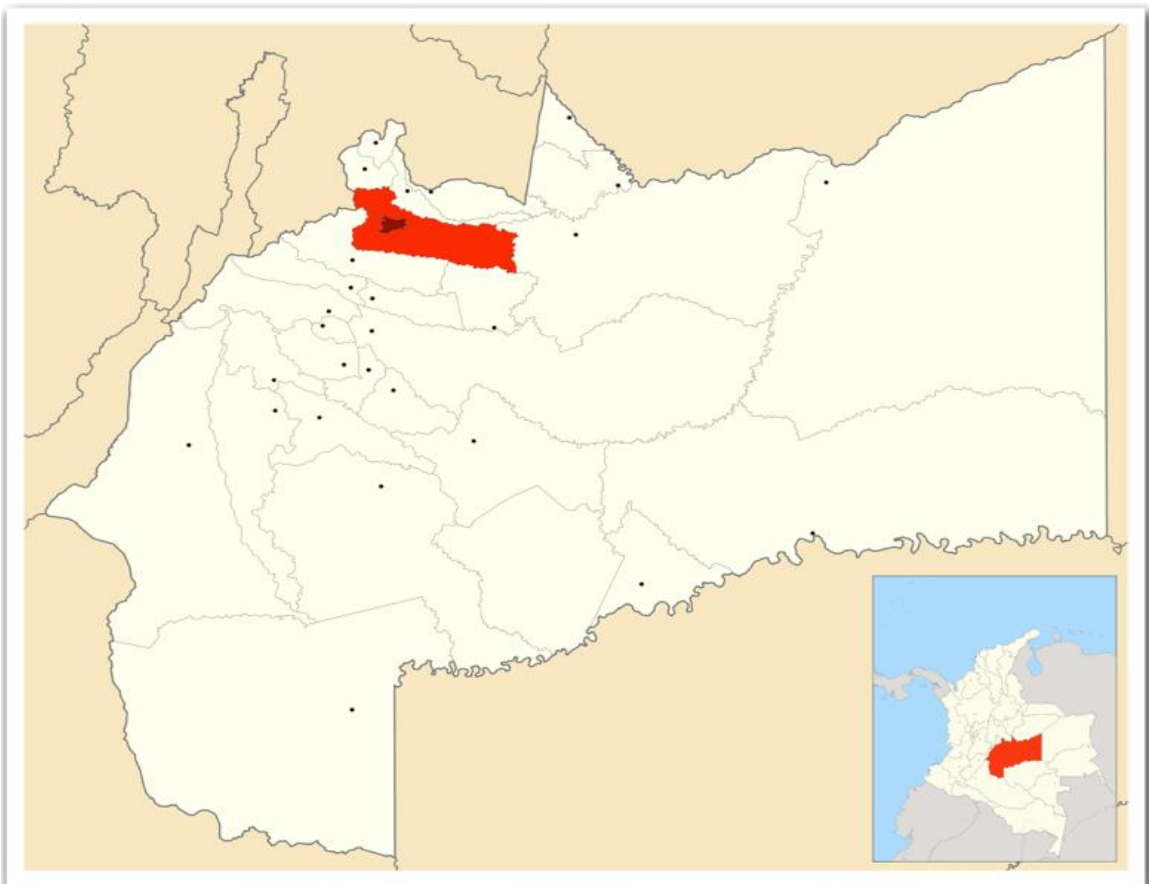


Figura 10.1. Localización de Villavicencio en el Meta
Fuente: Pagina web Alcaldía Villavicencio (2019).

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

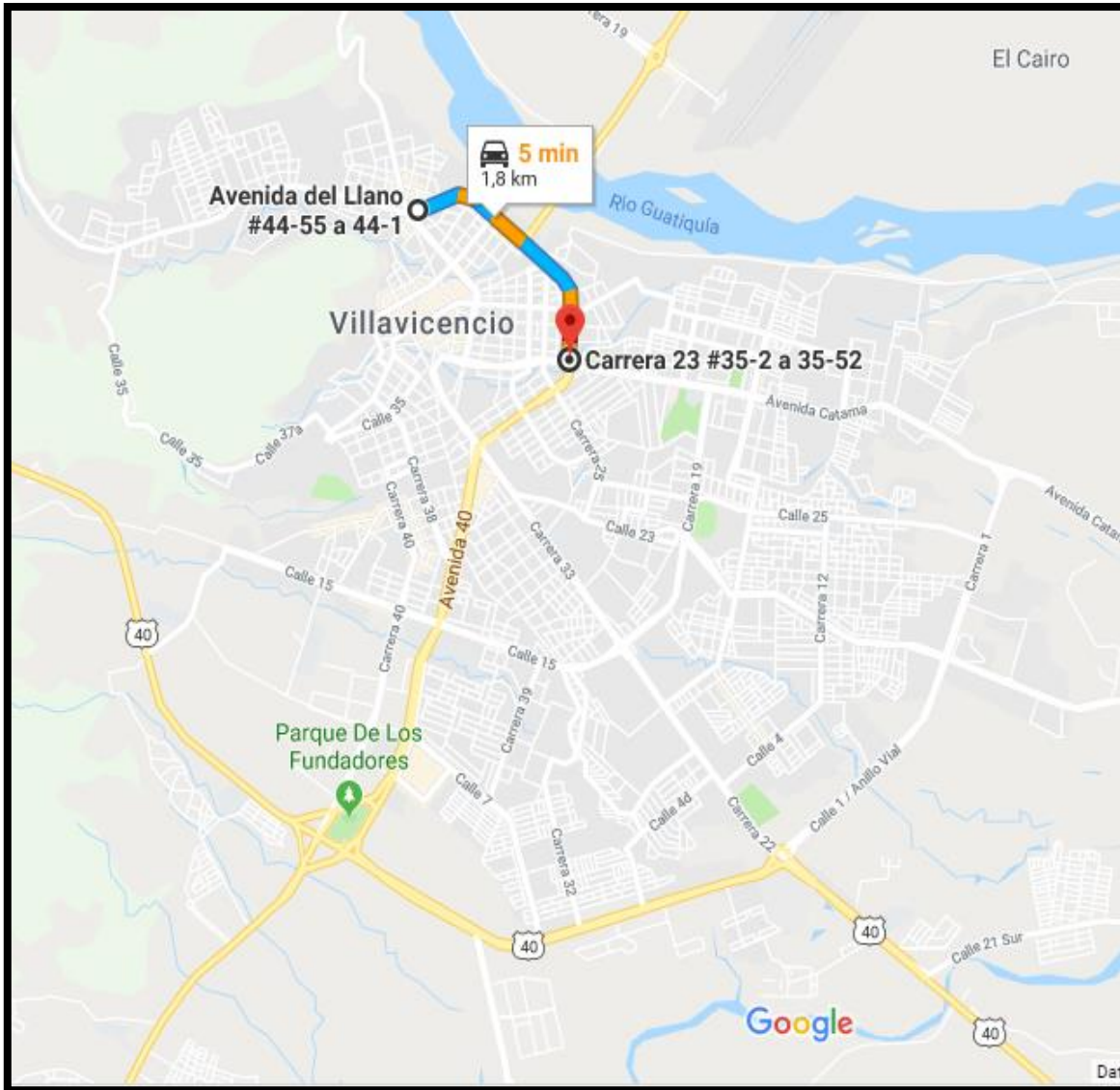


Figura 10.2. Zona de estudio dentro de la ciudad de Villavicencio
Fuente: (Google Maps, 2019)

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

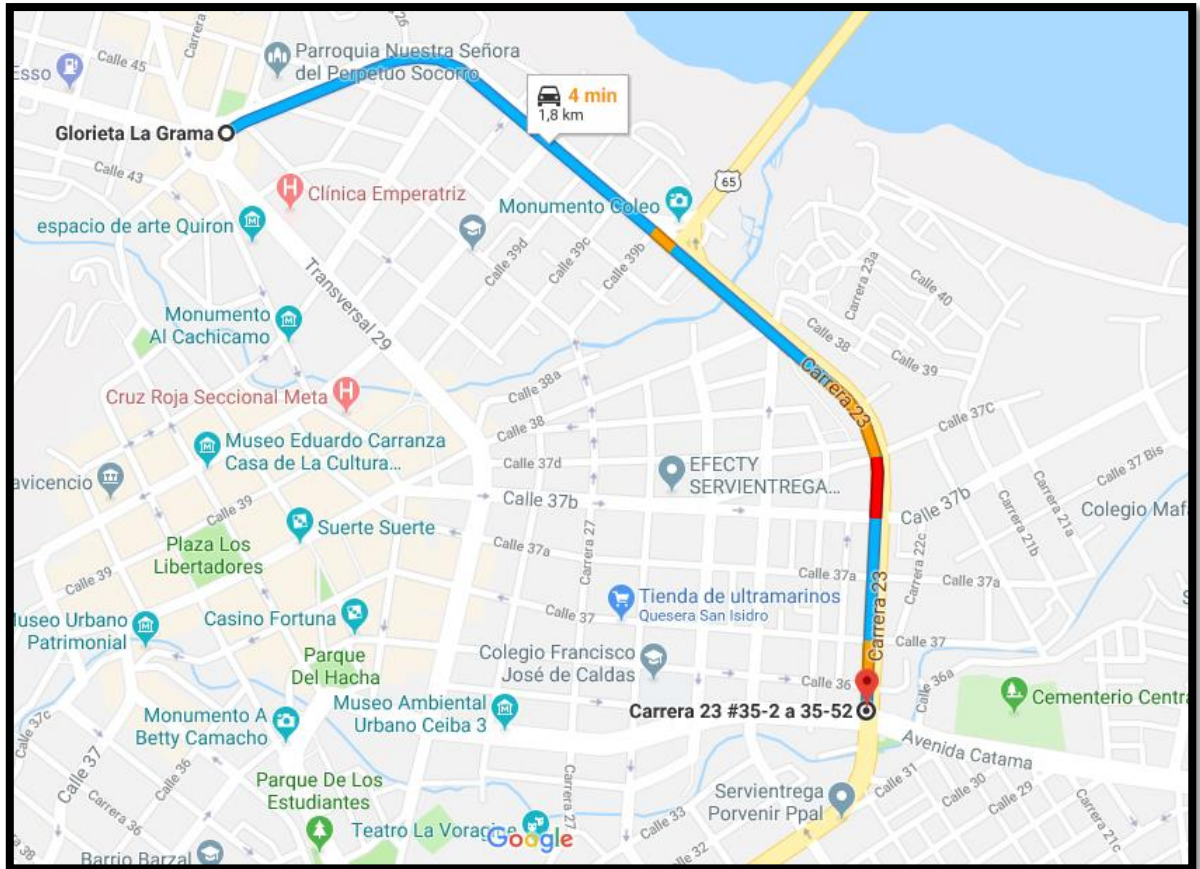


Figura 10.3. Zona de estudio entre Glorieta La Grama y Hotel Rosado
Fuente: (Google Maps, 2019).

12 METODOLOGÍA

El presente proyecto es no experimental de tipo descriptivo donde se aplicará el método para la inspección visual de pavimentos rígidos y flexibles propuesto por el INVIAS y el método PCI.

12.1 ETAPA 1

En el proyecto de inspección visual y plan de mantenimiento de la Avenida del Llano, inicialmente se debe hacer un mapeo de las zonas aledañas a la vía, teniendo en cuenta información general como el uso de suelo que tienen los establecimientos de acuerdo al POT de Villavicencio, definir si se encuentra destinado como lugares de interés turístico, el tipo de economía que se lleva a cabo en la zona, reconocer la importancia del estado de la vía, la población que se ve afectada por el proyecto, factores climáticos de la ciudad entre otras variables importantes.

12.2 ETAPA 2

Seguido de la recolección de información; se debe definir la abscisa K0+000 del proyecto (en este caso La Glorieta de La Grama) y hacer un recorrido a lo largo del camino, identificando los daños, registrando fotográficamente el proceso hasta culminar en el punto final (calle 35) aproximadamente abscisa K1+800, con el fin de plasmar la ficha técnica de la totalidad de las fallas. Con estos datos se procede a llenar los formatos del INVIAS para la inspección visual de pavimentos flexibles y rígidos.

12.3 ETAPA 3

Con los datos registrado en la etapa 2, se analiza la información de acuerdo al procedimiento establecido por el INVIAS y nombrado en el título 6.1.1 y 6.1.2

12.4 ETAPA 4

A continuación, se desarrolla el método del PCI, donde se utilizan los datos obtenidos en la etapa 2 y se realiza el proceso descrito en el título 6.1.3.

12.5 ETAPA 5

Finalmente se definirá la solución más acertada para cada tipo de daño encontrado, elaborando al fin el plan de mantenimiento para la Avenida del Llano entre la glorieta de La Grama y la calle 35, proponiendo en los casos que sea apropiado métodos alternativos para el mantenimiento.

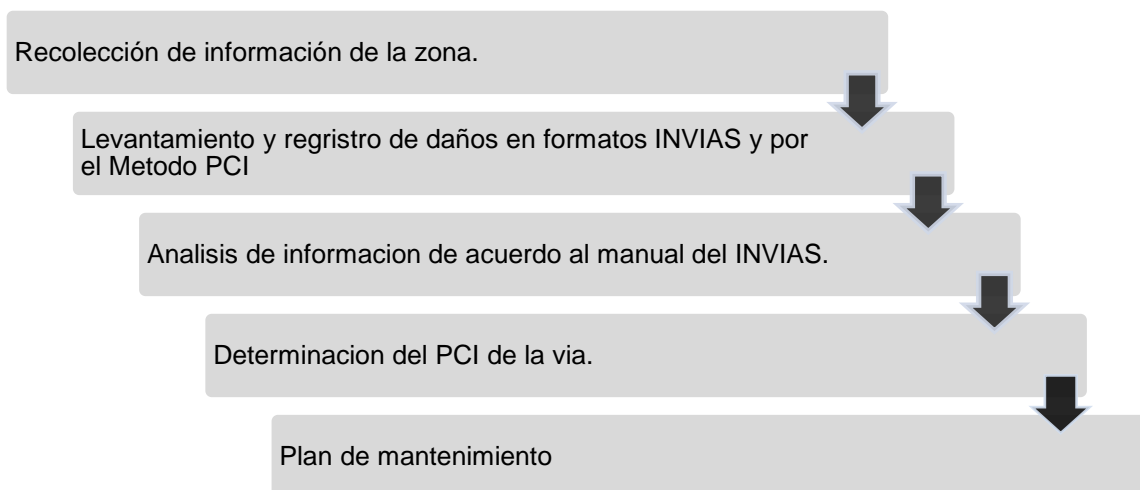


Figura 12.1 Metodología.
Fuente: Propia (2019)

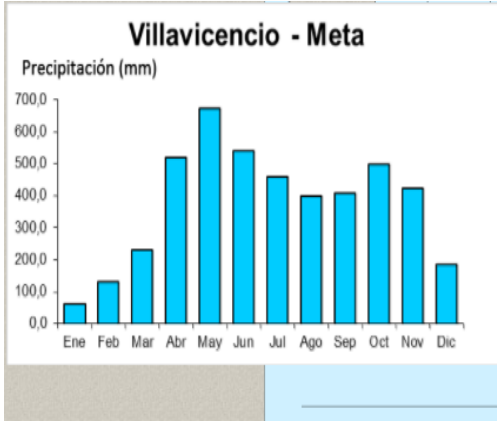
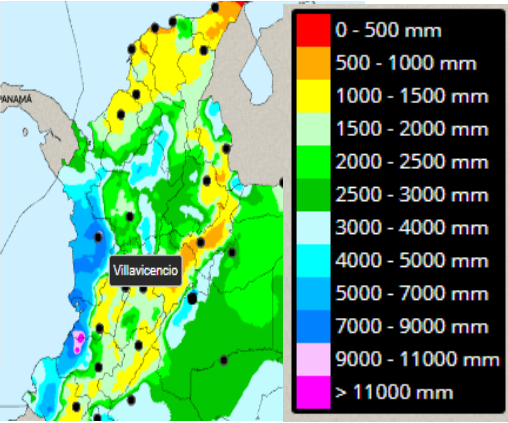
Tabla 12.1 Población, muestras, variables e instrumentos de recolección de datos

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 (2019)

13 ETAPA 1. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE LA ZONA.

Tabla 13.1. Información general de la zona de estudio

Clima	
	
Temperatura media	
28 °C- 32°C	
Economía	
Comercial y de servicios: Automotriz, estaciones de servicio de combustible, lavaderos de autos, restaurantes, madereras, sede de la Fiscalía	
Importancia	
Vía principal de la ciudad, cruce entre avenidas principales, ingreso y salida de vehículos de carga peligrosa, salida antigua hacia la capital del departamento.	
Turismo	
Monumentos relacionados con el llano, (Monumento a las arpas y Monumento al coleo)	
Uso de suelo	
Comercial y residencial.	

Fuente: IDEAM, POT, Alcaldía de Villavicencio, 2019

14 ETAPA 2. LEVANTAMIENTO Y REGISTRO DE DAÑOS EN FORMATOS INVIAS Y POR EL METODO PCI.

Para el levantamiento de daños en el pavimento rígido y flexible se emplearon los formatos establecidos por el INVIAS y por el método PCI. Esta etapa se divide en 4 fases.

14.1 FASE 1: LEVANTAMIENTO DE DAÑOS DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN FORMATO INVIAS.

Para esto se definió la abscisa K0+000 ubicada en la Glorieta de La Grama, donde el pavimento es flexible hasta la abscisa K0+010, en esta inicia el pavimento rígido. Se registró la información general de la vía en el formato del INVIAS, como se observa en la figura 14.1.



	FORMATO PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTO RÍGIDO			
TERRITORIAL: Orinoquía	FECHA: 24/02/2019	CONCESIÓN	<input type="checkbox"/>	HOJA: 1 DE: 6
CODIGO DE LA VÍA: _____	CONTRATO N°: ----	MANTENIMIENTO INTEGRAL	<input type="checkbox"/>	
NOMBRE DE LA VÍA: Avenida del Llano	LEVANTADO POR: Raúl G. y Alix R.	A.M.V	<input type="checkbox"/>	

Figura 14.1. Información general en el formato INVIAS
Fuente: Propia, 2019

Luego, se procedió a recorrer la vía para realizar el registro, ubicación y características de los deterioros en el formato, en este se especificó:

- La abscisa: Abscisa en la que inicia la losa.
- Número y letra de la placa: Donde el número hace referencia a la ubicación de la losa a lo largo de la vía, y la letra se relaciona con la ubicación de la losa en el ancho de la calzada.
- Dimensiones de la losa: Largo=3m y ancho=3m (igual para todas las losas).
- Tipo de daños presentes con su respectiva severidad: Esto de acuerdo con el capítulo 7.8 del presente documento y a la figura 4.
- Dimensiones de los daños: Largo y ancho (m).
- Dimensiones de la reparación: Largo y ancho (m).
- Foto: En el formato se nombra la foto.

- Aclaraciones: Se registró detalles adicionales del pavimento.

El registro de los daños se hizo de forma ascendente y para cada una de las losas dañadas. Un ejemplo de lo descrito es la figura 14.2, los formatos debidamente diligenciados se encuentran en el ANEXO A.

ABSCISA	N°. Placa		Dimensiones de la Losa		TIPO DE DETERIORO							ACLARACIONES
					Tipo	Severidad	Daño		Reparación		Foto	
	#	Letra	Largo	Ancho			Largo	Ancho	Largo	Ancho		
K0+022	5	C	3	3	GB	A	1,5	3	1,5	3	5C	
K0+022	5	B	3	3	PCHA	A	3	3	3	3	5B	
K0+022	5	A	3	3	PCHC	A	-	-	3	3	5A	
K0+022	5	A	3	3	PCHA	A	-	-	3	3	5A	
K0+019	4	C	3	3	DI	-	2	3	-	-	4C	Rejilla de agua lluvia (1x2)
K0+019	4	B	3	3	GE	M	1	0,7	-	-	4B	Rejilla de agua lluvia (1x1,5)

Figura 14.2. Registro de daños pavimento rígido.

Fuente: Propia, 2019

Al finalizar el registro de daños se describieron observaciones finales, figura 14.3.

Observaciones: *En el 100% de las losas que NO presentan algún tipo de parcheo (PCHA y/o PCHC) se evidencia PULIMENTO y DESINTEGRACIÓN
* Las losas de la fila A presentan parcheo PCHA, por aparente ruptura de la losa para inspección ó reparación de tubería subterránea.

Figura 14.3. Observaciones

Fuente: Propia, 2019

Por último, se especificó la geometría de la vía en la parte inferior del formato.

Número de calzadas:	1	PR inicial k0+010	Ancho de berma: N/A
Número de carriles por calzada:	2	PR final k0+226	Espesor de la losa: _____

Figura 14.4. Geometría de la vía, pavimento rígido.

Fuente: Propia, 2019

14.2 FASE 2. LEVANTAMIENTO DE DAÑOS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN FORMATO INVIAS.

Desde la abscisa K0+000 hasta K0+010 y luego desde la abscisa K0+226 hasta K1+1758 el pavimento es flexible, para el levantamiento de daños de este se utilizó el formato del INVIAS para pavimento flexible.

En primer lugar, se anotó la información general de la vía, que es igual a la descrita en la sección del pavimento rígido, como se aprecia en la figura 14.5.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA		FORMATO PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE				
TERRITORIAL:	<u>Orinoquia</u>	FECHA:	<u>3/03/2019</u>	CONCESIÓN	<input type="checkbox"/>	PR INICIA PI0+226
CODIGO DE LA VÍA:	_____	CONTRATO N°:	_____	MANTENIMIENTO INTEGRAL	<input type="checkbox"/>	PR FINAL: PRO+390
NOMBRE DE LA VÍA:	<u>Avenida del Llano</u>	LEVANTADO POR:	<u>Raúl Guevara - Alix Romero</u>	A.M.V	<input type="checkbox"/>	HOJA: <u>1</u> DE: <u>7</u>

Figura 14.5. Información general Pavimento Flexible, INVIAS
Fuente: Propia, 2019

En seguida, se realizó el recorrido a lo largo de la vía para registrar los daños con sus respectivas especificaciones, estas son:

- Abscisas: Para el registro de daños del pavimento flexible se dividió la vía en tramos de 100 metros, a excepción del T1 que es de 10 metros, por estar antes del pavimento rígido y el T16 tiene una longitud de 132 metros. Las abscisas se escribieron al inicio y final de cada tramo.
- Carril: La calzada tiene dos carriles en una dirección, para definir la ubicación del daño a lo ancho de la calzada, se especificó si estaban en la izquierda (I), derecha (D), eje (E) o en toda la calzada (C)
- Tipo: El tipo de daño, de acuerdo con lo estipulado en el capítulo 7.7 y la figura 2.
- Severidad: En esta se detalló la gravedad del daño, cumpliendo con lo mostrado en la figura 2, donde A: Alto, M: Medio y B: Bajo.
- Dimensiones de los daños: Largo y ancho (m).
- Dimensiones de reparación: Largo y ancho (m).
- Foto: Se nombra la foto del respectivo daño.
- Aclaraciones: Se registró detalles adicionales del pavimento.

El registro de los daños se realizó de forma ascendente en un total de 7 formatos, que se pueden encontrar en el ANEXO B. Una sección de estos se observa en la figura 14.6.

Carril	Tipo	Severidad	PATOLOGÍA				FOTO	ACLARACIONES
			Daño		Reparación			
			Largo	Ancho	Largo	Ancho		
D	FT	M	3	-			75	
I	FDB	M	1,2	-			74	
C	DSU	M	100	8			73-77-84	DAÑO PRESENTE EN TODA EL AREA DE CALZADA
C	PA	A	100	0,8			78	DAÑO PRESENTE EN TODA EL AREA DE LOS EXTREMOS
PRO+226								
PRO+010								
C	DSU	M	10	9			361	DAÑO PRESENTE EN TODA LA VIA
D	DC	A	0,15	0,15			360	
C	PCH	A	12	0,5			359	
D	DC	A	2	0,4			358	
PRO+000								

Figura 14.6. Registro de daños, pavimento flexible

Fuente: Propia, 2019

Para terminar el registro de daños se escribieron comentarios finales de la vía y su geometría, figura 14.7.

Numero de calzadas: 1	COMENTARIOS: Se observó daños superficiales en la totalidad del area del pavimento, en especial desgaste superficial con severidad media.
Numero de carriles por calzada: 2	
Ancho de carril: 4,4 m Ancho de berma: NA	

Figura 14.7. Comentarios y geometría de la vía, pavimento flexible

Fuente: Propia, 2019

14.3 FASE 3. LEVANTAMIENTO DE DAÑOS DEL PAVIMENTO RIGIDO EN FORMATO PCI.

Para la inspección del pavimento rígido por el método PCI se definieron dos tramos, cada uno con 108 losas. Luego, se determinó el número de unidades de muestreo (losas) y el intervalo de muestreo correspondiente a cada tramo, lo anterior aplicando la ecuación 13 y 14, respectivamente, y usando los datos de la tabla 14.7.

Tabla 14.1. Datos para determinar n, i, para el pavimento rígido

Número total de unidades de muestreo (N)	108
Error admisible e (%)	5
σ Pavimento Rígido	15

Fuente: Propia, 2019

Por tener el mismo número de losas el tramo 1 y 2 resultan con la misma cantidad de unidades de muestreo e intervalo, como se observa en la tabla 14.2.

Tabla 14.2. Unidades de muestreo e intervalo, pavimento rígido

Unidades de muestreo (n)	27
Intervalo de muestreo (i)	4

Fuente: Propia, 2019

Con las unidades de muestreo e intervalo definidos, se inició la inspección en campo (la cual se realizó simultáneamente con la inspección para el INVIAS) donde se registraron los datos de cada tramo en un formato PCI como el de la figura 6.6.

En la parte superior del formato se describió el tramo y la inspección en general, figura 20.

EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO		
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO
	PRO+010	1
CODIGO VIA	ABSCISA FINAL	NUMERO DE LOSAS
	PRO+118	27
INSPECCIONADA POR		FECHA
ALIX ROMERO- RAÚL GUEVARA		24/02/2109

Figura 14.8. Información general, formato PCI.

Fuente: Propia, 2019

Para el registro de daños se identificó:

- Daño y severidad: Tipo de daño con su respectiva severidad presente en cada losa, de acuerdo con la clasificación establecida por el método PCI mostrada en la figura 6.6.
- No. Losas: Numero de losas que presentan el daño.
- Esquema: Esquema con la ubicación de las losas que forman parte de las unidades de muestreo.

Daño	Severidad	No. Losas	Densidad (%)	Valor deducido	ESQUEMA		
					A	B	C
29	H	12	44%	49			
34	H	3	11%	32	K0+010	1-1A	
34	M	2	7%	15	K0+013		10-2B
22	H	2	7%	8	K0+016		
26	H	27	100%	19	K0+019		19-3C
39	H	1	4%	7	K0+022	2-5A	
					K0+025		11-6B
					K0+028		20-7C

Figura 14.9. Registro de daños de pavimento rígido, formato PCI

Fuente: Propia, 2019

Los formatos con el registro de daños del pavimento rígido por el método PCI se encuentra en el ANEXO D.

14.4 FASE 4. LEVANTAMIENTO DE DAÑOS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN FORMATO PCI.

La inspección de daños por el método PCI para pavimento flexible, se inició determinando la longitud y el número total de unidades de muestreo de la vía.

La longitud la establece el ancho de calzada, de acuerdo con el método PCI para una calzada con ancho superior a 7.3, la longitud de las unidades de muestreo es de 31,5 m [7]. Con esta longitud se dividió la longitud total del pavimento flexible, y de este modo se halló el total de unidades de muestreo.

Tabla 14.1. Longitud de unidades de muestreo.

Ancho de calzada (m)	8,8
Longitud del pavimento flexible (m)	1542
Longitud de la unidad de muestreo	31,5

Fuente: Propia, 2019

Tabla 14.2. Datos para hallar n, i, para el pavimento flexible

Error admisible e (%)	5
σ Pavimento Flexible	10
Número total de unidades de muestreo (N)	49

Fuente: Propia, 2019

Con el número total de unidades de muestreo (N), el error admisible y la desviación estándar, se aplicó la fórmula 13 y 14 para establecer el número de unidades de muestro a evaluar y el intervalo de estas. Además, se escogió una unidad de muestreo adicional para tener una cobertura más completa del área de estudio, por lo que se evaluaron un total de 13 tramos.

Tabla 14.3. Unidades de muestreo e intervalo, pavimento flexible.

Unidades de muestreo a evaluar (n)	12
Intervalo de muestreo (i)	4

Fuente: Propia, 2019

Con los datos de la tabla 14.5 se inició la inspección, la cual se realizó simultáneamente con la inspección visual para el INVIAS. Los datos se registraron en el formato PCI para pavimento flexible como el de la figura 6.5, para cada unidad de muestreo se utilizó un formato.

En primer luego, se escribió la información general del tramo, en la parte superior del formato, como se muestra en la figura 14.10.

EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO		
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO
Villavicencio/Meta	K0+226	1
CODIGO VIA		AREA MUESTREO (m2)
	K0+257,5	277,2
INSPECCIONADA POR		FECHA
Alix Romero-Raúl Guevara		3/03/2019

Figura 14.10. Información general del pavimento flexible, PCI
Fuente: Propia, 2019

Luego se registró información específica de los daños:

- Daño: Tipo de daño de acuerdo con lo especificado por el PCI, figura 5.
- Severidad: La severidad del respectivo daño, Alta=H, Media=M o Baja=L.
- Cantidades parciales: Las dimensiones del daño.

Daño	Severidad	Cantidades parciales			Total	Densidad (%)	Valor deducido
		Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)			
11	M	3	1,3	3,9			
11	M	5	3,1	15,5	19,4	6,999%	27
13	L	0,8	0,22	0,176	0,176	0,063%	2
11	H	1,6	3,5	5,6	5,6	2,020%	26
10	M	1,2	0,6	0,72			

Figura 14.11. Registro de daños para pavimento flexible, PCI
Fuente: Propia, 2019

Finalmente se añadió un registro fotográfico del tramo en un espacio del formato. La totalidad de formatos debidamente diligenciados se encuentra en el ANEXO E.

15 ETAPA 3. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE ACUERDO CON EL MANUAL DEL INVIAS.

El registro de daños descritos en la fase 1 y 2 de la ETAPA 2, se analizó siguiendo lo estipulado por el INVIAS. Como se muestra a continuación, en el capítulo 15.1 y 15.2.

15.1 ANALISIS DE DAÑOS DEL PAVIMENTO RIGIDO, INVIAS.

Tabla 15.1. Reporte de daños de la vía, sección de pavimento rígido

Nombre de la vía	Avenida del Llano
Longitud de zona de estudio	1758 m
Longitud de pavimento rígido	216 m
Abscisa inicial	K0+010
Abscisa final	K0+226
Área total inspeccionada	1944 m ²
Área total afectada	1179 m ²

Fuente: Propia, 2019

El área total inspeccionada expresada en la tabla 15.1 se halló multiplicando el ancho de calzada de la vía (9m) por la longitud de la sección de la vía con pavimento rígido (216m), luego, conociendo que cada losa tiene dimensiones de 3x3 m, es decir, 9m² y que hay un total de 131 losas afectadas (tabla 15.2), se determinó el área total afecta, multiplicando estos dos valores.

En la tabla 15.2 se muestra el porcentaje de losas que tiene algún tipo de daño respecto al total de losas en toda la vía y respecto al total de losas de cada tramo.

Tabla 15.2. Resumen de daños por tramos.

Tramo	Pr inicial	Pr final	N° de placas construidas	Total de placas afectadas	% Respecto al total de placas construidas	% Respecto al total de placas construidas en el tramo
T1	K0+010	K0+118	108	71	33%	65,741%
T2	K0+118	K0+226	108	60	28%	55,556%
	Total		216	131	61%	

Fuente: Propia, 2019

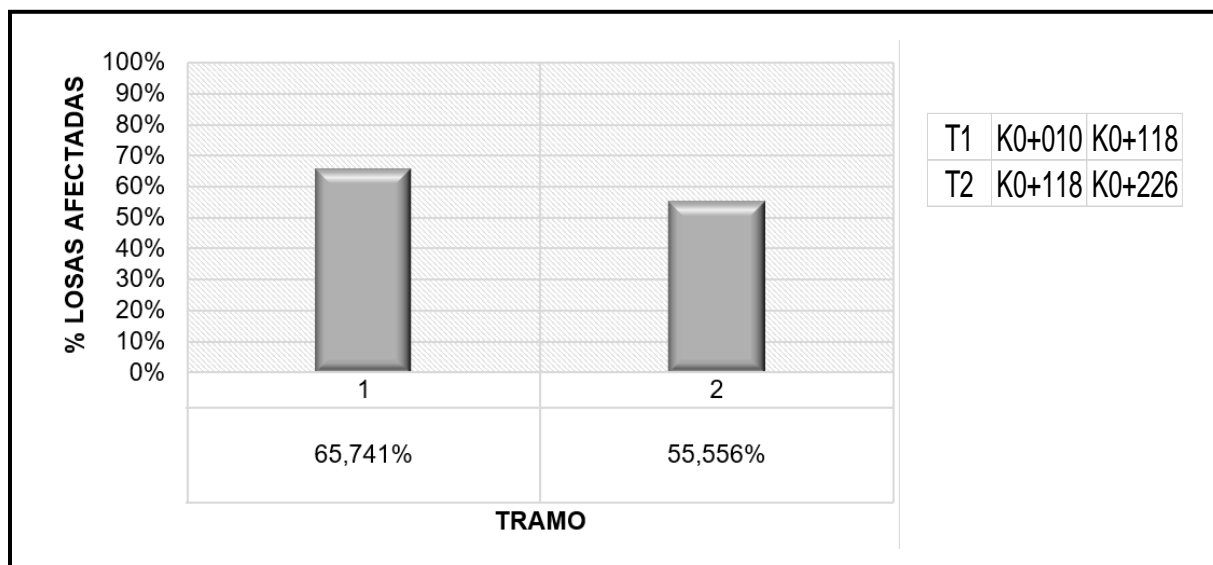


Figura 15.1. % De losas con daños respecto al total de losas construidas en cada tramo

Fuente: Propia, 2019

Para cada tramo se realizó un resumen de los daños encontrados en las placas clasificados por niveles de severidad. En este se especifica el número de losas afectadas para cada tipo de daño, y con ello el porcentaje de afectación respecto al área total del tramo.

Tabla 15.3. Resumen de deterioros con severidad baja, Tramo 1

Deterioro	Área afectada	% Frente al total
GL	0	0%
GT	0	0%
GE	0	0%
GB	0	0%
GA	0	0%
EJL	0	0%
EJT	0	0%
PCHA	0	0%
PCHC	0	0%
BCH	0	0%
DI	0	0%
TOTAL	0	0%

Fuente: Propia, 2019

Tabla 15.4. Resumen de deterioros con severidad media, Tramo 1

Deterioro	Área afectada	% Frente al total
GL	1	0,463%
GT	0	0,000%
GE	2	0,926%
GB	0	0,000%
GA	1	0,463%
EJL	0	0,000%
EJT	0	0,000%
PCHA	0	0,000%
PCHC	0	0,000%
BCH	0	0,000%
DI	0	0,000%
TOTAL	4	2%

Fuente: Propia, 2019

Tabla 15.5. Resumen de deterioros con severidad alta, Tramo 1

Deterioro	Área afectada	% Frente al total
GL	1	0,463%
GT	1	0,463%
GE	0	0,000%
GB	12	5,556%
GA	0	0,000%
EJL	2	0,926%
EJT	3	1,389%
PCHA	41	18,981%
PCHC	5	2,315%
BCH	2	0,926%
DI	0	0,000%
TOTAL	67	31%

Fuente: Propia, 2019

Tabla 15.6. Resumen de deterioros con severidad baja, Tramo 2

Deterioro	Área afectada	% Frente al total
GL	0	0%
GT	0	0%
GE	0	0%
GB	0	0%
GA	0	0%
EJL	0	0%
EJT	0	0%
PCHA	7	3%
PCHC	1	0%
BCH	0	0%
DI	0	0%
TOTAL	8	4%

Fuente: Propia, 2019

Tabla 15.7. Resumen de deterioros con severidad media, Tramo 2

Deterioro	Área afectada	% Frente al total
GL	1	0,463%
GT	1	0,463%
GE	0	0,000%
GB	1	0,463%
GA	0	0,000%
EJL	0	0,000%
EJT	0	0,000%
PCHA	2	0,926%
PCHC	0	0,000%
BCH	0	0,000%
DI	0	0,000%
TOTAL	5	2%

Fuente: Propia, 2019

Tabla 15.8. Resumen de deterioros con severidad alta, Tramo 2

Deterioro	Área afectada	% Frente al total
GL	1	0,463%
GT	7	3,241%
GE	0	0,000%
GB	0	0,000%
GA	0	0,000%
EJL	0	0,000%
EJT	0	0,000%
PCHA	42	19,444%
PCHC	1	0,463%
BCH	0	0,000%
DI	0	0,000%
TOTAL	51	24%

Fuente: Propia, 2019

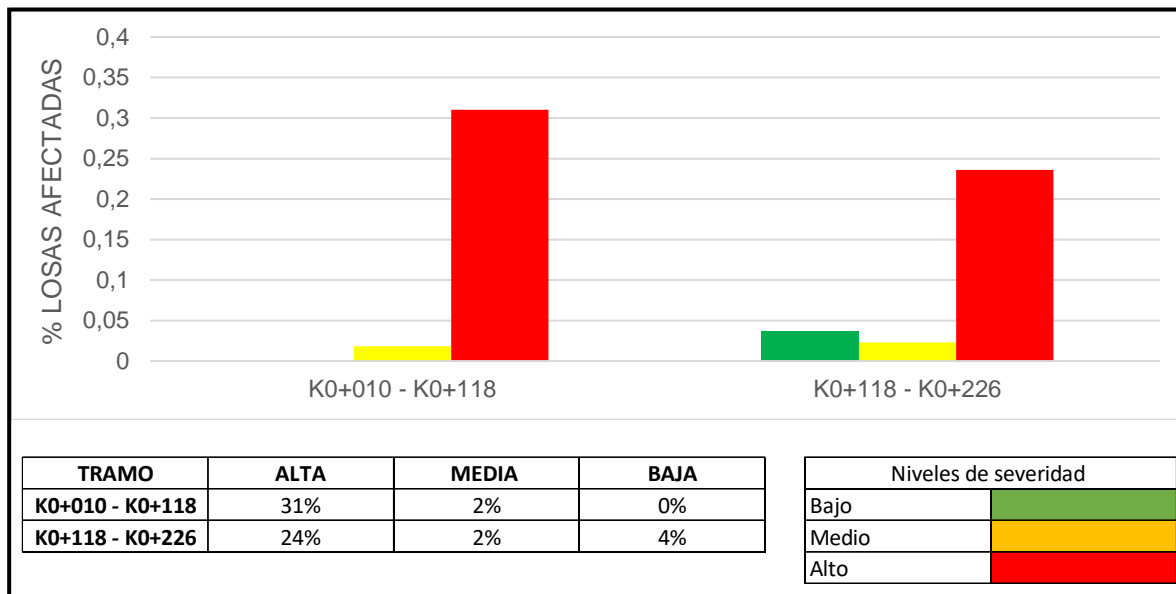


Figura 15.2. Daños por severidades

Fuente: Propia, 2019

Finalmente se realizó un cuadro de resumen con todos los daños encontrado, sus respectivas severidades y numero de losas afectadas para cada tramo, tabla 15.9.

Tabla 15.9. Resumen de patologías encontradas

Tramo	Pr inicial	Deterioro	Severidad	N° de losas afectadas
1	K0+010	GL	A	2
		GT	A	1
		GB	A	9
		GE	M	2
		GA	M	1
		EJL	A	2
		EJT	A	3
		PCHA	A	41
		PCHC	A	5
		BCH	A	2
2	K0+118	GL	A	2
		GT	A	9
		GB	A	1
		PCHA	A	51
		PCHC	A	2

Fuente: Propia, 2019

15.2 ANÁLISIS DE DAÑOS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, INVIAS.

Para el análisis de la sección de la vía con pavimento flexible se debe construir una tabla como la mostrada en la figura 15.3. Este análisis se hace de forma separa para los daños superficiales y los no superficiales.

La tabla está compuesta por:

- Tramo: Nombre de cada tramo.
- Abscisa: Abscisa inicial y final de cada tramo.
- Área de tramo: determinada con la ecuación 1.
- Daños en el pavimento: área total de los daños encontrados por severidad en cada tramo.
- Total: área total afectada de cada tramo.
- Área total inspeccionada: hallada con la ecuación 4.
- Área total afectada: se aplicó la ecuación 3.
- Porcentaje de afectación: Se calculó con la ecuación 2.
- Área total afectada por severidad y por daño: Ecuación 5.
- Área total afectad por daño: Ecuación 6.
- Peso del daño dentro del área inspeccionada según severidad (%): Ecuación 7
- Peso total del daño dentro del área inspeccionada (%): Ecuación 8.

Para determinar el área de cada tipo de daño, se multiplica el ancho por el largo de este, medido en campo. En casos de fisuras longitudinales, transversales, de borde o en juntas de construcción se multiplica su longitud por un ancho de referencia de 0.6 m.

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

TRAMO	ABSCISA		ÁREA TRAMO (m2)	DAÑOS SUPERFICIALES EN EL PAVIMENTO							TOTAL	%AFECTACION POR TRAMO
	DESDE	HASTA		DSU			PA			CD SIN GRADO DE SEVERIDAD		
				A	M	B	A	M	B			
T1	PRO+000	PRO+010	90		90						90	100%
T2	PRO+226	PRO+326	880		796,28		83,72				880	100%
T3	PRO+326	PRO+426	880		811,4		10,2			58,4	880	100%
T4	PRO+426	PRO+526	880		800			48		32	880	100%
T5	PRO+526	PRO+626	880		771		64			45	880	100%
T6	PRO+626	PRO+726	880		880						880	100%
T7	PRO+726	PRO+826	880		880						880	100%
T8	PRO+826	PRO+926	880		815					65	880	100%
T9	PRO+926	PR1+026	880		880						880	100%
T10	PR1+026	PR1+126	880		880						880	100%
T11	PR1+126	PR1+226	880		880						880	100%
T12	PR1+226	PR1+326	880		721,5		19,46			139,04	880	100%
T13	PR1+326	PR1+426	880		528					352	880	100%
T14	PR1+426	PR1+526	880		880						880	100%
T15	PR1+526	PR1+626	880		813					67	880	100%
T16	PR1+626	PR1+758	1161,6		1081,6					80	1161,6	100%
Area Total inspeccionada (m2)			13571,6	Area total afectada y porcentaje de afectacion							13571,6	100%

Area total afectada por severidad y por daño (m2)	0	12507,78	0	177,38	48	0	838,44
Area total afectada por daño (m2)	12507,78			225,38			838,44
Peso del daño dentro del area inspeccionada según severidad (%)	0,00%	92,16%	0,00%	1,31%	0,35%	0,00%	6,18%
Peso total del daño dentro del area inspeccionada (%)	92,16%			1,66%			6,18%

Figura 15.3. Hoja de cálculo para el proceso y análisis de los datos.
Fuente: Propia, 2019

La figura 15.3 es la tabla de cálculo para los daños superficiales, esta se mira con mayor detalle en el ANEXO C, donde también se encuentra la tabla para el proceso y análisis de datos de los daños no superficiales.

A partir de los datos obtenidos en la hoja de cálculo para el proceso y análisis de datos de los daños no superficiales, se construyó la gráfica de la figura 15.4, donde se observa el área dañada de cada tramo.

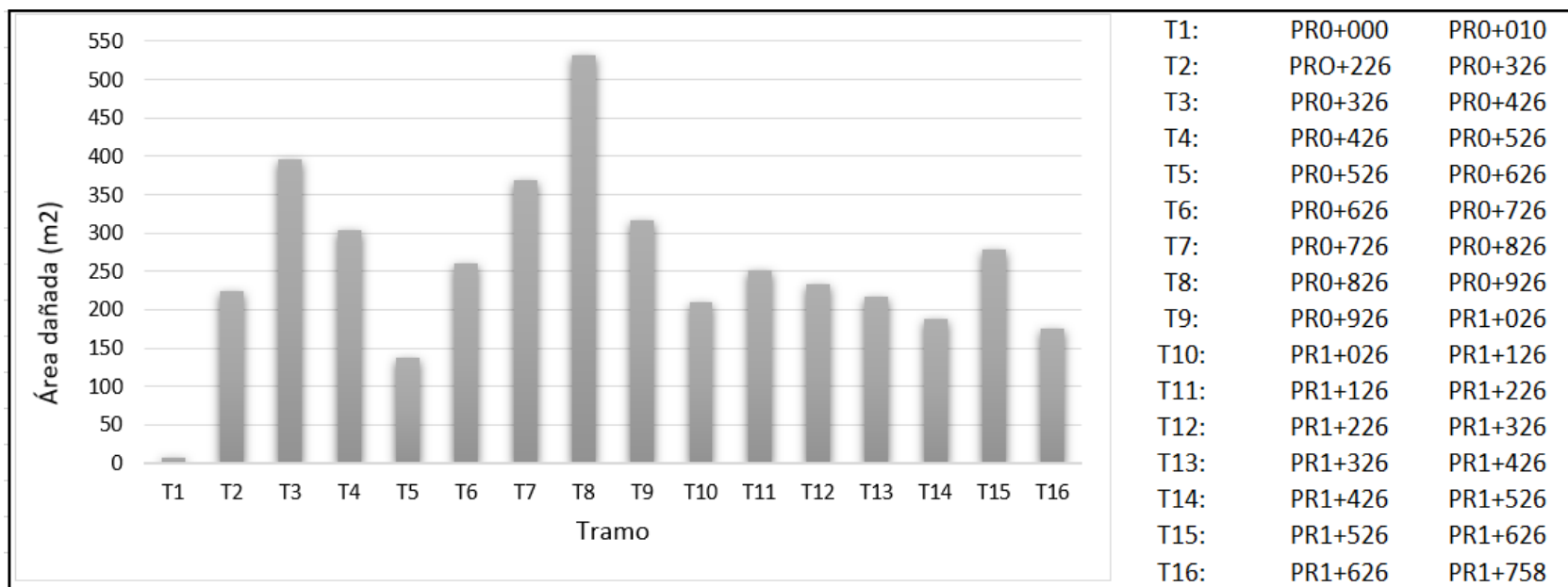


Figura 15.4. Área afectada por daños no superficiales.
Fuente: Propia, 2019

Luego se representó por medio de tres graficas la distribución de los diferentes tipos daños por nivel de severidad en la vía. Esto para los daños no superficiales.

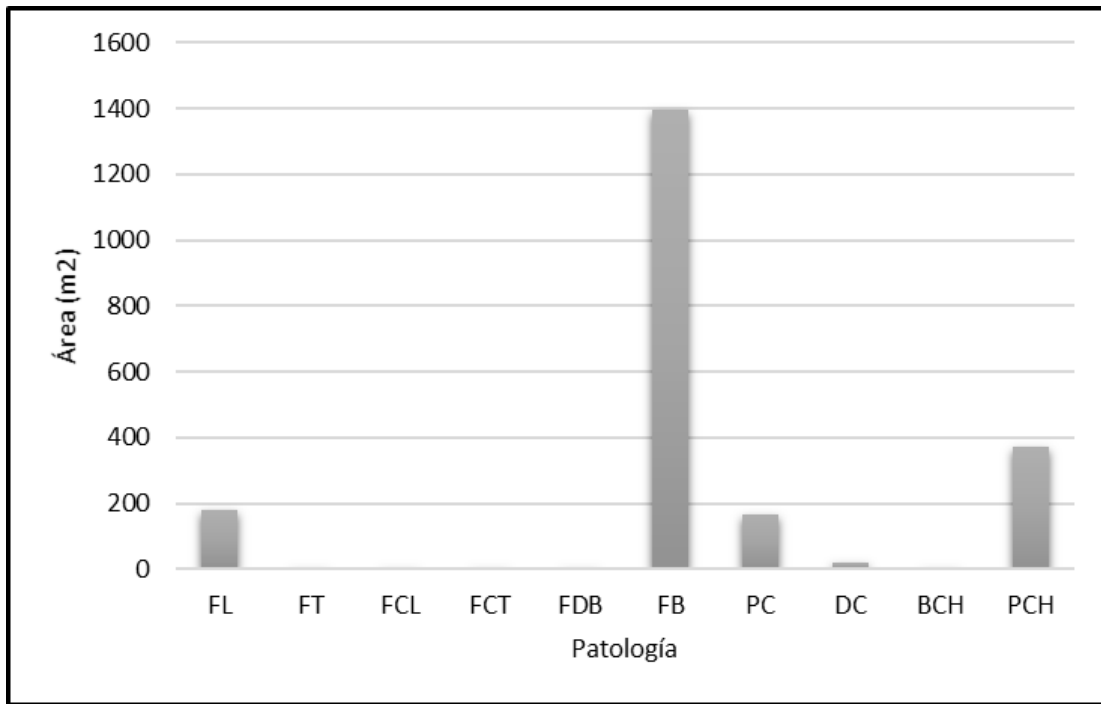


Figura 15.5. Distribución de los daños de severidad baja por tipos.
Fuente: Propia, 2019

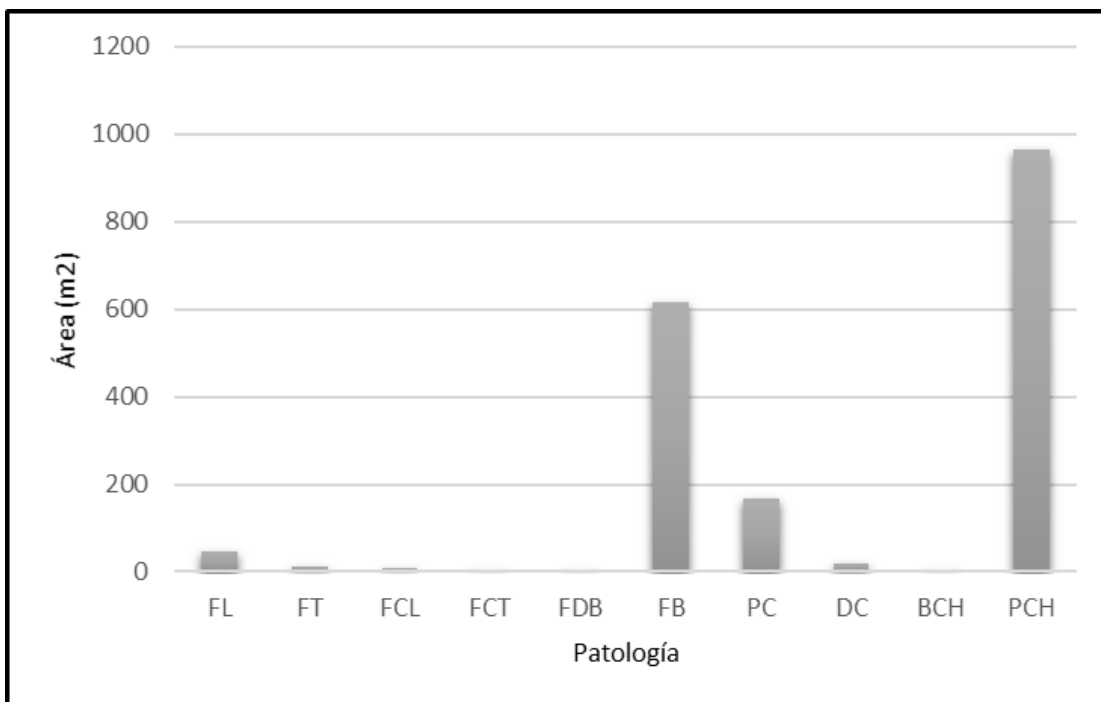


Figura 15.6. Distribución de los daños de severidad media por tipos.
Fuente: Propia, 2019

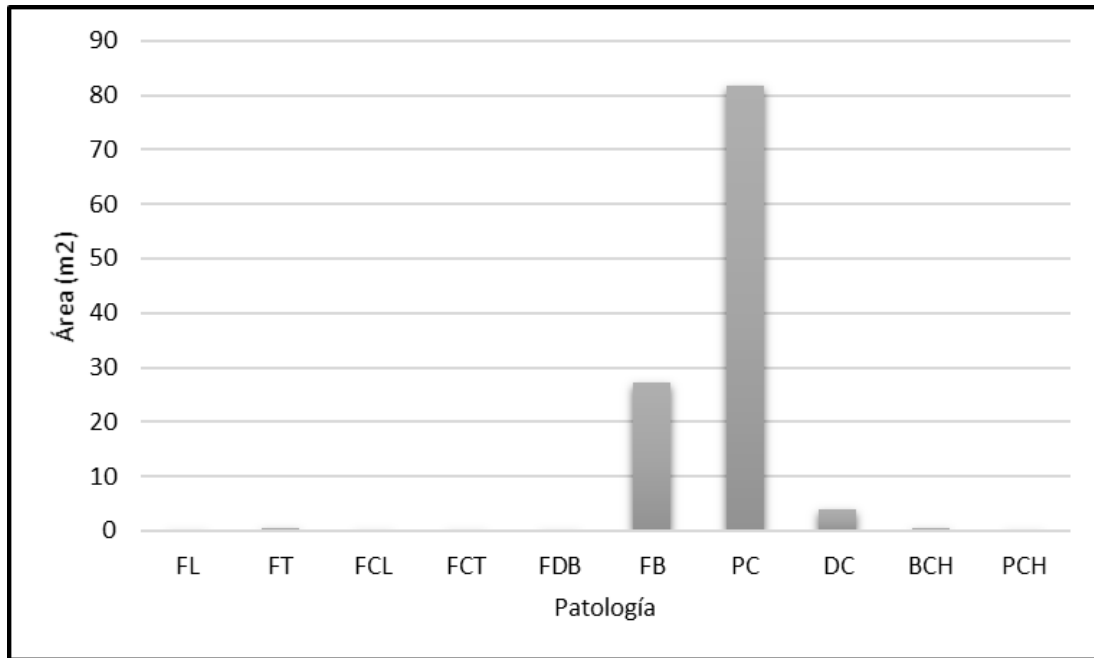


Figura 15.7. Distribución de los daños de severidad alta por tipos.
Fuente: Propia, 2019

Para el análisis de los daños superficiales, se graficó el área de cada tramo afectada por daños superficiales.

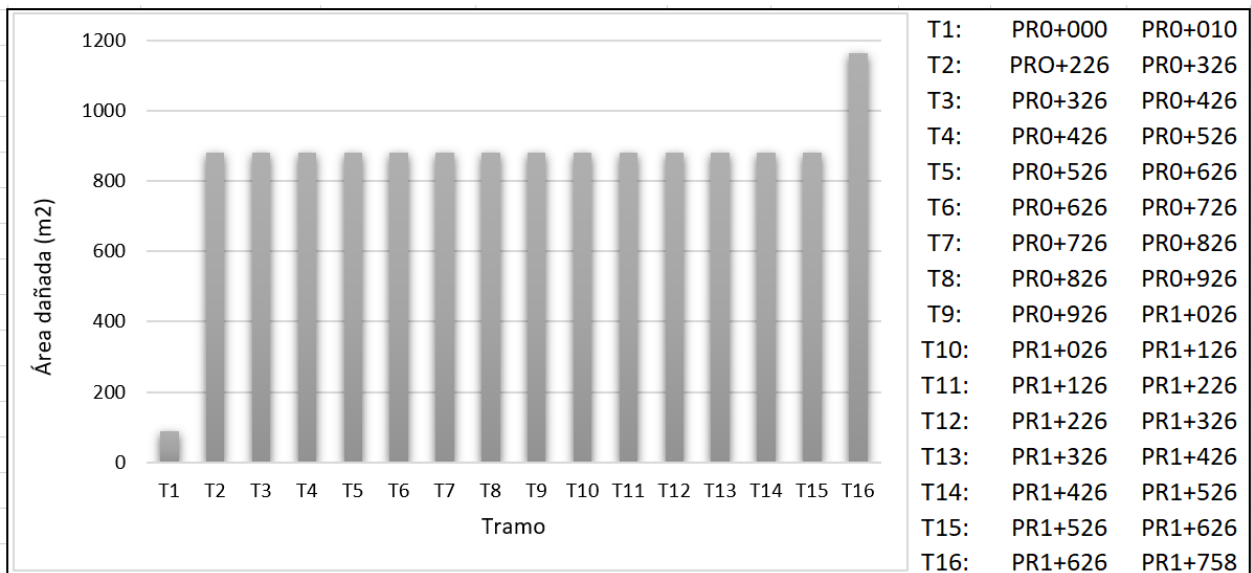


Figura 15.8. Área afectada por daños superficiales.
Fuente: Propia, 2019

Finalmente, se representó la distribución de los diferentes tipos daños superficiales por nivel de severidad en la vía.

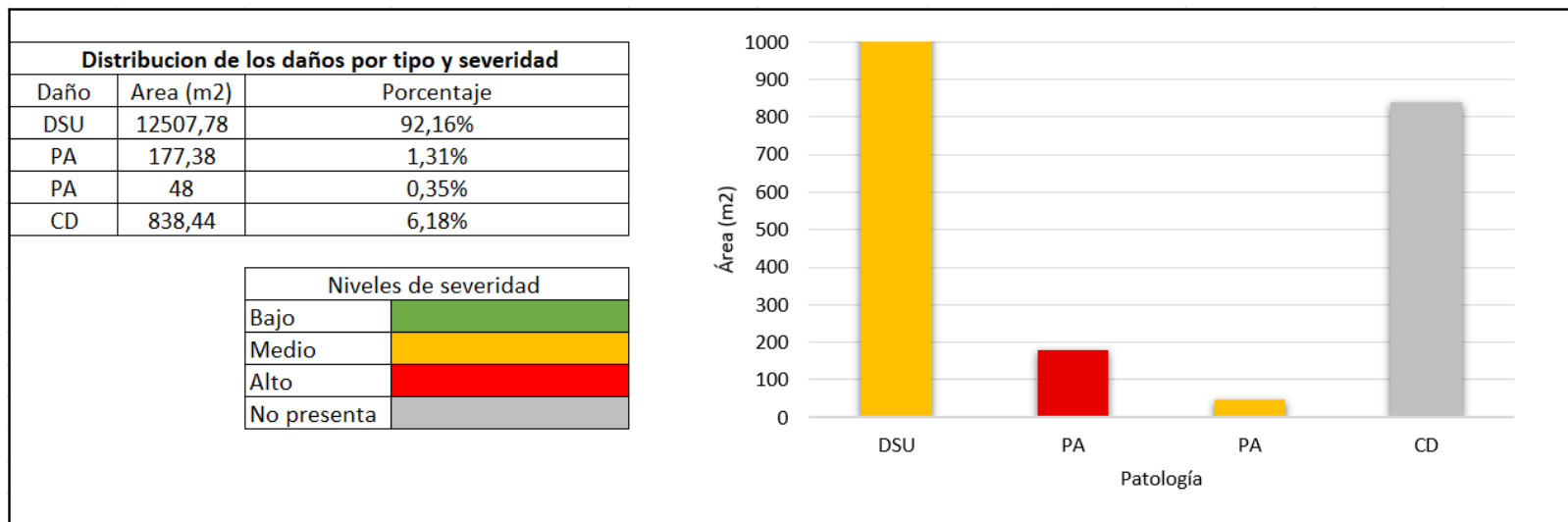


Figura 15.9. Distribución de daños superficiales por tipo y severidad.
Fuente: Propia, 2019

16 ETAPA 4. DETERMINACIÓN DEL PCI DE LA VÍA.

16.1 DETERMINACIÓN DEL PCI, PAVIMENTO RIGIDO

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

1. 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.

2. Valor deducido: En base a la curva de valor deducido establecidas por el PCI, se determinó el valor deducido para cada combinación de tipo de daño y severidad.

Estos datos se introdujeron en el formato PCI para pavimento rígido, como se observa en la figura 14.9.

Tabla 16.1. Densidad y valor deducido del tramo 1

Densidad (%)	Valor deducido
44%	49
11%	32
7%	15
7%	8
100%	19
4%	7

Fuente: Propia, 2019

Tabla 16.2. Densidad y valor deducido del tramo 2

Densidad (%)	Valor deducido
41%	47
7%	2
7%	16
100%	8

Fuente: Propia, 2019

3. 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 en la tabla 16.3 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 de deducidos mayores a 2.
- Con el total y q se buscó en las curvas establecidas por PCI el CVD correspondiente a cada iteración.
- Las iteraciones finalizaron cuando solo un valor deducido fue mayor a 2.

Tabla 16.3. Valores deducidos corregidos del tramo 1

No.	Valores Deducidos						Total	q	CVD
1	49	32	19	15	8	7	130	6	66
2	49	32	19	15	8	2	125	5	64
3	49	32	19	15	2	2	119	4	67
4	49	32	19	2	2	2	106	3	66
5	49	32	2	2	2	2	89	2	63
6	49	2	2	2	2	2	59	1	59

Fuente: Propia, 2019

Tabla 16.4. Valores deducidos corregidos del tramo 2

No.	Valores Deducidos				Total	q	CVD
1	47	16	8	2	73	3	47
2	47	16	2	2	67	2	50
3	47	2	2	2	53	1	53

Fuente: Propia, 2019

4. Para obtener el PCI de cada tramo se le restó a 100 el mayor CVD obtenido durante las iteraciones.

Tabla 16.5. PCI del Tramo 1

MAX CVD	67
PCI	33
Clasificación	MALO

Fuente: Propia, 2019

Tabla 16.6. PCI del Tramo 2

MAX CVD	53
PCI	47
Clasificación	REGULAR

Fuente: Propia, 2019

5. Finalmente el PCI de la totalidad de pavimento rígido se calculó usando la fórmula 15 y los datos de la tabla 16.7.

Tabla 16.7. Datos para determinar el PCI del pavimento rígido

PCI_R	40
PCI_A	0
N	54
A	0

Fuente: Propia, 2019

Tabla 16.8. PCI de la sección de la vía con pavimento rígido

PCI_s	40
Clasificación	MALO

Fuente: Propia, 2019

Todos los cálculos mencionados en este capítulo se encuentran con mayor detalle en el ANEXO D.

16.2 DETERMINACIÓN DEL PCI, PAVIMENTO FLEXIBLE

Para hallar el PCI del pavimento flexible de la vía se siguieron pasos muy similares a los descritos para el pavimento rígido. Los cálculos y tablas correspondientes al proceso que se va a describir a continuación se encuentran en el ANEXO E.

1. Total: Sumatoria de las áreas de cada combinación de tipo de daño y severidad.
2. Densidad: Se dividió el área afectada por cada combinación de tipo de daño y severidad en el área total de la unidad de muestreo, el resultado se expresó como porcentaje.
3. Valor deducido: Con las curvas de valores deducidos establecidas por el PCI, se determinó el valor deducido para cada combinación de tipo de daño y severidad.

El total, la densidad y el valor deducido se anotaron en el formato PCI para pavimento flexible, figura 14.11.

4. A partir de los valores deducidos obtenidos en el paso 3, se determinó el mayor valor deducido corregido (CVD) siguiendo el procedimiento descrito en el paso 3 del capítulo 16.1 Determinación del PCI, pavimento rígido.

5. Los PCI de cada tramo se hallaron de acuerdo con lo dicho en el paso 4 del capítulo 16.1 Determinación del PCI, pavimento rígido.

Tabla 16.9. PCI de las unidades inspeccionadas en el pavimento flexible

Unidades inspeccionadas	Abscisa inicial	Abscisa final	PCI
1	K0+226,0	K0+257,5	51
2	K0+351,9	K0+383,4	50
4	K0+603,7	K0+635,2	55
6	K0+855,5	K0+887,0	29
7	K0+981,4	K1+012,9	34
8	K1+107,3	K1+138,8	77
9	K1+233,3	K1+264,8	61
10	K1+359,2	K1+390,7	47
11	K1+485,1	K1+516,6	16
12	K1+611,0	K1+642,5	25
ADICIONAL	K1+726,5	K1+758,0	46

Fuente: Propia, 2019

5. Para terminar el PCI de la totalidad de pavimento flexible se calculó aplicando la fórmula 15 y los datos de la tabla 16.10.

Tabla 16.10 Datos para determinar el PCI del pavimento flexible

PCI_R	45,41666667
PCI_A	46
N	49
A	1

Fuente: Propia, 2019

Tabla 16.11. PCI del pavimento flexible

PCI_s	45,42858301
Clasificación	REGULAR

Fuente: Propia, 2019

17 ETAPA 2. PLAN DE MANTENIMIENTO.

Tabla 17.1. Resumen del plan de mantenimiento.

#	Tipo de mantenimiento	Deterioro a tratar	Severidad	Tipo de estructura	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento Rutinario	Mantenimiento Preventivo
1	Sello de grietas	Grietas longitudinales	Alta , media	Rígido	Pulir, limpiar y aplicar concreto en fisuras	Limpiar zonas aledañas	Verificar el estado de las grietas reparadas. Repetir mantenimiento general (en caso de ser requerido)
		Grietas transversales	Alta , media	Rígido			
		Grietas de esquina	Alta , media	Rígido			
2	Reemplazo de losas	Grietas en bloque	Alta , media	Rígido	Demoler, limpiar, compactar y vaciar concreto	N/A	Evaluar la necesidad de esta reparación
		Parcheos	Alta , media	Rígido			
3	Sello de juntas	Sello de juntas deterioradas	Alta , media y baja	Rígido	Limpiar, y aplicar sellante para juntas.	Limpiar las juntas, verificar el estado del sello. (Aplicar sello en caso de ser requerido)	Limpiar las juntas, verificar el estado del sello. (Aplicar sello en caso de ser requerido)
4	Reparar y sellar grietas	Grietas en sumideros y pozos	Alta , media y baja	Rígido	Retirar escombros, limpiar y vaciar concreto	Limpiar las tapas de pozos y sumideros, verificar estado de las losas.	Limpiar las tapas de pozos y sumideros, verificar estado de las losas.
5	Reparación de losa ó construcción de losa de menor tamaño	Escalonamiento en juntas transversales y longitudinales	Media y baja	Rígido	Recortar, limpiar, reparar capas inferiores, aplicar refuerzo y vaciar concreto.	Verificar estado de las losas construidas y reparar en caso necesario	Verificar estado de las losas contruidas y reparar en caso necesario
6	Sellado de fisuras	Fisuras longitudinales	Alta, media y baja	Flexible	Limpiar, aplicar riego de liga e impermeabilizar.	N/A	Verificar el estado de las fisuras reparadas, e identificar nuevos daños para
		Fisuras transversales	Alta, media y baja	Flexible			

Tabla 17.1. Resumen del plan de mantenimiento.

#	Tipo de mantenimiento	Deterioro a tratar	Severidad	Tipo de estructura	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento Rutinario	Mantenimiento Preventivo
		Fisuras en juntas de construcción	Alta, media y baja	Flexible			repararlos de inmediato.
		Fisuras de borde	Alta, media y baja	Flexible			
7	Fresado	Fisuras en bloque	Alta, media y baja	Flexible	Retirar carpeta asfáltica y emplear la mezcla asfáltica.	N/A	N/A
		Piel de cocodrilo	Alta, media y baja	Flexible			
		Parches	Alta, media y baja	Flexible			
		Cabezas duras	Alta, media y baja	Flexible			
		Descascaramientos	Alta, media y baja	Flexible			
8	Parcheo	Baches	Alta y media	Flexible	Cortar, limpiar, reparar capas inferiores, aplicar riego y el asfalto.	Verificar estado de los parches construidos, limpiar y sellar las juntas de construcción	Verificar estado de los parches construidos, limpiar y sellar las juntas de construcción
9	Limpieza	Material suelto	-	Toda la vía	Limpiar los elementos de la vía para garantizar un buen nivel de servicialidad para los usuarios	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			
10	Pintar líneas de señalización sobre la vía	Desgaste de pintura	-	Toda la vía	Aplicar la pintura reglamentaria sobre la vía para señalar.	Limpiar y verificar el estado de la señalización sobre la vía.	N/A
11	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	N/A

Tabla 17.1. Resumen del plan de mantenimiento.

#	Tipo de mantenimiento	Deterioro a tratar	Severidad	Tipo de estructura	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento Rutinario	Mantenimiento Preventivo
12	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	Limpiar los semáforos, y hacer mantenimiento eléctrico de los mismos.

Fuente: Propia, 2019

Tabla 17.2. Rutina de mantenimiento

Tipo de mantenimiento	Año 1											
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Correctivo	OK	-	-	-	-	-	NEC	-	-	-	-	-
Rutinario	OK	-	-	-	-	-	OK	-	-	-	-	-
Preventivo	OK	-	-	-	-	-	N/A	-	-	-	-	-
Alternativos	N/A	-	-	-	-	-	N/A	-	-	-	-	-

Fuente: Propia, 2019

El plan de mantenimiento se estructuró con un conjunto de actividades compuestas por trabajos cuyo objetivo varía de acuerdo con el tipo de mantenimiento, en este caso, inicialmente se elaboró un plan de mantenimiento correctivo el cual pretende reparar los daños existentes en la avenida del llano. Este se encuentra de forma resumida en la tabla 17.1 y a detalle en el ANEXO F.

También se realizó un grupo de actividades de mantenimiento rutinario con el fin de realizar verificaciones y limpieza general sobre la vía, tabla 17.1. Además, se creó un plan donde se especifican los tiempos y el tipo de mantenimiento que se debería efectuar sobre la Vía. Como se observa en la tabla 17.2 y a mayor detalle en el ANEXO F.

Adicionalmente, se propuso dos métodos alternativos para el mantenimiento de pavimentos rígido y flexible, sus especificaciones se presentan en la figura 17.1 y 17.2.

GEOCOMPUESTO DE PAVIMENTACIÓN TMD			
<p>Descripción: Es una geomalla de alta resistencia recubierta en asfalto, que trabaja en conjunto con un geotextil no tejido de pavimentación, actuando a manera de refuerzo y retardando la aparición de grietas en superficies asfálticas o refuerzo de capas de concreto asfáltico en pavimentos nuevos.</p>			
			
Especificaciones técnicas:			
Propiedades	Método de prueba	Unidad	Valores VMPR
Abertura máxima de la malla	Medida	mm	30x30
Resistencia a la tensión ultima	ASTM D6637	KN/m	<50/50
Elongación en rotura	ASTM D6637	%	<10%
Punto de fusion	ASTM D672	°C	255
Presentacion			
Dimensiones del rollo (Ancho x Largo)	Medida	mxm	2,7x100
Instalación del geocompuesto			
<p>Antes de ser aplicado el riego de liga e instalada la geomalla debe prepararse la superficie sobre la cual va a reposar el geocompuesto:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Reparar las fisuras mayores o iguales a 3mm de las zonas deterioradas. * Garantizar la adhesión de la capa subyacente, el geocompuesto y la carpeta asfáltica, mediante la limpieza total de la superficie sobre la cual reposa la geomalla. *La superficie debe ser asfáltica ó una capa de nivelacion. *Aplicar el riego de liga en la capa de apoyo. *Se debe garantizar que la geomalla no presente corrugaciones o arrugas (extender completamente). *Inmeditamente se aplica el riego de liga en el geocompuesto. *Finalmente se instala la capa de rodadura sobre el riego de liga aplicado al geocompuesto (Despues de que el riego de liga haya secado). 			
Condiciones ambientales			
<ul style="list-style-type: none"> *Sin lluvia *La temperatura de la superficie de la carpeta asfáltica debe estar entre 5°C y 60°C 			
<p>NOTA: Este método puede ser utilizado sobre cualquier tipo de deterioro (los cuales deben ser reparados previo a su instalación), y es utilizado para aumentar la resistencia del pavimento flexible y alargar su vida útil.</p>			

Figura 17.1. Geocompuesto de pavimentación TMD

Fuente: TMD Colombia [8], 2018

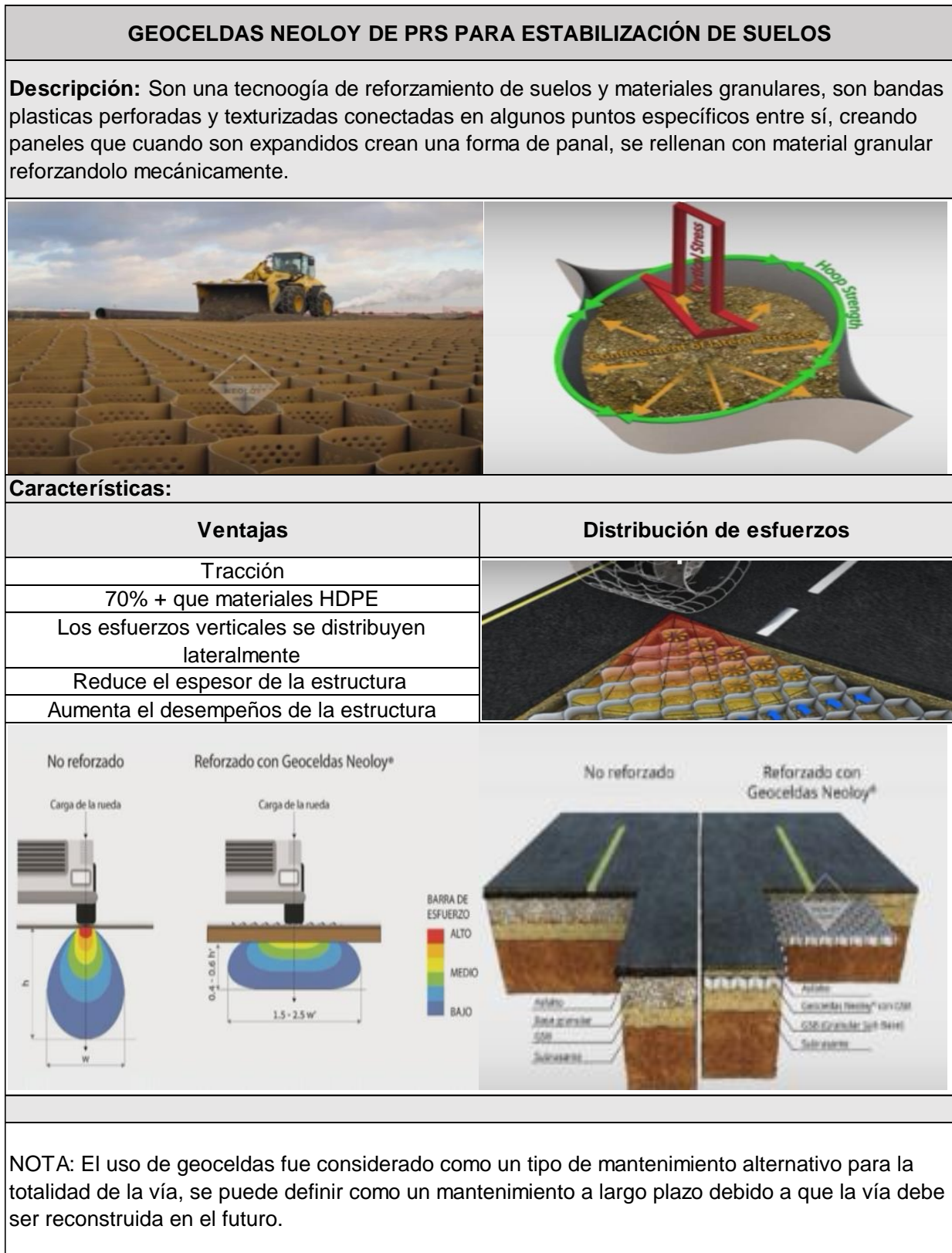


Figura 17.2. Geoceldas Neoloy de PRS para estabilización de suelos
Fuente: Geoceldas Neoloy [9], 2019

18 ANÁLISIS DE RESULTADOS

El registro y procesamiento de los daños por el método propuesto por el INVIAS para pavimento rígido muestra que el 55% de las losas existentes en la vía tienen algún tipo de daño con severidad alta, es decir, la sección rígida de la vía se encuentra en un estado avanzado de deterioro, donde el 10% de los daños que presentan nivel de severidad alta son de tipo grietas en bloque, superado en gran medida por los parches asfálticos que tienen un porcentaje de incidencia del 70% y se presentan en la totalidad de las losas de la fila A (o ubicadas en el costado derecho), esto se debe a un cambio de tubería que se realizó a lo largo de la vía. Por lo que se infiere que el daño con mayor área de afectación se produjo por factores externos diferentes a la construcción o uso de las losas.

Al contrario del pavimento rígido, en los 1542 metros inspeccionados del pavimento flexible el área de afectación del parche es superada por el de fisuras en bloque, donde los parches ocupan el 9.85% del área total del pavimento con un 2.74% en severidad alta y 7.11% en media, y las fisuras en bloque se observan en un 15.02% del pavimento, además de presentar otros tipos de fisuras que en suma ocupan el 2% del área, lo que indica que el mayor problema del pavimento flexible se encuentran en las fisuras.

Con el método PCI se determinó que la sección del pavimento rígido se encuentra en condición mala con un PCI de 40, resultado que dependió en gran parte al estado del primer tramo evaluado, ya que obtuvo un PCI de 33, clasificado como malo, mientras el tramo 2 tuvo un PCI igual al 47, es decir, regular, lo que indica que la mayor área de afectación se da desde la abscisa k0+10 hasta k0+118. Esta diferencia se debe a que el tramo 1 presenta punzonamiento de nivel alto en el 11% de las losas evaluadas, además de presentar más combinaciones de daños que el tramo 2.

Asimismo, en el registro de daños es evidente que los parches grandes con severidad alta son la patología con mayor cobertura (42.5%), superados únicamente, por el deterioro en sello de juntas nivel alto que se presenta en el 100% de las losas. Sin embargo, este daño no incide de forma trascendental en el cálculo del PCI debido a que su número de valor deducido es de apenas 8, lo que hace que el parche sea el daño que definió, en gran parte, el PCI del pavimento.

Por otro lado, en la evaluación de condición del pavimento flexible se concluyó que el PCI de este es de 45.4, lo que lo clasifica como regular. A diferencia de la sección de pavimento rígido, el pavimento flexible cuenta con diversos números de unidades de muestreo (16 unidades) en los que se determinaron PCI con diferentes niveles, donde 7 unidades de muestreo se clasifican como regulares, 2 como malas, 2 como muy malas, 1 como buena y 1 como muy buena. La unidad 11 es la que presenta mayor afectación con un 10.9% de piel de cocodrilo nivel alta y 11% de parche severidad alta, además de presentar daños en el 40.4% de su área total, esta está clasificada con un PCI muy malo al igual que la unidad 12, sin embargo, el número del PCI es muy inferior entre la unidad 11 y 12, teniendo 16 y 25 respectivamente.

19 DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS FINALES

Tabla 19.1. Resultados

Resultado	Indicador	Objetivo Relacionado
Levantamiento de daños	Registro de datos en el formato.	Identificar las fallas que se presentan en la estructura del pavimento mediante la inspección visual propuesta por el INVIAS.
Cuantificación de los daños	Hoja de cálculo en Excel	Estimar el índice de condición del pavimento (método PCI).
Plan de mantenimiento	Ficha técnica de los mantenimientos	Determinar los tipos de mantenimientos que demanda la vía para cumplir con los requerimientos principales (seguridad, continuidad y comodidad).
Plan de mantenimiento con métodos alternativos	Ficha técnica de los mantenimientos	Sugerir métodos alternativos para el mantenimiento de la vía y diferentes estudios que analicen la capacidad estructural del pavimento para futuras intervenciones.

Fuente: Propia (2019)

Tabla 19.2. Impactos.

Aspecto	Impacto	Supuesto	Plazo
Técnico	Documento con información de los daños presentes en la vía.	Estudiantes, ingenieros que requieran dicho estudio de la zona	Corto plazo
Técnico	Informe con plan de mantenimiento para la vía	Alcaldía de Villavicencio	Mediano plazo
Académico	Plan de mantenimiento alternativo para la vía	Estudiantes	Corto plazo

Fuente: Propia (2019)

20 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

20.1 CONCLUSIONES

Durante la inspección visual se evidenciaron diferentes tipos de deterioros, principalmente con severidad alta y media según el INVIAS; la estructura de pavimento rígido se encuentra entre los tramos K0+010 y K0+226, en esta parte de la vía se identificaron mayor cantidad de daños en la zona lateral derecha, por reparaciones de tuberías subterráneas de servicios públicos, por otra parte, cabe resaltar que el 61% de las losas se encuentran afectadas por algún tipo de daño; es similar el estado en el que se encuentra el pavimento flexible, donde se determinó que el mayor daño que tiene la vía son las fisuras en bloque un 15.07% con respecto al área total inspeccionada. Teniendo en cuenta que la estructura de pavimento rígido tiene más de 50 años y la carpeta de pavimento flexible fue aplicada hace más de 30 años es evidente la necesidad que presenta la vía de ser intervenida con planes de mantenimiento.

Los resultados obtenidos por el método PCI y el INVIAS, aunque no se pueden comparar, por no tener el INVIAS una escala de evaluación, si se pueden relacionar, y en este proceso se evidencia que los resultados en ambos casos se complementan y soportan, un ejemplo claro de esto se nota en el pavimento rígido donde los dos métodos concluyen que el tramo mas deteriorado es el T1 con un porcentaje de afectación del 65.7% para el INVIAS y una densidad total del 74% para el PCI.

Para que la avenida del Llano cumpla con los requerimientos principales (seguridad, continuidad y comodidad) es necesario realizar mantenimientos inicialmente de tipo correctivo, en donde se proponen trabajos exclusivamente de reparación de daños, con el fin de mejorar las condiciones actuales de la vía a nivel superficial y estético; seguido de mantenimientos rutinarios que comprenden actividades de limpieza general para la vía, y con el objetivo de prolongar la vida útil de la estructura se deberán aplicar rutinas de mantenimientos preventivos.

Las alternativas propuestas como mantenimiento para la avenida del llano son actividades que pretenden reforzar la estructura de los pavimentos, en el caso de las geo-mallas para la carpeta asfáltica, se debe tener precaución en la manipulación e instalación del geo-compuesto porque de este proceso depende el éxito de dicha alternativa; por otro lado, las geo-celdas son laminas que unidas entre sí conforman un panel que pretende reemplazar la capa de sub-base y economizar el espesor de la carpeta de rodadura.

Para las actividades de mantenimiento en la sección de pavimento rígido se estableció que las grietas longitudinales, transversales y grietas de esquina son solucionadas mediante el sello de grietas; es decir que el 12% de las losas afectadas son solucionadas con un solo tipo de mantenimiento, mientras que para el caso de las grietas en bloque y los parches deteriorados representan el 81% de

las losas afectadas y solo son reparados reemplazando completamente las losas, debido a la falta de mantenimientos en esta vía se determinó que el sello de juntas se encuentra 100% deteriorado y debe ser aplicado en la totalidad de las juntas, lo anterior indica que el 100% de las losas requieren de uno o más actividades de mantenimiento y el 48% de las losas deben ser reemplazadas.

20.2 TRABAJOS FUTUROS

Este documento es un referente para la evaluación de los pavimentos en la ciudad de Villavicencio, y la propuesta de solución a muchos de los daños que se evidencian en cada una de las vías de la ciudad, de igual manera las actividades propuestas como mantenimientos alternativos podrían ser utilizadas a la hora de construir o reparar vías sabiendo que es necesario mantener las vías en un estado óptimo para el usuario.

Se espera que el presente documento sea tenido en cuenta cuando los entes encargados de las vías en la ciudad destinen los recursos en reparación y/o reconstrucción de la avenida del llano.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] INVIAS, «Formato de inspeccion para la evaluación del pavimento flexible,» 2006.
- [2] INVIAS, «Formato de inspeccion para la evaluación del pavimento rigido,» 2006.
- [3] A. M. Fonseca, Ingenieria de Pavimentos para carreteras, Bogotá: Montejo Fonseca Alfonso, 1997.
- [4] INVIAS, «MANUAL DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS,» INVIAS, COLOMBIA, 2016.
- [5] Robles, «Calculo del indice de condicion del pavimento (PCI) Barranco- Surco- Lima,» 2015.
- [6] INVIAS, «Estudio e investigacion del estado actual de las obras de la red nacional de carreteras,» Bogota D.C, 2006.
- [7] L. R. V. Varela, «Pavement condition index (PCI) para pavimentos asfalticos y de concreto en carreteras,» Manizales, 2002.
- [8] T. Colombia, «Guía almacenamiento, manejo e instalación geocompuesto de pavimentación TMD_V2,» GRUPO TMD, Bogotá, 2018.
- [9] P. GeoTechnologies, «PRS GeoTechnologies,» [En línea]. Available: https://lp.prs-med.com/post-sales-webinar-lp-es/?Utm_source=Newsletter&Utm_campaign=campaign_engineer. [Último acceso: 26 Marzo 2019].

ANEXOS

ANEXO A

REGISTRO DE DAÑOS EN FORMATO DE INSPECCION VISUAL PARA PAVIMENTO RIGIDO, INVIAS

ANEXO B

REGISTRO DE DAÑOS EN FORMATO DE INSPECCION VISUAL PARA PAVIMENTO FLEXIBLE, INVIAS

ANEXO C

ANALISIS DE DAÑOS EN EL PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE, INVIAS

ANEXO D

DETERMINACION DE PCI PARA PAVIMENTO RIGIDO

ANEXO E

DETERMINACION DE PCI PARA PAVIMENTO FLEXIBLE

ANEXO F

PLAN DE MANTENIMIENTO