

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y LAS OBRAS DE DRENAJE DE LA ANTIGUA VÍA VILLAVICENCIO – RESTREPO (65MTE)

DIAGNOSIS OF THE SURFACE CONDITION OF THE FLEXIBLE PAVEMENT AND THE DRAINAGE WORKS OF THE OLD WAY VILLAVICENCIO – RESTREPO (65MTE)

Daniela Rojas Díaz

Estudiante de pregrado Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomas sede Villavicencio, danielarojasd@usantotomas.edu.co

Andrés Felipe Espinosa Martínez

Estudiante de pregrado Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomas sede Villavicencio, andresespinosa@usantotomas.edu.co

Erika Lorena Becerra Becerra

Docente de la Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomas sede Villavicencio, erikabecerra@usantotomas.edu.co

Resumen: La vía antigua Villavicencio – Restrepo (65MTE), es vital para el desarrollo económico, social y sostenible de la ciudad, aunque actualmente presenta un gran deterioro a lo largo de su estructura vial. Debido a ello, se elaboró la propuesta de mantenimiento mediante el manual centroamericano de mantenimiento de carreteras de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), en base a la inspección visual realizada por medio de la metodología del Manual de inspección visual de pavimentos del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y la metodología PCI (Pavement Condition Index) para la evaluación del pavimento flexible, para luego, comparar los métodos y así, establecer unos lineamientos. Seguido a ello, se realiza la inspección visual de drenajes mediante la metodología INVIAS con su respectiva propuesta de mantenimiento. Por último, se estableció el vehículo que genera mayor daño en la calzada a partir de un análisis del tránsito vehicular (aforo).

Palabras clave: Aforo, drenajes, inspección visual, mantenimiento, patologías, pavimento.

Abstract: The old way Villavicencio - Restrepo (65MTE), is vital for the economic, social and sustainable development of the city, although it currently presents a great deterioration along its road structure. Due to this, the maintenance proposal was elaborated through the Central American manual for road maintenance of the Secretariat for Central American Economic Integration (SIECA), based on the visual inspection carried out through the methodology of the Institute's Visual Inspection Manual for pavements. Nacional de Vías (INVIAS) and the PCI (Pavement Condition Index) methodology for the evaluation of flexible pavement, in order to then compare the methods and thus establish guidelines. Following this, the visual inspection of drains is carried out using the INVIAS methodology with its respective maintenance proposal. Finally, the vehicle that generates the greatest damage to the road was established based on an analysis of vehicular traffic (capacity).

Keywords: Gauging, drains, visual inspection, maintenance, pathologies, pavement.

1. INTRODUCCIÓN

Una de las características más relevantes que presentan todas las vías antiguas es que carecen de un monitoreo y control que permita llevar a cabo un mantenimiento adecuado y oportuno a cada una de ellas, como es el caso de referencia la antigua vía Villavicencio – Restrepo, la cual tiene más de 70 años desde su puesta en servicio [1]. Esta tuvo una breve intervención a inicios del año 2018 en el tramo comprendido entre Caño Seco y el antiguo puente sobre el río Guatiquía. El tramo que abarca 3,227.13 kilómetros de longitud presenta a lo largo de su estructura vial ciertas deficiencias en su carpeta asfáltica generando deformaciones (ondulación, abultamientos y hundimiento) y pérdida de las capas de la estructura (descascara miento, baches y parches) [2].

El deterioro de la infraestructura vial se ve reflejado con el paso de los años, debido a que esta se encuentra expuesta a diferentes factores que tienen influencia como: las condiciones climáticas, el tránsito vehicular y un deficiente diseño en su estructura. Debido a esto, hay un incremento en los costos de mantenimiento vial, gastos para los usuarios que la transitan y a su vez, origina un alto índice de accidentalidad. Por ello, es importante llevar un seguimiento periódico de las condiciones de la vía, analizando cada uno de los daños y fallas presentes, con el fin de realizar los respectivos mantenimientos de calidad. En vista de lo anterior esta investigación pretende determinar las diferentes patologías presentes en el tramo de estudio, por medio de la metodología INVIAS, la evaluación del estado del pavimento con la metodología PCI, y una propuesta de mantenimiento por medio del manual (SIECA).

2. DESARROLLO

En este apartado se puede evidencia cuatro etapas que se tuvieron en cuenta para llevar a cabo la respectiva recopilación de los datos.

2.1 Etapa 1 (Recopilación de información para el análisis del tránsito vehicular)

Esta etapa inicial se compone de tres fases en las cuales se expone el procedimiento para la toma de datos y el análisis del tránsito vehicular.

2.1.1 Estimación del punto de aforo vehicular

Durante la ejecución del trabajo de campo para el diagnóstico patológico por la metodología INVIAS, se visualizó el punto crítico de circulación del tráfico con coordenadas $4^{\circ}10'20.21''N$ y $73^{\circ}37'51.78''O$, teniendo en cuenta los sentidos del flujo vehicular y las posibles conexiones con la vía principal Villavicencio – Yopal; como se muestra en la Fig. 1.

Fig. 1. PUNTO SELECCIONADO PARA LA REALIZACIÓN DE AFOROS VEHICULARES



Fuente: [3]

2.1.2 Aforo vehicular

Una vez establecido el punto de estudio para el conteo vehicular, se asignaron las respectivas estaciones para la contabilización del tránsito según los movimientos estipulados. Del mismo modo, se estimaron los días para la realización del conteo partiendo de la cantidad de vehículos visualizados durante los dos días entre semana (lunes y miércoles), y el flujo vehicular presenciado durante un día del fin de semana (sábado). Para la realización del conteo vehicular se manejaron lapsos de registro de cada 30 minutos, con una duración diaria de 12 horas, partiendo desde las 6:00 hasta las 18:00.

2.1.3 Diligenciamiento de los formatos para el aforo vehicular

Para el aforo vehicular se utilizaron los respectivos formatos asignados por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y de este modo, registrar los vehículos dependiendo su tipo. Estos formatos fueron diligenciados, teniendo en cuenta los distintos tipos de vehículos estándar asignados por el INVIAS para el diseño de estructuras de pavimento en función de sus cargas vehiculares (número de ejes vehiculares). Cada uno de los aforadores de las 3 estaciones asignadas, diligencio dichos formatos a los cuales se les asigno sus respectivos movimientos para realizar el conteo vehicular, tal como se puede evidenciar en la Fig. 2:

Fig. 2. FORMATO DE REGISTRO, ESTACIÓN 1

AFORO VEHICULAR													
Proyecto: Diagnóstico del estado estructural del pavimento flexible y la obra de drenaje de la antigua vía Villavicencio - Restrepo (65 MTE)													
Fecha (DD/MM/AA): 08-08-20		Estación de Aforo: 1		Esquema:									
Condición Climática: Soleado		Movimientos Aforados: 2		Hoja: 1 de 8									
Aforador: Daniel Rojas		Hora Inicial: 6:00		Hora Final: 8:00									
Coordinador: Jessica M. Ramirez													
Periodo		Automóvil	Microbús	Bus Escolar	Bus Inter municipal	C2P	C2G	C3	C3-S2	C3-S3	Moto		
Inicio	Fin												
h:mm	h:mm												
6:00	6:30	←	1	1									
6:00	6:30	↻	5					1					
6:30	7:00	←	2		2			1					
6:30	7:00	↻	6	1				1					
7:00	7:30	←	1	1				2					
7:00	7:30	↻	8	1				1					

Observaciones:

Fuente: [3]

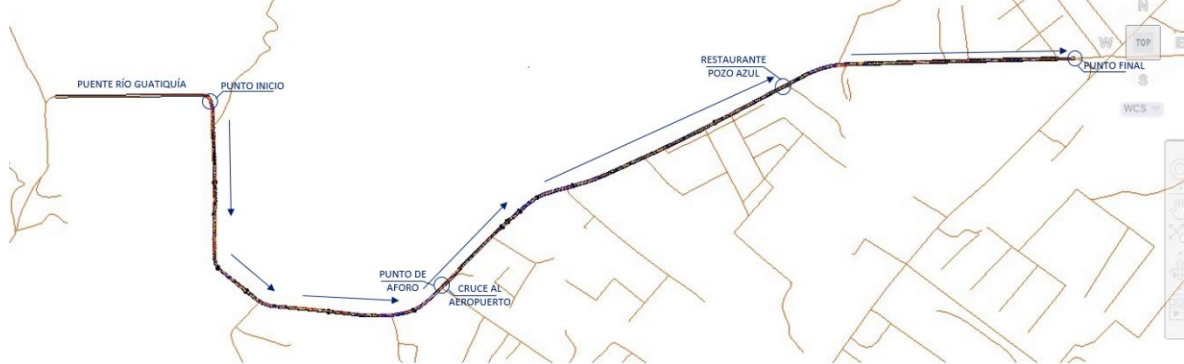
2.2 Etapa 2 (Visita de campo, inspección visual y diligenciamiento de los formatos propuestos por el INVIAS para el diagnóstico del pavimento flexible)

La presente etapa está compuesta de tres fases en las que se explica de manera detallada el proceso que se llevó a cabo para la ejecución del trabajo de campo.

2.2.1 Visita de campo

En esta fase inicial se realizó la respectiva visita de campo a la vía antigua Villavicencio – Restrepo (65 MTE) en la cual, se determinó el kilometraje de estudio a recorrer, la orientación para realizar el barrido patológico y los puntos críticos en los cuales se evidencio mayor flujo vehicular; con el fin de estimar los recursos necesarios para el control del tránsito y así, tener un mayor conocimiento del tramo de estudio con base a lo planteado en el alcance del proyecto.

Fig. 3. RECONOCIMIENTO DEL TRAMO DE ESTUDIO EN MODELADO DE LA VÍA



Fuente: [3]

2.2.2 Inspección visual

En esta segunda parte se procedió a realizar la inspección visual al tramo de estudio, para lo cual se tuvo en cuenta los implementos de seguridad y señalización requeridos para el manejo de tráfico vehicular, equipo de trabajo disponible para los dos sentidos de la calzada y los implementos requeridos para la toma de medidas y coordenadas satelitales. Mediante la realización de la inspección visual se pudo evidenciar diferentes patologías tanto generales como superficiales a lo largo del tramo de estudio; siendo las Fisuras en Bloque (FB), Parches (PCH) y Piel de Cocodrilo (PC) las patologías más presentadas a lo largo de la calzada. Para la toma de las respectivas patologías se tomaron subtramos con una longitud de 100 m. A partir de estos, se tomó la evidencia fotográfica según los cuadros patológicos de cada subtramo.

Durante la realización de la toma de datos patológicos en campo, se evidencia la falta de señalización en la vía, la falta de demarcaciones horizontales, y la inexistencia de estructuras de control de velocidad a lo largo de esta. Del mismo modo, se tuvo en cuenta el factor clima para la toma de datos y los tipos de fallas presentadas por la metodología (INVIAS).

Fig. 4. PUNTO DE INICIO: INSPECCIÓN VISUAL DEL TRAMO DE ESTUDIO



Fuente: [3]

2.2.3 Diligenciamiento de los formatos propuesta por el INVIAS para el diagnóstico del pavimento flexible

Con base en la inspección patológica y el registro fotográfico realizado, se dio paso al diligenciamiento de los formatos técnicos para la inspección de pavimento flexible según INVIAS).

En este tipo de fichas técnicas se explican los tipos de fallas en función de la unidad para su registro, el tipo de severidad según la magnitud del daño registrado ya sea bajo, medio o alto; y los comentarios respectivos dependiendo lo evidenciado en el momento del registro patológico.

Para el debido registro se estipulan las diferentes causas por las cuales se pudo generar dicha patología a partir de la observación del visualizador. Es de vital importancia resaltar que el registro fotográfico marca un punto de importancia frente a la visualización real de cada una de las patologías en el momento de su registro para así establecer la situación actual del tramo de estudio. A continuación, podemos evidenciar un ejemplo de los formatos diligenciados en campo:

Fig. 5. CARTERA FORMATO PAV FLEXIBLE INVIAS
ESTUDIO E INVESTIGACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0587 DE 2003

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

FORMATO PARA LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - V2

ANEXO 6

TERRITORIAL: Villavicencio FECHA: 04-Jul-2020 CONCESIÓN: ☐ PR INICIAL: W07CCO

CÓDIGO DE LA VÍA: 65 MTE CONTRATO No.: MITP INTEGRAL: ☒ PR FINAL: W31227.13

NOMBRE DE LA VÍA: 65 MTE LEVANTAMIENTO POR: Daniel Andres A.M.V.: ☐ HOJA: 1 DE: 29

Carril	Tipo	Sever	Daño		Reparación		Foto	Aclaraciones
			Largo (m)	Ancho (m)	Largo (m)	Ancho (m)		
U4	U	IC	B	1.70	1.2		38	
	C	FL	B	6.50			39	F.O.B.
	D	IC	M	5.26	2.40		32	Tiende a FB.
	D	ICH	B	3.97	1.70		36	
	D	ICH	B	5.80	3.50		33	Resaca acumulada y frías.
	I	FML	M	4.30	1.25		34	Tiende a FC
	I	FB	B	1.40	0.32		35	
	I	ICH	B	11.15	2.10		34	
	C	ICH	B	6.70	6.43		30	Indice de FL
U3	D	ICH	A	0.20	1.0		29	Ind. 3.7m / Tiende OC y FB.
	D	FB	B	0.70	1.60		28	
	C	TL	A	5.0			23	Tiende a ser en FB F.O.B. / Entrada de volutas
	I	FB	A	5.06	1.64		26	Tiende a OC
	I	FB	B	1.26	0.39		25	
	C	FB	M	2.16	1.60		24	
	D	FB	B	2.30	2.0		23	
	D	FT	B	1.83			22	F.O.B.
	I	FT	B	0.91			21	F.O.B.
	C	FT	B	1.30			20	F.O.B.
	D	FT	B	2.0			19	F.O.B.
	I	PC	A	2.73	1.30		18	Tiende a hundimientos (HUN)
U2	D	FB	M	5.50	2.60		17	
	I	FB	B	2.10	2.10		16	
	I	PC	A	0.30	1.70		15	Tiende a descascamiento OC
	D	ICH	B	3.0	3.20		14	
	C	PC	A	6.90	1.80		13	
	I	FL	A	4.82			12	F.O.B.
	D	FB	M	3.44	1.51		11	Se propaga al carril centro
	D	ICH	M	0.46	0.70		10	Tiende a flujamiento de agregado (FU)
	C	FT	A	1.40			9	F.O.B. - Se acerca a la fibra en B (FB)
	I	FB	M	0.64	0.96		8	
U1	I	FT	B	1.30			7	F.O.B.
	I	FT	M	0.34			6	F.O.B.
	C	FB	M	1.96	2.0		5	
	D	FB	M	1.94	1.70		4	
	I	FT	M	1.90			3	F.O.B.
	D	FB	A	1.0	0.60		2	Tiende a hundimiento (HUN)

Número de calzadas: 1 COMENTARIOS:

Número de carriles por calzada: 2

Ancho de carril: 6.37 m Ancho de berma: 0.40 m

Fuente: [3]

2.3 Etapa 3 (Visita de campo, inspección visual, diligenciamiento de los formatos propuestos por el manual PCI para el diagnóstico del pavimento flexible)

En esta etapa se evidencia el respectivo procedimiento para la toma de datos patológicos siguiendo la metodología PCI.

Esta última etapa, cuenta con tres fases en las cuales se evidencia a detalle el proceso para la toma de patologías en las estructuras de drenaje en el tramo de estudio.

2.4.1 Visita de campo

Previamente a la toma de datos patológicos del pavimento flexible, se realizó la visita de campo en la cual se ejecutó el reconocimiento del estado de las estructuras de drenaje como son alcantarillas, sumideros, y cunetas. Durante este reconocimiento se evidencio que la vía no cuenta con las estructuras de drenaje suficientes, y las pocas que si existen presentan daños evidentes a simple vista, tal como se puede evidenciar en la Fig. 7.:

Fig. 7. RECONOCIMIENTO PREVIO DE LAS ESTRUCTURAS DE DRENAJE

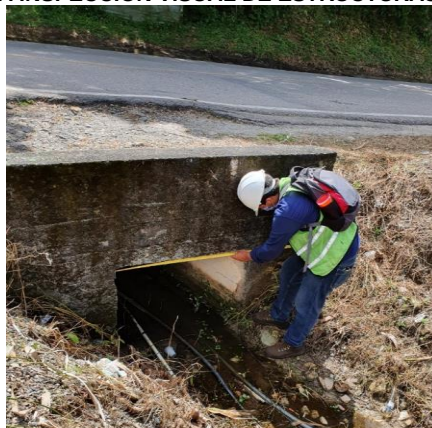


Fuente: [3]

2.4.2 Inspección visual

La toma de patologías en las estructuras de drenaje fue realizada en ambos extremos de la vía. Para ello, se tuvieron en cuenta las coordenadas de cada uno de los módulos, sus anchos, longitudes y el tipo de estructura la cual fue elegida para la construcción de cunetas. Del mismo modo, se evidencia la composición de las alcantarillas según su tipo y sus estructuras complementarias según la metodología INVIAS, siguiendo los respectivos formatos tanto para cunetas como para alcantarillas y estructuras complementarias.

Fig. 8. FIGURA INSPECCIÓN VISUAL DE ESTRUCTURAS DE DRENAJE



Fuente: [3]

3. RESULTADOS

3.1 Análisis del tránsito.

A partir de los datos obtenidos durante los tres días de aforo, se obtuvieron los siguientes resultados:

TABLA I
CÁLCULO DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO Y SEMANAL (TPD Y TPDS)



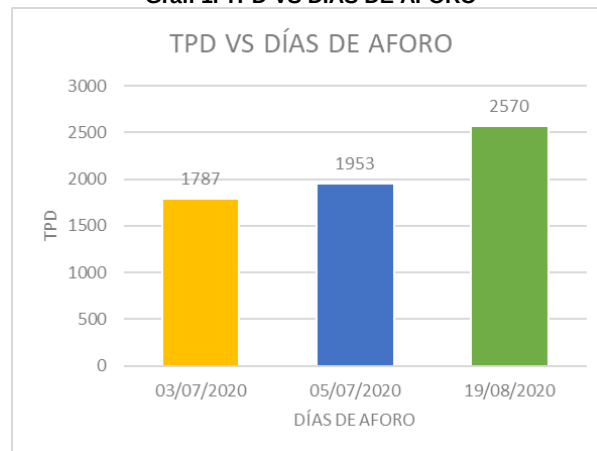
CONSOLIDADO DEL TRÁNSITO VEHICULAR DURANTE LOS DÍAS DE AFORO

Días de Aforo	Automóvil	Microbús	Buseta	Bus intermunicipal	C2P	C2G	C3	C3-S2	C3-S3	TPD
03/07/2020	1434	70	39	1	48	172	20	3	0	1787
05/07/2020	1593	81	72	0	44	127	33	3	0	1953
19/08/2020	2271	69	40	3	58	96	24	9	0	2570
Total general	5298	220	151	4	150	395	77	15	0	6310
TPDS	1766	73	50	1	50	132	26	5	0	2103
Composición Vehicular	84%	3%	2%	0%	2%	6%	1%	0%	0%	100%

Fuente: [3]

A partir de los resultados evidenciados anteriormente, los automóviles transitan con mayor frecuencia por la calzada; en vista de la reducción de tiempo y distancia que representa la alternancia entre la parte nororiente de la ciudad y la vía principal Villavicencio – Yopal. De igual manera, podemos observar que los vehículos pesados con denominación C2G, son el segundo tipo de vehículos que transitan con mayor frecuencia por esta calzada puesto que la zona cuenta con minas de explotación de material de río.

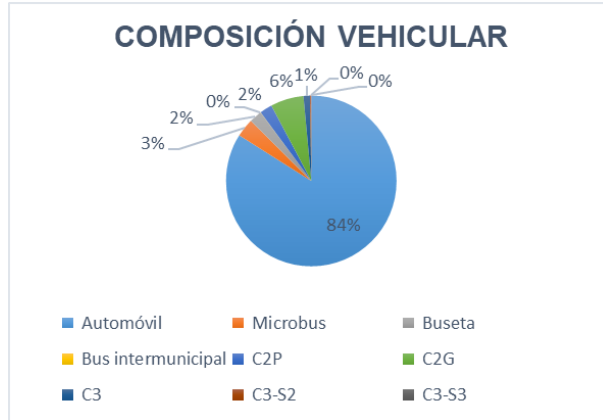
Gráf. 1. TPD VS DÍAS DE AFORO



Fuente: [3]

En el consolidado realizado en la gráfica anterior, podemos evidenciar que el día con mayor flujo vehicular fue el fin de semana en el lapso de 12:00 a 12:30, dado que hay menos restricciones para el tránsito y la ciudad presenta mayor movilidad. Mientras que el menor flujo vehicular reportado el fin de semana fue de 6:00 a 6:30 debido a que la ciudad despierta en este lapso.

Gráf. 2. COMPOSICIÓN VEHICULAR



Fuente: [3]

Con base a la **Gráf. 2.**, el vehículo que mayor repercusión de daño género en la calzada fue el Automóvil, con un 84% del flujo total registrado en el aforo vehicular. Seguido a ello, se puede evidenciar que los vehículos C2G generan el 6% del flujo vehicular lo cual no representa un gran impacto de daño en la vía.

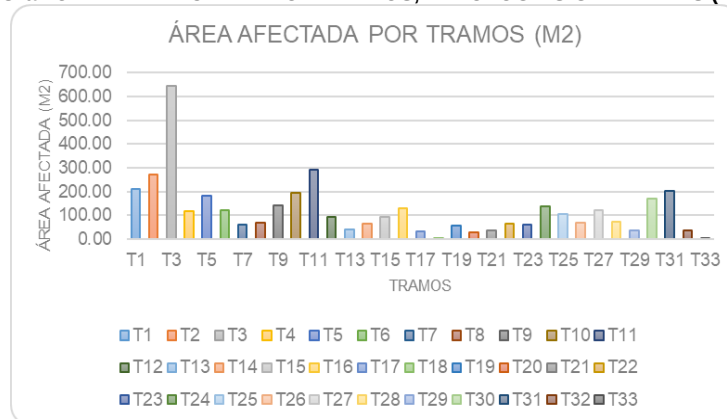
3.2 Análisis pavimento flexible según INVIAS – Etapa 2

3.2.1 Análisis grafico de las patologías presente en el tramo de estudio según INVIAS

Con base en el estudio de inspección visual realizado a la vía antigua Villavicencio – Restrepo (65 MTE), se obtuvieron los siguientes resultados:

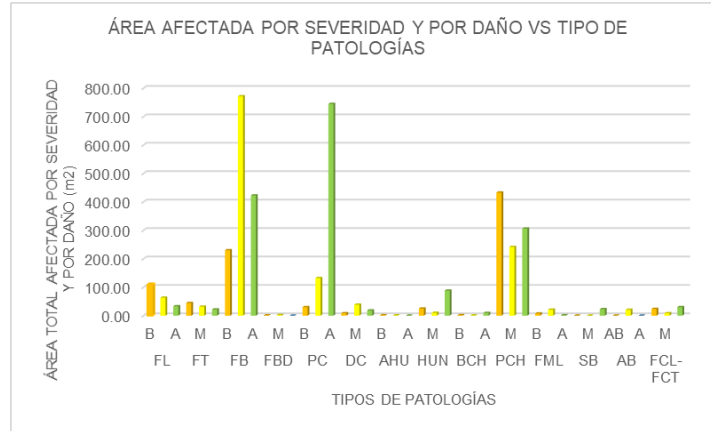
- **Patologías Generales del pavimento flexible**

Gráf. 3. ÁREA AFECTADA POR TRAMOS, PATOLOGÍAS GENERALES (m²)



Fuente: [3]

Gráf. 4. ÁREA AFECTADA POR SEVERIDAD Y POR DAÑO VS TIPO DE PATOLOGÍAS GENERALES



Fuente: [3]

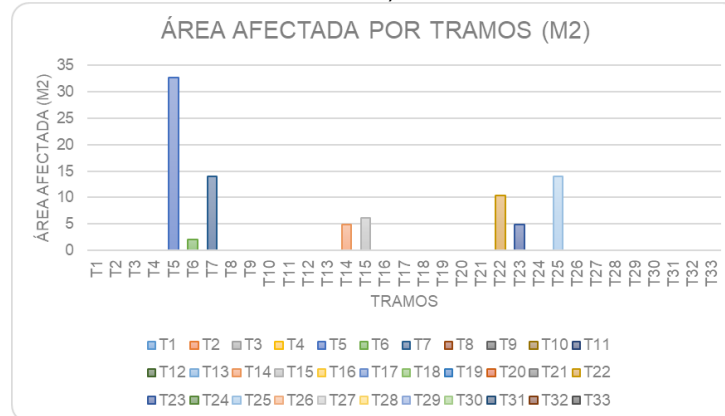
Análisis de resultados para patologías generales,

Gráf. 3. Permite visualizar el tramo con mayor afectación patológica, puesto que presenta mayor área de afectación por el total de patologías en dicha área. Se puede evidenciar que el daño patológico repercute con fuerza en el tramo No. 3 (T3), el cual se representa un total de 646.30 m2 de área afectada.

Gráf. 4. Con base a las áreas de afectación en función de su severidad patológica se observó un crecimiento significativo en la patología “Fisura en Bloque (FB)” sobre la estructura de pavimento, llegando a un resultado de 771.31 m², con una severidad media (M). En segundo lugar, se encuentra la patología de “Piel de Cocodrilo (PC)” con una severidad alta (A) y un área de 744.73 m²; y en tercer lugar se la patología de “Parcheo (PCH)”, con un área de 432.78 m² y una severidad baja (B); las demás patologías se presentaron con baja área de afectación.

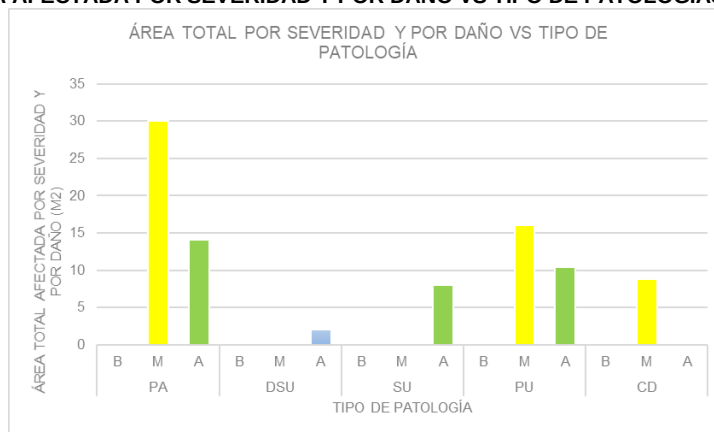
- **Patologías Superficiales del pavimento flexible**

Gráf. 5. ÁREA AFECTADA POR TAMOS, PATOLOGÍAS SUPERFICIALES (M²)



Fuente: [3]

Gráf. 6. ÁREA AFECTADA POR SEVERIDAD Y POR DAÑO VS TIPO DE PATOLOGÍAS SUPERFICIALES



Fuente: [3]

Análisis de resultados para patologías superficiales,

Según la **Gráf. 5.**, los tramos 2, 3, 5 y 7, comienzan a sufrir un deterioro en la carpeta asfáltica en función del área afectada de toda la calzada, lo cual puede tener repercusiones con otras patologías, ya sean generales o superficiales.

Se evidencia en la **Gráf. 6.**, la repercusión de daño por las patologías la patología de “Perdida de Agregados (PA)”, con un área de 191.04 m2 y una severidad media (M). Además, se presenta en alto grado la patología “Pulimento de agregados (PU)” con un área total de 26.35 m2 y una severidad media (M).

3.3 Análisis pavimento flexible según la metodología PCI – Etapa 3

Con base a los cálculos presentados en la metodología, se elaboró el reporte de resultados, el cual contiene los respectivos índices PCI de las unidades representativas y el índice PCI general del tramo de estudio como se evidencia a continuación:

TABLA II
INFORMACIÓN GENERAL DEL TRAMO DE ESTUDIO

TIPO DE ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A ESTUDIO	
Flexible	
INFORMACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	
Tipo de pavimento	Flexible
Ancho de calzada	6.37 m
Longitud del tramo de estudio	3227.13 m
Error admisible (e)	5 %
Desviación estándar (σ)	10
Abscisa Inicial	k0+000
Abscisa Final	k3+227.13
NÚMERO DE UNIDADES A EVALUAR	
Longitud unidad de muestreo	36.154 m
Número total de u muestreo en la sección (N)	89.261 u
Número mín. u muestreo a evaluar (n)	14 u
Intervalo de muestreo (i)	6 u
Unidad de muestreo inicial	1 u

Fuente: [3]

TABLA III
CONSOLIDADO DE LAS UNIDADES A EVALUAR

UNIDADES A EVALUAR					
n	PCI_U	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	PCI	Rating
1	1	k0+000	k0+036.15	81	Muy Bueno
2	7	k0+230.51	k0+266.66	4	Fallado
3	14	k0+461.02	k0+497.17	6	Fallado
4	20	k0+691.53	k0+727.68	89	Excelente
5	26	k0+922.04	k0+958.19	44	Regular

TABLA III
CONSOLIDADO DE LAS UNIDADES A EVALUAR

UNIDADES A EVALUAR					
n	PCI U	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	PCI	Rating
6	33	k1+152.55	k1+188.70	87	Excelente
7	39	k1+383.06	k1+419.21	65	Bueno
8	46	k1+613.57	k1+649.72	88	Excelente
9	51	k1+844.07	k1+880.23	90	Excelente
10	57	k2+074.58	k2+110.74	73	Muy Bueno
11	64	k2+305.09	k2+341.25	70	Muy Bueno
12	70	k2+535.60	k2+571.76	85	Muy Bueno
13	76	k2+766.11	k2+802.27	80	Muy Bueno
14	83	k2+996.62	k3+032.77	60	Bueno

Fuente: [3]

TABLA IV
Resultado final del estado de la estructura de estudio

RESULTADOS FINAL	
PCI promedio de u muestreo aleatorias (PCI _R)	66 u
PCI promedio de u muestreos adicionales (PCI _A)	60 u
Número total de u muestreo en la sección (N)	89 u
Número adicional de u muestreo inspeccionada (A)	1 u
PCI de la sección del pavimento (PCI _S)	66.237
ESTADO DE LA ESTRUCTURA	Bueno

Fuente: [3]

3.3.1 Análisis de resultados metodología PCI

Con base a los resultados anteriores, se pudo evidenciar que el estado actual del tramo de estudio es BUENO, arrojando un índice PCI de 66.237, indicando bajos daños en la ruta. Las unidades con mayor afectación a lo largo de la calzada son la unidad PCI_U7 con un índice PCI de 4 (Fallado), la unidad PCI_U14 con un índice PCI de 6 (Fallado), y unidad PCI_U26 con un índice PCI de 44 (Regular). La patología que mayor afectación generó en las dos primeras unidades críticas fue el tipo 11 (Parche) con severidad alta (A), presentando porcentajes de afectación del 45.48 y 19,07 en función del 100% del área total de cada unidad respectivamente.

3.4 Comparación entre metodología INVIAS y PCI

Ambas metodologías de inspección visual nos permitieron obtener buenos resultados en función del estado actual de la calzada. Cada una de ellas nos permitió visualizar las patologías que mayor afectación generan en la calzada en función del área tomada para su respectivo análisis. Pero la metodología con mayor capacidad de análisis fue la INVIAS, ya que analiza de una forma minuciosa la afectación que tiene cada una de las patologías. La versatilidad en la división de tramos facilita el registro patológico pues no presenta limitantes en las áreas de estudio de la calzada. A su vez, presenta mayor facilidad de análisis de los datos debido a que presenta los mismos de manera gráfica haciendo más cómodo la obtención de resultados.

Para la toma de datos patológicos es más factible implementar la metodología INVIAS, ya que no se requiere de gráficas estándar para obtener los datos necesarios en los cálculos. Con la obtención de los datos en campo se puede ejecutar directamente el procesado de la información permitiendo agilizar la obtención de resultados para el debido análisis.

La metodología PCI nos permite obtener resultados de modo cualitativo, pues estima el estado de las unidades de muestreo según la afectación de cada una de sus áreas arrojando una clasificación del índice PCI como se muestra a continuación:

TABLA V
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: [4]

Esto nos permite visualizar la situación actual de cada una de las unidades en función de sus patologías. Al ser una metodología con parámetros estándar definidos, presenta mayor complejidad en la toma de resultados para su análisis, pues a mayor longitud de calzada mayor es la cantidad de unidades de muestreo, y del mismo modo, es el respectivo análisis de los datos.

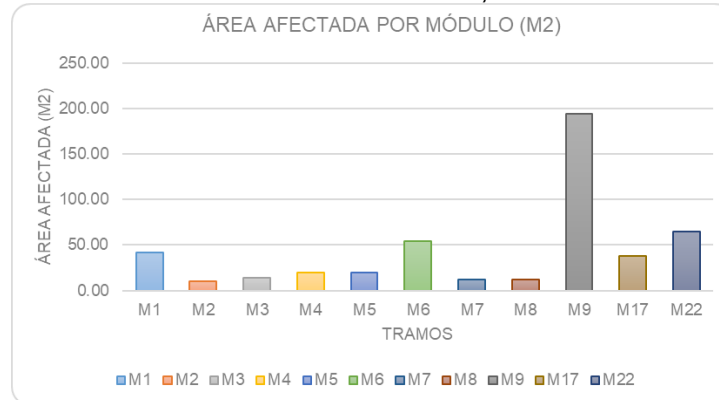
3.5 Análisis patológico de las obras de drenajes según INVIAS – Etapa 4

3.5.1 Análisis gráfico de las estructuras de drenaje longitudinal (cunetas)

Con base en los resultados obtenidos en el reporte de daños para las estructuras de drenaje, se obtienen los siguientes análisis de resultados:

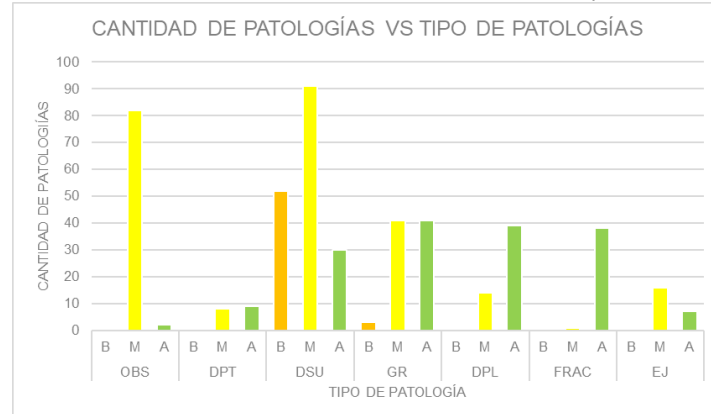
- **Patologías presentes en obras de drenaje longitudinal derecho**

Gráf. 7. ÁREA AFECTADA POR MÓDULO, COSTADO DERECHO



Fuente: [3]

Gráf. 8. CANTIDAD DE PATOLOGÍAS VS TIPO DE PATOLOGÍAS, COSTADO DERECHO



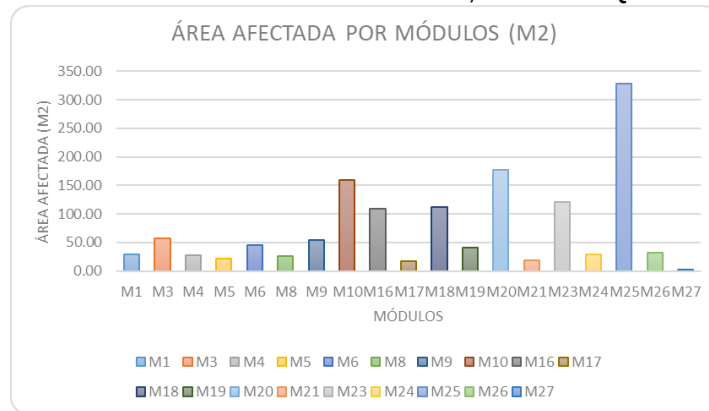
Fuente: [3]

Análisis de resultados para estructuras de drenaje longitudinal en el costado derecho,

Según la **Gráf. 7.**, se observó que el módulo con mayor afectación en base al área afectada patológicamente es el módulo 9 (M9), pues tuvo un incremento patológico, presentando un deterioro en la sección de cuneta. De igual forma, evidenciamos como el módulo 6 y el módulo 22 presenta un incremento en magnitud de los daños, presenciando el inicio del deterioro crítico de las unidades anteriormente nombradas. La **Gráf. 8.** nos permitió evidenciar el tipo patología que genera mayor afectación en todos los módulos de cuneta del costado derecho del tramo de estudio, siendo el Desgaste Superficial (DSU) con un 91 de incidencia con severidad media (M). Luego se encuentra la Obstrucción (OBS) y el Agrietamiento (GR) en su severidad media, lo anterior debido a la velocidad de flujo que reciben los módulos del costado derecho.

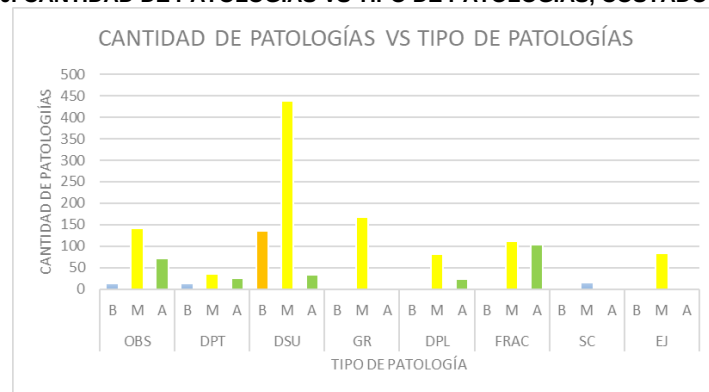
• **Patologías presentes en obras de drenaje longitudinal izquierdo**

Gráf. 9. ÁREA AFECTADA POR MÓDULO, COSTADO IZQUIERDO



Fuente: [3]

Gráf. 10. CANTIDAD DE PATOLOGÍAS VS TIPO DE PATOLOGÍAS, COSTADO IZQUIERDO



Fuente: [3]

Análisis de resultados para estructuras de drenaje longitudinal en el costado izquierdo,

La **Gráf. 9.**, nos permitió observar que el módulo con mayor afectación patológica es el módulo 25 (M25), en función de su área, generando indicios de deterioro. Luego visualizamos como el módulo 20 y el módulo 10 presenta un área considerable de afectación en base a su localización, puesto que estos reciben cantidades de agua y materiales en exceso ya que se localizan en puntos de nacimiento de agua.

Según la **Gráf. 10.**, el desgaste de los módulos (DSU) representa deterioro en todas las unidades, pues la cantidad de flujo de escorrentía que reciben es elevada. De igual manera, las unidades de drenaje longitudinal izquierdo se ven afectadas por el tránsito vehicular al no contar con bermas.

3.5.2 Análisis cualitativo de las estructuras de drenaje transversal (alcantarillado)

Las unidades de alcantarillado del tramo de estudio tuvieron una inspección patológica de manera detallada. Durante estas se pudo observar la falta de obras de alcantarillado en la vía, pues no se tienen las suficientes para recibir el flujo de escorrentía, lo cual deteriora de manera progresiva la calzada y sus demás estructuras de composición. El número de alcantarillas inspeccionadas fue de once (11), obteniendo resultados negativos en cuestión de su estado actual, como se muestra a continuación siguiente tabla:

Fig. 11. RESUMEN CUALITATIVO DEL ESTADO ACTUAL DE LAS ALCANTARILLAS



RESUMEN DE OBSERVACIONES PATOLÓGICAS AL ALCANTARILLADO DE LA VIA ANTIGUA VILLAVICENCIO - RESTREPO (65 MTE)																	
No. ALCANT.	TIPO DE DUCTO	TIPO	ESTRUCTURA DE CONDUCCIÓN		MURO CABEZAL		GUARDARUEDAS		ALEJAS		MUROS DE ACOMPAÑAMIENTO		POSETAS		SOLADO		Observaciones
			ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	
1	Tubería	Doble	si	si	si	no	si	no	si	no	no	no	no	no	no	no	Presenta desgaste, vegetación, descascamiento y obs por basuras.
2	Tubería	Simple	no	si	si	si	si	si	si	si	no	no	no	no	no	no	Presenta DPT, GR en muros cabezales, no cuenta con aleza izquierda en la salida y obs por ramas.
3	Cajón	Simple	no	no	si	si	si	si	no	no	no	no	no	no	no	no	Se encuentra obstruida en la entrada del costado izquierdo.
4	Tubería	Simple	no	si	si	si	si	si	si	si	no	no	no	no	no	no	Obstruida por material de cantera de arena y roca.
5	Tubería	Simple	si	si	si	si	si	si	no	no	no	no	no	no	no	no	Presenta bloqueo total generando un hundimiento en el centro de vía.
6	Tubería	Simple	si	si	si	si	si	si	si	si	no	no	no	no	no	no	Presenta DSU, PA DPT, OBS por residuos y FRAC en aleta de salida.
7	Cajón	Simple	si	si	si	si	no	no	si	si	si	no	no	no	no	no	Presenta fragmento de aleta antigua.
8	Tubería	Simple	si	si	si	si	no	si	no	si	no	no	no	no	no	no	Presenta DPT, OBS en la tubería, DSU y PA.
9	Tubería	Simple	si	si	si	si	si	si	no	no	no	no	no	no	no	no	Presenta DC, DPT, y OBS.
10	Tubería	Simple	si	si	si	no	si	no	si	no	no	no	no	no	no	no	Presenta DPT y separación de las aletas en ambos extremos.
11	Cajón	Simple	si	si	si	si	si	si	si	si	no	no	no	no	no	no	Presenta DPT y separación de las aletas en ambos extremos.

Fuente: [3]

Con base a lo anterior, se puede evidenciar que la mayor causa del deterioro de estas estructuras es la obstrucción producida por la contaminación de la misma comunidad en vista de la alta explotación de material proveniente del río Guatiquía y sus alrededores.

3.5.3 Análisis cualitativo de las estructuras de drenaje complementaria

Durante la inspección visual realizada a las estructuras de drenaje se pudieron evidenciar tres (3) sumideros distribuidos a lo largo de la calzada. De los anteriores ninguno se encuentra en servicio debido a que presentan bloqueo por vegetación y agregados.

Fig. 12. ESTRUCTURAS DE DRENAJE COMPLEMENTARIAS, SUMIDEROS



Fuente: [3]

3.6 Propuesta de mantenimiento según el SIECA

Según lo visto durante la inspección visual realizada al tramo de estudio, se recomienda hacer la debida

limpieza rutinaria del derecho de vía, realizando rocería de la vegetación presente en ambos costados de la calzada para impedir la obstrucción de las estructuras de drenaje y la misma vía. Igualmente, es necesario demarcar el tramo de estudio, debido a que éste no cuenta con la respectiva señalización horizontal, y se debe instalar toda la señalización vertical que requiera la calzada para prevenir futuros accidentes. A partir del análisis de resultados obtenido para las estructuras de drenaje, se elaboraron las fichas técnicas correspondientes a la propuesta de mantenimiento de obras de drenaje según lo establecido por el manual SIECA como se evidencia a continuación:

Fig. 13. FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO PARA LIMPIEZA Y REPARACIÓN DE CUNETAS


UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
 PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
VILLAVICENCIO - 1985
FICHA TÉCNICA
PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PARA LAS OBRAS DE DRENAJE EN LA ANTIGUA VÍA VILLAVICENCIO - RESTREPO (65 MTE)

TIPO DE ESTRUCTURA: CUNETAS

TIPO DE MANTENIMIENTO: Limpieza		TIPO DE MANTENIMIENTO: Reparación	
1. Descripción: Retirar de modo manual o por medio mecánico, todo tipo de basuras, material de sedimentación u otro tipo de materiales que impida el recorrido del flujo hídrico. 2. Frecuencia de la actividad: Se debe realizar con carácter rutinario, pues los periodos de lluvia en la región son altos y la presencia de vegetación en la vía es elevada.		1. Descripción: Reparar las respectivas unidades de los módulos de cunetas, de manera manual respetando la sección original. 2. Frecuencia de la actividad: Se debe realizar de modo periodico en vista del mal estado de las cunetas y los problemas patológicos presentes.	
3. Procedimiento del mantenimiento: - Verificar que el personal que realiza la actividad porte los implementos de seguridad requeridos. - Quitar todas aquellas basuras u obstaculos que impidan la circulación del flujo de agua. - Chequear la sección transversal de los unidades que componen los módulos de las cunetas en ambos costados de la vía.	3. Procedimiento del mantenimiento: - Verificar que el personal que realiza la actividad porte los implementos de seguridad requeridos. - Delimitar la respectiva zona de reparación. - Demoler y retirar los escobros de las unidades. - Elaborar la mezcla de concreto y vertirlo en las formaletas, siguiendo los critrios de instalación. - Revisar la pendiente de la cuneta.		
4. Mano de obra: Cuadrilla de oficial y obreros.	4. Mano de obra: Cuadrilla estructural (1 oficial y obreros necesarios)		
5. Materiales: No aplica.	5. Materiales: Cemento, arena, grava, palas, picos, baldes y acero de refuerzo.		

Fuente: [3]

Para la calzada de estudio, se elaboró la respectiva propuesta de mantenimiento en alusión a los daños presentes en la misma, siguiendo los parámetros establecidos por el SIECA como se muestra a continuación:

Fig. 14. FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO PARA FISURAS


UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
 PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
VILLAVICENCIO - 1985
FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO

ZONA: VILLAVICENCIO SECTOR: VEREDA VANGUARDIA CÓDIGO VÍA: 65 MTE		CATEGORÍA DE DAÑO: GENERAL TIPO DE DAÑO: FISURAS	
PATOLOGÍA: *- Fisura longitudinal (FL) - Fisura transversal (FT) - Fisura en media luna (FML) - Fisura de borde (FB) - Fisuras en juntas de construcción (FCL / FCT)		ESQUEMA: 	
TRAMOS AFECTADOS: Todo el tramo de estudio		POSIBLES CAUSAS: *- Envejecimiento progresivo de la capa de rodadura por cambios térmicos. - Rigidez en la mezcla asfáltica. - Fatiga de la estructura de pavimento flexible. - Reflexión de grietas provenientes de las capas inferiores de la estructura.	
PROPUESTA DE MANTENIMIENTO: Limpieza de la fisura para aplicar un sellante asfáltico ya sea termoplástico, emulsión o modificado con polímeros, para posteriormente, instalar la respectiva capa de arena llenando el espaciado.		TIPO DE SELLO: 	

Fuente: [3]

Fig. 15. PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PARA LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE



PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PARA EL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA ANTIGUA VIA VILLAVICENCIO - RESTREPO (65 MTE)

No.	CATEGORÍA DE DAÑO	TIPO DE PATOLOGÍA	SEVERIDAD	TIPO DE MANTENIMIENTO	CATEGORÍA	SOLUCIÓN	ESQUEMA
1	General	*- Fisura longitudinal (FL) - Fisura transversal (FT) - Fisura en media luna (FML) - Fisura de borde (FB) - Fisuras en juntas de construcción (FCL / FCT)	A - M - B	Fisuras	Preventivo	Limpieza de la fisura para aplicar un sellante asfáltico ya sea termoplástico, emulsión o modificado con polímeros, para posteriormente, instalar la respectiva capa de arena llenando el espaciado.	 Fuente: [24]
2	General	*- Fisuras en bloque (FB) - Piel de cocodrilo (PC) - Parches (PCH)	A - M - B	Parcheo	Rutinario	Realizar el corte rectangular del área afectada, para realizar la excavación pertinente. Seguido a ello, se realizar el relleno con mezcla asfáltica en frío o caliente y lo que permite compactar de manera óptima.	 Fuente: [25]
3	General	*- Baches (BCH)	A - M - B	Bacheo	Rutinario	Excavar el área del bache para luego rellenar con material de base y poder aplicar el ligante asfáltico. Por último, instalar la mezcla asfáltica ya sea en frío o caliente y compactar de modo eficiente.	 Fuente: [26]
4	Superficial	*- Pulimento de agregados (PU) - Surcos (SU). - Pérdida de Agregados (PA) - Abultamiento (AB). - Descascaramiento (DC). - Desgaste superficial (DSU).	A - M - B	Tratamiento patologías superficiales	Periódicas	*- Escarificación, y reconfiguración de la carpeta asfáltica. - Instalación de capa de refuerzo con espesor mín. de 5 cm en frío o caliente. - Imprimación distintas capas ligante Asfáltico.	 Fuente: [27]

Fuente: [3]

4. CONCLUSIONES

Con relación a lo expuesto en el análisis del tránsito vehicular, se pudo deducir que el vehículo que presenta un mayor impacto en la calzada es el Automóvil con un porcentaje del 84% del flujo vehicular total, esto debido a que la antigua vía Villavicencio – Restrepo (65MTE) representa un apoyo vital para la alternancia del tránsito vehicular en conexión con la vía principal Villavicencio – Yopal. Del mismo modo, dicha vía presenta un flujo considerable de vehículos pesados como son los C2G con un porcentaje del 6% con relación al flujo vehicular total, esto debido a que la zona cuenta con puestos de explotación de agregados pétreos provenientes del río Guatiquía.

Tras el análisis realizado con base a la metodología INVIAS, se pudo establecer el deterioro progresivo de la calzada, el cual ha avanzado con el pasar de los días, puesto que las patologías encontradas en el tramo de estudio y junto con su respectiva severidad marcan el punto inicio del mismo. Por lo que es necesario implementar medidas de mantenimiento que permitan subsanar dichos daños. Lo anterior deducido a partir del análisis grafico de las patologías presente en el tramo de estudio por la metodología INVIAS, el cual denota que el tramo con mayor afectación es el T3 con un área aproximada de 646.30 m2, lo cual representa el 3.14% del daño total presente en la calzada.

Dentro del análisis de resultados elaborado a partir de la metodología PCI, se pudo establecer que el índice PCI de toda la calzada de estudio es de 66.237, denotando un rango de clasificación Bueno, siguiendo el criterio de confiabilidad del 95% de las unidades de muestreo evaluadas. Esto nos permite inferir que la calzada no presenta un alto deterioro que requiera un mantenimiento de emergencia, pero si se puede considerar realizar mantenimientos rutinarios que permitan la conservación de esta.

De acuerdo con la comparación realizada en base a las metodologías INVIAS vs PCI, se pudo intuir que el método praxis que mejor se ajusta al registro de los daños patológicos es el propuesto por el INVIAS,

puesto que éste maneja versatilidad y comodidad al momento de realizar la inspección, recolección y procesamiento de los datos. De igual manera, facilita el análisis y presentación de estos, por medio de un sistema gráfico de baja complejidad para el usuario.

En cuanto a la inspección patológica realizada a las obras de drenajes presentes en el tramo de estudio por medio de la metodología INVIAS, se pudo evidenciar que el tramo de estudio carece de estructuras de drenaje y no obstante a ello, de las existentes, el 95% de las mismas presentan daños estructurales críticos, los cuales afectan las partes que las componen. Igualmente, estas presentan una obstrucción (OBS) del 60% producto de la vegetación y materiales provenientes de las viviendas y canteras presentes en el sector, originando posibles inundaciones.

AGRADECIMIENTOS

Damos gracias a Dios por darnos la fe y fortaleza para llegar hasta este punto de nuestras vidas, logrando los objetivos que día a día nos propusimos para cumplir la meta de ser grandes profesionales.

A nuestros padres les damos las gracias por ser nuestros pilares y nuestros ejemplos para seguir a lo largo de nuestras vidas, por enseñarnos a superar cada una de las barreras que se nos presentan en nuestro día a día y a nunca decaer; por su comprensión, apoyo y paciencia que nos han tenido durante estos años; por cada travesía, lágrima, disgustos y alegrías que hemos pasado juntos como familia y por las que han de venir.

A la ingeniera Erika Lorena Becerra Becerra, nuestra directora de tesis le damos las gracias por brindarnos su conocimiento, su asesoría y apoyo incondicional durante las etapas de desarrollo del presente trabajo.

A la ingeniera Jessica María Ramírez Cuello, le queremos dar las gracias por su amabilidad, gentileza y bondad para con nosotros, brindándonos su apoyo durante el desarrollo del presente trabajo.

A nuestro compa y amigo Juan David Díaz Libreros, le queremos dar las gracias por su apoyo incondicional que permitió la culminación del presente proyecto, pues sin él no hubiéramos terminado.

A papita, Hernán Darío Espinosa Martínez, le agradecemos por su perseverancia, apoyo y compromiso en el desarrollo de nuestro trabajo de campo y por siempre estar al pendiente de lo que necesitábamos, pues gracias a ello, hoy hemos podido dar por terminado este trabajo.

A mi chomelita, Jacquelin Dayana Montaña Orduña, le agradecemos por su apoyo incondicional y su fe en pro del desarrollo y culminación de este proyecto.

Y, por último, le damos las gracias a Carlos Eduardo Espinosa Martínez y a Sebastián Espinosa Martínez, por su compromiso las labores de campo, brindándonos la seguridad y los esfuerzos necesarios para terminar las actividades de campo.

REFERENCIAS

- [1] N. C. R. Caraballo, «Diagnóstico de la vía antigua al municipio de Restrepo-Meta, km 1, sector Ranchón del Maporal y estación de servicio Cimarrón y propuesta de la estructura del pavimento flexible,» Universidad Santo Tomás, Villavicencio, 2018.
- [2] G. T. - C. 5. d. 2003, «Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles,» INVIAS, Bogotá D.C., 2006.
- [3] A. Propia, «Autoría Propia,» Villavicencio, 2020.
- [4] L. R. V. Varela, «Paviment Condition Index (PCI),» ingepav, Manizales, 2002.
- [5] SIECA, Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras, Guatemala: CEPREDENAC, 2010.
- [6] D. a. C. P. Croney, Design and Performance of Road Pavements, New York (USA): Third Edition. McGraw Hill, 1998.
- [7] A. M. Fonseca, «Pavimento,» de *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras*, Bogotá D.C., Universidad Católica de Colombia, 2002.
- [8] M. N. d. Transporte, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías, 2008.
- [9] A. -. INCGROUP, «Información general del contrato de concesión e interventoría,» 2019. [En línea]. Available: <http://www.uniontemporalviasmeta.com/el-proyecto/>.

- [10] J. P. U. A. Daniela Andrea Barbosa Tabarez, «Aplicación en temáticas de ingeniería civil - Diagnóstico de las fallas que se presentan en el pavimento flexible de la vía antigua Villavicencio-Bogotá (Buenavista) en el tramo (K92+40MTA-K93+40MTA),» Universidad Santo Tomás, Villavicencio, 2019.
- [11] R. Guevara y A. Romero, «Plan de mantenimiento para el pavimento de la avenida del Llano calzada NS desde la glorieta de la Grama hasta la calle 35 en Villavicencio, en base a la inspección visual de daños.,» Universidad Santo Tomas, Villavicencio, 2019.
- [12] T. Castiblanco y S. Torres, «Estudio del estado patológico de la malla vial mediante inspección visual en el municipio de Villavicencio, Comuna 2,» Universidad Cooperativa de Colombia, Villavicencio, 2019.
- [13] D. E. G. Morgado, «Metodologías de reparación para pavimentos flexibles de mediano y bajo tránsito.,» Universidad Andrés Bello, Santiago de Chile, 2018.
- [14] J. E. R. Contreras, «Inspección y diagnostico vial utilizando la metodología PCI, sobre la ruta de transporte escolar y colectiva utilizada en los barrios San Pablo y Julio Caro del municipio de Zipaquirá, Cundinamarca.,» Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, 2017.
- [15] D. Bernal, E. Gómez y Y. Cespedes, «Estudio del estado patológico de la malla vial del municipio de Villavicencio, Comuna 6.,» Universidad Cooperativa de Colombia, Villavicencio, 2017.
- [16] I. Izquierdo, H. Romero y J. Sánchez, «Inspección visual del estado patológico de las vías rurales (Pompeya – Pte. Guayuriba, la María – Resguardo Indígena, el cruce de Ocoa – la Reliquia), basado en el manual de inspección visual del INVIAS.,» Universidad Cooperativa de Colombia, Villavicencio, 2017.
- [17] M. H. Jaime, «Inspección patológica de pavimentos flexibles en un sector específico de Bogotá D.C., como fase del proyecto “Comparativa patológica de pavimentos flexibles en climas extremos y la toma de decisiones asociadas del convenio interinstitucional con la univer,» Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., 2016.
- [18] A. d. Villavicencio, «Informe de gestión,» Alcaldía de Villavicencio, Villavicencio, 2016.
- [19] R. Álvarez y R. Agudelo, «Inspección visual de daños vía Pereira, Risaralda – Alcalá, Valle,» Universidad Libre Seccional Pereira, Pereira, 2015.
- [20] I. B. G. B. Murillo, «Resolución Organizacional,» Contraloría General de la República, Bogotá, 2014.
- [21] C. Licita, «Estudios y Diseños Definitivos del puente sobre la antigua carretera vía Villavicencio - Restrepo (vía Bavaria) en el sector denominado caño Seco,» Colombia Licita, Bogotá, 2009.
- [22] M. h. INVIAS, «Mapa de Carreteras,» [En línea]. Available: <https://hermes.invias.gov.co/carreteras/>.
- [23] Trabit, «Sellado de grietas. Puesta en obra,» 20 Septiembre 2016. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=keG9wufuoxE>.
- [24] RSTecnología, «Como reparar un pavimento de asfalto RS AsphaltPlus,» 19 Enero 2015. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=qwC1rxeu65g>.
- [25] G. SUR, «¿Cómo reparar un bache con Asfalto en frío?,» 14 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=RPO988hBO1w>.
- [26] E. F. Y. FIRMES, «Wirtgen w2000 - Fresado de pavimento Asfáltico en carreteras,» 1 Febrero 2017. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=77RYk-tXwtY>.
- [27] G. T. -. C. 5. d. 2003, «Manual para la inspección visual de estructuras de drenajes,» INVIAS, Bogotá D.C., 2006.