

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO MEDIANTE LA INSPECCIÓN VISUAL DE DAÑOS EN 5 VÍAS DE LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO – META

MAINTENANCE PLAN FOR PAVEMENT STRUCTURES BY VISUAL DAMAGE INSPECTION IN 5 ROADS OF THE CITY OF VILLAVICENCIO - META

Luis Alejandro Pinto Rojas

Facultad de Ingeniería Civil, Estudiante, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomas sede Villavicencio, Luis.pinto@usantotomas.edu.co

Johan Santiago Torres Quintín

Facultad de Ingeniería Civil, Estudiante, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomas sede Villavicencio, Johan.torres@usantotomas.edu.co

Jessica María Ramírez Cuello

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

Resumen: La ciudad de Villavicencio está en constante desarrollo y por esto la red vial debe estar en excelentes condiciones e ir de la mano con el progreso de la ciudad. Sin embargo, la red secundaria de vías que tiene el municipio no está en las condiciones óptimas para prestar un servicio adecuado. Es por esto que se propuso realizar un plan de mantenimiento adecuado por medio de un levantamiento de daños y análisis de estos en la longitud de cada vía teniendo un total de 2 km.

A partir de la inspección visual se hizo el levantamiento, se identificaron las fallas presentes con su nivel de severidad para así poder definir el plan de mantenimiento adecuado para prolongar la vida útil de las estructuras de pavimento, basados en el método del instituto nacional de vías.

Los resultados obtenidos del proyecto dejan evidencia del deterioro que tiene las estructuras de pavimento; siendo en el rígido más del 70% de área afectada y en flexible más del 20% con daños que generan inconvenientes en el flujo vehicular.

Palabras clave: daños, INVIAS, mantenimiento, pavimento flexible, pavimento rígido, vías.

Abstract: The city of Villavicencio is constantly developing and therefore the road network must be in excellent condition and go hand in hand with the progress of the city. However, the municipality's secondary network of roads is not in the best position to provide an adequate service. This is why it was proposed to carry out a proper maintenance plan by means of a damage survey and analysis of these in the length of each track having a total of 2 km.

From the visual inspection was made the survey, the present faults were identified with their level of severity in order to define the appropriate maintenance plan to extend the useful life of the paving structures, based on the method of the national road institute.

The results obtained from the project show the deterioration of the pavement structures; in the rigid more than 70% of affected area and in flexible more than 20% with damages that cause problems in the flow of vehicles.

Keywords: damage, flexible pavement, INVIAS, maintenance, rigid pavement, tracks.

1. INTRODUCCIÓN

“La red vial es fundamental para el desarrollo y crecimiento de un país”, “Si las vías de comunicación no son las adecuadas para que la población satisfaga sus necesidades básicas, es poco probable que los ciudadanos puedan encarar una situación de mejora económica y reducción de los índices de pobreza” [1].

Las vías en el municipio de Villavicencio no se encuentran en óptimas condiciones, al transitar por la ciudad se evidencia un sinnúmero de fallas, como: fisuras, desgastes, huecos en la estructura del pavimento, entre otras; ocasionadas en su mayoría por falta de un mantenimiento periódico.

En la carrera 40 entre las calles 44 y 49 en el barrio la Esmeralda, la calle 12 entre la carrera 44a y 47a, la calle 7b entre las carreras 41 – 47b, la carrera 45a entre las calles 7b – 11 y la calle 10 entre la carrera 39 – 47e en el barrio La Esperanza, se puede evidenciar un desgaste marcado en el pavimento en donde se encuentran fisuras y huecos; lo cual influye negativamente en la población, el tránsito y por ende el desarrollo de la ciudad, ocasionando pérdidas económicas e incluso accidentes fatales. Por tal motivo, acorde a la tipología del pavimento y al tipo de fallas encontradas en las calles, carreras y avenidas seleccionadas bajo la metodología del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), se propone un plan de mantenimiento.

2. DESARROLLO DEL ARTÍCULO

2.1 Selección de las calles, longitud y clasificación de los pavimentos en la zona de estudio:

Teniendo en cuenta que la malla vial es el conjunto de vías que constituyen la infraestructura necesaria para la movilización de bienes y personas y que la integran las vías de sentido general longitudinal y transversal, entre las cuales se cuentan las vías locales principales y del sistema arterial [2]; se seleccionan 5 calles de la ciudad de Villavicencio con el fin de realizar un levantamiento de daños en el pavimento y así proponer un plan de mantenimiento para cada una de ellas. Las 5 zonas de estudios seleccionadas son las siguientes:

Cra 40 (calle 44–49) barrió la esmeralda abarcando una longitud de 354 metros y un ancho de calzada de 6.50 metros. Cabe resaltar que en esta calle se encuentra un pavimento rígido, al cual, se mejoró su condición bajo la técnica (blacktopping) en una longitud de 160 metros, pero se evidencia en la actualidad que la carpeta asfáltica ya presenta diversos daños.

Calle 12 (carrera 44^a – 47^a) abarcando una longitud de 260 metros en un pavimento totalmente flexible y un ancho de calzada de calzada de 7.8 metros.

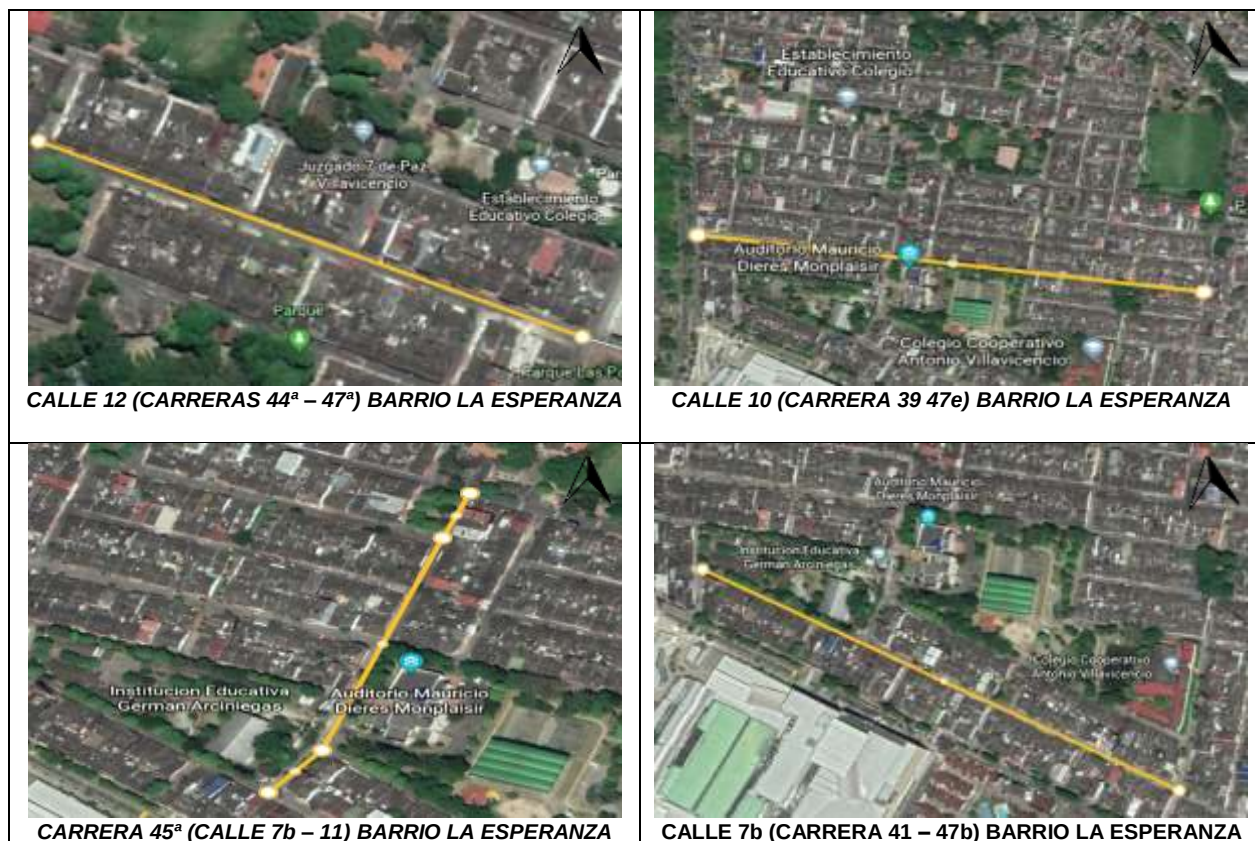
Calle 10 (carrera 39 – 47e), la cual abarca una longitud de 650 metros en un pavimento totalmente rígido. Es menester resaltar que este pavimento fue construido por sus mismos habitantes y desde su construcción no se le ha realizado alguna intervención para mejorar su condición.

Carrera 45^a (calle 7b – 11), con una longitud de 290 metros, en un pavimento totalmente rígido. De igual manera que la calle 10, este pavimento fue construido por la comunidad.

Calle 7b (carrera 41 – 47b), abarcando una longitud de 510 metros, en donde 120 metros son de pavimento flexible 390 metros en un pavimento rígido. Cuenta con un ancho de calzada de 6 metros.

Fig 1. Localización general de las vías seleccionadas de estudio





Fuente: Google Earth, 2020.

2.2 Análisis de datos y resumen de los daños encontrados en las zonas de estudio:

Con base a la inspección visual propuesta por INVIAS, se realizó el registro y análisis de daños que se consideraron en la propuesta de mantenimiento de los pavimentos de las vías seleccionadas; de donde se resaltan los siguientes resultados:

2.2.1 Carrera 40 (calle 44 – 49) barrió la Esmeralda:

En la carrera 40 se tomaron 3 tramos, cada uno con una longitud de 111 metros. Allí fueron construidas 159 placas en concreto, de las cuales 126 se ven afectadas por 8 tipos de daños de severidad media y alta.

Daños: parches en asfalto o en concreto (PCHA – PCHC) en 14 placas, cabezas duras (CD) en 24 placas, desportillamiento de juntas longitudinales y transversales (DPL – DPT) en 3 placas, deterioro del sello longitudinal y transversal (DSL – DST) en 14 placas, separación de juntas longitudinal y transversal (SJL – SJT) en 5 placas, escalonamiento de juntas (EJ) en 2 placas, grietas de esquina, longitudinal y transversal (GE – GL – GT) en 24 placas y grietas en bloque (GB) en 70 placas, siendo el tramo con mayores losas afectadas el número 3, como se puede evidenciar en la **Grafica 1. PORCENTAJE DE LOSAS AFECTADAS POR TRAMO**

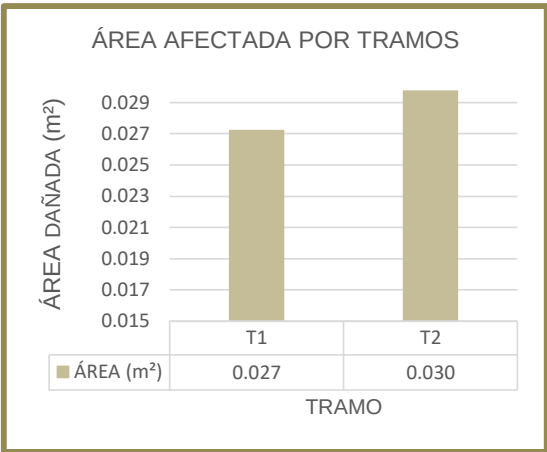
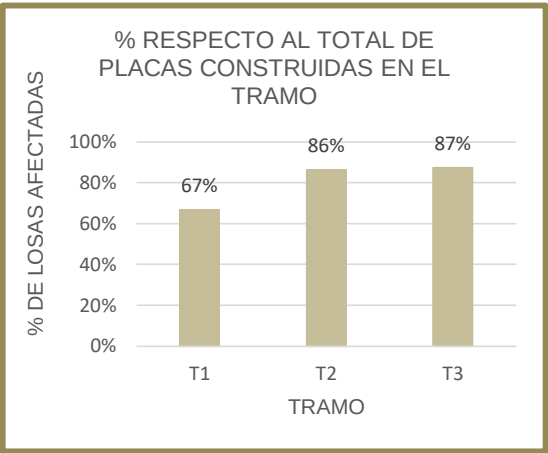
Por otro lado, en la extensión del pavimento flexible se tomaron dos tramos, los cuales son afectados por 8 tipos de daños, deteriorando un área de 27.22 m² en el tramo número 1 y 29.72 m² en el tramo número 2, como se puede observar en la **Grafica 2. ÁREA DE AFECTACIÓN POR TRAMOS PAVIMENTO FLEXIBLE**

Daños: fisuras transversales y longitudinales (FL – FT) en un área de 15.55 m², fisuras en juntas de construcción (FCL – FCT) en un área de 3.24 m², fisuras por reflexión de juntas (FJL – FJT) en un área 1.38 m², fisuras en bloque (FB) en un área de 17.42 m², descascaramiento (DC) en un área de 1.32 m² y baches (BCH) en un área de 18.030 m².

Fuente: elaboración propia.

Grafica 2. ÁREA DE AFECTACIÓN POR TRAMOS PAVIMENTO FLEXIBLE

Grafica 1. PORCENTAJE DE LOSAS AFECTADAS POR TRAMO



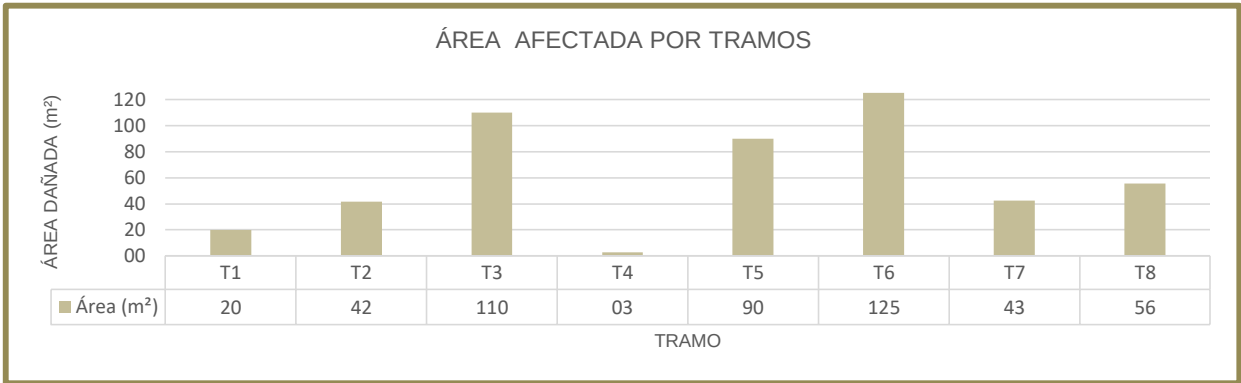
Fuente: elaboración propia.

2.2.2 Calle 12 (carrera 44ª – 47ª) barrio la Esperanza:

La extensión total de la calle 12 se dividió en 8 tramos, los cuales son afectados por 3 tipos de daños superficiales, incidiendo en un área total de 487.50 m², siendo el tramo número 6 el de mayor afectación, seguido del tramo número 3, 5, 8, 7, 2, 1 y el tramo número 4 siendo el menos afectado por los daños, como se puede evidenciar en la **Grafica 3. ÁREA DE AFECTACIÓN POR TRAMOS PAVIMENTO FLEXIBLE**

Daños: parches (PCH) en 465.04 m², descascaramiento (DC) en 2.05 m² y baches (BCH) 20.41 m².

Grafica 3. ÁREA DE AFECTACIÓN POR TRAMOS PAVIMENTO FLEXIBLE



Fuente: elaboración propia.

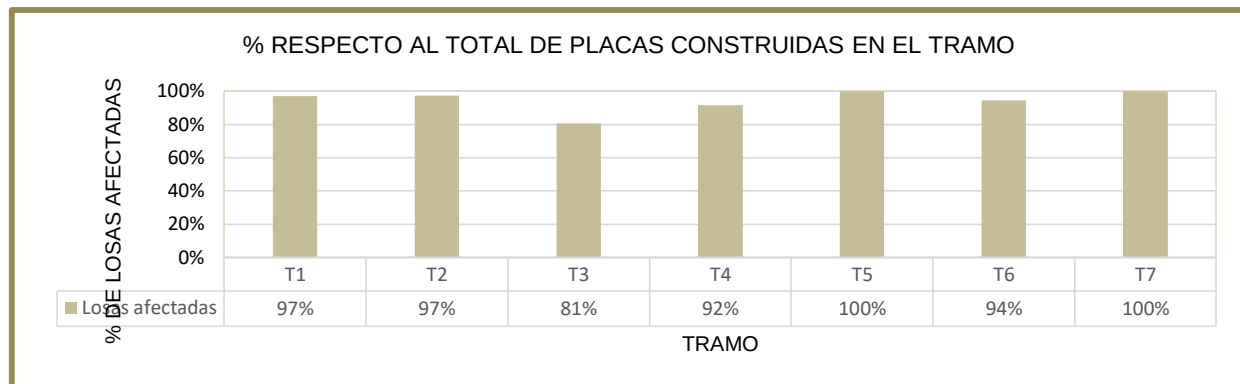
2.2.3 Calle 10 (carrera 39 – 47e) barrio la Esperanza:

La calle 10 fue dividida en 7 tramos. Allí fueron construidas 233 losas en total, de las cuales 219 se encuentran afectadas por 8 tipos de daños de severidad media o alta.

Daños: parches (PCH) en 50 losas, grietas longitudinales, transversales y de esquina (GL – GT – GE) en 23 losas, desportillamiento de juntas (DP) en 5 losas, separación de juntas (SJ) en 63 losas, deterioro del sello (DS) en 26 losas, grietas en pozos y sumideros (GA) en 2 losas, escalonamiento de juntas (EJ) en 6 losas y grietas en bloque (GB) en 44 losas.

Los tramos 5 y 7 son los tramos con mayores losas afectadas, seguido de los tramos 1–2, 6, 4 y 3, como se puede observar en la **Grafica 4. PORCENTAJE DE LOSAS AFECTADAS POR TRAMO**

Grafica 4. PORCENTAJE DE LOSAS AFECTADAS POR TRAMO



Fuente: elaboración propia.

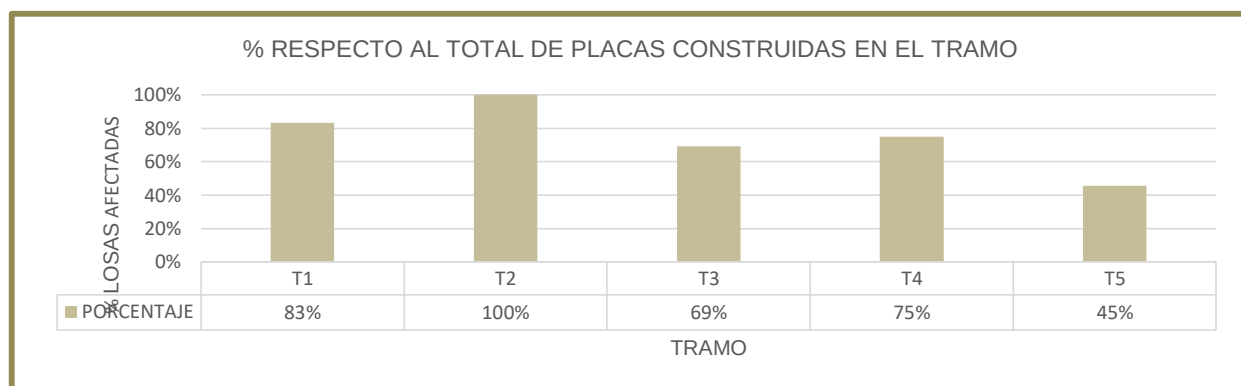
2.2.4 Carrera 45a (calle 7b – 11) barrio la Esperanza:

En la carrera 45 existen dos tipos de pavimentos: rígido y flexible. Para efectos del estudio el pavimento rígido se dividió en 5 tramos, en los cuales se evidenciaron 61 losas de concreto, de las cuales 46 han sido afectados principalmente por 7 tipos de daños que presentan una severidad media o alta.

Daños: desportillamiento de juntas (DP) en 2 losas, deterioro del sello (DS) en 5 losas, separación de juntas (SJ) en 9 losas, grietas longitudinales, transversales y esquina (GL – GT – GE) en 4 losas, grietas en bloque (GB) en 18 losas, parches (PCH) en 11 losas y bache (BCH) en 2 losas.

El tramo número 2 es el más afectado ya que se ven involucradas todas las losas, seguido de los tramos 1,4,3 y 5, como se puede observar en la **Grafica 5. PORCENTAJE DE LOSAS AFECTADAS POR TRAMO**

Grafica 5. PORCENTAJE DE LOSAS AFECTADAS POR TRAMO

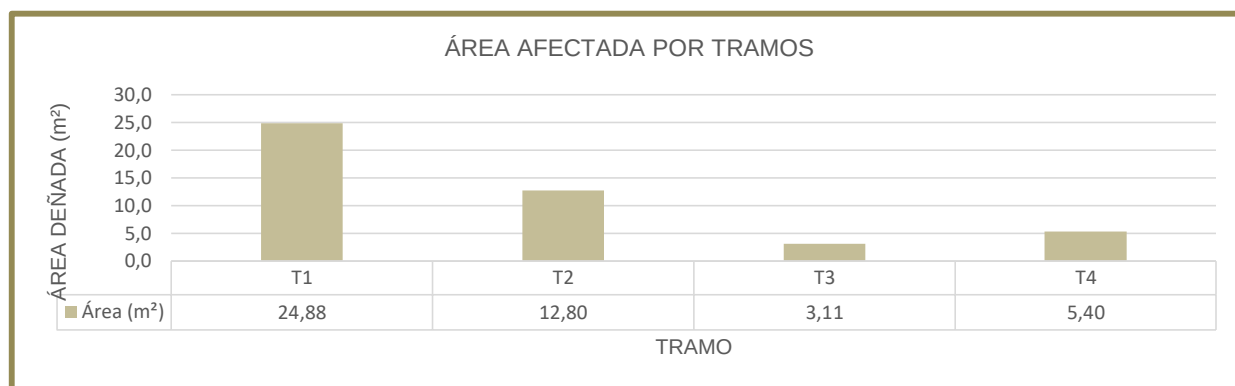


Fuente: elaboración propia.

La longitud del pavimento flexible se dividió en 4 tramos, los cuales presentan 5 tipos de daños, afectando un área total de 46.18 m², siendo el tramo número 1 el de mayor deterioro, seguidos de los tramos 2,4 y 3, como se puede observar en la **Grafica 6. ÁREA DE AFECTACIÓN POR TRAMOS PAVIMENTO FLEXIBLE**.

Daños: parche (PCH) con un área de afectación de 22.4 m², descascaramiento (DC) en un área de 3.9 m², bache (BCH) presente en 7.28 m², fisuras transversales (FT) en 6.57 m² y fisuras en juntas de construcción (FC) en 8.64 m².

Grafica 6. ÁREA DE AFECTACIÓN POR TRAMOS PAVIMENTO FLEXIBLE.



Fuente: elaboración propia

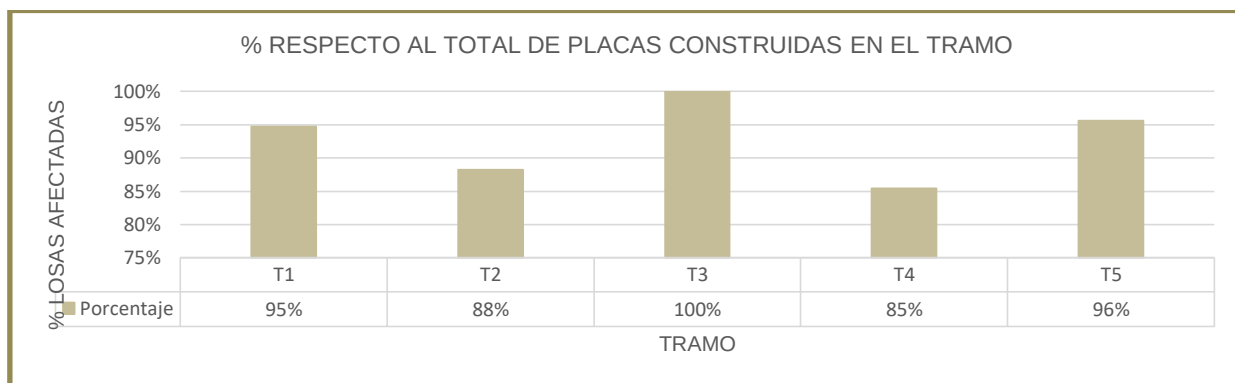
2.2.5 Calle 7b (carrera 41 – 47b) barrio la Esperanza:

La calle 7b cuenta con 204 placas de las cuales 189 sufren afectaciones por 7 tipos de daños de severidad media o alta. Para efectos del presente estudio la calle se dividió en 5 tramos.

Daños: separación de juntas (SJ) en 70 placas, escalonamiento de juntas (EJ) en 7 placas, parches (PCH) en 54 placas, grietas longitudinales, transversales y de esquina (GL – GT – GE) en 21 placas, desportillamiento de juntas (DP) en 2 placas, deterioro del sello (DS) en 20 losas y grietas en bloque (GB) en 49 placas.

El tramo número 3 es el más alterado ya que todas las losas presentan algún tipo de daño, seguido de los tramos 5,1, 2 y 4, como se puede observar en la **Grafica 7. PORCENTAJE DE LOSAS AFECTADAS POR TRAMO**

Grafica 7. PORCENTAJE DE LOSAS AFECTADAS POR TRAMO



Fuente: elaboración propia.

2.3 Técnicas para el mejoramiento del pavimento:

2.3.1 Pavimento rígido:

Reemplazo de losas: Esta actividad se refiere a la construcción de nuevas losas de concreto en reemplazo de otras existentes con alto grado de deterioro (grietas longitudinales, transversales, esquina o fracturación múltiple). El trabajo incluye la remoción de las losas existentes, la preparación de la superficie de apoyo de

las losas nuevas y la construcción de éstas de manera que su superficie tenga continuidad con la de las losas adyacentes [3] .

La reparación se puede realizar con concreto normal o de fraguado rápido, así como otros materiales comerciales de ganancia acelerada de resistencia si se requiere abrir la calzada al tránsito con prontitud. Consiste en demoler losa manual o mecánicamente mediante un martillo neumático, retirar los bloques que fueron demolidos, colocar las barras de transferencia longitudinales y transversales para luego fundir el concreto en la nueva losa el cual debe tener el mismo espesor y resistencia que las demás losas de concreto [4].

Parcheo en pavimento hidráulico: se debe determinar los límites de la zona que se va a reparar, se debe realizar una tarea de limpieza del área, efectuar un corte en el área delimitada, compactar el fondo de la excavación, aplicar el riego de liga, aplicar la mezcla asfáltica y compactar [4].

Sellado de grietas: consiste en limpiar el área que se va a reparar, desprender el material suelto previamente hecha la limpieza, aplicar el sellante asfáltico o sellantes industriales flexibles y eliminar los sobrantes del material [4].

Sellado de juntas: Consiste en reparar el sello de las juntas en el pavimento de concreto; se debe limpiar el área que se va a reparar, secar la junta, colocar el cordón de respaldo y por último aplicar el sello en la longitud afectada [4]. Es uno de los procesos más sencillos durante la construcción del pavimento, sin embargo, también es uno de los procesos donde se cometen errores debido a los esfuerzos que se presentan en la losa (tracción, compresión, torsión, flexión y cortante) [5].

Reparación a profundidad parcial: esta técnica de reparación solo se puede implementar cuando los niveles de deterioro son bajos. Se recomienda optar por una reparación a profundidad parcial, este tipo de reparación comprende la remoción y reemplazo de algunas zonas de la losa. Puede emplearse siempre y cuando el daño solo sea superficial [6].

2.3.2 Pavimento flexible:

Bacheo: consiste en perfilar los bordes con un cortador de pavimento, llegando a la capa base donde exista material firme, se debe retirar el material afectado del pavimento flexible, se sopletea el bache deshaciéndose del polvo del fondo y las paredes verticales, se aplica riego de liga principalmente en las paredes verticales para sellar la intrusión de agua luego las paredes laterales para realizar el adecuado empalme, se aplica la mezcla asfáltica la cual debe estar a una temperatura de aplicación para mejorar su adherencia y finalmente se compacta median un rodillo [7].

Renivelación con sobrecarpeta con mezcla asfáltica: Consiste en la colocación de una sobrecarpeta de mezcla asfáltica sobre una capa bituminosa de rodadura existente, la cual tiene un alto grado de deterioro que impide realizar sobre las mismas labores de mantenimiento rutinario. Esta técnica es conveniente cuando las condiciones de la vía no han llegado a los límites permisibles de deterioro y además se hace necesario aumentar los espesores por el crecimiento del tránsito [8].

Fresado: esta técnica sirve para retirar la carpeta asfáltica deteriorada, consiste en retirar la capa superficial del pavimento bituminoso existente en mal estado, con el fin de restaurar el perfil longitudinal y transversal del mismo para así posibilitar la colocación de una nueva capa de mezcla asfáltica [9].

2.3.3 Mantenimientos alternativos:

RUBBLIZING

La técnica, triturado/pulverizado (Rubblizing) se implementa en el pavimento rígido. Esta técnica consiste principalmente en la pulverización del material de concreto en fragmentos pequeños (10-20 cm) como se puede visualizar en la Fig. 1, destruyendo por completo la losa. Está técnica se puede implementar en cualquier tipo de pavimento rígido (con o sin traspaso de carga). La capa triturada y/o pulverizada pasa a formar parte de la base que antecede la carpeta asfáltica, restituyendo las propiedades funcionales y

estructurales del pavimento [10]. Se ha demostrado que en las calles que se ha implementado dicha técnica y luego asfaltadas tienen una vida útil de 22 años y su costo es 60% menor en comparación al costo de demolición del hormigón y toma 1/5 del tiempo normal [11].

FIG. 1 EQUIPO RESONANTE PARA "RUBBLIZING" EN PAVIMENTO DE HORMIGÓN



Fuente: [10], 2004

BLACKTOPPING

La técnica blacktopping se puede implementar en el pavimento rígido y en el pavimento flexible. Esta técnica consiste básicamente en superponer una carpeta de rodadura asfáltica en la carpeta de rodadura existente, esto se lleva a cabo comúnmente en vías urbanas y aeropuertos, con el propósito de disminuir el tiempo de mejoramiento de la vía, con esta carpeta se recupera la funcionalidad del tramo de forma eficiente y rápida como se puede observar en la Fig. 2.

FIG. 2 TÉCNICA DE BLACKTOPPING



Fuente: Propia

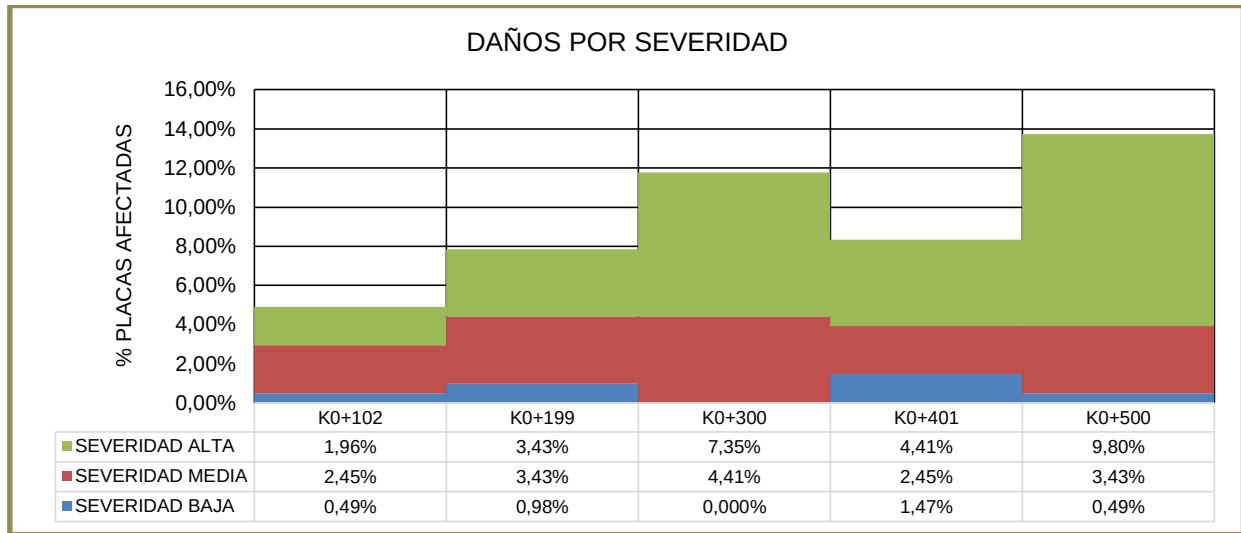
3. RESULTADOS

Con base en los datos y análisis de daños encontrados en cada una de las 5 vías del municipio de Villavicencio – Meta, se determina el porcentaje de área afectada mediante el nivel de severidad. Para el caso de la carrera 40 del barrio La Esmeralda y la carrera 45a del barrio La Esperanza que cuentan con carpeta de rodadura de pavimento rígido y flexible se analizaron de forma independiente. De igual manera en las vías que se presentaba pavimento flexible sólo se analizaron teniendo en cuenta los daños que presentan severidad alta.

Las vías que se muestran a continuación se caracterizan ya que su estructura es de pavimento rígido, en las cuales se destacan los daños severos como: grieta transversal, grieta en bloque, separación de juntas

y escalonamiento de juntas.

Grafica 8. % DE ÁREA AFECTADA, CALLE 7b

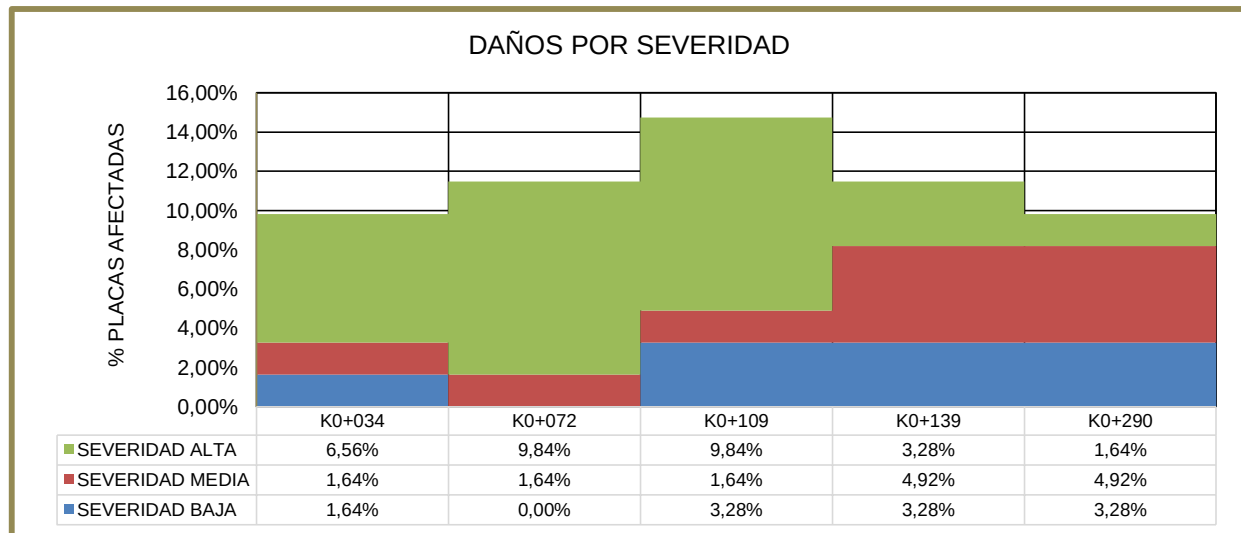


Fuente: elaboración propia.

En la gráfica 8 se puede evidenciar que a partir de la abscisa K0+300 hasta el final de la vía, la cual acaba en la abscisa K+500 hay un mayor porcentaje de afectación a causa del daño denominado separación de juntas, el cual se encuentra consecutivamente en esta distancia.

Por otra parte, en la gráfica 9 se puede observar que el mayor porcentaje de afectación de la carrera 45a comprende desde la abscisa K0+000 hasta la abscisa K0+109 alcanzando hasta un 9.84% de área afectada, esto es consecuencia de la separación de juntas y grietas en bloque, añadiendo unos reductores de velocidad que infringen 6.6 más daño.

Grafica 9. % ÀREA AFECTADA CARRERA 45a.

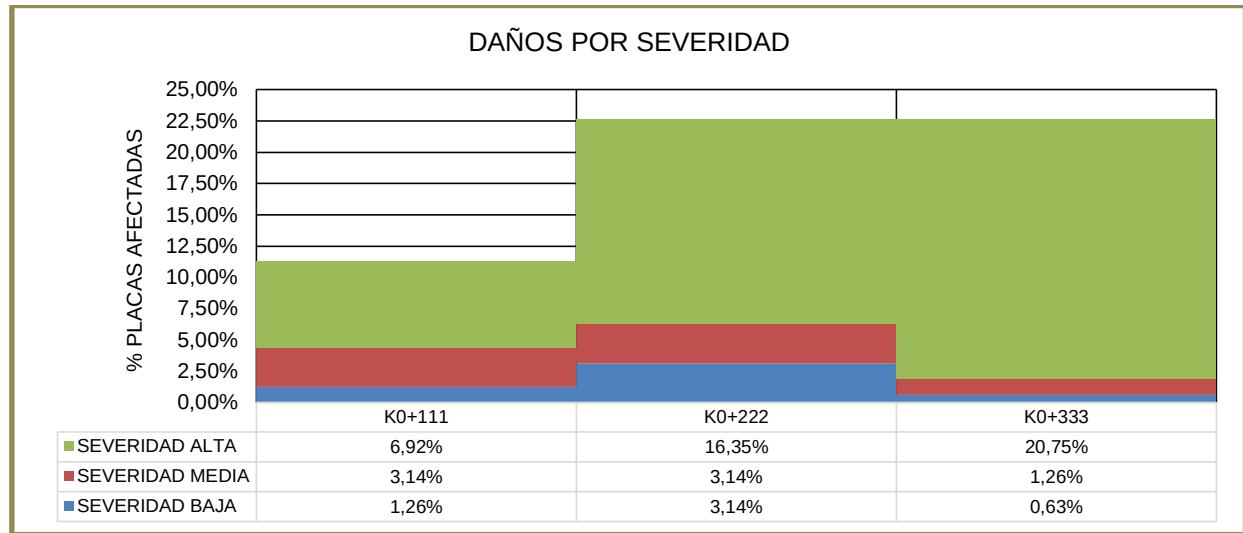


Fuente: elaboración propia

De igual manera en la gráfica 10 se observa que aproximadamente un 44% de la vía presenta deterioros con severidad alta, debido a la continua presencia de dos daños en específico, grietas en bloque y

descascaramiento.

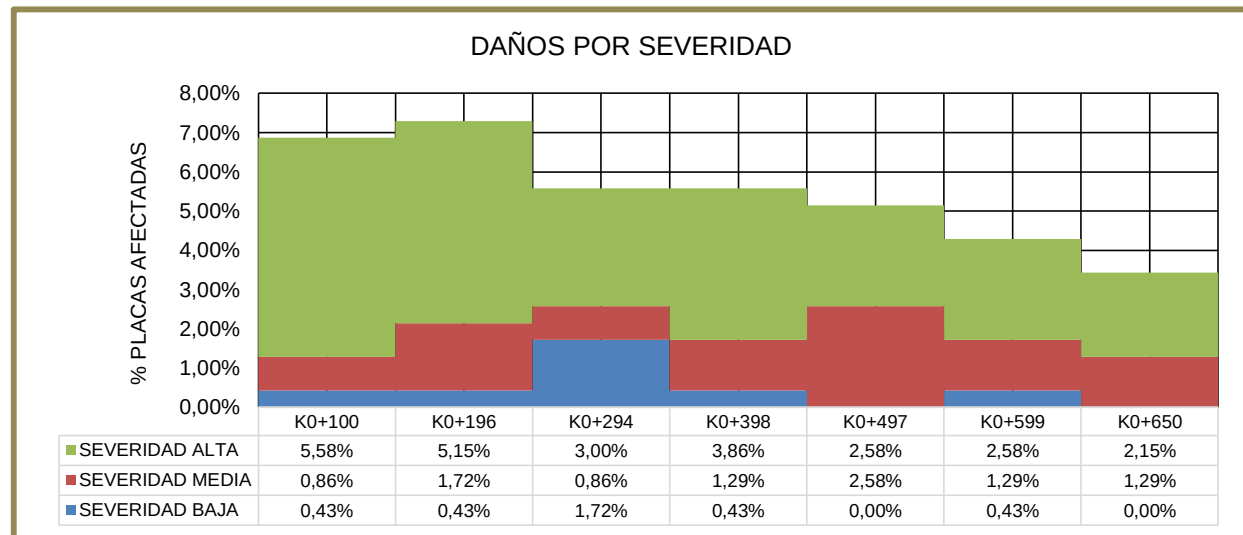
Grafica 10. % DE ÁREA AFECTADA, CARRERA 40



Fuente: elaboración propia.

De igual forma, en la gráfica 11 se observa que en toda la vía hay deterioros con severidad alta. Aunque tiene menor porcentaje de afectación con respecto a la calle 7b y la carrera 45a, en la calle 10 se percibe más el deterioro al transitar por esta.

Grafica 11. % DE ÁREA AFECTADA, CALLE 10



Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, en las vías de pavimento flexible que se muestran a continuación se destacan los deterioros como: Bache (BCH), fisura transversal (FT), fisuras en construcción (FC), descascaramiento (DC), fisuras por reflexión de juntas (FJL) y fisura en bloque (FB).

En la gráfica 12 se evidencia que la vía tiene como deterioro predominante el bache, ya que hay presencia de este en un área mayor a 12m² evidenciándose notoriamente en los primeros 10 m de la vía.

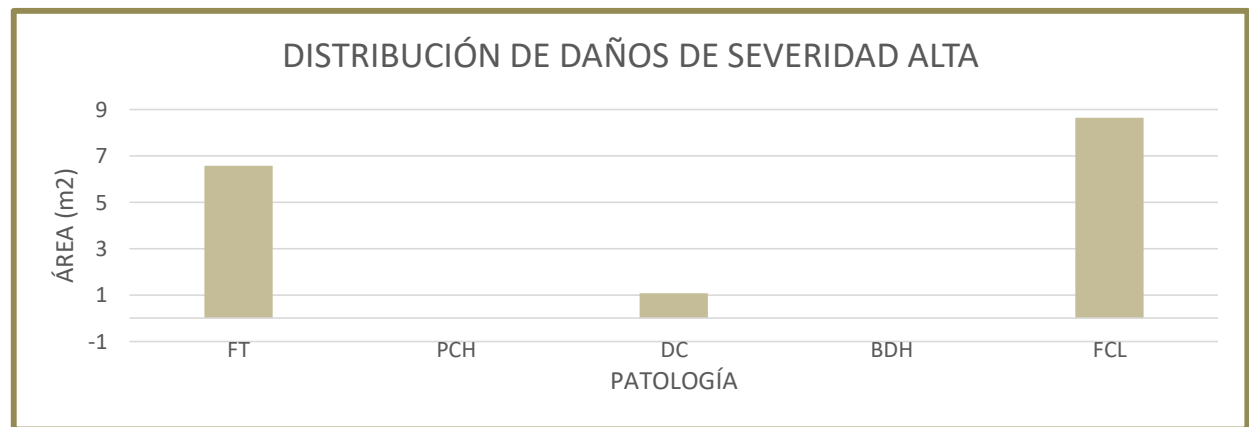
Grafica 12. ÁREA AFECTADA, CALLE 12



Fuente: elaboración propia.

De igual manera, se evidencia que la sección de pavimento flexible que presenta la carrera 45a tiene como deterioros predominantes las fisuras transversales y fisuras de construcción con áreas mayores a 6 y 8 m² respectivamente.

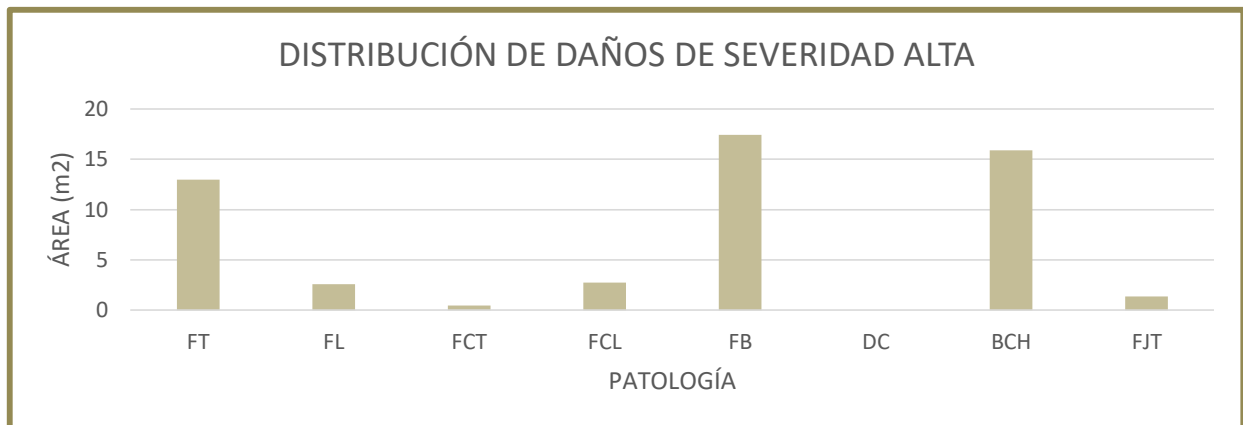
Grafica 13. ÁREA AFECTADA, CARRERA 45a



Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, en la gráfica 14 se percibe que la vía hay presencia de varios deterioros que afectan la movilidad, pero los daños que tienen una afectación mayor son las fisuras transversales, fisuras en bloque y baches, los cuales tienen un área mayor a 12 m².

Grafica 14. ÁREA AFECTADA, CARRERA 40



Fuente: elaboración propia.

3.2. Plan de mantenimiento.

Con base a los resultados mostrados anteriormente se realiza el plan de mantenimiento para cada vía, teniendo en cuenta el tipo de pavimento. A continuación, se evidenciará el plan de mantenimiento del deterioro que más genera incomodidad en cada vía objeto de estudio.

En la tabla I se observa la solución al deterioro que presenta mayor incomodidad en la calle 12b del barrio La Esperanza, con sus posibles causas.

TABLA I. PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA CALLE 12B

TIPO DE DAÑO	
BACHE (BCH)	
POSIBLES CAUSAS	SOLUCIONES
- Retención de agua en zonas fisuradas que ante la acción del tránsito lo cual produce reducción de esfuerzos efectivos generando deformaciones. - Deficiencia de espesores de capas estructurales. - Defectos constructivos.	- Demarcar las áreas por someter a reparación, las cuales deben abarcar todas las zonas dañadas del pavimento. La demarcación se efectuará con figuras geométricas cuyas caras longitudinales y transversales deberán ser, respectivamente, paralelas y perpendiculares al eje de la vía. - Realizar el corte del pavimento por el área demarcada, mediante el uso de máquinas cortadoras de pavimento con discos diamantados, el diámetro de los discos deberá ser el necesario para alcanzar la profundidad de las capas asfálticas. - Excavar hasta la profundidad señalada y remover el material excavado, de manera que el fondo de la excavación sea plano, uniforme y firme, mediante el uso de taladros, neumáticos y picas. Las paredes de la excavación deberán mantener la verticalidad obtenida durante el proceso de corte. - Remover el material de la carpeta de rodadura, base y/o sub-base afectada. - Compactar el fondo de la excavación en un espesor mínimo de 15 Cm.

TIPO DE DAÑO	
BACHE (BCH)	
POSIBLES CAUSAS	SOLUCIONES
	• Esparcir el material granular con ayuda de palas y compactar con un compactador autopropulsado de rodillo en capas de 10 Cm máximo, hasta llegar al nivel de la base. • Realizar el riego de liga. • Esparcir la mezcla asfáltica, si es en caliente, verificar temperatura de compactación. • Compactar la mezcla, mediante el uso de compactadores autopropulsados de rodillos metálicos.

De igual manera, en la tabla II se evidencia la forma de mitigar, las posibles causas que dieron origen al deterioro presentado y los tramos en el que se presenta en la carrera 40 del barrio La Esmeralda.

TABLA II. PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA CARRERA 40

TIPO DE DAÑO	
GRIETAS EN BLOQUE (GB)	
POSIBLES CAUSAS	SOLUCIÓN
1) Repetición de cargas pesadas (fatiga del concreto). 2) Falencia en el diseño estructural. 3) Condiciones de soportes deficientes.	Reemplazo de losas * Demoler la losa manual o mecánicamente. * Retirar los bloques de la losa fracturada. * Reconformación y compactación de la subbase, luego se realiza una limpieza de las caras adyacentes de las losas expuestos con el fin de eliminar cualquier residuo suelto. * Se funde el concreto con la misma resistencia y espesor de las losas existentes.
TRAMOS AFECTADOS	
T1 - T2 - T3	

Asimismo, en la tabla III se detalla la manera de mitigar el deterioro, las posibles causas y los tramos afectados que presenta la carrera 45a del barrio La Esperanza.

TABLA III. PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA CARRERA 45a

TIPO DE DAÑO	
GRIETAS EN BLOQUE (GB)	
POSIBLES CAUSAS	SOLUCIÓN
1) Repetición de cargas pesadas (fatiga del concreto). 2) Falencia en el diseño estructural.	Reemplazo de losas * Demoler la losa manual o mecánicamente. * Retirar los bloques de la losa fracturada.

3) Condiciones de soportes deficientes.	* Reconformación y compactación de la sub-base, luego se realiza una limpieza de las caras adyacentes de las losas expuestas con el fin de eliminar cualquier residuo suelto. * Se funde el concreto con la misma resistencia y espesor de las losas existentes.
TRAMOS AFECTADOS	
T1 - T2 - T3 - T4	

Igualmente, en la tabla IV se observa el daño, las posibles causas, los tramos afectados por el deterioro y el proceso de mitigación de éste en la calle 7b del barrio La Esperanza.

TABLA IV. PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA CALLE 7b

TIPO DE DAÑO	
SEPARACIÓN DE JUNTAS (SJ)	
POSIBLES CAUSAS	SOLUCIÓN
1) Contracción o expansión diferencial de losas debido a la ausencia de barras de anclaje entre carriles adyacentes. 2) Desplazamiento lateral de las losas motivado por un asentamiento diferencial de la subrasante. 3) Ausencia de bermas. 4) Asentamiento diferencial de la subrasante.	SELLADO DE JUNTAS EN PAVIMENTO RÍGIDO * Realizar limpieza del material suelto del área que va a hacer sellada. * Limpiar las paredes de las juntas, utilizando compresor o bombas de alta presión. * Secar la junta, utilizando un compresor de aire. * Colocar cordón de respaldo, si es necesario en la longitud afectada. Este cordón deberá ser de espuma de polietileno extruida de celda cerrada y de diámetro aproximadamente 25% mayor que el ancho de la caja de la junta. * Aplicar el sello en la longitud afectada, el cual se podrá aplicar en frío (silicona) o en caliente (materiales asfálticos). El tipo de silicona a aplicar deberá ser el estipulado en la tabla 500.7 del artículo INV.-E 500.07 de las especificaciones generales de la construcción de carreteras 2007 del INVIAS.
TRAMOS AFECTADOS	
T1 - T2 - T3 - T4 - T5	

Por último, en la tabla V se evidencia las posibles causas, el proceso de mitigación, los tramos afectados y el tipo de deterioro presente en la calle 10 del barrio La Esperanza.

TABLA V. PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA CALLE 10

TIPO DE DAÑO	
SEPARACIÓN DE JUNTAS (SJ)	
POSIBLES CAUSAS	SOLUCIÓN
1) Contracción o expansión diferencial de losas debido a la ausencia de barras de anclaje entre carriles adyacentes.	SELLADO DE JUNTAS EN PAVIMENTO RÍGIDO * Realizar limpieza del material suelto del área que va a hacer sellada.

2) Desplazamiento lateral de las losas motivado por un asentamiento diferencial de la subrasante.	* Limpiar las paredes de las juntas, utilizando compresor o bombas de alta presión.
3) Ausencia de bermas.	* Secar la junta, utilizando un compresor de aire.
4) Asentamiento diferencial de la subrasante.	* Colocar cordón de respaldo, si es necesario en la longitud afectada. Este cordón deberá ser de espuma de polietileno extruida de celda cerrada y de diámetro aproximadamente 25% mayor que el ancho de la caja de la junta.
	* Aplicar el sello en la longitud afectada, el cual se podrá aplicar en frío (silicona) o en caliente (materiales asfálticos). El tipo de silicona a aplicar deberá ser el estipulado en la tabla 500.7 del artículo INV.-E 500.07 de las especificaciones generales de la construcción de carreteras 2007 del INVIAS.
TRAMOS AFECTADOS	
T1 - T2 - T3 - T4 - T5 - T6 - T7	

4. CONCLUSIONES

Las calles arteriales de la ciudad de Villavicencio – Meta se encuentran en un estado avanzado de deterioro, las cuales necesitan una intervención prioritaria con el fin de mejorar la estructura del pavimento. De igual manera se deduce que estas calles arteriales, aunque juegan un papel importante en el flujo vehicular de la ciudad no son prioridad para los entes públicos, ya que las personas manifiestan que la mayoría de estas no han recibido mantenimiento, en contraposición a las avenidas principales las cuales han sido mayormente intervenidas y cuentan con un mejor estado.

Mediante la inspección visual se identificaron los diferentes daños que presentan las 5 vías de la capital del Meta. En las 4 vías que se conforman de pavimento rígido se encontraron daños que se presentan frecuentemente. Es de resaltar que 2 de estas vías tienen tramos con una carpeta de rodadura asfáltica, por lo cual se analizaron como pavimento flexible junto a la vía faltante.

La estructura de pavimento rígido de la calle 7b entre las carreras 41-47b, justamente en los tramos 3 y 5 que van desde las abscisas K0+199 hasta la K0+300 y la abscisa K0+401 hasta K0+500 respectivamente, son los más afectados en toda la vía, debido a que estos daños con severidad alta se perciben en casi el 80% de cada tramo y casi el 50% se es atribuido a un solo daño: grietas en bloque. Sin embargo, cabe resaltar que en toda la vía se presentó un daño frecuente: la separación de juntas. Además, el tramo menos impactado por daños severos es el primero, ya que presenta una afectación de daños de casi 5%.

En la estructura del pavimento rígido de la carrera 45a entre las calles 7b-11, el tramo más afectado con daños severos es el 2, que va de la abscisa K0+034 hasta K0+072, debido a que el 20% son de severidad alta. Sin embargo, el tramo menos afectado es el 5, ya que este tramo presenta un porcentaje menor con daños de severidad alta. Por otra parte, en la estructura de pavimento flexible que va de la abscisa K0+139 hasta K0+259, el tramo más afectado es el primero que va de la abscisa K0+139 hasta K0+169, el cual presenta el 3.456% de área afectada con respecto al área total.

Los tramos 1 y 2 que van desde la abscisa K0+000 hasta K0+100 y la abscisa K0+100 hasta K0+196 respectivamente, de la estructura de pavimento rígido de la calle 10 entre las carreras 39-47e, cuenta con una afectación severa de daños, debido a que del casi 7% de los daños, más del 5% son de severidad alta y el tramo menos afectado es el 7, ya que tiene un porcentaje de afectación menor a la de los primeros tramos. Cabe resaltar que en toda la vía se presentó separación de juntas. Asimismo, hay que tener en cuenta que las estructuras de pavimento rígido del barrio la Esperanza lleva más de 50 años a servicio de la comunidad y se acelera su desgaste cuando no se realiza el mantenimiento requerido para subsanar los daños que se presentan.

L tramos 1 y 2 son los que presentan mayor área afectada de la calle 12 entre las carreras 44a-47a, se ubican en la abscisa K0+120-K0+153 y K0+153-K0+185 con un área de 7.68 y 7.88 m², lo cual indica que se debe hacer una intervención inmediata ya que el daño en cuestión es el bache y esto llega a afectar las capas inferiores de la estructura, de igual modo generar accidentes en temporada de invierno.

El pavimento de la Cra 40 entre las calles 44 – 49 del barrio la esmeralda, presenta un deterioro significativo, siendo las grietas en bloque la falla más representativa ya que afecta un 44% de las placas construidas en la calle, por tal motivo se puede concluir que este pavimento presenta fatiga en el concreto debido a la repetición de cargas pesadas. De igual manera se concluye que los planes de mantenimiento que se le han hecho a esta calle no han sido los adecuados, ya que se observa que en esta calle han aplicado asfalto (parcheo) con el fin de reducir las fallas que se presentan en el pavimento, pero este parcheo presenta baches en la mayoría de su extensión causando incomodidad al conductor.

AGRADECIMIENTOS

En esta etapa que finaliza con este proyecto de grado y me permite abrir camino como ingeniero civil quiero agradecer a nuestra directora de tesis, la Ing. Jessica María Ramírez Cuello por brindarnos su conocimiento y dedicación para la realización de este proyecto y los diferentes docentes que nos aportaron más conocimiento del tema

Igualmente agradecer a mi familia por ayudarnos en lo posible para lograr alcanzar esta meta, también agradecer a Lena Pérez que me ayudó emocionalmente a no desistir en la elaboración y ejecución de este trabajo de grado.

Luis Alejandro Pinto Rojas.

En la terminación de esta etapa agradezco a los ingenieros que estuvieron aportando conocimientos para mi vida laboral, en especial a la Ing. Jessica María Ramírez Cuello quien nos ayudó a finalizar este proyecto; De igual manera le agradezco a mi familia y seres queridos por estar siempre conmigo brindándome su apoyo y compañía que fueron parte fundamental en esta etapa de mi vida.

Johan Santiago Torres Quintin

REFERENCIAS

[1] J. Rivera, «Red Vial,» *Udep*, 5 Diciembre 2015.

[2] Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, «Alcaldía Mayor de Bogotá D.C,» 20 Noviembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=902>. [Último acceso: 10 Febrero 2020].

- [3] Ministerio de transporte, INVIAS, «INVIAS,» 14 Mayo 2016. [En línea]. Available: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/7714-manual-de-mantenimiento-de-carreteras-2016-v2/file>. [Último acceso: 17 Febrero 2020].
- [4] Ministerio de Transporte, «Academia,» 12 Junio 2016. [En línea]. Available: https://www.academia.edu/24775583/MANUAL_PARA_EL_MANTENIMIENTO_DE_LA_RED_VIAL_SECUNDARIA_PAVIMENTADA_Y_EN_A_FIRMADO_PRI_PRF_CO_LONGITUD_DEL_SEGMENTO_m_TIPO_DE_DA%C3%91O_CODIGO_ANCHO_DEL_SEGMENTO_m_4_5_2_1_3_6_NOMBRE_DE_LA_VIA_F_P_03_AAAA_DD_MANUAL_PARA_E. [Último acceso: 17 Febrero 2020].
- [5] R. J. Rubio, «Cementos ARGOS,» ARGOS, 29 Nov 2016. [En línea]. Available: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/correcta-seleccion-de-sellantes-para-juntas>. [Último acceso: 17 Febrero 2020].
- [6] TOXEMENT, «Toxement,» 28 Agosto 2017. [En línea]. Available: http://www.toxement.com.co/media/3410/documento_pavimentos_rigidos.pdf. [Último acceso: 17 Febrero 2020].
- [7] C. d. Ingeniero, «Cueva del Ingeniero,» 11 Noviembre 2015. [En línea]. Available: <https://www.cuevadelcivil.com/procedimiento-de-bacheo.html>. [Último acceso: 17 Febrero 2020].
- [8] Blogger, «Pavimentos,» 17 Agosto 2013. [En línea]. Available: <http://libro-pavimentos.blogspot.com/2013/08/sobrecarpetas-recapeos.html>. [Último acceso: 19 Febrero 2020].
- [9] asfalpasa, «Asfalto y Pavimentos,» 18 julio 2017. [En línea]. Available: <https://www.asfalpasa.es/fresado-pavimentos-asfalto/>. [Último acceso: 17 Febrero 2020].
- [10] T. Guillermo, «Estudio, diseño y evaluación económica de la técnica de trituración/pulverización (Rubblizing) de pavimentos de hormigón mediante vibración resonante,» *Revista Ingeniería de Construcción de Chile*, vol. 19, nº 3, p. 149 y 150, 2004.
- [11] ResonantMachines, «ResonantMachines,» 29 Octubre 2017. [En línea]. Available: <https://resonantmachines.com/es/rubblizing/>. [Último acceso: 17 Febrero 2020].