

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE DETERIORO EN PAVIMENTOS FLEXIBLES EN CARRETERAS DE INTERÉS NACIONAL

EVALUATION OF THE INDEX OF DETERIORATION IN FLEXIBLE PAVEMENTS ON ROADS OF NATIONAL INTEREST

Autores: Keiny Caña Cruz

<https://orcid.org/0000-0001-7662-9110>

Francisco González García

<https://orcid.org/0000-0001-7314-5575>

Mabel Gorrin Monzón

<https://orcid.org/0000-0003-0484-5863>

Néstor Méndez Jurjo

<https://orcid.org/0000-0001-5883-7311>

Institución: Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Centro Universitario Municipal 1ro de Enero, Cuba

Correo electrónico: keiny@unica.cu

francisco@unica.cu

mabel04gm@gmail.com

nestormj@unica.cu

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en el Circuito Norte del Municipio de Bolivia, en el tramo comprendido entre la comunidad de Miraflores Nuevos y el puente de Caonao, con resultados que se llevaron a cabo en la faja vial de la misma carretera incluyendo desperfectos en los paseos de la misma y en sus cunetas, donde se determinó el número de unidad de muestreo para cada muestra del tramo comprendido en las dos secciones, además se tuvo en cuenta la inspección visual que le fue realizada al tramo vial. Se evaluaron los desperfectos que se presentan en ese tramo teniendo en cuenta que el desgaste y el efecto de la intemperie es la falla más frecuente de la sección de la izquierda del pavimento con un índice de un 29,44 % y en la sección de la derecha con un índice de un 21 % con desperfectos más frecuentes en las ondulaciones que abarcaron un 5,70 %, la distribución del estado del pavimento evaluado fue de un 59 % y 41 % tanto por la izquierda como por la derecha; respectivamente, los estados de deterioros del pavimento corroboran que el mismo tiene que someterse a un plan de

mantenimiento repentino con el objetivo de mitigar los efectos de deterioro progresivo al que está sometido el vial.

Palabras clave: Inspección visual, Mantenimiento, Ondulaciones, Pavimento, Paseos.

ABSTRACT

The investigation was carried out in the North Circuit of the Municipality of Bolivia and the section between the new Miraflores and the Caonao Bridge with results that were carried out in the road strip of the same road including damages in the walks of the same and in its ditches, where we determined the number of sampling unit for each sample of the section included in the two sections, also took into account the visual inspection that was made to the road section. Damages that occur in this section were evaluated taking into account that weathering and the effect of weathering is the most frequent fault of the left section of the pavement with an index of 29.44% and in the section of the right with an index of 21 % with more frequent imperfections in the undulations that covered a 5.70 %, the distribution of the state of the pavement evaluated was 59 % and 41 % both on the left and on the right respectively, the states of deterioration of the pavement that the same has to undergo a sudden maintenance plan in order to mitigate the effects of progressive deterioration to which the road is subject.

Keywords: Maintenance, Pavement, Undulations, Visual inspection, Walks.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el estado de los viales juega un papel muy importante en Cuba. Con el paso de los años el estado de las vías tiende a deteriorarse, pueden llegar a condiciones precarias antes de recibir el tratamiento adecuado. La provincia de Ciego de Ávila no queda exenta de este mal, pues se puede evidenciar con la vía que conduce desde el poblado de “Miraflores Nuevo”, en el municipio de Bolivia, hasta la entrada del puente “Caonao”, llamado Circuito Norte, que ya sean por los errores que tuvo desde su construcción o por el deterioro sufrido con el transcurso del tiempo sin las correspondientes medidas de conservación, drenaje y reparación, ha alcanzado un nivel elevado en cuanto a deterioros.

El deterioro existente en el tramo desde “Miraflores Nuevo” hasta la entrada del puente “Caonao” es debido: a las insuficiencias en la realización de evaluaciones que permitan identificar el índice de condición que posee la superficie dando lugar a que

no se realicen los mantenimientos constructivos en el vial, la falta de tecnología de punta y de equipos para la construcción y mantenimiento de carreteras.

Carciente (1987), alega que tan pronto se pone en servicio un pavimento este comienza a deteriorarse debido a la aplicación de las cargas y a las influencias ambientales. Para poder comparar el estado de un pavimento con otro, y conocer la condición que brinda su superficie, es necesario obtener un índice que permitiera reflejar su deterioro, el cual está determinado por la magnitud y severidad de cada tipo de falla. Ante esto, la Federal Aviation Administration (FAA) desarrolló el PCI (Pavement Condition Index, Índice de Condición del Pavimento), que es un índice que permite caracterizar el estado de un pavimento independientemente de los tipos de fallas que presente (Vázquez y Chamorro, 2005). Relacionado a este tipo de investigación, se puede hacer referencia a los siguientes estudios:

Echaveguren et al, (2001) presenta en su estudio una metodología (evaluación) de calificación de estado para el sistema de gestión de pavimentos urbanos, con una aplicación desarrollada de dicha metodología en la red céntrica de la ciudad de Concepción a fin de estudiar también la incidencia del balizado en la evaluación global de estado. Desarrolla un procedimiento de calificación en tres etapas, donde considera la identificación, medición y calificación de severidad de defectos superficiales.

Según Sáez (2020), en su tesis que tiene como objetivo presentar una serie de árboles de decisión que permiten al ingeniero contar con un vínculo entre las fallas identificadas en el campo, las cuales se detectaron a través del uso del Método del Índice de Condición del Pavimento (PCI) y la correcta indicación de las respectivas estrategias de mantenimiento en pavimentos flexibles, encuentra que a partir de la aplicación de este procedimiento, se puede llegar a las indicaciones automáticas e inmediatas de las mejores estrategias de mantenimiento para cada tipo de falla, con la consecuente optimización de los presupuestos para cada área específica de los pavimentos.

Vásquez y Chamorro, (2005) en su estudio en el cual fundamenta la necesidad de incorporar la información generada por los P.C.I. en el programa MicroPaver, programa que determina la condición de los pavimentos, a un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permita analizar los datos obtenidos para gestionar el trabajo de mantenimiento y reposición de pavimentos. En el caso que de acuerdo al deterioro se

presuma una posible falla estructural entonces se procede mediante la evaluación estructural a los métodos destructivos que son los más antiguos y se basan en la realización de calas, calicatas, entre otros, lo que permite determinar el estado y las características de los materiales de las diferentes capas, para de esta manera tomar una decisión al respecto, también se puede acudir a los métodos no destructivos que resultan más modernos, estos sin invadir el pavimento a través de equipos avanzados ejecutan pruebas dinámicas y determinan los módulos de las diferentes capas, determinando sus espesores, atendiendo al encarecimiento de estos equipos y a las dificultades económicas que presenta nuestro país no es posible su empleo (Valdés, et al., 2017).

La finalidad principal de los pavimentos en carreteras es la de distribuir adecuadamente las cargas concentradas, de tal manera que la capacidad soporte de las capas de apoyo no se exceda, así como la de proveer una buena calidad de rodaje y seguridad operacional para los Vehículos que transitan sobre ella, bajo cualquier condición meteorológica (MMA, 2007).

Garnica, et al. (2002), plantean que los pavimentos se clasifican de manera general atendiendo a la mecánica de su función de la siguiente manera:

Pavimentos flexibles: están formados por una capa bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base. En dependencia de las necesidades particulares de cada obra puede prescindirse de cualquiera de estas capas.

En la figura 1 se muestran las secciones que presentan los pavimentos flexibles para realizar intervenciones de mantenimiento a las carreteras de interés nacional para lograr efectividad en los trabajos a realizar.

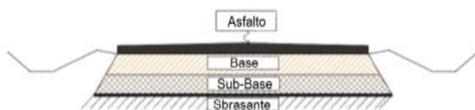


Figura 1. Sección de un pavimento flexible

GREIVIN, (2016), plantea en su artículo que en la curva típica de la tasa de deterioro del pavimento presentada en el método de Índice de Condición del Pavimento por la

ASTM D 5340, se observa que el 40 % de deterioro ocurre al 75 % de vida útil del pavimento. Por lo que sugiere que en este punto se debe tomar la decisión de aplicar la acción preventiva, de no haberse hecho antes.

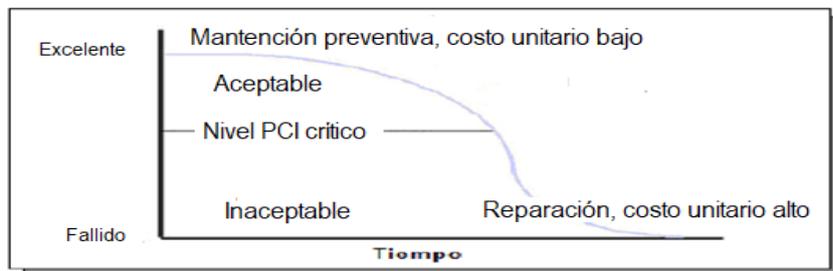


Figura 2. Curva de comportamiento del pavimento.

En la figura 2 se muestra la curva de comportamiento del pavimento desde el nivel fallido hasta el nivel excelente para un buen comportamiento de pavimentos.

La evaluación funcional es definida por Thenoux et al., (2019) que coincide con Corros et al., (2009) como el reconocimiento de aquellas deficiencias (fallas superficiales, la rugosidad y la pérdida de fricción) que se relacionan principalmente con la calidad de la superficie y el estado general de las condiciones del pavimento, en la que se consideran todos aquellos factores que afectan negativamente a la severidad, seguridad y costos del usuario.

se pretende detectar y localizar de manera sencilla y rápida, y si es posible estimar cuantitativamente los deterioros existentes en el tramo sometido a estudio, cuantificando exactamente y evaluando los daños existentes en los pavimentos previamente localizados para determinar cuál es el tratamiento de conservación que debe aplicarse (Cazorla, 2010).

El objetivo que persigue la investigación es evaluar el índice de deterioro de los pavimentos flexibles en carreteras de interés nacional para posteriormente realizar intervenciones de mantenimientos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se explican los procedimientos utilizados para el cálculo del índice de condición del pavimento flexible del tramo situado en la carretera Circuito Norte desde Miraflores Nuevos hasta el puente de Caonao, realizando además una breve caracterización y localización de este lugar debido a que es donde se ejecuta el trabajo.

La investigación se desarrolla en el Circuito Norte situado en el municipio de Bolivia en el kilómetro 32 hasta el kilómetro 38, en la provincia de Ciego de Ávila, se accede

al mismo desde el municipio de Morón por vías que enlazan con el vial turístico hasta los cayos del Norte “Jardines del Rey”.

Para la evaluación superficial del pavimento se utilizó: el método Índice de Condición del Pavimento (PCI), este método clasifica los pavimentos según su integridad estructural y las condiciones operacionales de la superficie. El índice se calcula en base a la medición de los tipos de deterioros presentes, severidad y densidad, obtenidos de inspecciones visuales del pavimento.

Las pruebas en el terreno indican que el PCI obtenido se correlaciona muy bien con la clasificación promedio dada por los expertos en pavimentos, determinándose que el PCI es más consistente que las variadas clasificaciones individuales, por el hecho de estar basado en datos reales obtenidos con una medición normalizada de los deterioros y de acuerdo a una metodología preestablecida.

La evaluación a utilizar para el desarrollo adecuado del proyecto, con el fin de dar cumplimiento a los objetivos planteados es:

- Recopilación de antecedentes preliminares: en esta etapa se realizará la búsqueda, el ordenamiento, análisis y validación de los datos existentes y de toda la información necesaria que ayuden a cumplir con los objetivos de este proyecto.
- Estudio de la aplicación del programa de diagnóstico y seguimiento de pavimentos enfocado al método PCI.



Figura 3. Esquema de Trabajo seguido en la investigación

En la figura 3 se presenta el esquema utilizado para la realización de la investigación teniendo como cronología de trabajo la muestra, la observación del pavimento, la evaluación que se le realiza al mismo para su posterior intervención.

El procedimiento para la evaluación de un pavimento está comprendido por dos etapas, la primera etapa percibe el trabajo en el campo en el cual se identifican los

daños teniendo en cuenta tipo, severidad y extensión de cada uno de ellos, en la segunda etapa se procede al cálculo del índice de condición del pavimento.

Se recomienda que las muestras elegidas deban estar distribuidas de manera uniforme en toda la extensión de la sección del pavimento, a partir de la primera muestra seleccionada al azar. Una vez que se determinó el número de unidades de muestras a ser inspeccionadas, se calculó o determinó el intervalo de espaciamiento entre las unidades, utilizando un muestreo sistemático y aleatorio. El intervalo de muestreo (i).

$n \div N = i$ Donde: i = Intervalo de muestreo, se redondea número entero inferior. N = Número total de unidades de muestra en la sección, n = Número total de unidades de muestra a ser analizadas. La primera muestra en ser analizada se seleccionó al azar entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo i .

Así, si $i = 3$, la unidad inicial de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3. Si la unidad inicial de muestreo para inspección seleccionada es 2 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 3, las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían 5, 8, 11, 14, entre otros. Las demás unidades de muestra de una sección que se encuentran ubicadas a incrementos i de espaciamiento también deben ser inspeccionadas.

Se inspeccionó individualmente cada unidad de muestra elegida, luego se diagramó la unidad de muestra incluyendo su orientación. Se procedió al registro del componente, número de sección, y el número y tipo (aleatorio o adicional) de la unidad de muestra. Posteriormente se registró el tamaño de la muestra midiéndola con el odómetro manual.

Se realizó la inspección de cada unidad de muestra, caminando por ella y midiendo el grado de deterioro de cada una de las fallas presentes, registrando dicha información en el formato adecuado para pavimentos de concreto asfáltico. Las fallas deben coincidir con los tipos y grados de severidad descritos en el apéndice X1, donde, el tipo, está relacionado con el tipo de patología que se presenta en la superficie de un pavimento entre las que tenemos piel de cocodrilo, exudación, fisura en bloque, abultamientos, entre otros, mientras que la severidad representa la criticidad del deterioro en términos de su progresión; entre más severo sea el daño, más importantes deberán ser las medidas para su corrección. Las mediciones se realizaron con una precisión de +/- 30mm utilizando el odómetro manual. Se resume cada tipo

de falla y grado de severidad en metros cuadrados o metros lineales dependiendo del tipo de falla. Este procedimiento se repitió para cada unidad de muestra inspeccionada.

Etapa 1. Cálculo de los Valores Reducidos.

- a. Se sumó la cantidad total de cada tipo de falla y su grado de severidad y se registró en la sección Cantidad del formato PCI. El daño puede medirse en área, longitud o por número según su tipo.
- b. Se dividió la cantidad de cada clase de falla, en cada nivel de severidad, entre el área de la unidad de muestra inspeccionada y se multiplicó por 100 para obtener el porcentaje de la densidad de cada tipo de falla.
- c. Se determinó el Valor de Reducción (VR) para cada tipo de combinación de fallas y grado de severidad a partir de los valores de la curva de "Valor Reducido" de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

Etapa 2. Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Reducidos (m).

- a. Si ninguno o tan sólo uno de los "Valores Reducidos" individuales es mayor que 5, el valor total es usado como máximo "Valor Reducido Corregido" para determinar el PCI, de no ser así, el máximo "Valor Reducido Corregido" se debe obtener usando el procedimiento descrito en esta sección. Dicho procedimiento, partiendo de valores individuales de "Valores Reducidos" (VRs), es idéntico tanto para pavimentos asfálticos como para pavimentos de hormigón.
- b. Se determina m , el número máximo de patologías permitidas, de la siguiente manera: $m = 1 + (9/95) * (100 - HVD) \leq 10$. Donde m = Número permitido de Valores de Reducción individuales, incluyendo fracciones y que debe ser menor o igual a 10. HVD = Valor individual más alto de Valores Reducidos.
 - b.1. El número de Valores Reducidos individuales se reduce a m , inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos Valores Reducidos que m se utilizan todos los que se tengan.

Etapa 3. Cálculo del Máximo Valor Reducido Corregido, VRC.

- a. Se obtuvo el "Valor Reducido Total" sumando todos los valores reducidos individuales.
- b. Se estableció el número de valores reducidos, q , mayores que 5.
- c. Se determinó el Valor Reducido Corregido (VRC) con el valor de q y el "Valor Reducido Total" en la curva de corrección correspondiente al tipo de pavimento.

d. Se redujo a 5 el menor de los "Valores Reducidos" individuales que sea mayor que 5 y se repitió las etapas 3.a. a 3.c. hasta que q fuera igual a 1.

e. El máximo Valor Reducido Corregido es el mayor de los VRC obtenidos en este proceso.

Etapa 4. Cálculo del PCI.

a. Se calculó el PCI de la unidad, restando el valor máximo del Valor Reducido Corregido a 100. $PCI = 100 - \text{máx. VRC}$.

Dónde: PCIS: PCI compensado de la sección. N: Número total de unidades de muestra en la sección. A: Número de unidades de muestra adicionales. PCIr: Valor promedio de PCI de unidades de muestra seleccionadas aleatoriamente. PCla: Valor promedio de PCI de unidades de muestra adicionales seleccionadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de intervalos de unidades de muestreo. Para determinar el intervalo de muestreo se utilizó la siguiente fórmula:

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

Reemplazando datos: $N = 48$; $n = 13$.

Se obtiene $i = 3.69$. $i = 3$.

Según el procedimiento denominado sistemático, se evaluaron unidades uniformemente espaciadas siempre que la primera sea escogida aleatoriamente: escogiendo para la sección izquierda a partir de eje central de la vía la primera unidad entre 1 y 3, seleccionando al azar 2, y de esta forma se evaluaron las muestras 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26, 29, 32, 35, 38. Para la sección derecha a partir del eje central de la vía se seleccionó el intervalo 3 al azar, y de esta forma se escogieron para la evaluación las muestras 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30, 33, 36, 39.

En la tabla 1 se muestra para cada unidad de muestreo el número de unidad de muestreo inspeccionada.

Tabla 1. Determinación del número de unidad de muestreo para cada unidad de muestreo.

Sección Izquierda		Sección Derecha	
Nº de muestreo	Nº de unidad	Nº de muestreo	Nº de unidad
muestra 01	2	muestra 01	3
muestra 02	5	muestra 02	6
muestra 03	8	muestra 03	9
muestra 04	11	muestra 04	12

muestra 05	14	muestra 05	15
muestra 06	17	muestra 06	18
muestra 07	20	muestra 07	21
muestra 08	23	muestra 08	24
muestra 09	26	muestra 09	27
muestra 10	29	muestra 10	30
muestra 11	32	muestra 11	33
muestra 12	35	muestra 12	36
muestra 13	38	muestra 13	39

La inspección visual llevada a cabo para el levantamiento de los daños manifestados en el tramo estudiado, la determinación de su severidad y extensión en cada unidad de muestra, arrojó que se evaluaron un total de 08 tipos de daños en el pavimento flexible, ellos son: piel de cocodrilo (PC), fisura en bloque (FB), ondulación (O), depresión (D), fisuras longitudinales y transversales (FLT), bacheos (B), desgaste y efecto de la intemperie (DEI) y ahuellamiento (A).

En las dos secciones del pavimento analizadas se manifiestan los mismos deterioros, en la sección izquierda de la vía, aparecen los deterioros en mayor medida.

En la figura 4 se presenta que el desgaste y efecto de la intemperie es la falla más frecuente en esta sección con un 29.44 %, el bacheo es visible con un 5.84 % y las depresiones con un 5.68 %, siendo estos los de mayores manifestaciones.

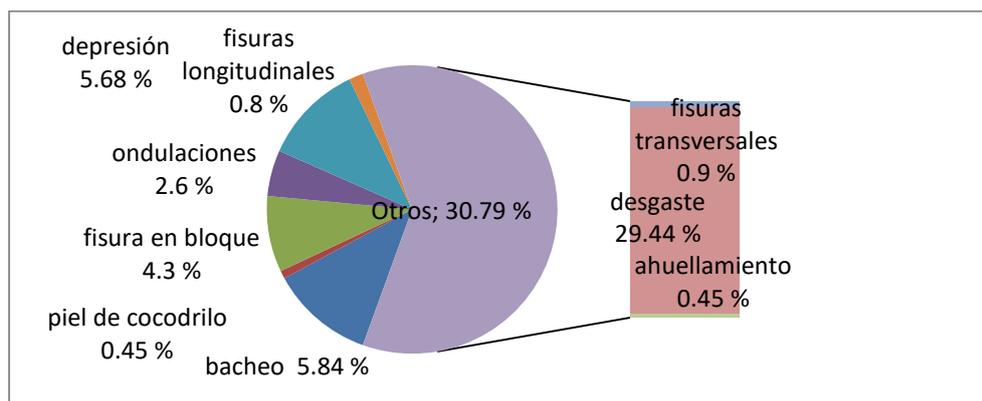


Figura 4. Mayores desperfectos encontrados en el carril izquierdo

Se presenta que el desgaste y efecto de la intemperie es la falla más frecuente en esta sección con un 21 %, ondulaciones con 5.70 % y la piel de cocodrilo con un 2.50 %, siendo estos los de mayores manifestaciones.

En la figura 5 analizamos el deterioro de la sección derecha de la faja de la vía lo que representa una disminución.

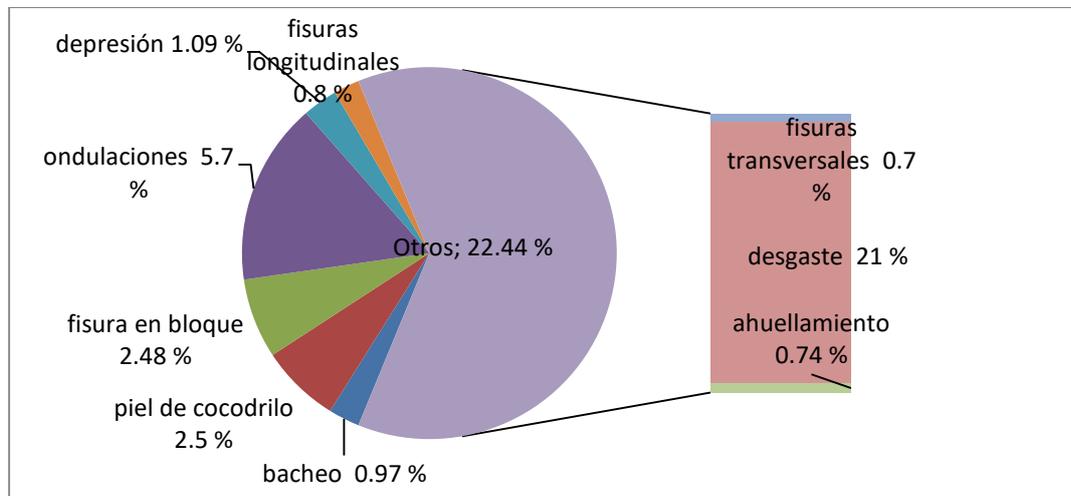


Figura 5. Mayores desperfectos encontrados en el carril derecho

Es representativo que los desperfectos que presenta el pavimento en el tramo que se analiza son de un 41,14 %.

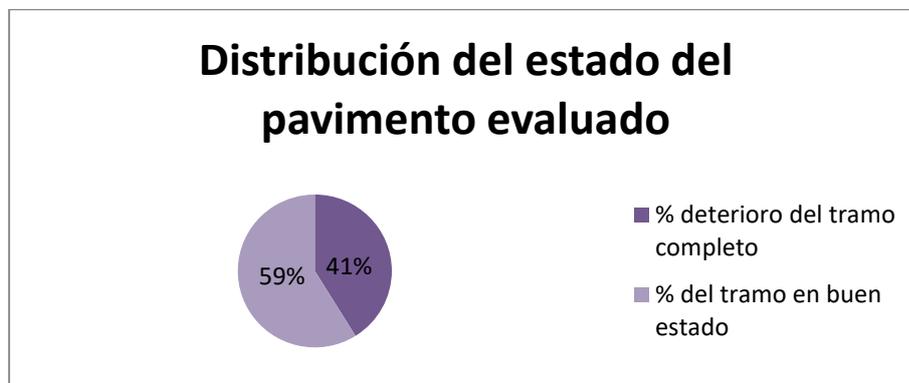


Figura 6. Distribución del estado del pavimento en los carriles izquierdo y derecho

En la figura 6 se muestra la distribución del estado del pavimento en los carriles izquierdo y derecho donde se observa que el 59 % del tramo de carretera está en buen estado y el 41 % del tramo de carretera evaluado está en mal estado.

Las causas fundamentales del surgimiento de estos deterioros pueden estar identificadas por:

- La vida física del pavimento.
- El número de movimientos y peso máximo de la circulación vial que exige el pavimento.
- La situación del drenaje de los pavimentos.

La alternativa de intervención propuesta para cada tipo de patología fue consultada en varios catálogos reconocidos a nivel nacional e internacional (Gil y Serrano, 2000); (Booz et al., 1999); (Corros et al., 2009), además de consultar con el tutor del trabajo, Mendez et al., (2019), el cual posee una elevada experiencia como especialista en viales.

PCI=100-máximoVRC

PCI=100-86=14, Calificación 1: 10 – 25 Muy Pobre.

Valores similares del PCI anteriormente determinados fueron alcanzadas en las muestras: 7 de la misma sección y en la sección derecha las muestras 5, 6, 8, 10, 11, 12 y la 13, para todas las mencionadas se determinó que la condición general del pavimento es muy pobre, ya que se considera que el pavimento está fuertemente deteriorado, presenta fallas avanzadas y los vehículos no pueden circular a una velocidad normal. El pavimento se supone fallado y requiere acciones de mantenimiento mayor y eventualmente reconstrucción parcial en un alto grado de porcentaje de su área.

CONCLUSIONES

1. Se comprobó la factibilidad del uso del método de inspección visual, cuantificando y evaluando el pavimento atendiendo al nivel patologías existentes en el área analizada, lo que permitió establecer el índice de integridad estructural y condición operacional de la superficie y la faja vial existente, con relación a esta evaluación del PCI.
2. Se comprobó que las patologías que influyen en el deterioro de la superficie del pavimento flexible son: desgaste y efecto de la intemperie el cual se presenta con nivel de severidad alto y medio, siendo el más común y de mayor incidencia en la sección, ondulaciones, depresiones, fisuras en bloque, piel de cocodrilo, fisuras transversales y longitudinales, bacheos y ahuellamientos.
3. Se evaluó el índice de deterioro de los pavimentos flexibles en carreteras de interés nacional para posteriormente realizar intervenciones de mantenimientos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOOZ, Allen., ...[et al.] (1999). Manual de identificación, clasificación y tratamientos de fallas en pavimentos urbanos, Volumen VII. Informe Final Asistencia Técnica en Estudios de Transporte Urbano para el Área Metropolitana de Lima y Callao. pp. 20-61.

CARCIENTE, J., (1987). Estudio de rutas para el trazado de carreteras. Estudio del

- trazado de carreteras. Caracas: Centro de estudios Sefardies.
- CORROS, B. ...[et al.] (2009). Manual de Evaluación de Pavimentos. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Tecnología de la Construcción, Programa de Capacitación Académica, Maestría en Vías Terrestres. Venezuela. Capítulo 3, pp. 1-41. Capítulo 4, pp.1-11.
- CAZORLA, María Elena (2010). Metodología para la evaluación del pavimento flexible y Propuesta de Soluciones de Rehabilitación de un tramo de carretera, a partir de la Inspección Visual. Tesis de Máster en Ingeniería Vial. Facultad de Ingeniería Civil. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría (CUJAE).
- ECHAVEGUREN, N., ...[et al.] (2001). Metodología de Inspección Visual Para Sistema de Gestión de Pavimentos Urbanos SIGMAP. Universidad de Concepción, Chile. pp. 2-6.
- GARNICA, P. GÓMEZ, J. A. Y SESMA J. A. (2002). Mecánica de Materiales para pavimentos. Instituto Mexicano del Transporte. Publicación Técnica No 197. Sanfandila Qro. México.
- GIL PAYNE, Cecilia Beatriz y SERRANO RODRÍGUEZ, Luis Emilio (2000). Catálogo de deterioros en pavimentos flexibles. La Habana: Ministerio del Transporte de Cuba, Centro Nacional de Vialidad. pp. 1-22.
- GREIVIN, P. (2016). Desarrollo de curvas de deterioro para pavimentos flexibles y factor de incertidumbre. Universidad de Costa Rica, San José. Costa Rica. *Revista Infraestructura Vial*. Vol. 18, No. 31, pp. 30-38.
- MMA (2007). Incorporación del Efecto del Clima en el Procedimiento de Diseño de Pavimentos Asfálticos del MTC y AASHTO 93. Conference: XIV Congreso internacional de Infraestructura Vial At: Lima, Perú Volumen 1.
- SÁEZ, F.H. (2019). Evaluación y diseño de la pavimentación, agua potable, alcantarillado y drenaje pluvial de la urbanización latina comprendido entre las calles. Guatemala.
- THENOUX, G. (2019). Estudio de la condición funcional y diagnóstico condición estructural de pavimentos a nivel de proyectos. Geotechnical Engineering in the XXI Century: Lessons learned and future challenges. Instituto Mexicano del Transporte.
- VALDÉS M, L y ALONSO A, A. (2017). Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles en aeropuertos para Cuba. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, Vol. 11, No. 2, pp.

1-11.

VÁZQUEZ y CHAMORRO. (2005). Las reformas socio-económicas en carreteras.
Metocuhzoma II. España.