

# CONTROL ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO EN MALANJE ANGOLA

## STRUCTURAL CONTROL OF THE PAVEMENT ON MALANJE ANGOLA

Dr. C. Ing. Manuel Pedroso Martínez<sup>1</sup> (0000-0001-9767-9379), Universidad de Matanzas,

[manuel.pedroso@umcc.cu](mailto:manuel.pedroso@umcc.cu)

Ing. Luis David Céspedes Domínguez<sup>2</sup> (0000-0001-8291-6589)

Ing. Jonilson Endrik Miguel Lourenço<sup>3</sup> Gobierno provincial de Malanje, Angola

### Resumen

Se desarrolla un procedimiento para controlar el estado estructural del pavimento en la ciudad angolana Malanje. Consta de tres fases que se dividen en etapas y pasos en secuencia lógica, dejando ver cómo deben realizarse los estudios pertinentes y análisis del estado presente en la red pavimentada de la zona de estudio. Se caracteriza la misma estableciéndose una relación entre su ubicación geográfica, las condiciones naturales imperantes y su influencia en los elementos significativos relacionados con su tráfico vehicular. Se diagnostica el estado actual de la estructura del pavimento describiéndose los deterioros presentes, grado de severidad y posibles causas de aparición, para posteriormente definir los indicadores adecuados que responden al control de pavimentos y seleccionar los posibles trabajos de conservación a aplicar teniendo en cuenta un pronóstico de resultados. Responde a las necesidades de conservación vial en la zona de estudio, aspecto determinante en la movilidad y accesibilidad de Malanje.

**Palabras claves:** control; diagnóstico; Malanje; pavimento; procedimiento

### Abstract

A procedure is developed to control the structural state of the pavement in the Angolan city Malanje. It consists of three phases that are divided into stages and steps in logical sequence, showing how the pertinent studies and analysis of the present state in the paved network of the study area should be carried out. It is characterized by establishing a relationship between its geographical location, the prevailing natural conditions and its influence on the significant elements related to its vehicular traffic. The current state of the pavement structure is diagnosed, describing the deterioration present, degree of severity and possible causes of appearance, to later define the appropriate indicators that

respond to the control of pavements and select the possible conservation works to be applied taking into account a prognosis of results. It responds to the needs of road maintenance in the study area, a determining aspect in the mobility and accessibility of Malanje.

**Keywords:** control; diagnostic; Malanje; pavement; procedure

---

La economía de un país necesita de la existencia de una red de carreteras adecuada para soportar la transportación de la producción y de pasajeros. Desde los senderos hechos a fuerza de paso, hasta las grandes carreteras de concreto, el hombre ha modificado su entorno de acuerdo con las necesidades de su tiempo. Actualmente, en la era de las comunicaciones, la necesidad de construir caminos más fuertes y seguros intensifica su mirada a los diferentes tipos de pavimentos dependiendo de la funcionalidad a la que se destinarán los mismos (Fonseca, 2016).

En la construcción, mantenimiento y explotación de las carreteras hay que lograr gastos mínimos; pero con alta calidad. Para eso es necesario proyectar las carreteras y calles empleando técnicas y equipamientos modernos que puedan satisfacer las solicitudes crecientes del tránsito, que puedan cumplir con la función a la que fueron proyectadas, y con eso, darle el debido mantenimiento posterior a su puesta en funcionamiento para prolongar el tiempo de vida útil.

Autores como Bueno, Safonst & Mustelior (2016), Arias & Pérez (2018), Coy (2019), Gaspar (2020) señalan que su interacción directa con el tráfico, la influencia que tiene su estado en la explotación y los factores incidentes del medio ambiente se puede decir que la parte más importante de una carretera es el pavimento, pues resulta ser la parte más costosa representando entre 40-60 % de costo total de la obra. Es por ello que se debe tener en cuenta el estudio de estructuras de pavimentos más económicas, a partir de los recursos que estén en disposición.

En principio, la función del pavimento es lograr que las tensiones o deformaciones que se producen como consecuencia de la acción del tráfico lleguen al cimiento con valores menores a los límites permisibles, sin deformaciones permanentes. Además, la superficie debe resistir los esfuerzos producidos por la acción directa de los neumáticos de los vehículos sin desintegrarse o desplazarse, y manteniendo un elevado coeficiente de fricción con los neumáticos. Debe mantenerse estable y resistente ante los cambios de temperatura que se producen y los fenómenos provocados por el interperismo (Céspedes, 2019).

Estas estructuras estratificadas se apoyan en la explanada o cimiento de la vía, y deben ser capaces de soportar las cargas de cálculo durante varios años, sin deterioros que afecten a la seguridad o a la comodidad de los usuarios o a la propia integridad del pavimento (Abraham, 2016).

Es de esperar que en el futuro una parte importante del esfuerzo constructivo nacional en el área carretera se dirija principalmente a lograr el tránsito expedito y rápido de bienes y mercancías, con la decidida meta de abatir en todo lo que vaya resultando posible los costos operativos del transporte nacional, para respaldar el desarrollo económico y la generación y distribución de productos y bienes.

La ciudad de Malanje es una de las 18 ciudades que conforman a Angola, fundada en 1852 y posee una línea férrea como primera vía de comunicación local desde 1909 que la liga a la ciudad de Luanda, lo que ha permitido el desarrollo de esa urbe. En 1926 fue elevada la villa y seis años más tarde la ciudad. Fuertemente marcada por la guerra civil, la región se encuentra desertificada (muchos habitantes se refugiaron en Luanda) y con falta de infraestructuras. Con una clara necesidad de intervención en los sectores de la educación, la salud y las construcciones, el gobierno provincial ha apoyado esencialmente a los diversos programas que responden al manejo y solución de dichas necesidades (Gobierno de Angola, 2018).

Actualmente, la red de carreteras en Angola tiene una extensión aproximada de 76.626km, de los cuales 2.761km se encuentran pavimentados. Muchos de estos tramos se han deteriorado con el tiempo debido a la falta de mantenimiento o de asistencia técnica requerida. Por ello, se presenta gran urgencia en concebir procedimientos que den soluciones al actual problema que contiene la infraestructura del país y en particular las de enlace entre los diferentes puntos de acceso a la ciudad de Malanje. Este presenta una extensión superficial de 2422 km<sup>2</sup> y una población de 221.785 habitantes, limita al norte con el municipio de Cuaba Nzogo, al este con el de Mucari, al sur con los municipios de Cangandala y de Mussende en la provincia de Cuanza del Sur; y al oeste con los de Cacusó y Calandula.

Debido a las dificultades mencionadas y la gran importancia que presenta la red vial del país para el intercambio social y su desarrollo económico, se propone a especialistas y autoridades del territorio, una urgente intervención que sea orientada hacia la esfera de los servicios como infraestructura necesaria para resolver la situación problemática que se plantea. Para ello es necesario realizar un

estudio referente a las afectaciones que presenta y proponer soluciones constructivas para mejorar la calidad de la estructura del pavimento de la ciudad. Se define como objetivo general: elaborar un procedimiento para controlar el estado de la estructura del pavimento en la ciudad de Malanje, Angola.

*Descripción del procedimiento para el control del estado de la estructura del pavimento en la ciudad de Malanje.*

Fase 1: Caracterizar la zona de estudio.

La caracterización de la zona de estudio para el diagnóstico se basa en definir su ubicación geográfica y limitación, describir cada uno de los parámetros influyentes en las condiciones naturales y analizar el comportamiento de los flujos vehiculares que hoy trafican por la red viaria de la ciudad de Malanje.

Etapa 1: Determinar la ubicación.

Malanje es una de las 18 provincias de Angola ubicada al norte del país y fronteriza con la República Democrática del Congo. Tiene coordenadas cartográficas 9°32'00''S 16°21'00''E, con una superficie total de 97 602km<sup>2</sup> del 1 246 700 km<sup>2</sup> que cubre todo el país. El censo poblacional del 2014 determinó un total de 968 135 habitantes para una densidad de 9,92 hab/km<sup>2</sup>. Linda al norte con el municipio de Cuaba Nzogo; al este con el municipio de Mucari; al sur con los municipios de Cangandala y de Mussende en la provincia de Cuanza del Sur; y al oeste con los de Cacuso y de Calandula.

Etapa 2: Describir las condiciones naturales.

Paso 1: Relieve e hidrografía.

El relieve de la provincia de Malanje está integrado por paisajes de sabana como bioma dominante y bosques tropicales. Existen llanuras que adquieren una progresiva aridez y contrastan con el resto de las zonas que comprenden el país. Cuenta además con algunas mesetas que representan aproximadamente poco más del 10 % del total de relieve, conformando cuadriláteros poco dispersos entre ellos para generar los principales centros de recepción y dispersión de aguas en la zona. Tiene una altitud mínima de 46m y una máxima de 2520m, para una altitud media de 1050m (Borja, 2017). Al ser un relieve predominantemente llano, no ha sido un aspecto de marcada complejidad a la hora de llevarse a cabo los diseños de las vías pavimentadas en la zona, lo que no ha supuesto grandes

confrontaciones de cálculo en curvas verticales y en los perfiles longitudinales del trazado. La uniformidad topográfica es un elemento que brinda mayor facilidad a los trabajos de conservación y mantenimiento del pavimento.

Paso 2: Temperatura y precipitación.

Como el resto de Angola tropical, Malanje presenta estaciones alternas bien diferenciadas, una lluviosa y otra seca. El clima de la franja costera que logra alcanzar la zona, es suavizado por la corriente de Benguela, por lo que tiene un clima similar al de la costa del Perú o de la Baja California. Hay una corta estación lluviosa que va de febrero a abril. Los veranos son cálidos y secos, mientras que los inviernos son suaves y menos lluviosos que los veranos. El clima de Malanje es considerado Aw según la clasificación climática de Köppen-Geiger. La temperatura media anual es de 24,9 °C. La precipitación media aproximada es de 112,5mm (A'Konda, 2017).

Las condiciones climáticas de Malanje influyen de manera directa en la degradación y deterioro de su estructura pavimentada. Aunque en dependencia de la época del año puede presentarse un clima tropical húmedo, en los meses restantes las altas temperaturas y la sequía como resultado, más el descuido por parte de los agentes encargados, son elementos que juegan en contra de la correcta funcionalidad estructural y superficial de los pavimentos en la zona de estudio, por lo que es de gran importancia tener en cuenta este parámetro tanto para el diseño como para los trabajos de mantenimiento y rehabilitación de los tramos ya existentes. En los meses de lluvia la humedad del suelo es un factor que favorece las actividades de compactación en la construcción de explanadas para los nuevos terraplenes de acceso.

Etapa 3: Analizar el tráfico vehicular.

El tráfico vehicular en la ciudad se produce mediante el flujo de vehículos circulantes. Este flujo y las características de la red pavimentada de Malanje, han sido responsables de algunos congestionamientos en horarios picos y de la variación del índice de accidentalidad en la zona, problema que se ha ido solventando en su medida con la inclusión de semáforos y otros elementos de señalética vial.

Paso 1: Velocidades de circulación.

Con el paso de los años ha aumentado la densidad de tráfico en la ciudad de Malanje producto al incremento de la actividad industrial encaminada a la transformación de alimentos y elaboración de

materiales de construcción, y por tanto, la velocidad disminuye. Los usuarios más vulnerables hoy comparten el mismo espacio con vehículos potentes y pesados, por lo que los límites de velocidad en algunas zonas no deben superar los 50km/h, tal y como reconocen los consensos internacionales de buenas prácticas de tráfico vehicular (Savimbi, 2017).

En cuestiones de límites, se evidencia que la influencia del tipo de carretera imperante en la zona es mayor cuando la densidad es baja. Cuando la densidad es alta, los conductores han prestado mayor preocupación por las condiciones del tráfico que por el tipo de carretera.

Paso 2: Parque automovilístico en uso.

Sousa (2020) en sus estudios con relación a este aspecto, señala que la tendencia de crecimiento a largo plazo de vehículos se produce en un contexto de incremento de la movilidad en general y esto se evidencia en Malanje. Las encuestas de movilidad realizadas a la ciudad apuntan a un incremento moderado del número de desplazamientos diarios con un aumento también muy importante de los realizados en transporte público y en vehículos privados. Los vehículos que hoy transitan por esta ciudad con más incidencia, son vehículos comerciales y vehículos para la transportación interlocal de pasajeros.

Fase 2: Diagnóstico del estado actual de los pavimentos en la zona de estudio.

El diagnóstico del estado actual de los pavimentos en la ciudad de Malanje se realiza mediante la evaluación exhaustiva de las condiciones actuales en las que se encuentra la estructura de cada tramo deteriorado, definiendo los desperfectos o lesiones presentes, el grado de severidad de cada uno y las principales causas que pudieron provocar su aparición.



Etapa 1: Evaluar las condiciones del pavimento.

Por la importancia que tiene la inspección visual de los pavimentos en la toma de decisiones que permite la evaluación del nivel de servicio de la carretera y por los datos que aporta, requiere de unificación de criterios en cuanto a nombres, causas e intervenciones a realizar en cada lesión.

Paso 1: Deterioros existentes.

Los deterioros detectados en la infraestructura viaria de Malanje, se agrupan en las cuatro familias según el Catálogo de Deterioros de Pavimentos Flexibles y Rígidos vigente en Cuba: Deformaciones (1), Fisuras (2), Segregaciones (3) y Otros deterioros (4).

Tabla 1.1. Deterioros detectados en el pavimento flexible de Malanje

Fam ilia	Deterioro	Descripción
1	<p>Desniveles (Ondulaciones)</p> 	Diferencias de nivel de la sección transversal y/o longitudinal de la vía con respecto a su perfil original de construcción. Se mide en m <sup>2</sup> .
2	<p>Piel de cocodrilo</p> 	Conjunto de fisuras que forman una malla semejante a la piel de cocodrilo o tela metálica de gallinero, con diagonales menores de 0.20 m de longitud. Se mide en m <sup>2</sup> .
	<p>Fisura longitudinal</p> 	Fisura o grieta a lo largo de la vía Se mide en m .
	<p>Fisura transversal</p> 	Línea de rotura transversal o perpendicular al eje de la vía que comprende todo o parte del ancho del pavimento de la calzada. Se mide en m .
	<p>Fisuras finas</p> 	Pequeñas y finas fisuras superficiales muy próximas, tanto en forma transversal, longitudinal como curvas. Se mide en m <sup>2</sup> .

Fuente: elaboración propia (en aproximación a Catálogo de Deterioros de Pavimentos Flexibles)

Tabla 1.2. Deterioros detectados en el pavimento rígido de Malanje

Fam ilia	Deterioro	Descripción
	Fisura transversal	Son grietas perpendiculares al eje de la vía

2		
	Fractura	Agrietamiento profundo de forma reticulada con desniveles en la superficie.
		

Fuente: elaboración propia (en aproximación a Catálogo de Deterioros de Pavimentos Rígidos)

Paso 2: Grado de severidad

Tabla 1.3. Grado de severidad de los deterioros detectados en el pavimento flexible de Malanje

Deterioro	Grado de severidad
Desniveles (Ondulaciones)	Baja: El desnivel es < 1 cm Media: Los desniveles oscilan entre 1 cm y 3 cm Alta: El desnivel es > 3 cm
Piel de cocodrilo.	En tramos de 100 m la proporción del área afectada respecto al área total será: Baja: < 10 % Media: 10 % - 50 % Alta: > 50 %
Fisura longitudinal	Baja: Grietas con un ancho < 1 cm Media: Grietas entre 1 cm y 7 cm de ancho Alta: Grietas con un ancho > 7 cm
Fisura transversal	Baja: Grietas con un ancho < 1 cm Media: Grietas entre 1 cm y 7 cm de ancho



	Alta: Grietas con un ancho > 7 cm
Fisuras finas	En tramos de 100 m la proporción del área afectada respecto al área total será:  Baja: < 10 %  Media: 10 % - 50 %  Alta: > 50 %

Fuente: Elaboración propia (en aproximación a Catálogo de Deterioros de Pavimentos Flexibles).

Tabla 1.4\_Grado de severidad de los deterioros detectados en el pavimento rígido de Malanje.

Deterioros	Grado de severidad
Fisura transversal	Baja: ancho < 3 mm, sin saltaduras y escalonamiento imperceptible  Media: 3 ancho grieta 6 mm ó con saltaduras de ancho < 50 mm ó escalonamiento < 6 mm.  Alta : ancho 6 mm ó saltadura de ancho 50 mm ó escalonamiento 6 mm.
Fractura	En tramos de 100 m la proporción del área afectada respecto al área total será:  Baja: < 10 %  Media: 10 % - 50 %  Alta: > 50 %

Fuente: elaboración propia (en aproximación a Catálogo de Deterioros de Pavimentos Rígidos)

### Paso 3: Principales causas

Tabla 1.5. Principales causas que provocaron la aparición de deterioros en el pavimento flexible de Malanje

Deterioros	Causas
------------	--------

Desniveles (Ondulaciones)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- deformaciones diferenciales del suelo en profundidad</li> <li>- tránsito pesado para la estructura del pavimento y frenado de este en intersecciones</li> <li>- edad de la vía</li> <li>- carencia de mantenimiento</li> </ul>
Piel de cocodrilo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mala calidad de algunas capas del pavimento</li> <li>- fatiga excesiva y envejecimiento del pavimento</li> <li>- deflexión excesiva de la superficie</li> <li>- cargas repetidas que exceden la capacidad del pavimento</li> </ul>
Fisura longitudinal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- disminución de la resistencia del suelo de sustentación</li> <li>- discontinuidad de estructura en pavimentos</li> <li>- fatiga excesiva de la vía</li> </ul>
Fisura transversal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- retracción térmica de la capa de rotura</li> <li>- espesor insuficiente de la capa de rodadura</li> </ul>
Fisuras finas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- exceso de compactación</li> <li>- asentamiento de la capa de base</li> </ul>

Fuente: elaboración propia (en aproximación a Catálogo de Deterioros de Pavimentos Flexibles)

Tabla 1.6. Principales causas que provocaron la aparición de deterioros en el pavimento rígido de Malanje

Deterioros	Causas
Fisura transversal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mala ejecución de la junta de dilatación</li> <li>- longitud excesiva de la losa</li> <li>- retracción térmica</li> <li>- espesor insuficiente de la losa</li> </ul>
Fractura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mala ejecución de la base</li> <li>- falta de espesor de la losa a la base</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- socavación de la base</li> <li>- sobrecargas</li> <li>- evolución de la piel de cocodrilo</li> </ul>
--	---

Fuente: elaboración propia (en aproximación a Catálogo de Deterioros de Pavimentos Rígidos)

## Etapa 2: Determinar el comportamiento del pavimento

Para determinar el comportamiento tanto estructural como funcional del pavimento en Malanje, son necesarios los procedimientos y equipos de auscultación que permitan dar valores reales del estado en que se encuentra cada una de las capas que lo conforman. Como parámetros funcionales más significativos en dicha evaluación se deben tener en cuenta la regularidad superficial, la textura, la fricción o rozamiento transversal y la deflexión elástica.

Para Fundora (2014), es importante tener bien definido el estado del pavimento que se esté estudiando, para en función del grado de deterioro, aplicar el procedimiento de auscultación más conveniente. Estos procedimientos se clasifican en: patológicos: se aplica a pavimentos ya deteriorados y que necesitan reparación; la investigación determina el tipo y extensión de los trabajos de reparación a efectuar *in situ*; de diagnóstico: se aplica a pavimentos sin importar su estado ni edad; la investigación se lleva a cabo para determinar el estado de conservación de cada tramo y la prioridad para una investigación más detallada y/o reparación.

### Paso 1: Comportamiento superficial

La evaluación superficial del pavimento en Malanje va encaminada a determinar: la necesidad de una evaluación estructural, las causas de fallos superficiales; incluyendo áreas con pavimentos deslizantes, las necesidades y prioridades de conservación, y la velocidad de cambios en las condiciones del pavimento, lo que permite predecir, con aproximación, el momento de futuros trabajos de conservación.

El comportamiento superficial del pavimento en Malanje, dependerá como en cualquier caso, de la naturaleza y el acabado de la capa de rodadura. Ello determinará las condiciones de seguridad y comodidad de los usuarios, repercutiendo en el aspecto económico tanto por lo que concierne al mantenimiento del vehículo como el de la vía. En este sentido se debe prestar mayor atención a la adherencia neumático-pavimento, las proyecciones de agua en tiempo de lluvia, el desgaste de los

neumáticos, la generación de ruido en el exterior y en el interior del vehículo, la comodidad y estabilidad en marcha, las cargas dinámicas del tráfico, la resistencia a la rodadura (consumo de carburante), el deterioro de los vehículos y las propiedades ópticas (Mesa & Lima, 2016).

#### Paso 2: Comportamiento estructural

La evaluación estructural en el pavimento de Malanje tiene como fin determinar su grado de adecuación a las cargas de tráfico que corrientemente lo solicitan, así como predecir su vida de servicio futura con respecto al tráfico que lo utilizará. La determinación de las deflexiones elásticas y las degradaciones superficiales, permitirán definir la capacidad portante y estructural de las diferentes capas que componen el firme.

El envejecimiento del asfalto en la zona de estudio a generado cambios de las características portantes de la capa y esto a provocado a daños estructurales visibles, incluso en secciones donde existe poca sollicitación de tráfico. Estos daños se asocian tanto a las capas de mezcla asfáltica como a las capas granulares. Estas últimas hoy sufren un deterioro debido a la trituración, por las tensiones, el árido grueso, descompactación de las capas y penetración de elementos finos o de humedad, cuyo proceso se ve acelerado en temporadas lluviosas.

Los resultados que de conjunto arrojen estos dos tipos de evaluaciones permitirán establecer estrategias de mantenimiento y rehabilitación muy bien fundamentadas.

#### Fase 3: Controlar el estado de los pavimentos en la zona de estudio.

##### Etapa 1: Definir los indicadores para el control del estado de los pavimentos.

Los indicadores son medidas del nivel de desempeño real de un proceso y contribuyen a la toma de decisiones y transformación continua del mismo. El valor del indicador está directamente relacionado con un objetivo fijado de antemano y son considerados como relativos al tiempo, la profundidad, la flexibilidad y la eficiencia (Kudraszow, 2016).

La determinación de indicadores para controlar el estado de los pavimentos en la ciudad de Malanje influye en los siguientes aspectos: facilitar la toma de decisiones centrada en las características del tramo de vía deteriorado, los flujos vehiculares actuales y los costes de operación; contribuir a comparaciones con períodos de explotación precedentes y con otras características de circulación; permitir crear relaciones factibles entre causa de la lesión y el efecto que tiene sobre la accesibilidad

y movilidad de los usuarios a zonas de afluencia cercanas; establecer vínculos y procedimientos de mejoras a través de diagnósticos permanentes.

Con la determinación de indicadores a través del tiempo y de las técnicas aplicadas anteriormente, se procede a la denominación y descripción.

Tabla 1.7. Indicadores a tener en cuenta para el control del estado del pavimento en Malanje, Angola.

Grupo	Indicador	Afección en la seguridad vial
Firmes	Resistencia al deslizamiento (CRT)	Sí
	Macrotextura	Sí
	Regularidad superficial longitudinal (IRT)	Puede
	Capacidad estructural (deflexiones)	No
	Regularidad transversal (roderas)	Sí
	Fisuración y otros deterioros superficiales (m.b.c)	No
	Fisuración en firmes de hormigón	No
	Transferencia de cargas en firmes de hormigón	No
	Asentamiento	Sí
	Baches	Sí
	Limpieza de firmes drenantes	Sí
Señalización y defensas	Marcas viales. Retrorreflexión	Sí
	Marcas viales. Resistencia al deslizamiento	Sí
	Marcas viales. Luminancia	Sí
	Señalización vertical	Sí
	Barreras y elementos de contención	Sí
Conservación	Taludes	Puede
	Siega, podas y desbroce	Puede
	Mantenimiento de plantaciones	Puede
	Limpieza de calzada y arcenes	Puede

	Limpieza de márgenes y áreas de descanso	No
	Limpieza y reparación de drenaje	No
	Puentes	Puede
	Funcionamiento de la iluminación	No
	Vialidad invernal	Sí
Explotación	Atención a incidentes y accidentes	Sí
	Ocupación de carriles	Sí
	Nivel de servicio	No
	Vigilancia	Puede

Fuente: elaboración propia [en aproximación a Kudraszow (2016)]

Etapa 2: Seleccionar los trabajos de conservación vial necesarios.

Los pavimentos diseñados en la ciudad de Malanje están cumpliendo su función y tienen una vida limitada y ya en sus diseños se contemplan límites de fatiga en algunos tramos. En ello ha influido una pobre construcción basada en la limitación de recursos materiales y humanos, además de la falta de mantenimiento preventivo. Por tanto, es necesario devolver a esos tramos lesionados su condición inicial empleando en ello los materiales adecuados.

Para el caso de los pavimentos asfálticos se utilizan el árido y el ligante, por separado o formando una mezcla. En esta última forma es como más se emplean alrededor del mundo. Dentro de los principales materiales comúnmente empleados se encuentran los áridos, los ligantes bituminosos, las mezclas bituminosas en caliente, las mezclas drenantes, las mezclas bituminosas en frío lechadas bituminosas y microaglomerados en frío (riego de imprimación y riego de adherencia) (Fundora, 2014).

Paso 1: Obras de conservación vial

Engloban un conjunto de actividades que se ejecutan a un mínimo costo posible para hacer cumplir ciertos objetivos según cada tipo de actividad. Los materiales y equipos utilizados en cada una de estas actividades deben subsanar de modo temporal o definitivo, los deterioros progresivos y normales originados por el interperismo y por el uso de la vía. Se realizan durante el período de

explotación y durante su ejecución el pavimento no sufre modificaciones como estructura vial. Una conservación tardía o insuficiente tendría como consecuencias aumentar el costo final de reparación, elevar los costos de funcionamiento para el usuario, aumentar molestias y reducir seguridad (Céspedes, 2021).

**Paso 2: Obras de reconstrucción vial**

Son todas las obras que conlleven cambios geométricos y en el diseño del pavimento para nuevas velocidades, cargas por eje y número de repeticiones de ejes equivalentes. Se realizan cuando la vía está cerca del fin de su vida de diseño o ha habido un cambio inusitado en su uso. Es importante señalar que no siempre cuando se realiza reparación capital se tienen que modificar las características geométricas de la vía. Pueden ejecutarse reparaciones a gran escala teniendo en cuenta los parámetros correspondientes a la categoría de la vía en explotación (Céspedes, 2019).

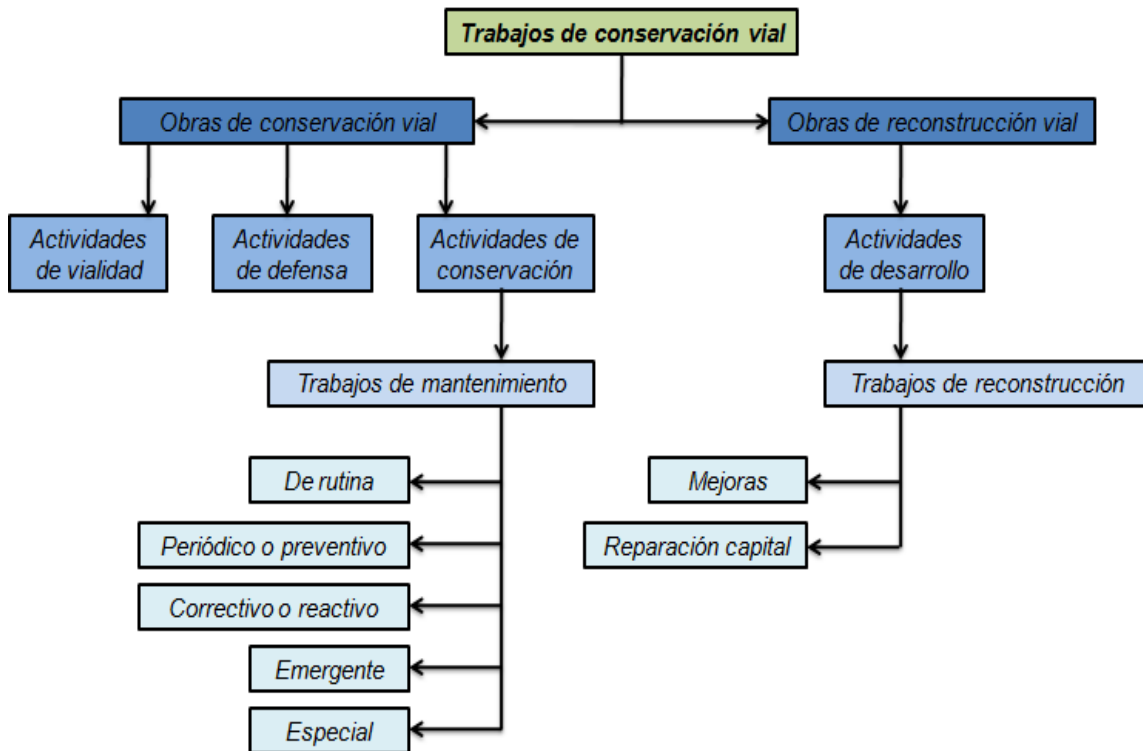


Figura 1.1. Elementos componentes de los posibles trabajos de conservación vial a efectuar en el pavimento de Malanje, Angola.

Fuente: elaboración propia [en aproximación a Céspedes (2019)].

Una vez definidos los trabajos de conservación necesarios a efectuar en la red pavimentada de la ciudad de Malanje, el SGP regente determina con su base de datos de costo, lo destinado a cada actividad de conservación. Para ello es necesario realizar un registro de los costos de varios tipos de trabajo de acuerdo con la información acopiada desde diferentes criterios de expertos y especialistas.

Con la aplicación del procedimiento para controlar el estado estructural del pavimento, se realiza el estudio de impacto a las acciones o actividades de conservación vial en Malanje. Se tienen en cuenta las normativas ISO 14001, 14004, 14040, que se aplican internacionalmente; además, se evalúa una matriz con la relación procesos – aspectos – impactos, donde se presentan los aspectos ambientales de conjunto con las problemáticas sociales más comunes que se generan en la conservación de carreteras pavimentadas. A su vez, estas servirán a las empresas de proyecto y constructoras para la confección de los programas de gestión y vigilancia ambiental, así como para la incorporación de acciones o medidas correctoras en los contratos de ejecución de los trabajos para la gestión de conservación vial. Este análisis forma parte ineludible de la gestión ambiental dado el impacto que ocasionan todas las construcciones y conservaciones de obras civiles.

El cálculo y evaluación ambiental de los impactos sobre los factores del medio está basado en el cálculo de la significancia, mediante la ponderación de la importancia de los aspectos ambientales presentes en el caso de estudio; para realizar esto se utilizan las herramientas del método de Conesa. Se aplica una matriz, que además de permitir la salida gráfica de los resultados admite monitorear los trabajos, a partir de los posibles impactos, o minimizar las afectaciones que puedan provocarse al medio ambiente por las actuaciones constructivas o de conservación en la red pavimentaria.

En el caso de estudio, a partir de los desperfectos técnicos existentes, que se incrementan con el paso del tiempo, se pudo comprobar que el mantenimiento que se realiza en la actualidad no satisface los niveles de calidad y confort de los usuarios de la vía. En la revisión ambiental inicial, realizada en el proceso de ejecución de acciones constructivas por una empresa constructora, se constata que entre los desperfectos destacan el insuficiente bacheo o sustitución de las losas del pavimento, la limpieza del drenaje de las obras existentes, lo cual afecta la calidad del



funcionamiento de la vía; y la no existencia de una correcta señalización en algunos tramos, que afecta el confort estético visual y la seguridad vial.

La ejecución de actividades de conservación provoca impactos, como las emanaciones de humo, vertimientos inadecuados, efecto de barrera, afectaciones al paisaje, entre otros. Estos impactos se pueden controlar a partir de la aplicación de medidas pactadas en los contratos de ejecución de obras, de forma que puedan ser monitoreadas las acciones. En estas labores es vital la participación de los directivos y trabajadores de las entidades responsables de la administración, construcción y conservación.

Paralelo al análisis por variables o factores, se declaran las siguientes medidas correctoras para la variable paisaje, que responden a cada una de las matrices resultantes.

1. Recuperación de las superficies una vez concluidas las acciones de conservación, resiembra de árboles.
2. Evitar derrames de grasas y lubricantes mediante el correcto control del mantenimiento de las maquinarias.
3. Fortalecer la calidad de los servicios de mantenimiento en las obras de drenaje.
4. Incluir a los organismos de planificación del uso de la tierra en el diseño y evaluación ambiental de los proyectos y planificar un desarrollo controlado, según visión sistémica de los procesos.
5. Buscar soluciones para los parqueos colectivos con pocas visuales.
6. Promover la reforestación y siembra de plantas en los taludes.
7. En las zonas cercanas a centros poblados, el transporte de materiales, como escombros, áridos y otros, deberá estar cubierto eficazmente con lonas o plásticos de dimensiones adecuadas, u otro sistema, de modo que impidan su dispersión.
8. Instruir a operarios para el cuidado de los drenajes, de manera que no se produzcan obstrucciones o la contaminación las aguas y, por consiguiente, la afectación del paisaje.

La investigación constituye una herramienta para la realización de los contratos de conservación y la planificación, como parte de los planes de mantenimiento y cuidado de las obras viales; asimismo, se deben realizar los análisis a partir de las variables ambiental y social e indicar la evaluación económica. Estos aspectos son los que garantizan una conducción sostenible de cualquier SGP.

## Conclusiones

La conservación del vial en Malanje constituye un objetivo estratégico, debido a su importancia técnico-funcional. De ahí que sea necesaria una visión de sostenibilidad en la ejecución de los trabajos de recuperación de drenajes, defensas, señalizaciones y bacheo o reconstrucción de las losas del pavimento.

El procedimiento para controlar el estado de la estructura del pavimento en la ciudad de Malanje, facilita la determinación de medidas de intervención basadas en trabajos de conservación y reconstrucción, que a su vez permite la adecuación de los tramos lesionados devolviéndoles sus condiciones iniciales de diseño y viéndose favorecida la actividad social y comercial de la zona.

Se facilita al Sistema de Gestión de Pavimentos de Angola, un procedimiento para controlar el estado de la estructura de los pavimentos en el que se tienen en cuenta todos los elementos que influyen de manera directa e indirecta en el diseño, construcción y conservación de este tipo de estructuras en el país africano.

## Referencias bibliográficas

- Abraham, I. F. (2016). *Reconocimiento in situ de los diferentes tipos de pavimentos por simple inspección*. Lambayeque.
- A´Konda, L. (2017). *Impactos gerados pela construção de estradas em Angola*. Programa de Engenharia de Infraestrutura Rodoviária de Angola. Luanda, Angola.
- Arias, S. & Pérez, W. (2018). *Propuesta de análisis del trabajo de conservación vial CONAVI-ICE con base en el empleo de una herramienta de evaluación aplicada en las rutas nacionales 224 y 225*. Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz.
- Borja, I. S. (2017). *Modelado de Tráfico Vehicular en Avenidas a Partir de Datos Estadísticos*. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Bueno, K.; Safonst, R. D. & Mustelie, E. (2016). *Visión sostenible en la conservación de carreteras: vial La Farola*. Ciencia en su PC, núm. 4, octubre-diciembre, 2016, pp.37-49, ISSN: 1027-2887
- Céspedes, L. D. (2019). *Introducción a la Conservación Vial. Diagnóstico del estado del pavimento*. Cuba, Matanzas: Universidad de Matanzas.

- Céspedes, L. D. & Pedroso, M. (2021). *Evaluación de impactos ambientales producido por la construcción de carreteras en la ciudad de Matanzas*. Memorias del XII Taller Nacional "Las Construcciones y el Medio Ambiente". Matanzas, Cuba.
- Coy, J. J. (2019). *Tecnologías alternativas para pavimentos sostenibles en Colombia*. Universidad Militar Nueva Granular, Bogotá, Colombia.
- Fonseca, A. M. (2016). *Ingeniería de Pavimentos. Fundamentos, estudios básicos y diseño. Tomo 1*. La Habana, Cuba.
- Fundora, G. (2014). *Conservación de Carreteras (Capítulo 12: Sistemas de gestión para la conservación de carreteras)*. Ed. Universitaria Félix Varela.
- Gaspar, T. B. (2020). *Avaliação do comportamento dos pavimentos da rede rodoviária fundamental de Angola*. Luanda: Instituto Nacional de Estradas de Angola.
- Governo de Angola. (2018). *Plano de Desenvolvimento Nacional de Angola 2018-2022*. Luanda.
- Mesa, C. & Lima, A. M. (2016). *Apuntes de materia. Construcción de Carreteras*. Buenos Aires. Obtenido de Pavimentos pdf: <http://www.registrocdt.cl>
- Kudraszow, N. (2016). *Giving the Boss the Big Picture: A dashboard pulls up everything the CEO needs to the run the show*. Business Week magazine.
- Savimbi, J. (2017). *Sistemas de Gestão de Pavimentos em Angola. Plano de conservação territorial*. Luanda: Instituto Nacional de Carreteras de Angola.
- Sousa, K. (2020). *O maior portal auto de Angola*. Luanda: Instituto Nacional de Carreteras de Angola.