

Análisis de patología del pavimento en la av. Panamericana sur, redondel norte a sur, El Guabo, El Oro.

Pavement pathology analysis of av. Panamericana sur, redondel norte a sur, El Guabo, El Oro.

Angello Guerra Gaona¹, Adrián Añazco Campoverde², Paúl Añazco Campoverde³, Yudy Medina Sanchez⁴

¹Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Machala, Machala: aguerra2@utmachala.edu.ec

²Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Machala, Machala: ganazco@utmachala.edu.ec

³Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Machala, Machala: panazco@utmachala.edu.ec

⁴Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Machala, Machala: ydemina@utmachala.edu.ec

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo evaluar el estado del pavimento en la Avenida Panamericana Sur, específicamente en el tramo comprendido entre el Redondel Norte y el Redondel Sur, en el cantón El Guabo, provincia de El Oro. Para este análisis, se utilizó el Índice de Condición del Pavimento (PCI) como herramienta principal, complementado con inspecciones visuales y métodos de diagnóstico vial, en base a estos enfoques, se identificaron las principales fallas presentes en la vía, las cuales fueron clasificadas según su severidad y extensión, con el propósito de determinar el grado de deterioro del pavimento y su impacto en la seguridad y viabilidad de la carretera.

Los resultados obtenidos indican que el estado del pavimento es variable, con algunos sectores en condiciones aceptables y otros con un alto nivel de deterioro. Entre las principales fallas detectadas se encuentran grietas longitudinales, fisuras tipo piel de cocodrilo y baches, las cuales afectan la calidad de la vía y ponen en riesgo la seguridad de los usuarios. A partir de este diagnóstico, se plantean estrategias de mantenimiento y rehabilitación, priorizando intervenciones como bacheo superficial, sellado de grietas y fresado en las zonas más deterioradas. La implementación de estas acciones contribuirá a mejorar la infraestructura vial, optimizar la movilidad y extender la vida útil del pavimento en el área de estudio.

Palabras clave: Calidad de vía, fallas, pavimento, pci.

Abstract

The objective of this study is to evaluate the condition of the pavement on Avenida Panamericana Sur, specifically in the section between Redondel Norte and Redondel Sur, in the canton of El Guabo, province of El Oro. For this analysis, the Pavement Condition Index (PCI) was used as the main tool, complemented with visual inspections and road diagnostic methods. Based on these approaches, the main faults present on the road were identified and classified according to their severity and extent, with the purpose of determining the degree of pavement deterioration and its impact on the safety and viability of the road.

The results obtained indicate that the condition of the pavement is variable, with some sectors in acceptable condition and others with a high level of deterioration. Among the main faults detected are longitudinal cracks, crocodile skin type cracks and potholes, which affect the quality of the road and put the safety of users at risk. Based on this diagnosis, maintenance and rehabilitation strategies are

proposed, prioritizing interventions such as surface patching, crack sealing and milling in the most deteriorated areas. The implementation of these actions will contribute to improve the road infrastructure, optimize mobility and extend the useful life of the pavement in the study area.

Keywords: Road quality, failures, pavement, pci.

1. Introducción

El análisis y conservación del pavimento son fundamentales para garantizar la seguridad vial y la eficiencia del transporte. La evaluación del estado del pavimento permite identificar fallas y establecer estrategias de mantenimiento oportunas, contribuyendo a la optimización de la infraestructura vial. En este sentido, el Índice de Condición del Pavimento (PCI) se ha consolidado como una herramienta clave en la gestión de pavimentos flexibles, proporcionando una metodología estandarizada para la evaluación de fallas y su impacto en la calidad del pavimento [1].

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la condición superficial del pavimento en la Avenida Panamericana Sur, en el tramo comprendido entre el Redondel Norte y el Redondel Sur, en el cantón El Guabo, provincia de El Oro. Para ello, se aplicó el método PCI con el fin de identificar las principales fallas presentes en la vía, tales como grietas longitudinales, fisuras tipo piel de cocodrilo y baches, las cuales afectan la transitabilidad y seguridad de los usuarios [2].

El PCI se ha utilizado ampliamente en la evaluación del pavimento debido a su eficacia en la caracterización del estado de las carreteras, permitiendo establecer niveles de intervención adecuados y optimizar la asignación de recursos para su mantenimiento [3].

En el contexto ecuatoriano, la conservación del pavimento es una prioridad debido a las condiciones climáticas adversas y el alto tránsito vehicular, que aceleran el deterioro de la infraestructura vial [4].

Como resultado de este análisis, se propondrán estrategias de mantenimiento y rehabilitación, incluyendo intervenciones como bacheo superficial, sellado de grietas y fresado, con el objetivo de prolongar la vida útil del pavimento y mejorar la seguridad de la vía [5].

La correcta implementación de estas estrategias contribuirá a una planificación vial eficiente, optimizando la inversión en infraestructura y promoviendo un transporte seguro y sostenible.

1.1 Objetivos y alcances

La presente investigación tuvo como objetivo analizar la condición superficial del pavimento en la Avenida Panamericana Sur, específicamente en el tramo comprendido entre el Redondel Norte y el Redondel Sur, en el cantón El Guabo, provincia de El Oro. Para ello, se emplearon procedimientos de observación directa, así como técnicas de mantenimiento de carreteras que permitieron diagnosticar el nivel de deterioro del pavimento y sus condiciones actuales.

Como alcance del estudio, se realizó una evaluación detallada de la infraestructura vial en el tramo de interés, considerando las metodologías más utilizadas para la inspección visual del pavimento, con especial énfasis en la aplicación del Índice de Condición del Pavimento (PCI). Se recopilieron datos clave sobre los tipos de fallas presentes en la vía, su severidad y extensión, los cuales fueron procesados y representados en tablas y gráficos para su respectivo análisis.

Asimismo, se compararon los resultados obtenidos con referencias bibliográficas y estudios previos sobre evaluación de carreteras, permitiendo establecer un diagnóstico fundamentado en criterios técnicos. Finalmente, con base en estos hallazgos, se propusieron estrategias de mantenimiento y rehabilitación, enfocadas en mejorar la seguridad vial, prolongar la vida útil del pavimento y optimizar la movilidad en la zona de estudio.

2. Materiales y Métodos

El presente estudio emplea el Índice de Condición del Pavimento (PCI), un método ampliamente reconocido en la ingeniería vial para evaluar el estado actual del pavimento mediante una inspección visual sistemática. Esta metodología permite identificar, registrar y clasificar los diferentes tipos de deterioro presentes en la superficie de la vía, proporcionando una evaluación objetiva de su condición.

Índice de condición del pavimento (PCI)

Este análisis, se obtiene un índice numérico estandarizado, el cual varía en una escala de 0 a 100. Un valor de 0 indica que el pavimento se encuentra en un estado crítico o fallado, mientras que un valor de 100 representa una superficie en óptimas condiciones (ver tabla 1). Esta clasificación facilita la toma de decisiones en cuanto a mantenimiento y rehabilitación, permitiendo priorizar intervenciones según el grado de deterioro detectado.

Tabla 1: Rangos de calificación del PCI

Rangos de calificación del PCI		
PCI	Clasificación	Color
86-100	Excelente	
71-85	Muy bueno	
56-70	Bueno	
41-55	Regular	
26-40	Malo	
11-25	Muy malo	
0-10	Fallado	

Cálculos de PCI, para pavimentos flexibles – Calculo de unidades de muestreo

El número total de unidades de muestreo se calcula dividiendo la longitud total del tramo a intervenir entre la longitud de cada unidad de muestreo. Esta relación se expresa de manera formal en la ecuación 1

$$N = \frac{\text{Longitud tramo a estudiar}}{\text{Longitud de unidad de muestreo}} \quad (1)$$

Sin embargo, evaluar la totalidad de estas unidades representaría un consumo considerable de tiempo y recursos, lo que hace necesario optimizar el proceso sin comprometer la precisión de los resultados. Por este motivo, y en cumplimiento con lo estipulado en la norma ASTM D6433-03, se procede a calcular el número mínimo de unidades de muestreo, aplicando la Ecuación 2.

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

Selección de unidades de muestreo

Para determinar el número de muestras como espaciamiento se utiliza la Ecuación 3 y se toma la parte entera:

$$i = \frac{N}{n} \quad (3)$$

Cálculo de valor deducido

El cálculo de los valores deducidos se basa en la relación entre la densidad de la falla y su nivel de severidad, información que es representada a través de una curva de evaluación [6]. Esta representación facilita el análisis de los daños, permitiendo visualizar su distribución e incidencia en la estructura vial.

Calculo de valor deducido total

Para valores deducidos (q) mayores a dos se usará el valor deducido total (suma de valores deducidos); representada en la ecuación 4, caso contrario, se determina el número máximo de valores deducidos mediante la ecuación 1.

$$q = 1 + \frac{9}{98} * (100 - VD_{max}) \quad (4)$$

Donde q es el número máximo de valores deducidos para la unidad de muestra y VD_{max} es el valor deducido individual para las unidades de muestreo.

El máximo valor deducido corregido es el mayor de los valores obtenidos en este proceso de iteración.

Cálculo del Máximo Valor Deducido Corregido (CDV)

Se determina la cantidad de valores deducidos, q , que son mayores a 2. Los valores deducidos individuales se ordenan en forma descendente. El CDV máximo es el valor más alto entre todos los CDV calculados y se utiliza para determinar el PCI de la unidad de muestra.

2.1 Metodología

El presente estudio, de carácter aplicado, emplea el Índice de Condición del Pavimento (PCI) como herramienta de evaluación para determinar el estado del pavimento mediante inspección visual y análisis de fallas [7]. La metodología integra la recopilación y sistematización de datos obtenidos en ensayos de campo, proporcionando un diagnóstico cuantificable que permite interpretar el nivel de deterioro y su impacto en la infraestructura vial [8].

Para garantizar la validez y rigor del análisis, se realizó una revisión exhaustiva de literatura especializada, abarcando estudios técnicos, normativas y artículos científicos relevantes a nivel nacional e internacional [9]. Esta base teórica permitió establecer un marco metodológico acorde con estándares reconocidos. Adicionalmente, el estudio combinó técnicas de observación directa y análisis cuantitativo, lo que permitió contrastar la información documental con la evidencia empírica obtenida en campo [10].

El enfoque metodológico adoptado integra métodos cuantitativos y cualitativos, facilitando la evaluación tanto de los aspectos físicos y estructurales de la vía como de los datos obtenidos en laboratorio. Esta combinación metodológica no solo proporciona una evaluación precisa del pavimento, sino que también permite diseñar estrategias de mantenimiento y rehabilitación

fundamentadas en criterios técnicos, optimizando así la gestión de la infraestructura vial y promoviendo su conservación a largo plazo.

Zona de estudio

La investigación se centra en el tramo de la carretera correspondiente a la Av. Panamericana Sur, que abarca desde el Redondel Norte hasta el Redondel Sur, en el cantón El Guabo, como lo representa la figura 1. Este segmento vial se integra dentro de los ejes estratégicos de desarrollo del cantón, destacándose por su relevancia para la conectividad y movilidad de la zona.

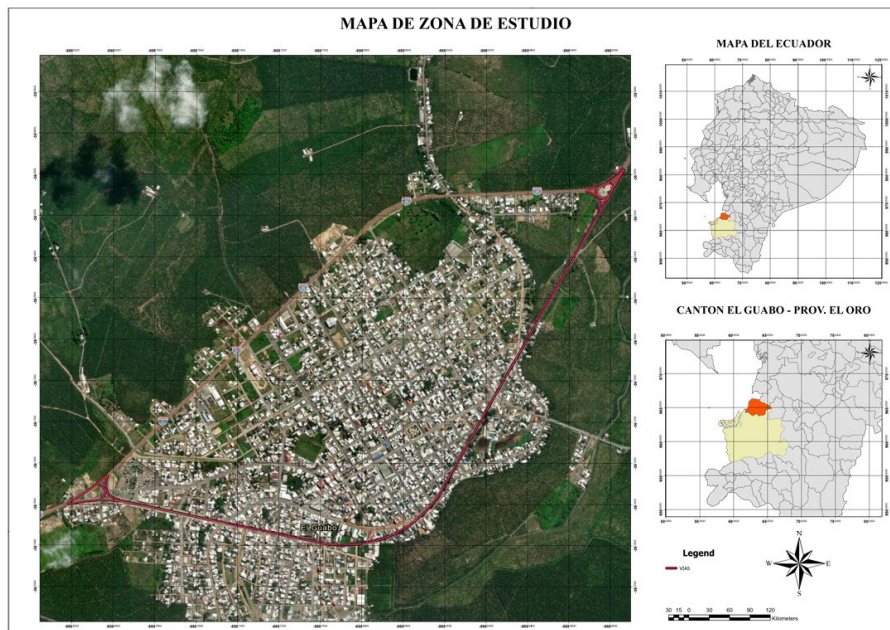


Figura 1: Mapa de zona de estudio

La aplicación de este procedimiento proporciona una valoración precisa de las condiciones estructurales y funcionales del pavimento, facilitando la toma de decisiones para el mantenimiento y rehabilitación de la vía. Al clasificar y cuantificar las fallas presentes, se establece un criterio técnico que contribuye a la gestión eficiente de la infraestructura vial, optimizando su vida útil y mejorando la seguridad para los usuarios.

3. Resultados y Discusión

El análisis exhaustivo de los niveles de servicio de las vías resulta fundamental para asegurar tanto la seguridad como la eficiencia del transporte. Además, permite planificar de manera estratégica las intervenciones y mejoras en la infraestructura vial. En este sentido, la Tabla 2 presenta un panorama general de los niveles de servicio correspondientes a los tramos inspeccionados de la Avenida Panamericana Sur. Esta información es clave para evaluar el estado actual de la carretera y fundamentar las decisiones orientadas a su mantenimiento y optimización.

El análisis exhaustivo de los niveles de servicio de las vías resulta fundamental para asegurar tanto la seguridad como la eficiencia del transporte. Además, permite planificar de manera estratégica las intervenciones y mejoras en la infraestructura vial. En este sentido, la Tabla 2 presenta un panorama general de los niveles de servicio correspondientes a los tramos inspeccionados de la Av. Panamericana Sur. Esta información es clave para evaluar el estado actual de la carretera y fundamentar las decisiones orientadas a su mantenimiento y optimización, como representa la figura 2 las fallas encontradas.



Figura 2: Fallas encontradas durante la inspección visual.

El análisis se realizó en la sección comprendida entre la intersección con el Redondel Norte, estableciendo este punto como la abscisa 0+000, y finalizando en la intersección con la Avenida Panamericana Sur (Paso Lateral), correspondiente a la abscisa 0+200, de la sección 1 del tramo. Los cálculos y la recopilación de información para una evaluación general suelen presentar desafíos, ya que se trata de un proceso complejo que no es ni rápido ni sencillo. En este contexto, la toma y evaluación de los datos de campo se organizó por tramos, considerando este procedimiento como un proceso técnico y metodológico integral.

Una vez recopiladas todas las fallas identificadas, junto con su clasificación según el tipo de daño y nivel de severidad, se procede a calcular los valores deducidos para cada una de ellas. Estos valores permiten cuantificar el impacto de las fallas en la condición del pavimento y se representan gráficamente para una mejor interpretación.

El valor promedio de PCI es 59, lo que indica que el pavimento de la Avenida Panamericana Sur, en el tramo entre el redondel Norte del cantón y el paso lateral avenida panamericana, de la sección 1 se clasifica en una condición BUENO según la evaluación la cual está representada en la tabla 3.

Una vez realizado este proceso para cada sección, se determinó los siguientes promedios para una, con valores de: 59-50,5-59,3- 61,5-47,8-41,63-34,3-84-87,33-97,3-91-84,88. Dando como resultado el valor general del tramo, de 64.02 lo que indica que el pavimento de la Avenida Panamericana Sur, desde el redondel Norte hasta el redondel sur, del cantón El Guabo, el tramo de la vía tiene una calificación de BUENO (ver tabla 2).

Tabla 2: Valores de PCI para secciones de vía a estudiar

Sección	Abscisa Inicial	Abscisa Final	PCI	Calificación	Simbología
1	0+000	0+200	59,0	Bueno	
2	0+000	0+032	50,5	Regular	
3	0+000	0+086	59,3	Bueno	
4	0+000	0+112	61,5	Bueno	
5	0+000	0+370	47,8	Regular	
6	0+000	0+2648	41,6	Regular	

7	0+000	0+528	34,3	Malo	
8	0+000	0+120	84,0	Muy Bueno	
9	0+000	0+180	87,3	Excelente	
10	0+000	0+89	97,3	Excelente	
11	0+000	0+31	91,0	Excelente	
12	0+000	0+197	54,88	Regular	
Total			64,0	Bueno	

Tabla 3: Valor de PCI general de la sección 1 de la vía a estudiar.

Tramo	Abscisa Inicial	Abscisa Final	Principales Fallas Existentes	PCI	Calificación	Simbología
1	0+000	0+030	Grieta longitudinal, Agrietamiento en bloque	75	Muy Bueno	
2	0+030	0+060	Grieta transversal - Piel de cocodrilo	49	Regular	
3	0+060	0+090	Grieta transversal - Exudación	77	Muy Bueno	
4	0+090	0+120	Grieta Longitudinal y/o Transversal	68	Bueno	
5	0+120	0+150	Grieta Longitudinal y/o Transversal	76	Muy Bueno	
6	0+150	0+180	Hueco - Grieta Transversal - Piel de cocodrilo	6	Muy Malo	
TOTAL				58,5	Bueno	

El análisis efectuado para evaluar la condición del pavimento en el tramo 1 de la sección 1 del segmento intervenido indica que su estado oscila entre bueno y muy bueno en dicha área. No obstante, a pesar de su clasificación favorable, se han identificado daños superficiales que, aunque no comprometen la estructura del pavimento, pueden generar incomodidad a los usuarios y afectar la calidad de la experiencia de conducción.

Para comprender mejor la distribución y severidad de las fallas detectadas, en la Tabla 4 se presenta un esquema detallado que resume los tipos de deterioro observados en cada tramo analizado dentro de esta sección. Esta información permite visualizar con mayor claridad las zonas afectadas y facilita la toma de decisiones para la implementación de acciones de mantenimiento preventivo, asegurando así la conservación y prolongación de la vida útil del pavimento.

Tabla 4: Fallas encontradas en cada tramo de la sección 1

	Abultamiento y hundimiento	Agrietamiento en bloque	Depresión	Grieta de borde	Grieta longitudinal y transversal	Hueco	Parche	Piel de cocodrilo	Exudación
Tramo 1		X			X				
Tramo 2					X			X	
Tramo 3					X				
Tramo 4					X				
Tramo 5					X				
Tramo 6					X	X		X	
TOTAL	0	1	0	0	6	1		2	

Contabilizando el total de fallas existente en el segmento de vía de estudio da de resultado 10 fallas, el cual se ocupa para determinar un porcentaje parcial de cada falla. Se evidencia que las fallas principales son: Grieta Longitudinal de acuerdo al (ASTM D6433, 2003) las fallas presentes en este tramo de vía de estudio se describen y son producto de las posibles causas descritas en la Tabla 5.

Tabla 5: Fallas encontradas en cada tramo de la sección 1

Falla	Descripción	Causa
Agrietamiento en bloque	Fisuras interconectadas que dividen el pavimento en piezas aproximadamente rectangulares de 30 cm x 30 cm o mayores	Contracción del concreto asfáltico y la variación diaria de temperatura
Grieta longitudinal y transversal	Paralelas o transversal al eje del pavimento	Contracción de la superficie del concreto asfáltico por cambios de temperatura
Piel de cocodrilo	Serie de fisuras interconectadas que dividen el pavimento en piezas aproximadamente rectangulares menores a 30 cm x 30 cm	Fatiga de la superficie del pavimento por repeticiones de cargas de tráfico

De acuerdo con Sabando et al. [11] la rehabilitación es la actividad necesaria que tiene la finalidad aumentar o mejorar la capacidad funcional o estructural del pavimento. Silva et al. [12] indican que es necesario una rehabilitación del pavimento para aumentar su nivel de servicio.

Coincidiendo con Aramayo et al. [13] las intervenciones de mantenimiento a las vías urbanas suelen desarrollarse sin el respaldo de un estudio técnico, es decir, sin información suficiente, basándose solamente en el conocimiento empírico. Esto genera impacto.

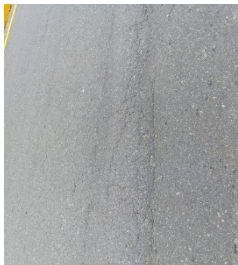
Realizar un mantenimiento preventivo y correctivo del pavimento flexible garantiza la seguridad en la movilidad y el soporte de la infraestructura vial. Por esta razón, en consonancia con Castellanos y Chaves [14] y Ríos et al. [15] es fundamental que la actividad de mantenimiento empiece por un

análisis y evaluaciones de la infraestructura vial y con base a los resultados proponer un plan de conservación adecuado para evitar: sobrecostos de operaciones y deterioro no controlado.

La evaluación superficial del pavimento arroja un PCI general de 64 y por ende una condición de la vía de BUENA, de lo cual en ciertas secciones del tramo las condiciones de la vía son críticas, por ende, un nivel de servicio de categoría C y necesita procesos leves de rehabilitación según Basil [16].

El exceso de tráfico pesado es causa principal del deterioro de los pavimentos en México, por lo tanto, han optado por el uso del Reciclado de Pavimento Asfáltico (RAP) como método para la rehabilitación [17]. En su traducción, Vásquez [18] sugiere una intervención de mantenimiento para cada falla según su severidad. Las alternativas para reparación de las 4 fallas más representativas se encuentran en la Tabla 6.

Tabla 6: Técnicas de reparación para fallas representativas

N	Fallas	Severidad	Opción de Reparación	Observación	Imagen Representativa
1	Agrietamiento en bloque	L	Sellado de grietas con ancho mayor a 30 cm. Riego de sello.	Realizar la intervención correspondiente a la falla principal	
		M	Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.	Realizar previamente la evaluación estructural	
		H	Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.		
2	Grieta longitudinal y transversal	L	Sellado de grietas de ancho mayor a 3 mm		
		M	Sellado de grietas	Realizar previamente la evaluación estructural	
		H	Sellado de grietas. Parcheo parcial.		
3	Hueco	L	Parcheo parcial.	Realizar la intervención correspondiente a la falla	

				principal	
		M	Parqueo parcial o profundo	Realizar previamente la evaluación estructural	
		H	Parceho profundo		
4	Piel de cocodrilo	L	Sello superficial. Sobrecarpeta.		
		M	Parqueo parcial o profundo. Sobrecarpeta. Reconstrucción.	Realizar previamente la evaluación estructural	
		H	Parqueo parcial o profundo. Sobrecarpeta. Reconstrucción.		

El proceso de evaluación tuvo una duración de tres días, debido a ciertos inconvenientes que surgieron durante las mediciones. Las actividades de inspección se llevaron a cabo en un horario de 14:00 a 17:00, con el objetivo de evitar las horas de mayor congestión vehicular y minimizar la interferencia en el tránsito.

Algunas fallas en el pavimento son difíciles de evitar o prevenir por completo, como ocurre con la piel de cocodrilo o las grietas superficiales. En casos donde estas fallas presentan baja severidad, no siempre es necesario intervenir de inmediato, a menos que su evolución comprometa la estabilidad de la vía. Sin embargo, es fundamental identificar y abordar las causas subyacentes que contribuyen a su aparición, como la acumulación progresiva de daños o deficiencias en el drenaje, para evitar su avance y deterioro acelerado.

Cuando las fallas alcanzan un nivel de alta severidad, es recomendable realizar una evaluación estructural para determinar si el problema tiene origen en fallas más profundas de la infraestructura vial. Cabe destacar que este estudio se enfoca en proponer alternativas de mantenimiento vial dirigidas específicamente a la superficie del pavimento flexible Aldás et al. [19], buscando soluciones que prolonguen su vida útil y optimicen su desempeño.

Las estrategias de mantenimiento recomendadas, que se detallan en el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador [20] Capítulo IV, han sido diseñadas en función de las fallas identificadas en el tramo de la Avenida Panamericana Sur, garantizando que las intervenciones sean adecuadas para las condiciones específicas de la vía (ver tabla 7).

Tabla 7: Técnicas de reparación para fallas representativas

TRATAMIENTOS	DESCRIPCION
Fresado	Remueve el pavimento asfáltico por medio de un cortador giratorio con la finalidad de colocar la nueva mezcla en una superficie uniforme
Reciclado de pavimento asfálticos	Se retira las capas asfálticas superficiales deterioradas o envejecidas con la finalidad de reparar y rejuvenecer las capas asfálticas inferiores [21].
Reconstrucción	Remoción completa o parcial del pavimento. Se usa cuando se obtiene índices muy bajos y es una actividad costosa.
Parcheo en superficie de rodadura asfáltica	Reparación manual de áreas pequeñas deterioradas. Se realiza con mezcla asfáltica en frío o caliente
Sellado de arena	Colocación inmediata de emulsión asfáltica cuando se ha presentado una rotura por extensión y compactación de una capa delgada
Tratamiento superficial	Aumenta la rugosidad del pavimento, lo rejuvenece y lo impermeabiliza
Sobre capa asfáltica	Corrige deficiencia en el pavimento, aumenta su resistencia estructural y al deslizamiento, aumentando el confort a la circular

La Tabla 7 presenta los tipos de tratamientos sugeridos para cada tramo del pavimento flexible en la Av. Panamericana sur desde el redondel norte hasta el redondel sur, del cantón El Guabo, basados en el valor del Índice de Condición del Pavimento (PCI) calculado. Esta información resulta fundamental para identificar y tratar los distintos deterioros que afectan cada segmento de la vía, facilitando una gestión eficiente del pavimento con el propósito de prolongar su vida útil y funcionalidad.

4. Conclusiones

Para llevar a cabo la evaluación del pavimento en la Av. Panamericana Sur, fue fundamental recopilar información a partir de diversas fuentes bibliográficas que respaldaran el uso de metodologías adecuadas. En este proceso, se identificó al Índice de Condición del Pavimento (PCI) como una de las herramientas más utilizadas para determinar el estado superficial de las carreteras. Este método, ampliamente reconocido en la ingeniería vial, permitió estructurar la evaluación del tramo comprendido entre el Redondel Norte y el Redondel Sur, en el cantón El Guabo, asegurando que el análisis se realizara con base en criterios técnicos establecidos.

La recopilación de información no solo permitió conocer los procedimientos más efectivos para valorar el estado del pavimento, sino que también facilitó la aplicación de estándares internacionales, como los descritos en la norma ASTM D6433-03. Gracias a ello, fue posible desarrollar una metodología precisa y estructurada que garantizara un diagnóstico confiable del tramo en estudio. Este enfoque basado en referencias técnicas asegura que los resultados obtenidos sean comparables con otros estudios similares, proporcionando una base sólida para la toma de

decisiones en cuanto a mantenimiento y rehabilitación vial.

El análisis del estado del pavimento mediante el Índice de Condición del Pavimento (PCI) evidenció un deterioro significativo dentro los tramos más afectados. Los resultados generales mostraron que la vía se encuentra en condiciones buena, con valores que determinan daños moderados, que requieren atención a mediano plazo, en base a una inspección visual, se identificaron diversas fallas, entre ellas grietas longitudinales, baches y el característico daño en piel de cocodrilo, lo que indica un desgaste progresivo que compromete la seguridad y comodidad de quienes transitan por la zona. Estos problemas no solo afectan la experiencia de conducción, sino que también incrementan el riesgo de accidentes y daños a los vehículos.

Dado el nivel de deterioro registrado, en la sección más crítica, se hace evidente la necesidad de implementar acciones de mantenimiento correctivo y preventivo. La falta de intervención podría agravar las fallas existentes, acelerando el desgaste del pavimento y elevando los costos de rehabilitación en el futuro. Por ello, es crucial aplicar medidas que permitan mejorar las condiciones de la vía y prolongar su vida útil, garantizando así una infraestructura más segura y eficiente para los usuarios.

A partir de los resultados obtenidos en la evaluación del pavimento, se identificaron diversas estrategias para mejorar las condiciones de la Av. Panamericana Sur. Entre las opciones más viables se encuentran el bacheo superficial para corregir daños puntuales, el sellado de grietas para evitar filtraciones que aceleren el deterioro y el fresado en las zonas más afectadas con el objetivo de renovar la superficie de rodadura. Estas medidas deben aplicarse de manera prioritaria en los sectores con mayores fallas, garantizando así una intervención eficiente que prolongue la vida útil de la vía y reduzca los costos de futuras reparaciones.

Por lo tanto, en algunos tramos donde el deterioro es más severo, estas soluciones pueden no ser suficientes. Por ello, es recomendable realizar un análisis estructural más detallado para determinar si es necesaria una rehabilitación integral del pavimento. La correcta ejecución de estas intervenciones no solo mejorará la seguridad de los conductores y peatones, sino que también permitirá optimizar la fluidez del tránsito en la zona. Contar con una vía en mejores condiciones facilitará el desarrollo local y reducirá los riesgos asociados a la circulación en una carretera en mal estado.

Conclusiones deben ser redactadas a párrafo único y solo deben limitarse a las conclusiones fundamentales que resultaron del trabajo acorde a los objetivos planteados. No deben incluirse en este acápite ni discusión de resultados ni referencias bibliográficas.

Referencias

- [1] B. Oblitas, I. Medina y C. Paredes, «Índice de regularidad internacional e índice de condición de pavimento para definir niveles de serviciabilidad de pavimentos,» *Iteckne*, vol. 18, n° 2, pp. 1-6, 25 06 2021.
- [2] H. González, P. Ruiz y D. Guerrero, «Propuesta de metodología para la evaluación de pavimentos mediante el Índice de Condición del Pavimento (PCI),» *Ciencia en su PC*, vol. 1, n° 4, pp. 1-16, 03 2020.
- [3] J. Pinatt, M. Chicati, J. Ildefonso y C. D'arce, «Evaluation of pavement condition index by different methods: Case study of Maringá, Brazil,» *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, vol. 4, 2020.
- [4] J. Huamani, O. Rimayhuaman y X. Tito, «Influencia del Mantenimiento Vial y Satisfacción

- del Usuario,» *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 6, nº 5, pp. 1876-1896, 2022.
- [5] L. Fuentes, K. Taborda, X. Hu, E. Horak, T. Bai y L. Walubita, «A probabilistic approach to detect structural problems in flexible pavement sections at network level assessment,» *International Journal of Pavement Engineering*, vol. 23, nº 6, pp. 1867-1880, 2022.
- [6] A. Andrade y G. Castillo, «Efectos de la variabilidad de los datos iniciales en el índice de condición del pavimento y predicción de su deterioro,» *Revista Digital Novasinergia*, vol. 4, nº 1, 2021.
- [7] M. Ahmed, R. Kumar y S. Zhang, «A Comparative Study of Pavement Condition Index (PCI) Assessment Methods for Highway Maintenance. ,» *Journal of Infrastructure Systems*, 2022.
- [8] T. L. C. Torres y P. S. P. Muñoz, «Assessment of a flexible pavement applying the Pavement Condition Index - PCI method.,» *ITECKNE*, 2023.
- [9] V. Salviatto y H. Barbosa, «Index for assessing the condition of flexible urban pavements based on a constructivist multicriteria analysis,» *Revista Ingeniería de Construcción RIC*, 2020.
- [10] M. K. Mora Valverde, J. P. Aguiar Moya, M. Jiménez Acuña y W. Sequeira Rojas, «Análisis de la variabilidad asociada a ensayos de fatiga en mezclas asfálticas.,» *Infraestructura Vial*, 2021.
- [11] B. S. B. Solis, «Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la carretera puerto-aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de Manabí,» *Dominio de Las Ciencias*, 2020.
- [12] A. Silva, O. Daza, L. López, A. Silva, O. Daza y L. López, «Pavement Management Based on Geographic Information Systems (gis): A Review,» *Ingeniería Solidaria*, vol. 14, nº 26, 2018.
- [13] L. Aramayo, C. Silva y H. Fontenele, «Escala visual para evaluación de pavimentos urbanos:una validación en oficina,» *Revista ingeniería de construcción*, vol. 34, nº 1, 2019.
- [14] M. P. Montes de Oca Hidalgo, W. Sequeira Rojas, T. Ávila Esquivel y J. P. Aguiar Moya, «Evaluación del desempeño de los pavimentos rígidos en Costa Rica,» *Infraestructura Vial*, 2021.
- [15] A. Smith, B. Johnson y C. Lee, «Evaluation of Pavement Condition Index (PCI) for Urban Road Networks Using GIS-Based Approaches.,» *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 2021.
- [16] R. Hasubuan y M. Sejahtera Surbakti, «Estudio de la relación del Índice de Condición del Pavimento (PCI) con el Índice Internacional de rugosidad (IRI) en pavimentos flexibles.,» *EcoSciencies*, 2019.
- [17] R. García, L. Medina y J. Alba, «Indicaciones sobre la evaluación de la infraestructura de carreteras para Cuba,» *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, nº 3, pp. 1-2, 2021.
- [18] L. Vásquez, Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, INGEPAV, 2002.
- [19] M. Aldás, R. Acosta, A. Frías y B. López, «Road maintenance model, with flexible pavement in the central zone of Ecuador,» *Ciencia Digital*, vol. 8, nº 2, 2024.
- [20] Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, «Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes,» 2002.
- [21] H. Li, N. Fang, X. Wang, C. Wu y Y. Fang, «Evaluation of the coordination of structural layers in the design of asphalt pavement.,» *Applied Sciences (Switzerland)*, 2020.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Angello Guerra Gaona. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2754-2299>

Participó en la conceptualización y sistematización de ideas; formulación de la fundamentación teórica; recopilación de datos; conclusiones; redacción del manuscrito original.

Adrián Añazco Campoverde. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9071-1601>

Participó en el análisis de resultados, la revisión crítica de su contenido, en la aprobación final y en la administración del proyecto

Paúl Añazco Campoverde. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8981-3769>

Participó en el diseño de la investigación, la revisión crítica de su contenido y en la aprobación final.

Yudy Medina Sanchez. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9145-032X>

Conceptualización y sistematización de ideas; recopilación y análisis de datos; revisión y perfeccionamiento de las versiones.