



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Análisis de patología del pavimento de la Av. Panamericana Sur desde el redondel norte hasta el redondel sur, Cantón El Guabo, provincia de El Oro.**

**GUERRA GAONA ANGELLO ISRAEL  
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Análisis de patología del pavimento de la Av. Panamericana Sur  
desde el redondel norte hasta el redondel sur, Cantón El Guabo,  
provincia de El Oro.**

**GUERRA GAONA ANGELLO ISRAEL  
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTOS TÉCNICOS**

**Análisis de patología del pavimento de la Av. Panamericana Sur  
desde el redondel norte hasta el redondel sur, Cantón El Guabo,  
provincia de El Oro.**

**GUERRA GAONA ANGELLO ISRAEL  
INGENIERO CIVIL**

**AÑAZCO CAMPOVERDE GILBERT ADRIAN**

**MACHALA  
2024**

# GUERRA GAONA ANGELLO ISRAEL

**7%**  
Textos  
sospechosos



**5% Similitudes**  
0% similitudes entre comillas  
< 1% entre las fuentes  
mencionadas  
2% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: GUERRA GAONA ANGELLO ISRAEL.pdf  
ID del documento: 00a850f96555b86c936b32010e1dae40319cc863  
Tamaño del documento original: 5,76 MB  
Autor: Angello Israel Guerra Gaona

Depositante: GILBERT ADRIAN AÑAZCO CAMPOVERDE  
Fecha de depósito: 4/2/2025  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 4/2/2025

Número de palabras: 22.184  
Número de caracteres: 153.644

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<b>repositorio.utmachala.edu.ec</b> http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/19273/1/TESIS TENE NARVAEZ CRISTOBAL L... 3 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (306 palabras)
2	<b>repositorio.utmachala.edu.ec</b> https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/22628/1/Ocampo Armijos, Angel 02.pdf 5 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (311 palabras)
3	<b>www.competencias.gob.ec</b> https://www.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2021/03/03-COPFP-CODIGO_PLANIFICACI... 15 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (152 palabras)
4	<b>repositorio.puce.edu.ec</b>   Mg and Ni nano-hydratcites modified with gold nanopar... https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/4850	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (72 palabras)
5	<b>editorialibkn.com</b> https://editorialibkn.com/index.php/Yachasun/article/view/404	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (62 palabras)

## Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<b>repositorio.upt.edu.pe</b> https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/3867/Chara-Alave-Limache-Quisp...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (29 palabras)
2	<b>hdl.handle.net</b>   Cálculo del índice de condición del pavimento de la Av. Colectora e... https://hdl.handle.net/11042/5786	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (27 palabras)
3	<b>doi.org</b> https://doi.org/10.14483/2322939X.16227	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (25 palabras)
4	<b>Documento de otro usuario</b> #7af6d1 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (22 palabras)
5	<b>dspace.ucuenca.edu.ec</b>   "Gestión sostenible del pavimento rígido y flexible de las p... http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/40261	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)

## Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i2.2978
- https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181358738015
- https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8090270
- https://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales-2010-2020/
- https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web

## **CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL**

El que suscribe, GUERRA GAONA ANGELLO ISRAEL, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Análisis de patología del pavimento de la Av. Panamericana Sur desde el redondel norte hasta el redondel sur, Cantón El Guabo, provincia de El Oro., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



**GUERRA GAONA ANGELLO ISRAEL**

0704245307

## **DEDICATORIA**

Este trabajo es el reflejo de esfuerzo, constancia y dedicación, pero, sobre todo, del amor y apoyo incondicional de quienes han estado a mi lado en cada etapa de este camino. A todas aquellas personas que confiaron en mí, que fueron mi fortaleza en los momentos difíciles y que, con sus palabras de aliento, me impulsaron a seguir adelante, les dedico con gratitud cada logro alcanzado.

En especial, a mis padres, mis abuelas, quienes han sido mi mayor inspiración y pilar fundamental a lo largo de mi formación profesional. Gracias a su amor, sacrificio y apoyo inquebrantable, hoy veo materializado este sueño. Sus palabras de motivación y su confianza en mis capacidades fueron la luz que iluminó mi camino cuando las dificultades parecían insuperables. A ellos les debo no solo mi educación, sino también los valores y la determinación que me han llevado hasta aquí. Este logro no es solo mío, sino también suyo, porque sin su amor y guía, este momento no sería posible. Gracias por enseñarme a creer en mí y a nunca rendirme.

**Angello Israel Guerra Gaona.**

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres, César Guerra y Elsa Gaona, quienes con amor, esfuerzo y sacrificio me han brindado todo lo necesario para alcanzar este logro. Su apoyo incondicional ha sido mi mayor motivación para seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. A mis queridas hermanas, Sofía y Julia Guerra, por estar siempre a mi lado, brindándome su cariño y apoyo en cada desafío.

También quiero agradecer a mis amigos y familiares, quienes han sido mi compañía, mi refugio y mi impulso en esta etapa. A Dilmer Morocho, Miguel Niemes, Kerly Tigre y George Pérez, por su amistad sincera y su apoyo constante. A mis primos Joshue Farez y Wilson Zhicay, mis tías Karina, Yadira y Patricia Gaona, así como a mi tía paterna Fernanda Guerra, quienes con su afecto y respaldo han sido parte fundamental de este proceso.

Extiendo mi gratitud a todos mis profesores, quienes, con su enseñanza, han contribuido a mi formación académica y profesional, ayudándome a desarrollar habilidades, valores y un pensamiento crítico que llevaré conmigo a lo largo de mi vida. En especial, agradezco al Ing. Gilbert Adrián Añazco Campoverde, Mgs, tutor de este trabajo de titulación, por su paciencia, dedicación y orientación, que han sido clave en el desarrollo de esta investigación.

Por último, quiero dedicar un agradecimiento especial a Dayanna Naula, quien ha sido una parte fundamental en mi vida. Su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y su confianza en mí han sido una fuente de inspiración y motivación para seguir esforzándome y alcanzar mis metas.

A todos los que han sido parte de este camino, gracias de corazón.

**Angello Israel Guerra Gaona**

## 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 claves:** Pavimento, PCI, fallas, calidad de vía.



## 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.

Key words: Pavement, PCI, failures, road quality.

## Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN .....	11
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	13
1.1. Línea Base del Proyecto .....	13
1.1.1. Caracterización Territorial de El Guabo.....	13
1.1.2. Datos de Población. ....	14
1.1.3 Situaciones turísticas y sociales.....	14
1.1.4 Educación y salud.....	15
1.1.5 Cobertura de servicios básicos.....	16
1.1.6 Ordenamiento territorial .....	19
1.1.7. Hidrografía .....	20
1.1.8. Uso del suelo .....	22
1.1.9 Amenaza sísmica .....	23
1.2 Descripción de la situación problemática .....	24
1.3. Formulación del problema .....	25
1.4. Delimitación del objeto de estudio.....	25
1.5. Justificación.....	26
1.6. Objetivos .....	27
1.6.1 Objetivo General .....	27
1.6.2 Objetivos Específicos .....	27
CAPITULO II: MARCO TEORICO .....	28
2.1 Antecedentes contextuales. ....	28
2.1.1 Macro.....	28
2.1.2 Meso .....	29
2.1.3 Micro .....	29
2.2 Antecedentes conceptuales.....	30

2.2.1 Carreteras.....	30
2.2.2 Vías urbanas .....	30
2.2.3 Pavimentos .....	30
2.2.4 Pavimento flexible.....	31
2.2.5 Deterioro del pavimento flexible.....	32
2.2.6 Índice de condición del pavimento (PCI).....	32
2.2.7. Tipos de fallas del Índice de condición del pavimento (PCI) .....	33
2.2.8 Severidad .....	34
2.2.9 Clasificación de unidad de muestra.....	34
2.3 Marco Referencial.....	35
<b>CAPITULO III: METODOLOGÍA .....</b>	<b>38</b>
3.1. Modalidad de investigación .....	38
3.2. Tipo de investigación .....	38
3.3 Objeto de estudio.....	38
3.4 Descripción de la población y muestra .....	39
3.4.2 Tamaño de muestra.....	39
3.5 Materiales y métodos .....	39
3.5.1 Métodos empíricos con los materiales utilizados.....	39
3.5.2 Materiales e instrumentos.....	39
3.5.3 Procedimiento para la evaluación del pavimento flexible mediante el método de Índice de Condición del Pavimento PCI.....	40
3.5.3.9 Curva de valores deducidos según cada tipo de fa .....	45
3.5.4. Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m) .....	49
<b>CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>52</b>
4.1. Determinación del índice del estado del pavimento .....	52
4.1.1 Longitud de unidad de muestra.....	52
4.1.2 Unidades de muestreo.....	53

4.1.3 Selección unidades de muestreo .....	54
4.1.4 Resultados de la unidad de muestra 1 .....	55
CONCLUSIONES .....	70
RECOMENDACIONES.....	72
BIBLIOGRAFÍA .....	74
ANEXOS .....	79

## Índice de Tablas

Tabla 1. Población del cantón El Guabo.....	14
Tabla 2. Tipo de servicios higiénico o escusado .....	16
Tabla 3. Procedencia principal del agua recibida .....	18
Tabla 4. Subcuencas Hidrográficas del cantón El Guabo.....	22
Tabla 5. Uso del suelo de la Provincia de El Oro .....	22
Tabla 6. Tipo de fallas pavimento flexible (PCI) .....	33
Tabla 7. Clasificación de severidad .....	34
Tabla 8. Rangos de calificación del PCI.....	34
Tabla 9. Longitudes De Muestreo Asfáltica .....	42
Tabla 10. Ficha de registro de fallas .....	43
Tabla 11. Ficha de registro de Valores Deducidos .....	50
Tabla 12. Máximo Valor Deducido Corregido .....	51
Tabla 13. Inventario de Fallas existentes.....	56
Tabla 14. Cálculo de valores deducidos en el Tramo 1 .....	59
Tabla 15. Cálculo de los valores corregidos CDV y CDV Max en el Tramo 1.....	60
Tabla 16. Resumen de PCI en las 6 unidades de muestras .....	61
Tabla 17. Resumen de PCI en las 6 unidades de muestras .....	62
Tabla 18. Fallas encontradas en cada tramo de la sección 1.....	63
Tabla 19. Fallas encontradas en cada tramo de la sección 1.....	64
Tabla 20. Nivel de servicio e intervención de propuesta.....	65
Tabla 21. Alternativa 1. Técnicas de reparación para fallas representativas.....	66
Tabla 22. Alternativa 2. Técnicas de reparación para fallas representativas.....	68

## Índice de Figuras

Ilustración 1. Territorio del cantón El Guabo .....	13
Ilustración 2. Uso de la tierra del cantón El Guabo .....	15
Ilustración 3. Área de biosfera macizo de El Cajas .....	21
Ilustración 4. Árbol de problemas.....	25
Ilustración 5. Zona de estudio.....	26
Ilustración 6. Curva de Valor Deducido de Grieta longitudinal y transversal .....	45
Ilustración 7. Curva de Valor Deducido de Depresión .....	45
Ilustración 8. Curva de Valor Deducido de Piel de Cocodrilo.....	46
Ilustración 9. Curva de Valor Deducido de Agrietamiento en bloque .....	46
Ilustración 10. Curva de Valor Deducido de Hueco .....	47
Ilustración 11. Curva de Valor Deducido de Abultamiento y hundimiento .....	47
Ilustración 12. Curva de Valor Deducido de Parcheo.....	48
Ilustración 13. Curva de Valor Deducido de Grieta de borde.....	48
Ilustración 14. Curva de Valores Deducidos Corregidos .....	51
Ilustración 15. Representación de muestras a inspeccionar .....	55
Ilustración 16. Ubicación de muestra 1 de la sección 1 en la vía de estudio .....	55
Ilustración 17. Zona de análisis de muestra 1 de la sección 1.....	56
Ilustración 18. Representación gráfica del valor deducido de Grieta Longitudinal en el Tramo 1 sección 1.....	56
Ilustración 19. Representación gráfica del valor deducido de Agrietamiento de bloque en el Tramo 1 sección 1.....	58
Ilustración 20. Valor de deducción corregido CDV en el Tramo 1 .....	59

## Tabla de Ecuaciones

Ecuación 1.....	53
Ecuación 2.....	54
Ecuación 3.....	54
Ecuación 4.....	58
Ecuación 5.....	60

## INTRODUCCIÓN

Las vías de comunicación son un pilar fundamental para el desarrollo económico, social y cultural, tanto a nivel global como en el contexto nacional. Para garantizar un transporte seguro y eficiente, es esencial realizar un mantenimiento periódico de la infraestructura vial. En este sentido, la evaluación del pavimento juega un papel clave dentro de la gestión vial, permitiendo identificar el estado de la superficie y su estabilidad estructural.

Existen diversos métodos de evaluación del pavimento, entre ellos el Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI), que mide el nivel de serviciabilidad de la vía, y el Índice de Condición del Pavimento (PCI), el cual clasifica las fallas según su tipo y severidad, considerando 19 categorías de defectos en la capa de rodadura. Además, el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) permite analizar la regularidad de la superficie vial. Las carreteras, consideradas la columna vertebral del transporte terrestre, son esenciales para la movilidad, el comercio y el crecimiento de las comunidades, por lo que su conservación y evaluación constante resultan indispensables.

El pavimento, como componente principal para la integración de las carreteras, está diseñado teniendo en cuenta factores como el tráfico y la vida útil. Por ende, su mantenimiento y reparación periódicos son necesarios, para determinar el nivel de mantenimiento adecuado, es esencial basarse en la información obtenida de estudios del estado del pavimento (De La Cruz, Ibañez, & Coaquira, 2022).

En la actualidad, existen varios métodos tanto destructivos como no destructivos para evaluar el pavimento. Entre estos últimos, se destacan el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), el método VIZIR para pavimentos asfálticos, el Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI) y el Índice de Condición del Pavimento (PCI), siendo este último el método seleccionado para la aplicación en el presente trabajo.

El trabajo se organiza en cuatro capítulos, comenzando con el primero que aborda los antecedentes y la contextualización del cantón El Guabo como el lugar donde se lleva a cabo el estudio. Este capítulo incluye el diagnóstico del objeto de estudio para la formulación del problema, la definición de los objetivos y la justificación. La delimitación del objeto de estudio se centra específicamente en la zona de pavimento flexible (González & Contreras, 2022).



El segundo capítulo está dedicado al marco teórico, donde se presentan las definiciones y conceptos clave relacionados con la evaluación del pavimento. Su propósito es brindar al lector una comprensión clara de la metodología utilizada, proporcionando un contexto sobre estudios previos y problemáticas similares. Además, se expone el enfoque metodológico desde una perspectiva macro, meso y micro, permitiendo un análisis estructurado del tema.

La organización del trabajo busca ofrecer una base sólida, abordando aspectos históricos, geográficos, conceptuales y metodológicos que sustentan la investigación. Cada capítulo está diseñado para contribuir a la comprensión progresiva del estudio, garantizando una visión integral y coherente sobre el estado del pavimento en el cantón El Guabo y los procedimientos empleados para su evaluación.

El tercer capítulo está enfocado en la metodología utilizada para la evaluación del pavimento. Se detalla el tamaño de la muestra, los materiales empleados y las fichas diseñadas para registrar la información. Además, se describe el procedimiento aplicado, desde la recolección de datos en campo, que incluye la medición de fallas y el registro fotográfico, hasta el cálculo del PCI, con el fin de determinar el estado superficial del pavimento analizado.

En el último capítulo, se presenta la aplicación práctica del método PCI, evaluando las unidades de muestreo, determinando los valores deducidos y clasificando la condición del pavimento. También se lleva a cabo la interpretación de los datos obtenidos, identificando las fallas más representativas. Finalmente, se plantean estrategias de mantenimiento y rehabilitación basadas en los resultados del análisis, con el objetivo de optimizar la infraestructura vial y mejorar las condiciones de tránsito en la zona estudiada.

## CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

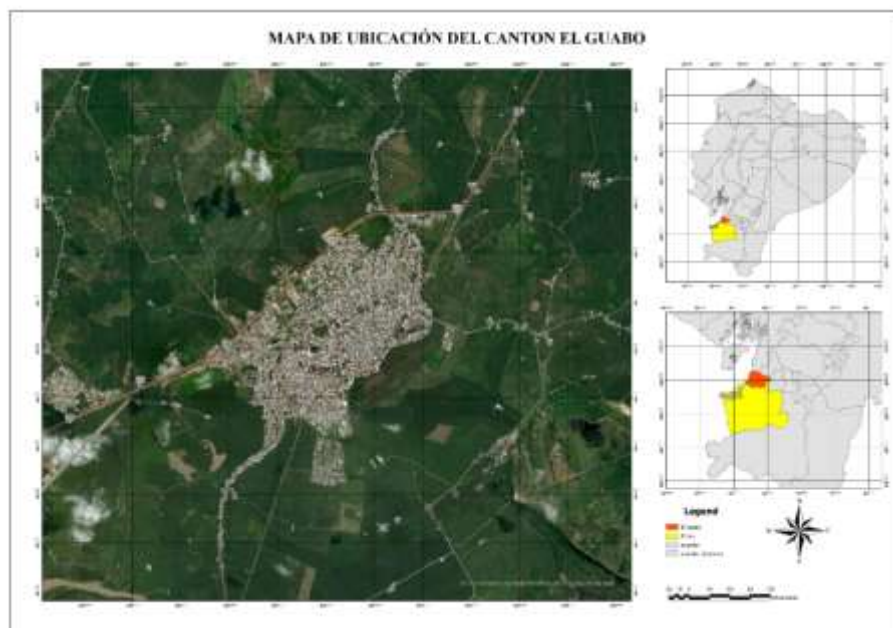
### 1.1. Línea Base del Proyecto

#### 1.1.1. Caracterización Territorial de El Guabo

Este proyecto tiene como objetivo realizar un análisis detallado del estado superficial del pavimento en la Avenida Panamericana Sur, ubicada en el cantón El Guabo, provincia de El Oro, Ecuador. Esta vía ha sido identificada como un punto crítico debido a su deterioro progresivo, lo que afecta la movilidad vehicular y pone en riesgo la seguridad de los usuarios. La inestabilidad del pavimento dificulta la circulación y aumenta la probabilidad de accidentes, por lo que es fundamental evaluar su condición actual y definir las acciones correctivas necesarias.

Como parte del estudio, se desarrollará una base de datos integral que recopilará información clave sobre los factores que contribuyen al deterioro de la vía. Este registro permitirá un análisis más preciso del problema, facilitando la identificación de sus causas principales y la formulación de estrategias efectivas para su rehabilitación y mantenimiento. Con ello, se busca mejorar la infraestructura vial, optimizar las condiciones de tránsito y seguridad, y garantizar una vía más funcional y duradera para sus usuarios.

#### **Ilustración 1.** Territorio del cantón El Guabo



**Fuente:** Elaborado por autor.

La imagen muestra que la zona urbana se encuentre rodeada por dos áreas productivas como son camaroneras y bananeras, no obstante, tiene un aspecto mediterráneo, a excepción de la parroquia Tendales que está rodeado por manglares los cuales ocupan gran parte de área del cantón.

### ***1.1.2. Datos de Población.***

El Guabo es un cantón de la Provincia de El Oro en Ecuador. Su cabecera cantonal es la ciudad de El Guabo. Su población según el PDOT 63.645 habitantes. Según (Municipio de El Guabo, 2020), en el PDOT (Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial) la ciudad cuenta con una superficie territorial de aproximadamente 57.996,30 Ha y está dividida en 5 parroquias las cuales son: El Guabo, Barbones, La Iberia, Río Bonito y Tendales.

El Área Urbana del Cantón 24520.11 tiene una población aproximada de personas, que representa el 42.9 % del Cantón y el Área Rural (Zonas Rurales: Parroquia Barbones, La Iberia, Río Bonito y Tendales), el 57.10% (Municipio de El Guabo, 2020).

**Tabla 1.** Población del cantón El Guabo

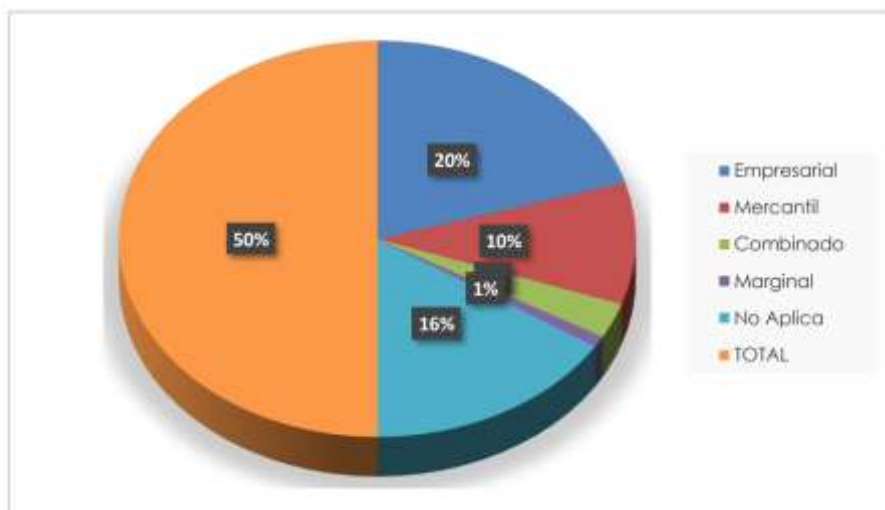
<b>Sexo</b>	<b>Área Urbana</b>	<b>Área rural</b>	<b>Total</b>
<b>Hombre</b>	136.234	5.676	<b>141.910</b>
<b>Mujer</b>	141.341	5.889	<b>150.196</b>
<b>Total</b>	<b>277.575</b>	<b>11.566</b>	<b>289.141</b>

**Fuente:** Elaborado con información del Instituto Nacionales de Estadísticas y Censos del Ecuador (INEC, 2010).

### ***1.1.3 Situaciones turísticas y sociales***

La dinámica turística en el cantón El Guabo refleja una variabilidad notoria en términos del perfil de los visitantes tanto a nivel provincial como local. Esta variabilidad se evidencia en las actividades turísticas llevadas a cabo en el cantón, según los datos recopilados durante el Censo Económico de 2010 (Municipio de El Guabo, 2020).

## Ilustración 2. Uso de la tierra del cantón El Guabo



**Fuente:** Elaborado con información del MAGAP (2015).

### 1.1.4 Educación y salud

El acceso a educación y salud es un pilar fundamental para el bienestar y desarrollo de la población. En el área rural del cantón El Guabo, los niveles educativos presentan notables diferencias, predominando la educación básica, que abarca el 36,13% de los habitantes, mientras que la educación media tiene una cobertura significativamente menor, alcanzando solo el 1,75%.

El cantón dispone de 46 centros educativos, los cuales atienden aproximadamente a 14.080 estudiantes, con un promedio de 198 alumnos por institución. Sin embargo, este dato puede no reflejar con exactitud la cobertura real, ya que no toda la población en edad escolar asiste a un centro educativo. Mejorar el acceso y la calidad de la educación sigue siendo un desafío clave para el desarrollo integral del cantón.

En cuanto a la infraestructura de salud, El Guabo cuenta con 15 establecimientos que incluyen Centros y Subcentros de Salud, un Hospital, Dispensarios Médicos y Policlínicos. El 60% de estos servicios se encuentran en el área urbana, lo que resalta la necesidad de fortalecer la atención en las zonas rurales. La Red Integral de Salud se organiza en distintos niveles, donde cada unidad brinda atención de acuerdo con su capacidad, garantizando una cobertura más eficiente y accesible para la población (PDOT Guabo, 2020).

La tipología de los establecimientos de salud según su capacidad resolutoria está definida por los Acuerdos Ministeriales N° 12, 03, 318 y 1484. Estos acuerdos establecen cuatro niveles de atención, siendo un conjunto de establecimientos de salud organizados bajo un marco jurídico, legal y normativo. Este enfoque se basa en la capacidad resolutoria de cada nivel para satisfacer las necesidades de salud de la población.

En el contexto de la zona 7, que abarca El Oro, Loja y Zamora, se encuentran 19 distritos, siendo El Guabo parte del Distrito 07D01. A continuación, se desarrollará un análisis más detallado de los sistemas principales que caracterizan la red social de salud en esta área.

### **1.1.5 Cobertura de servicios básicos**

#### **1.1.5.1 Sistema de alcantarillado.**

Con base en la información recopilada durante el Censo de Población y Vivienda 2010, se observa una variación espacial en la cobertura del sistema de alcantarillado en la ciudad de El Guabo. En el área central, que coincide con la zona consolidada, la cobertura oscila entre el 85% y el 99%. Por otro lado, en las barriadas ubicadas en el noreste y suroeste, la cobertura se sitúa entre el 45% y el 80%. Sin embargo, hacia las áreas más periféricas del noreste, norte y sur, la cobertura es prácticamente inexistente, generando repercusiones significativas en el saneamiento y la calidad ambiental urbana (Municipio de El Guabo, 2020).

De acuerdo con los datos del Censo de Población y Vivienda, el cantón El Guabo enfrenta un déficit del 49,20% en la cobertura de alcantarillado, como se ilustra en el cuadro siguiente. Se reconoce la dificultad de dotar de esta infraestructura al sector rural, dada su alta dispersión que eleva los costos a niveles prácticamente inmanejables para la municipalidad (Municipio de El Guabo, 2020). En este contexto, se hace imperativa la implementación de una política diferenciada que aborde las necesidades específicas de diversas zonas y sectores poblacionales.

**Tabla 2.** Tipo de servicios higiénico o escusado

<b>Tipo de servicio</b>	<b>Casos</b>	<b>%</b>	<b>Acumulado %</b>
<b>higiénico o escusado</b>			
1.- Conectado a red	9.918	50.08%	<b>50.08%</b>

pública de alcantarillado			
2.- Conectado a pozo séptico	5.864	29.61%	<b>79.69%</b>
3.- conectado a pozo ciego	1.778	8.98%	<b>88.67%</b>
4.- Con descarga directa al mar, río, lago o quebrada	432	2.18%	<b>90.85%</b>
5.- Letrina	386	1.95%	<b>92.80%</b>
6.- No tiene	1.426	7.20%	<b>100.00%</b>
<b>Total</b>	<b>19.805</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>

**Fuente:** Elaborado con información del INEC (2017).

Los datos mencionados en el censo claramente han evolucionado a lo largo del tiempo, como indica la información proporcionada por el Municipio de El Guabo (2020). Según este, la población ocupada en el área rural se involucra predominantemente en el sector primario, abarcando actividades como la agricultura, la ganadería, la silvicultura y la pesca, representando un significativo 72,84% de la población rural del cantón, es decir, más de la mitad de la misma (Municipio de El Guabo, 2020).

Por otro lado, un 3,94% se dedica al sector secundario, que incluye la industria manufacturera y áreas vinculadas al suministro de electricidad, gas, vapor y construcción de alcantarillado. El restante 15,84% se dedica al sector terciario, destacando la importancia de actividades comerciales al por mayor y menor. El desafío de la eliminación de residuos líquidos se intensifica, ya que la mayor parte de estos residuos se vierten en cuerpos de agua sin el adecuado tratamiento previo (Municipio de El Guabo, 2020).

#### **1.1.5.2. Abastecimiento de agua potable**

Según el Censo de Población y Vivienda de 2010, la disponibilidad de agua para consumo humano en El Guabo presenta características específicas. En 2013, como parte de la primera fase del proyecto integral de abastecimiento de agua, se construyó una planta potabilizadora destinada a mejorar el suministro en la zona. La segunda fase de este

proyecto contempla el reemplazo de tuberías de asbesto cemento por tuberías de hierro dúctil, con el objetivo de optimizar la infraestructura y garantizar un servicio más eficiente. Actualmente, la planta potabilizadora tiene la capacidad de abastecer a 32.000 habitantes, incluyendo tanto a la cabecera cantonal como a las parroquias Barbones y La Iberia, contribuyendo así al acceso a agua potable en la región (Municipio de El Guabo, 2020).

Según la información recabada durante el Censo de Población y Vivienda del año 2017, la situación del suministro de agua destinada al consumo humano se caracteriza de la siguiente manera. A nivel cantonal, el servicio de agua para el consumo humano a través de la red pública abarca un 67,84% de cobertura. Este dato indica que, manteniendo dicho porcentaje y proyectando la población para el año 2020, que se estima en 65.012 habitantes, aproximadamente 26.327 personas podrían carecer de acceso a la red de agua potable. Por ende, se verían obligadas a obtener agua de pozos, ríos, vertientes, acequias y otras fuentes, como se detalla en el siguiente cuadro (Municipio de El Guabo, 2020).

**Tabla 3.** Procedencia principal del agua recibida

<b>Procedencia principal del agua recibida</b>	<b>Casos</b>	<b>%</b>	<b>Acumulado %</b>
1.- Conectado a red pública	13.436	67.84%	<b>67.84%</b>
2.- Conectado a pozo	3.890	19.64%	<b>87.48%</b>
3.- conectado de río, vertiente, acequia o canal	1.588	8.02%	<b>95.50%</b>
4.- De carro o repartidor	652	3.29%	<b>98.79%</b>
5.- Otro (agua lluvia/abarrada) o	240	1.21%	<b>100.00%</b>
<b>Total</b>	<b>19.805</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>

**Fuente:** Elaborado con información del INEC (2017).

Durante más de 35 años, la ciudad de El Guabo ha estado confiando en el suministro de agua potable proveniente de otros cantones. El abastecimiento de agua en las viviendas de El Guabo proviene de la planta potabilizadora La Esperanza, la cual también suministra agua a los cantones de Pasaje y Machala. Esta dependencia ha generado persistentes problemas de escasez de agua en El Guabo (Municipio de El Guabo, 2020).

### ***1.1.6 Ordenamiento territorial***

El Ordenamiento Territorial (OT) constituye un proceso multidimensional que engloba aspectos políticos, técnicos y administrativos, centrado en la organización, planificación y gestión del uso y ocupación del territorio. Este proceso, aplicado a nivel municipal, busca una distribución más equitativa y eficiente de las oportunidades de desarrollo, alineando las características biofísicas, culturales, socioeconómicas y político-institucionales del territorio (Municipio de El Guabo, 2020).

El Ordenamiento Territorial en un municipio tiene como propósito principal mejorar la calidad de vida de sus habitantes, tanto en el presente como en el futuro. Para ello, busca generar una relación equilibrada entre el territorio, sus habitantes y las actividades económicas y productivas que en él se desarrollan.

Los cambios en los ámbitos social, económico, cultural y político influyen en la organización del territorio, por lo que su gestión debe basarse en un diálogo participativo y en la implementación de estrategias planificadas. Estas deben considerar los intereses de todos los sectores involucrados, garantizando un desarrollo ordenado, sostenible e inclusivo (Municipio de El Guabo, 2020).

La implementación de un Plan de Ordenamiento Territorial (POT) proporciona a las autoridades locales y a la comunidad una herramienta efectiva para la toma de decisiones más certeras. Este plan facilita la optimización de los recursos naturales, humanos y económicos, así como la identificación de pasos estratégicos para alcanzar un desarrollo equilibrado en el municipio. Se promueve un modelo de desarrollo que fomente la competitividad sistémica y la productividad territorial (Municipio de El Guabo, 2020).

Los planes de desarrollo de los gobiernos autónomos descentralizados deberán tomar en cuenta los objetivos tanto de los planes de niveles superiores como de los inferiores de gobierno.

Art. 43.- Planes de Ordenamiento Territorial.- Los planes de ordenamiento territorial son los instrumentos de la planificación del desarrollo que tienen por objeto el ordenar, compatibilizar y armonizar las decisiones estratégicas de desarrollo respecto de los asentamientos humanos, las actividades económico-productivas y el manejo de los recursos naturales en función de las cualidades territoriales, a través de la definición de



lineamientos para la materialización del modelo territorial de largo plazo, establecido por el nivel de gobierno respectivo. Los planes de ordenamiento territorial deberán articular las políticas de desarrollo y las directrices de ordenamiento del territorio, en el marco de las competencias propias de cada nivel de gobierno y velarán por el cumplimiento de la función social y ambiental de la propiedad. Los gobiernos parroquiales rurales podrán formular un solo plan de desarrollo y ordenamiento territorial.

Los planes de ordenamiento territorial a nivel regional, provincial y parroquial deben integrarse de manera coordinada, asegurando su alineación con las disposiciones establecidas en los planes cantonales y distritales, especialmente en lo referente a la asignación y regulación del uso del suelo.

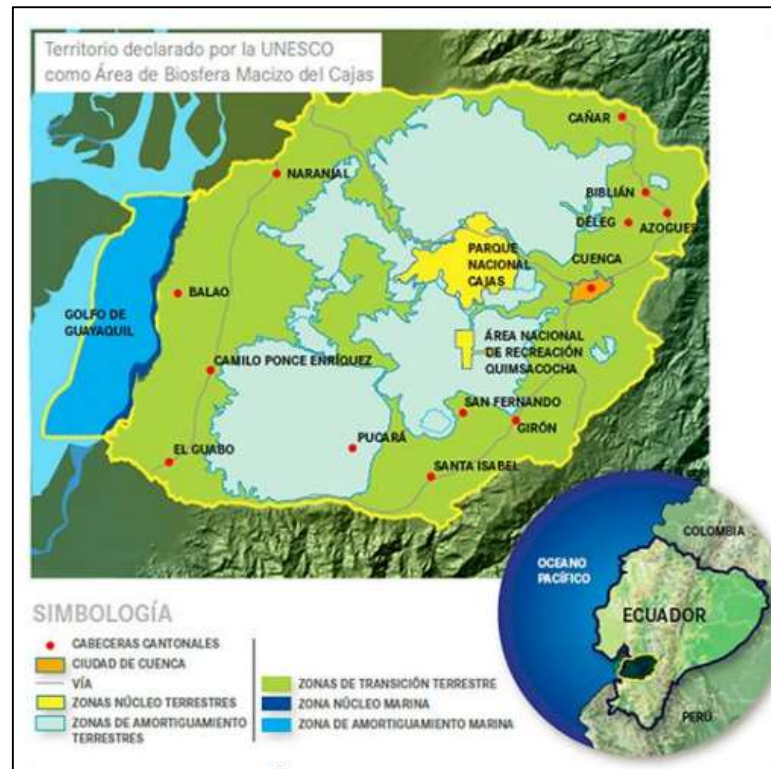
Además, cualquier actualización de estos instrumentos debe mantener una coherencia plena con los planes de desarrollo vigentes en cada nivel de gobierno, garantizando así una planificación territorial estructurada, sostenible y acorde con las necesidades del entorno (PDOT Guabo, 2020).

#### ***1.1.7. Hidrografía***

Se realizará un análisis detallado sobre las cuencas hidrográficas en el cantón El Guabo, considerando el uso de los cuerpos de agua y su estado de conservación. Este estudio permitirá comprender la dinámica hídrica del territorio y su impacto en el ecosistema local.

El cantón El Guabo alberga un área de bosques y vegetación protectora, que forma parte de la Biosfera Macizo del Cajas, siendo la primera zona de la estribación occidental de los Andes ecuatorianos. Esta región se extiende a lo largo de cuatro zonas de planificación, tres demarcaciones hidrográficas, cuatro provincias, 15 cantones y 64 parroquias, presentando una gran diversidad ecológica. Su paisaje varía desde altitudes de 4.450 msnm en el páramo hasta la franja marino-costera en el Golfo de Guayaquil, conformando un ecosistema clave para la conservación y el equilibrio ambiental (Municipio de El Guabo, 2020).

**Ilustración 3.** Área de biosfera macizo de El Cajas



**Fuente:** Elaborado con información del Municipio de El Guabo (2020).

### 1.1.7.1 Cuencas y cuerpos de aguas existentes

Una cuenca hidrográfica es una unidad territorial donde el agua de lluvia y escorrentía converge hacia un único sistema de drenaje natural, ya sea un río que desemboca en el mar o un lago endorreico. Su delimitación se establece a través de la divisoria de aguas, definida por las cumbres que separan los flujos hídricos de distintas cuencas.

Más allá de su dimensión geográfica, una cuenca hidrográfica es también una estructura socio ambiental, influenciada por factores económicos, culturales, sociales y políticos. Su gestión requiere un enfoque integral que considere las interacciones entre las comunidades, los sectores productivos y el ecosistema, garantizando un aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos (Municipio de El Guabo, 2020).

**Tabla 4.** Subcuencas Hidrográficas del cantón El Guabo

<b>SUBCUENCA</b>	<b>ÁREA (HA)</b>	<b>%</b>
<b>Río Jubones</b>	7220.41	12.51
<b>Río Pagua</b>	47641.06	82.56
<b>Río Siete</b>	28844.90	4.93
<b>TOTAL</b>	<b>83706.37</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Elaborado con información del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2016).

### *1.1.8. Uso del suelo*

El diagnóstico territorial del cantón El Guabo revela que las principales coberturas están representadas por cultivos de banano, cacao y camaroneras, con una mayor concentración de estas últimas en la zona occidental del cantón. En la parte oriental, el paisaje está dominado por bosques intervenidos, áreas de pasto cultivado y cultivos de ciclo corto combinados con vegetación arbustiva.

La actividad agropecuaria es uno de los pilares económicos del cantón, destacándose el cultivo de banano, cacao y productos de ciclo corto, junto con la producción acuícola en las camaroneras. La comercialización de estos productos se realiza principalmente a través de intermediarios que los distribuyen en mercados estratégicos como Puerto Bolívar y Guayaquil, para posteriormente ser exportados a Europa, Chile, Alemania y Estados Unidos, fortaleciendo así el comercio exterior de la región (Municipio de El Guabo, 2020).

**Tabla 5.** Uso del suelo de la Provincia de El Oro

<b>Categoría de Uso del Suelo</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>%</b>
Cultivos Permanentes	59.962	<b>15%</b>
Cultivos Transitorios Y Barbechos	4.758	<b>1%</b>
Descanso	634	<b>0%</b>
Pastos Cultivados	143.017	<b>37%</b>
Pastos Naturales	43.376	<b>11%</b>
Páramos	587	<b>0%</b>

Montes Y Bosques	101.314	26%
Otros Usos	35.171	9%
<b>Total</b>	<b>388.819</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Elaborado con información del INEC (2023).

En el cantón El Guabo, la distribución del uso del suelo muestra un predominio de áreas agrícolas, que representan el 38,79% del territorio. Le sigue el bosque nativo con un 20,82%, los pastizales con un 16,17%, la infraestructura antrópica con un 13,48% y la vegetación arbustiva con un 5,83%, sumando en conjunto el 95,08% de las coberturas existentes.

El 4,92% restante corresponde a zonas con menor representación, como áreas sin información por cobertura nubosa, asentamientos urbanos, vegetación herbácea, cuerpos de agua, plantaciones forestales y terrenos sin uso específico. Destaca la producción de banano, con aproximadamente 18.387 hectáreas cultivadas, lo que equivale al 30,44% de la superficie del cantón, consolidándose como una de las principales actividades económicas de la región (Municipio de El Guabo, 2020).

### ***1.1.9 Amenaza sísmica***

El análisis de amenaza sísmica permite estimar la intensidad con la que un sismo podría afectar una determinada zona, utilizando enfoques determinísticos o probabilísticos. Ecuador, por su ubicación geográfica, se encuentra en una región de alto riesgo sísmico, ya que forma parte de la zona de subducción entre las placas Nazca y Sudamericana, donde convergen fallas geológicas tanto regionales como locales. Además, su ubicación dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico, donde se libera más del 80% de la energía sísmica mundial, lo hace propenso a terremotos de gran magnitud con importantes repercusiones humanas y económicas.

Según el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda del Ecuador (2014), el cantón El Guabo está clasificado como una zona de alto riesgo sísmico, con un factor de aceleración sísmica de 0,35. Estos datos son fundamentales para el diseño y construcción de infraestructuras seguras, garantizando edificaciones con resistencia estructural adecuada para mitigar los efectos de futuros movimientos telúricos y proteger a la población.

## **1.2 Descripción de la situación problemática**

El tramo en la Av. Panamericana Sur desde Redondel Norte hasta Redondel Sur, Cantón El Guabo, presenta deficiencias en el servicio de vialidad que afectan a los usuarios que transitan por esta vía, en la cual se debe establecer con mayor detalle la calidad de vida y la forma de ocupación del territorio, por las cuales deberán ser identificadas las irregularidades, que pueden llegar a ser zonas de alto riesgo, las cuales pueden llegar a ser ocasionadas por la naturaleza o por mala calidad en el servicio vial (Municipio de El Guabo, 2020).

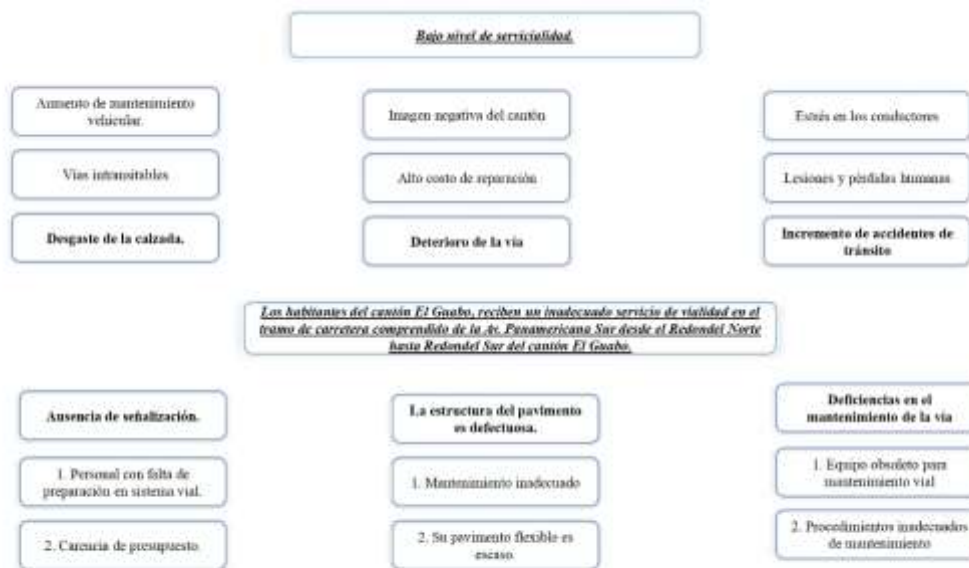
Los daños presentados en la capa asfáltica se han convertido en un problema para las personas que transitan por dicho sector debido a la gran cantidad de accidentes o daños ocasionados. Los usuarios que transitan por esta vía, presentan inconformidades específicamente, se han identificado los siguientes problemas: mal estado de la calzada, existen baches, grietas y huecos que dificultan el tránsito vehicular y representan un riesgo para automovilistas y motociclistas.

Los habitantes de la zona tienen un grado de inconformidad alto ya que el servicio de vialidad es crítico actualmente en el sector, ya que esto provoca congestionamientos de tráfico constantes durante las horas pico, especialmente en los vehículos de carga pesada. Los automovilistas presentan daños materiales. También se registran accidentes viales derivados del mal estado de las vías y la falta de señalización adecuada (Municipio de El Guabo, 2020).

El transporte público se ve seriamente afectado por esta problemática. Los autobuses y microbuses no pueden cumplir con sus horarios establecidos debido a los congestionamientos por los problemas en el sector. Esto perjudica a los usuarios que dependen del transporte público para trasladarse, ya que este tramo es muy concurrente por carros de tipo de carga pesada.

Las autoridades de tránsito y vialidad del municipio no han tomado acciones efectivas para solucionar esta situación. No se destinan los recursos necesarios para el mantenimiento vial ni para mejorar la señalización. Tampoco se han implementado medidas para mejorar.

#### Ilustración 4. Árbol de problemas.



**Fuente:** Elaborado por autor.

### 1.3. Formulación del problema

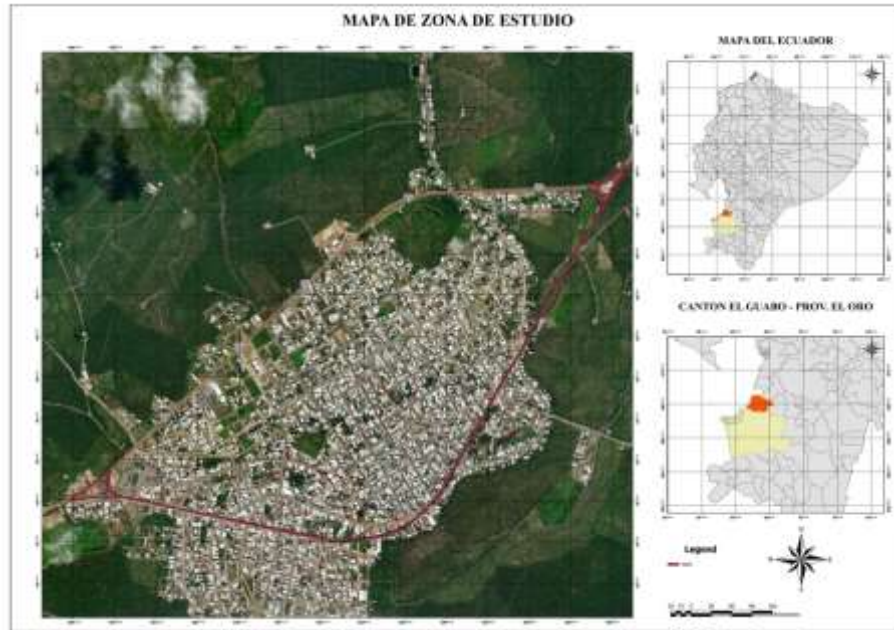
Los problemas a responder en el transcurso de la investigación son:

- ¿Cuál es la vulnerabilidad por riesgo vial que tienen los habitantes del sector?
- ¿Cuáles son las teorías que analizan la vulnerabilidad de servicio vial por riesgo de daños o accidentes tránsito en la zona?
- ¿Cuáles son las características de los daños de la zona de estudio?
- ¿Existen propuestas para el mejoramiento de servicio vial del cantón?

### 1.4. Delimitación del objeto 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. 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. A continuación, se presenta un mapa que muestra la ubicación del objeto de estudio, detallando la provincia y el cantón donde se encuentra el tramo analizado. Haciendo uso del software Arcgis Pro se delimito la zona de estudio.

**Ilustración 5.** Zona de estudio.



**Fuente:** Elaborado por autor.

### **1.5. Justificación**

El Guabo, es una ciudad ecuatoriana; cabecera cantonal del Cantón El Guabo, así como la quinta urbe más grande y poblada de la Provincia de El Oro. Se localiza al sur de la región litoral del Ecuador, asentada en una extensa llanura, a una altitud de 15 m s. n. m. y con un clima tropical de 25 °C en promedio.

El cantón El Guabo es un referente provincial y nacional de la producción agrícola, de servicios públicos eficientes y con la cobertura que elevan de la calidad de vida de la población, se cuenta con las vías y la conectividad necesaria para el desarrollo de todas las actividades, un turismo comunitario implantado que genera empleo, socios estratégicos con los cantones vecinos e inversionistas privados, que generan valor agregado a los productos que genera el cantón, el territorio y la municipalidad son activamente preocupados y solidarios con sus grupos sociales prioritarios, cuenta además con su población empoderada de los objetivos territoriales y de la participación ciudadana sumado al trabajo solidario de toda su población para alcanzar el desarrollo y elevar la calidad de vida de todos en El Guabo.

Los vehículos pesados, tanto como transporte público y vehículos de compañías de

transporte, tienen que atravesar por este sector, ya que la zona es una zona de alto tránsito correspondiente al sector bananero y es una vía clave para el transporte público cantonal. Por el contexto en el que se encuentra la avenida, sufre el desgaste del pavimento y la aparición de fallas en este causando condiciones inadecuadas al conducir.

El proyecto presente consiste en la evaluación del estado del pavimento mediante el método PCI, la cual se desarrollará con una inspección visual, que permitirá identificar la condición superficial del pavimento, con dicha información se podrá utilizar para llevar a cabo un control del estado del segmento de vía y proponer un mantenimiento vial, este con la finalidad de ofrecer una mejor calidad, confort y seguridad a los conductores que transitan dicha vía.

## **1.6. Objetivos**

### ***1.6.1 Objetivo General***

Analizar la condición superficial del pavimento, mediante el uso de los procedimientos de observación directa, técnicas de mantenimiento de carreteras, con el fin de diagnosticar el nivel de deterioro y las condiciones de la Av. Panamericana Sur desde Redondel Norte hasta Redondel Sur, Cantón El Guabo, provincia de El Oro.

### ***1.6.2 Objetivos Específicos***

1. Indagar información relacionada a los métodos para la evaluación de carreteras, mediante fuentes bibliográficas que permita un adecuado servicio de vialidad, en las calles comprendidas a la Av. Panamericana Sur desde Redondel Norte hasta Redondel Sur, Cantón El Guabo, provincia de El Oro.
2. Evaluar las condiciones de la carretera mediante métodos técnicos en el tramo Comprendido de la Av. Panamericana Sur desde Redondel Norte hasta Redondel Sur, Cantón El Guabo, provincia de El Oro.
3. Proponer alternativas de mantenimiento o rehabilitación de acuerdo a los resultados del estudio que permita un adecuado servicio de vialidad en la Av. Panamericana Sur, Cantón El Guabo, provincia de El Oro.



## CAPITULO II: MARCO TEORICO

### 2.1 Antecedentes contextuales.

#### 2.1.1 Macro

Entre los diversos sistemas utilizados para evaluar el estado de las vías, el método propuesto destaca por su enfoque integral en la detección de fallas, combinando tecnología avanzada y recopilación precisa de datos. Este proceso permite identificar con detalle la ubicación y severidad de los deterioros en la infraestructura vial.

Según (Ríos, Bacca, Caicedo, & Orobio, 2020) la integración de sensores ultrasónicos, de profundidad, acelerómetros, GPS, sensores RGB-D y el procesador Microsoft Kinect proporciona un análisis preciso de las irregularidades en el pavimento. Esta información facilita la implementación de medidas correctivas efectivas, optimizando la planificación y ejecución de intervenciones para el mantenimiento vial.

De acuerdo a Oblitas & Medina (2021) el Índice de Condición del Pavimento (PCI) es una herramienta fundamental para evaluar el estado de las vías, combinando inspección visual y análisis técnico. Su aplicación permite tomar decisiones estratégicas orientadas a la conservación y mejora de la infraestructura vial. El método se basa en la observación y medición de las áreas afectadas, identificando con precisión el grado de deterioro del pavimento. Para ello, clasifica las fallas en tres niveles de severidad: baja (L), media (M) y alta (H). A partir de esta categorización, se asigna un valor numérico que permite determinar el estado del pavimento y establecer prioridades de intervención.

Los investigadores González et al. (2020) en un mundo globalizado donde las carreteras son esenciales para el intercambio económico y social, su mantenimiento y conservación deben ser una prioridad. La calidad del pavimento no solo influye en la seguridad vial, sino que también impulsa la competitividad económica y el desarrollo social. Por su parte los autores Salviatto y Barbosa (2020) destacan que la Matriz de Valor Fijo (FVM) se ha consolidado como un método innovador y simplificado para la evaluación de pavimentos, centrándose en los cinco tipos de deterioro más comunes en vías urbanas. Este enfoque optimiza el proceso de diagnóstico, permitiendo una identificación rápida y precisa de fallas y facilitando intervenciones de mantenimiento más eficientes.

### **2.1.2 Meso**

Mediante los estudios dados por Massenlli y De Paiva (2019) en Brasil, uno de los principales problemas en los pavimentos flexibles es la deformación de las capas, causada principalmente por una subrasante con baja capacidad de soporte. Diversos estudios han abordado esta problemática, proponiendo un método basado en el control de la deformación vertical de la subrasante. Este enfoque busca reducir la deflexión en la superficie del pavimento, minimizando la necesidad de mantenimiento no programado y prolongando la vida útil de la vía. Su aplicación permite desarrollar soluciones más eficientes y adaptadas a las condiciones reales de la infraestructura vial.

El estado de las carreteras influye directamente en el desarrollo social y económico del país, ya que un sistema vial eficiente mejora la movilidad, el comercio y la conectividad. Según Baque (2020) la importancia de las vías en el transporte y la economía es innegable, por lo que es fundamental realizar inversiones continuas en su mantenimiento y mejora. Estas acciones garantizan su funcionalidad y contribuyen al bienestar general de la población, promoviendo un desarrollo sostenible.

La problemática principal de los accidentes viales se centra en gran medida en el deficiente mantenimiento de la estructura del pavimento o en un servicio vial inadecuado. El desgaste del pavimento puede manifestarse de diversas formas, afectando la seguridad y funcionalidad de las carreteras. Un estudio de Cango y Zárate (2020) analiza la fotogrametría de corto alcance (FCA) como una técnica innovadora para evaluar la capa de rodadura en pavimentos flexibles, aplicada en la vía Loja-Catamayo. Los resultados confirman que la FCA es un método eficaz para diagnosticar el estado del pavimento, proporcionando información clave para optimizar su mantenimiento y mejorar la seguridad vial.

### **2.1.3 Micro**

La evaluación continua del pavimento, tanto en su construcción como durante su vida útil, es fundamental para garantizar su durabilidad. Un estudio realizado por Vera (2022) en Machala, con características similares a la zona de análisis, resalta la importancia de atender fallas como parcheo y fisuras tipo piel de cocodrilo para conservar la infraestructura vial en óptimas condiciones. La aplicación del PCI como indicador

reafirma la necesidad de intervenciones oportunas para mantener un nivel de calidad adecuado en las carreteras.

## **2.2 Antecedentes conceptuales**

### **2.2.1 Carreteras**

Las carreteras son una infraestructura esencial para la movilidad y el desarrollo socioeconómico, ya que facilitan el transporte eficiente de personas, bienes y servicios. Como activo estratégico del Estado, su correcto funcionamiento impulsa la conectividad, el comercio y el crecimiento de las comunidades, contribuyendo al progreso y bienestar general (Zambrano, 2015).

### **2.2.2 Vías urbanas**

Las vías urbanas, parte vital de la red interior del casco urbano, han experimentado cambios significativos en su gestión a través del sistema de concesión de vías urbanas (Aramayo, Silva, & Fontenele, 2019) El alto nivel de congestión vehicular en las principales ciudades representa un obstáculo para la ejecución de mantenimientos viales oportunos, especialmente en aquellas zonas donde el pavimento se encuentra en condiciones deficientes. Esta situación se agrava cuando las autoridades municipales carecen de información detallada sobre el estado real de la infraestructura vial, lo que conlleva a la aplicación de intervenciones superficiales y temporales en lugar de soluciones integrales que garanticen una mayor durabilidad.

Para lograr una infraestructura urbana eficiente y sostenible, es fundamental implementar sistemas de monitoreo y evaluación periódica que permitan identificar de manera precisa las necesidades de mantenimiento. Una gestión adecuada del pavimento no solo optimiza los recursos disponibles, sino que también mejora la seguridad vial y la calidad del tránsito, beneficiando a conductores y peatones en su movilidad diaria (González & Contreras, 2022).

### **2.2.3 Pavimentos**

El pavimento es la capa superficial de una vía, diseñada para soportar el tránsito vehicular y proporcionar una superficie de rodadura segura y funcional. Su estructura debe ser

planificada con criterios técnicos adecuados para garantizar resistencia, durabilidad y comodidad en la circulación. Para mantener un nivel de servicio óptimo, es fundamental que el pavimento cuente con un diseño estructural eficiente y un mantenimiento periódico que permita conservar sus propiedades mecánicas (Silva, y otros, 2018). Esto asegura no solo la seguridad de los usuarios, sino también la capacidad estructural necesaria para resistir las cargas del tráfico y las condiciones ambientales a lo largo del tiempo. Durante el proceso de construcción del pavimento, las diferentes capas estructurales son compactadas para garantizar su estabilidad y adecuado desempeño. Estas capas se apoyan sobre el terreno natural o subrasante, que actúa como la base fundamental de toda la estructura vial (Smith, J., & Brown, T. 2021).

Para que el pavimento funcione correctamente a lo largo del tiempo, es esencial que la subrasante tenga una resistencia adecuada, permitiendo soportar de manera eficiente las cargas dinámicas y estáticas generadas por el tráfico vehicular. Una subrasante bien consolidada y con propiedades mecánicas óptimas contribuye a prolongar la vida útil de la vía, reduciendo el riesgo de deformaciones y fallas estructurales prematuras (Baque, 2020).

#### ***2.2.4 Pavimento flexible***

En referencia a Fuentes et al. (2022) El pavimento flexible se define como una estructura vial compuesta por una capa de mezcla asfáltica en la superficie de rodadura, la cual se apoya sobre dos capas granulares: la base y la subbase. Este conjunto, conocido como paquete estructural, se asienta sobre la subrasante o suelo natural, proporcionando estabilidad y resistencia a las cargas del tráfico.

A lo largo del tiempo, el pavimento flexible ha sido una solución ampliamente utilizada en la ingeniería vial debido a su capacidad de adaptación y su resistencia estructural aceptable, a pesar de ciertas limitaciones en su desempeño. La evolución de estas estructuras hacia diseños multicapa ha sido una respuesta directa al incremento constante del tráfico vehicular, lo que ha permitido mejorar su rendimiento y prolongar su vida útil. Su diseño y composición reflejan la importancia de una correcta planificación y selección de materiales para garantizar una infraestructura duradera y eficiente (Solis, 2020).

### ***2.2.5 Deterioro del pavimento flexible***

La falta de un plan de mantenimiento adecuado para las actividades correctivas en las vías de comunicación es evidente y resulta en un impacto perjudicial para las carreteras. Esto se traduce en un aumento en la velocidad de deterioro del pavimento, ya que las acciones correctivas no se llevan a cabo de manera efectiva (Flores & Mogrovejo, 2023). Además, otros factores, como la fatiga mecánica y las condiciones ambientales adversas, también contribuyen al deterioro de los pavimentos flexibles. Es esencial abordar no solo la ejecución inapropiada de las actividades de mantenimiento, sino también los factores adicionales que contribuyen al deterioro, como la fatiga mecánica y las condiciones ambientales desfavorables (Castro, Muñoz, Paucar, & Ramirez, 2021).

### ***2.2.6 Índice de condición del pavimento (PCI)***

El PCI, o Índice de Estado del Pavimento, se presenta como un indicador directo del rendimiento físico y de las condiciones de daño del pavimento. Este índice, que se obtiene mediante una ecuación que considera el área del pavimento estudiado, es esencial para evaluar y calificar de manera objetiva el estado del pavimento. En términos sencillos, a mayor PCI, mejor será la condición del pavimento, ya que refleja el rendimiento de la superficie (González, Ruiz, & Guerrero, 2020).

La aplicación de este método permite obtener una evaluación precisa del estado estructural y funcional del pavimento, lo que facilita la toma de decisiones estratégicas para su mantenimiento y rehabilitación. A través de la clasificación y cuantificación de las fallas detectadas, se establece un criterio técnico sólido que contribuye a una gestión eficiente de la infraestructura vial, permitiendo optimizar su vida útil y garantizar condiciones de tránsito más seguras para los usuarios.

El Índice de Condición del Pavimento (PCI) se calcula a partir de los datos obtenidos mediante inspección visual, proporcionando no solo un diagnóstico del estado actual del pavimento, sino también una proyección de su desempeño futuro. Este análisis permite identificar necesidades de mantenimiento preventivo y correctivo, así como estimar la magnitud de las intervenciones requeridas. La escala del PCI varía de 0 a 100, donde un valor de 100 indica un pavimento en condiciones óptimas, mientras que valores más bajos reflejan distintos niveles de deterioro. Esta calificación se determina mediante una

correlación que vincula el estado del pavimento con su respectivo PCI, permitiendo priorizar las acciones de conservación según la severidad de los daños identificados. (Andrade et al., 2021).

### 2.2.7. Tipos de fallas del Índice de condición del pavimento (PCI)

A continuación, se presenta la información necesaria para realizar la evaluación superficial de pavimentos flexibles mediante la aplicación del método PCI (Pavement Condition Index). Este enfoque permite un diagnóstico detallado del estado del pavimento a través de la identificación y análisis de 19 tipos de fallas, cada una con características y niveles de severidad específicos.

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. (Cruz & Gutiérrez, 2019).

**Tabla 6.** Tipo de fallas pavimento flexible (PCI)

Tipos de fallas		Unidad	Tipos de fallas		Unidad
1	Piel de cocodrilo.	m2	11	Parqueo.	m2
2	Exudación.	m2	12	Pulimento de agregados.	m2
3	Agrietamiento en bloque.	m2	13	Huecos.	Nº
4	Abultamientos y hundimientos.	m	14	Cruce de vía férrea.	m2
5	Corrugación.	m2	15	Ahuellamiento.	m2
6	Depresión.	m2	16	Desplazamiento.	m2
7	Grieta de borde.	m	17	Grieta parabólica (slippage).	m2
8	Grieta de reflexión de junta.	m	18	Hinchamiento.	
9	Desnivel carril/espaldón.	m	19	Desprendimientos de agregados.	m2
10	Grietas Longitudinal y/o Transversal.	m			

**Fuente:** Elaborado por autor.

### 2.2.8 Severidad

La severidad en el pavimento se refiere a la intensidad y alcance de una falla, permitiendo clasificar el grado de deterioro en tres niveles: bajo, medio y alto. Esta categorización es fundamental para evaluar el impacto de los daños en la funcionalidad y estabilidad estructural de la vía, facilitando la priorización de intervenciones de mantenimiento y rehabilitación según la gravedad del problema.

Cada nivel de severidad se determina con base en criterios específicos, como la extensión del daño, su profundidad y su efecto sobre la superficie de rodadura. Esta metodología, establecida en el Índice de Condición del Pavimento (PCI), permite realizar un diagnóstico detallado de la infraestructura vial y definir estrategias de conservación adecuadas para prolongar su vida útil y garantizar condiciones seguras para los usuarios.

**Tabla 7.** Clasificación de severidad

<b>Español</b>	<b>Inglés</b>	<b>Sigla</b>
Alta	High	H
Media	Medium	M
Baja	Low	L

**Fuente.** Tomado de ASTM D6433








### 2.2.9 Clasificación de unidad de muestra

El estado del pavimento se determina mediante un sistema de clasificación basado en un puntaje numérico que oscila entre 0 y 100, permitiendo evaluar su nivel de deterioro de manera objetiva y cuantificable. En esta escala, un valor cercano a 0 indica que el pavimento se encuentra en una condición crítica o fallada, mientras que un puntaje próximo a 100 refleja una superficie en óptimas condiciones.

Esta clasificación facilita la gestión eficiente de la infraestructura vial, ya que permite establecer prioridades en las intervenciones de mantenimiento y rehabilitación, optimizando el uso de los recursos disponibles. Según el grado de afectación, el pavimento se categoriza en excelente, bueno, regular, pobre, muy pobre y fallado, lo que

permite adoptar estrategias adecuadas para su conservación, garantizando así una infraestructura más segura y funcional para los usuarios.

**Tabla 8.** Rangos de calificación del PCI.

<b>RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI</b>		
<b>PCI</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>COLOR</b>
86-100	EXCELENTE	
71-85	MUY BUENO	
56-70	BUENO	
41-55	REGULAR	
26-40	MALO	
11-25	MUY MALO	
0-10	FALLADO	

**Fuente.** Tomado de ASTM D6433

### **2.3 Marco Referencial**

Las actividades de mantenimiento preventivo en las vías deben realizarse de manera continua para mitigar el impacto del deterioro y prolongar la vida útil del pavimento. Estas intervenciones buscan conservar, en la medida de lo posible, las condiciones originales de la infraestructura después de su construcción, así como tras procesos de conservación periódica, rehabilitación o reconstrucción.

El mantenimiento rutinario se lleva a cabo desde el momento en que la vía entra en operación, es decir, a partir de la entrega del proyecto o habilitación del terreno, hasta el final de su ciclo de servicio. Estas acciones incluyen la inspección constante, corrección de fallas menores y aplicación de técnicas preventivas, con el objetivo de garantizar la seguridad vial y optimizar el rendimiento de la infraestructura a lo largo del tiempo.

Dentro de estas actividades, se destaca el bacheo superficial, el cual se enfoca en la reparación de baches, es decir, las desintegraciones parciales del pavimento que resultan en la formación de huecos (Huamani, Rimayhuaman, & Tito, 2022).



Estos baches suelen originarse por mezclas mal dosificadas o con compactación insuficiente como principal objetivo preservar los elementos viales con la menor cantidad posible de, el bacheo superficial, técnica ampliamente difundida en la conservación de pavimentos flexibles, abarca la reparación de baches y el reemplazo de áreas del pavimento que presenten deterioro, siempre y cuando este afecte exclusivamente a la carpeta asfáltica y las demás capas de suelos se encuentren en buen estado (Pinatt, Chicati, Ildefonso, & D'arce, 2020).

El propósito fundamental del bacheo superficial es restablecer las condiciones del pavimento para garantizar una circulación vehicular segura, cómoda, rápida y económica. Además, busca minimizar y/o retardar la formación de daños más severos en el pavimento. Esta actividad desempeña un papel esencial en la conservación y preservación de la infraestructura vial a lo largo del tiempo (Ponce et al., 2018).

De acuerdo con la investigación de Wang et al. (2021) se llevó a cabo un análisis detallado sobre una tecnología innovadora en la reparación de pavimentos, la cual difiere de las técnicas tradicionalmente utilizadas en el país. Esta investigación se basa en un estudio exhaustivo de las fallas estructurales del pavimento, las estrategias de rehabilitación y su desempeño a lo largo del tiempo, con el objetivo de identificar soluciones más eficientes y sostenibles para el mantenimiento vial.

El estudio profundiza en la identificación y caracterización de los daños, así como en la aplicación de métodos avanzados para evaluar el rendimiento de los pavimentos asfálticos. Además, se examinan distintas alternativas de rehabilitación específicas para este tipo de infraestructura, considerando su viabilidad técnica y económica. Esta exploración permite proponer nuevas estrategias de intervención que optimicen la durabilidad del pavimento y mejoren la calidad de las vías (Zhang, Y., & Wang, K. 2020).

Además, se abordó la tendencia emergente de desarrollar técnicas de auto curación y rehabilitación de daños en el pavimento. Este enfoque implica la incorporación de cápsulas, fibras nano partículas y microbios en las mezclas asfálticas, confiriendo propiedades auto regenerativas al aire (Li, Fang, Wang, Wu, & Fang, 2020). El estudio realizado por estos autores se posiciona como una guía científica valiosa, proporcionando una comprensión integral de la rehabilitación de daños estructurales y los métodos de evaluación del rendimiento en el uso general de pavimentos asfálticos. El conocimiento

adquirido puede ser utilizado como referencia científica esencial para comprender y mejorar las prácticas de rehabilitación de pavimentos asfálticos en un contexto más amplio.

## **CAPITULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1. Modalidad de investigación**

El presente trabajo requiere la realización de un estudio, dado que su enfoque es de carácter aplicado o práctico. Este estudio implica llevar a cabo una inspección visual utilizando el método PCI, que incluye la recopilación y sistematización de datos obtenidos a través de ensayos. A partir de esta información, se generará un informe descriptivo de los resultados, acompañado de su respectivo análisis e interpretación.

### **3.2. Tipo de investigación**

Este estudio se fundamenta en una investigación exhaustiva que integra fuentes actualizadas y relevantes sobre la temática abordada. Para ello, se llevó a cabo un análisis riguroso de literatura especializada, incluyendo libros, artículos científicos, normativas y estudios técnicos, tanto a nivel nacional como internacional. Esta revisión permitió consolidar una base teórica y metodológica sólida, asegurando que el proceso de evaluación del pavimento se desarrolle conforme a estándares reconocidos. Adicionalmente, la investigación incorporó un análisis de campo, el cual permitió contrastar la información teórica con la observación directa del estado del pavimento, empleando técnicas como la observación participante y el registro de condiciones en su contexto real.

El enfoque de esta investigación es de tipo aplicada, ya que su propósito principal es evaluar la condición del pavimento mediante la aplicación del Índice de Condición del Pavimento (PCI). Para garantizar un análisis integral y preciso, se combinan métodos cuantitativos y cualitativos, lo que permite evaluar tanto los aspectos físicos y estructurales de la vía como la interpretación de los datos obtenidos en ensayos de laboratorio. Esta metodología proporciona una visión completa del estado del pavimento y facilita la formulación de estrategias de mantenimiento y rehabilitación, optimizando la gestión de la infraestructura vial.

### **3.3 Objeto de estudio**

El pavimento de la Avenida Panamericana Sur, que abarca desde el Redondel Norte hasta el Redondel Sur, en el cantón El Guabo.

### **3.4 Descripción de la población y muestra**

El proyecto abarca a la población total dentro del área de influencia de la Avenida Panamericana Sur, Av. desde Redondel Norte hasta Redondel Sur, Cantón El Guabo, provincia de El Oro, que corresponde a la cabecera cantonal de El Guabo, estimada en aproximadamente 26,635 habitantes, excluyendo las parroquias rurales del cantón, quienes se beneficiarán directamente con su implementación. Este cálculo se realizó considerando la densidad poblacional del cantón El Guabo y el área aproximada que comprende a su cabecera cantonal y alrededores.

#### ***3.4.2 Tamaño de muestra***

Para establecer el tamaño mínimo de la muestra necesaria para el estudio del pavimento en la Avenida Panamericana Sur, se aplicaron los criterios definidos en la norma ASTM D6433-03, específicamente en el inciso 2.1.7. A través de este procedimiento, se realizó un cálculo, que será detallado posteriormente, para determinar el tamaño de muestra adecuado.

### **3.5 Materiales y métodos**

#### ***3.5.1 Métodos empíricos con los materiales utilizados***

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.

Al concluir el 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. Esta clasificación facilita la toma de decisiones en cuanto a mantenimiento y rehabilitación, permitiendo priorizar intervenciones según el grado de deterioro detectado.

### ***3.5.2 Materiales e instrumentos***

El registro de datos del método PCI se lleva a cabo utilizando diversos instrumentos que facilitan la recopilación de información en cada tramo de estudio. Entre ellos se incluyen:

- **Formato de registro de datos PCI:** para anotar la información principal de cada tramo evaluado.
- **Flexómetro de 5 metros:** empleado para medir fallas cuya longitud no supera los 5 metros.
- **Cinta métrica de 30 metros:** utilizada para medir fallas extensas y registrar las abscisas de los tramos.
- **Aerosol:** necesario para marcar las abscisas correspondientes a los tramos evaluados.
- **Teléfono celular:** utilizado para documentar visualmente las fallas existentes mediante fotografías de cada tramo analizado.

### ***3.5.3 Procedimiento para la evaluación del pavimento flexible mediante el método de Índice de Condición del Pavimento PCI.***

#### **3.5.3.1 Trabajo de campo.**

El trabajo de campo es una fase clave en el desarrollo y ejecución del proceso de evaluación del pavimento, ya que permite recopilar datos esenciales para el diagnóstico de su estado. Antes de iniciar las actividades en terreno, es fundamental realizar un análisis detallado de los antecedentes de la vía y su contexto, lo que facilita la identificación de las áreas más afectadas y permite una planificación más eficiente del estudio.

La metodología utilizada tiene como objetivo evaluar la condición actual del pavimento en la Avenida Panamericana Sur, determinando el nivel de deterioro y estableciendo las intervenciones necesarias para su conservación. Para ello, se debe analizar minuciosamente las fallas existentes, lo que permitirá definir las acciones correctivas y de mantenimiento más adecuadas. La aplicación del Índice de Condición del Pavimento (PCI) es esencial en este proceso, ya que su cálculo requiere de una inspección visual exhaustiva, complementada con una evaluación técnica objetiva, garantizando así la

obtención de resultados precisos que sirvan de base para futuras intervenciones en la infraestructura vial.

### **3.5.3.2 Inspección visual.**

La inspección visual consiste en la recolección de información directamente en el campo, identificando los tipos de fallas presentes en el pavimento y determinando el grado de daño en la capa de rodadura. Los grados de severidad se clasifican en tres niveles principales:

- **(L):** Corresponde al grado más bajo de severidad, donde los daños en el pavimento son mínimos en relación con el área evaluada.
- **(M):** Representa un nivel de severidad moderado, en el que las fallas son más notorias y comienzan a afectar la experiencia de conducción, generando incomodidad a los usuarios.
- **(H):** Es el nivel máximo de severidad, caracterizado por fallas significativas que producen vibraciones excesivas en los vehículos, obligando a los conductores a reducir considerablemente la velocidad para preservar la seguridad y la comodidad.

Esta clasificación permite evaluar y priorizar las acciones necesarias para el mantenimiento o rehabilitación del pavimento según la gravedad de los daños detectados.

### **3.5.3.3 Unidad de muestreo**

El tramo vial seleccionado para el estudio se divide en unidades de muestreo, cuyas dimensiones se determinan en función del tipo de pavimento, el ancho de la calzada y ciertas restricciones específicas. Según lo establecido en la norma ASTM D6433-03, particularmente en su apartado 2.1.7, el área de cada unidad de muestreo debe ser de **225 ± 90 m<sup>2</sup>**, lo que corresponde a un rango que varía entre un mínimo de **135 m<sup>2</sup>** y un máximo de **315 m<sup>2</sup>**. Esta normativa proporciona lineamientos clave para establecer la relación entre el ancho de la calzada y la longitud de la unidad de muestreo, aplicables específicamente a pavimentos asfálticos, como se detalla en la Tabla 9.

**Tabla 9.** Longitudes De Muestreo Asfáltica

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5	46.00
5.5	41.80
6	38.30
6.5	35.40
7.3 (máx)	31.50

**Fuente:** Elaborado con información de ASTM D6433-03

### 3.5.3.4 Índice de Condición de Pavimento (PCI)

Es un valor numérico que refleja el estado del pavimento, cuyo grado de condición puede variar desde "Fallado" hasta "Excelente".

### 3.5.3.5 Determinación de las Unidades de Muestreo.

El número total de unidades de muestreo se determina como la relación entre la longitud del segmento de vía y la longitud de cada unidad de muestreo, la cual se encuentra representada en la Ecuación 1. Es importante tener en cuenta que, en una evaluación de pavimento, un número elevado de unidades de muestreo implicaría un consumo significativo de tiempo y recursos. Sin embargo, es posible optimizar este proceso utilizando un número mínimo de unidades de muestreo, el cual se calcula mediante la Ecuación 2.

Los términos de esta ecuación se definen de la siguiente manera:

- **n:** Número mínimo de unidades de muestreo necesarias para la evaluación.
- **N:** Número total de unidades de muestreo.
- **e:** Error admisible en la estimación del PCI.
- **$\sigma$ :** Desviación estándar del PCI.

De acuerdo con la norma ASTM D6433, en su inciso 7.5.2, para pavimentos asfálticos se asigna una desviación estándar de 10 ( $\sigma = 10$ ) y un error aceptable de 5 ( $e = 5$ ). Cabe señalar que, si el cálculo arroja un número mínimo de unidades de muestreo menor a

cinco ( $n < 5$ ), será necesario evaluar todas las unidades de muestreo disponibles en el tramo analizado.

#### **3.5.3.6. Determinación de unidades de muestreo y espaciamiento de cada muestra.**

Para garantizar una evaluación representativa del pavimento, se recomienda que las unidades de muestreo destinadas a la inspección se distribuyan uniformemente a lo largo del segmento de la vía, asegurando una cobertura equitativa del área analizada. La primera unidad de muestreo debe ser seleccionada de manera aleatoria, con el fin de evitar sesgos en la recopilación de datos y asegurar la objetividad del estudio.

El intervalo de espaciamiento entre las unidades de muestreo se determina mediante el cálculo de la parte entera de la relación entre el número total de unidades de muestreo y el número mínimo requerido, garantizando así una correcta distribución de los puntos de evaluación. Este procedimiento se establece conforme a lo indicado en la Ecuación 3, permitiendo una inspección eficiente y representativa del estado del pavimento en el tramo de estudio.

#### **3.5.3.7 Evaluación de la condición**

Durante la inspección de una unidad de muestreo, es fundamental seguir un procedimiento estructurado para garantizar la precisión de los datos recopilados. En primer lugar, se debe identificar la falla mediante la comparación de sus características con las descritas en el manual de fallas. Posteriormente, se procede a realizar la medición de la falla, considerando su unidad de medida correspondiente. Finalmente, con base en las dimensiones obtenidas, se determina el nivel de severidad de la falla, clasificándola según su impacto en la estructura del pavimento.

Toda la información obtenida debe ser registrada en una ficha de evaluación, asegurando la correcta documentación de cada falla y su grado de severidad. Una vez recopilados los datos, se totalizan las fallas identificadas y se consignan en la columna de tipos de fallas. Dependiendo de la clasificación de cada daño, las unidades de medición pueden expresarse en metros cuadrados ( $m^2$ ), metros lineales (m) o número total de fallas ( $N^\circ$ ), garantizando así una cuantificación adecuada de las deficiencias detectadas en la vía.



**Tabla 10.** Ficha de registro de fallas

<b>Evaluación del índice de pavimento (PCI)</b>						
<b>Inventario de fallas existentes</b>						
<b>Fallas</b>	<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Prof. (m)</b>	<b>Total</b>

**Fuente.** Elaborado por autor.

### **3.5.3.8 Cálculo de valores deducidos**

- a) Sumar la cantidad de fallas identificadas, clasificándolas según su tipo y nivel de severidad.
- b) Calcular el porcentaje de cada falla dividiendo su cantidad por el área total de la unidad de muestreo y expresando el resultado en porcentaje. Esta información se registra en una tabla correspondiente.
- c) Determinar el Valor Deducido de cada falla considerando su tipo y severidad, utilizando las curvas conocidas como Valor Deducido del Daño.

Una vez identificados los tipos de fallas, las unidades de medida, sus valores respectivos y el grado de severidad, se organiza la información y se suma el valor de cada clase de daño. Por ejemplo, si el inventario incluye cuatro fallas de tipo piel de cocodrilo, dos con severidad (M) y dos con severidad (H), se suman los valores correspondientes únicamente para las fallas de severidad (M) y, por separado, para las de severidad (H).

Se calcula la densidad de daño dividiendo la cantidad de cada tipo de falla, clasificada por su nivel de severidad, entre el área total de la unidad de muestreo. El resultado de este cálculo se expresa en porcentaje y representa la proporción del daño en relación con el área evaluada.

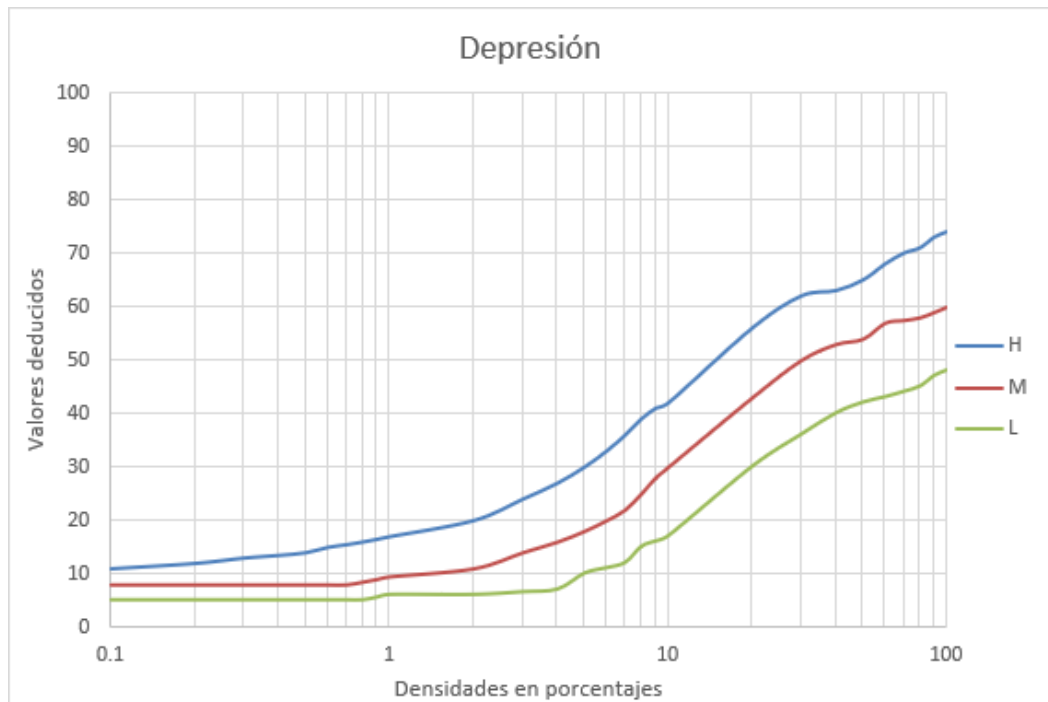
### 3.5.3.9 Curva de valores deducidos según cada tipo de fa

**Ilustración 6.** Curva de Valor Deducido de Grieta longitudinal y transversal



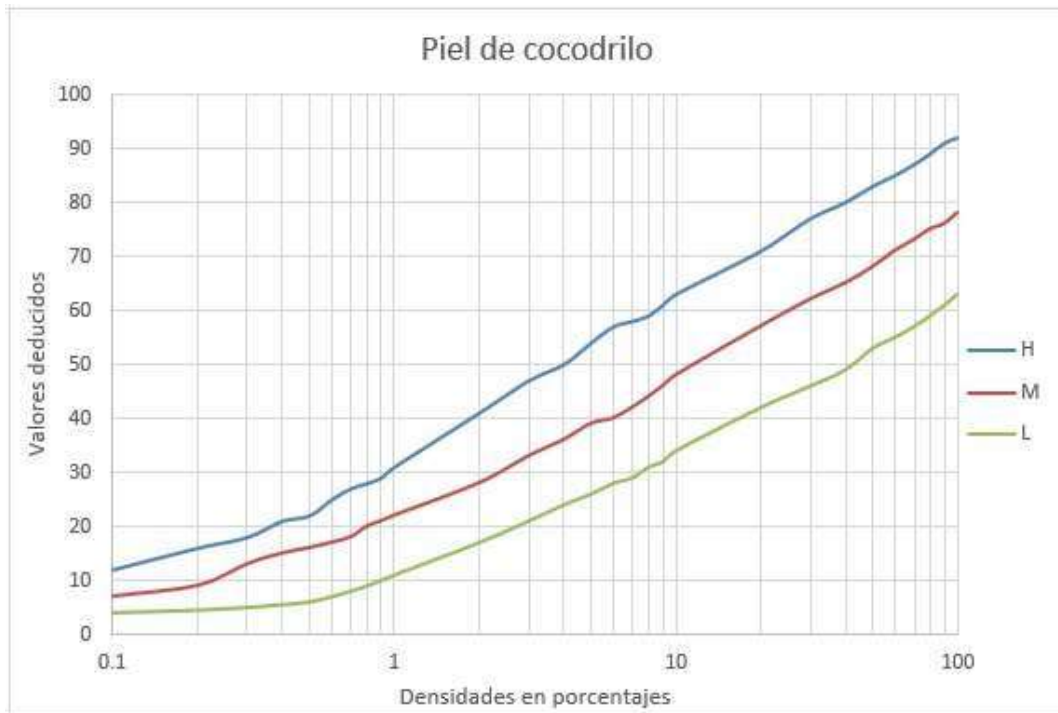
**Fuente:** Elaborado con ASTM D6433-03

**Ilustración 7.** Curva de Valor Deducido de Depresión



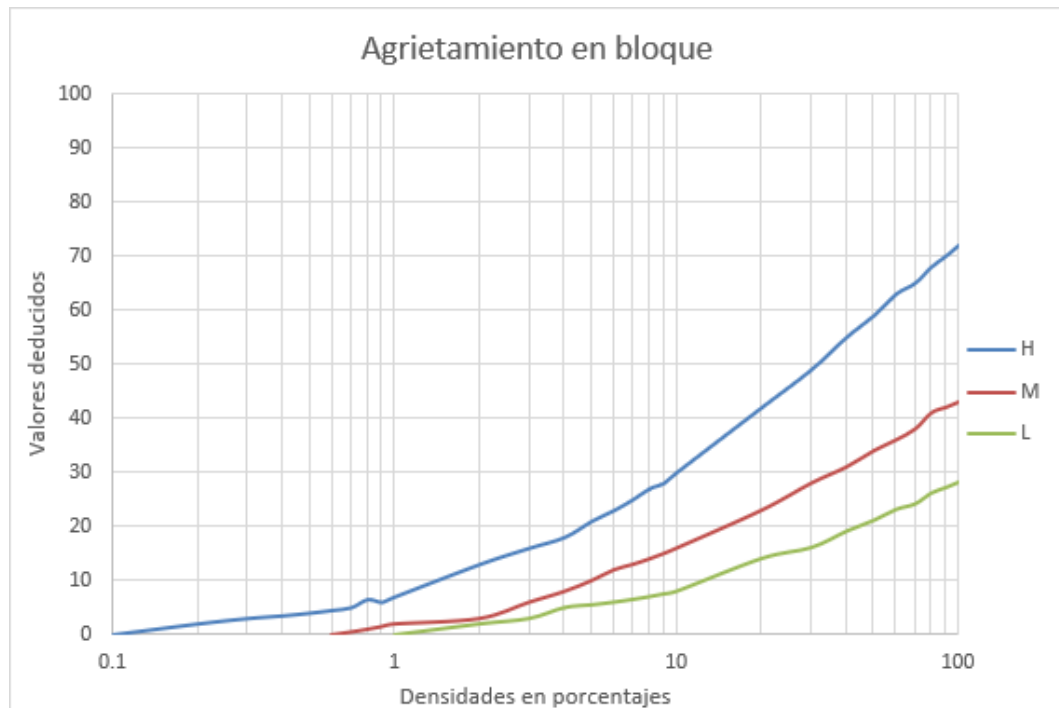
**Fuente:** Elaborado con ASTM D6433-03

**Ilustración 8.** Curva de Valor Deducido de Piel de Cocodrilo



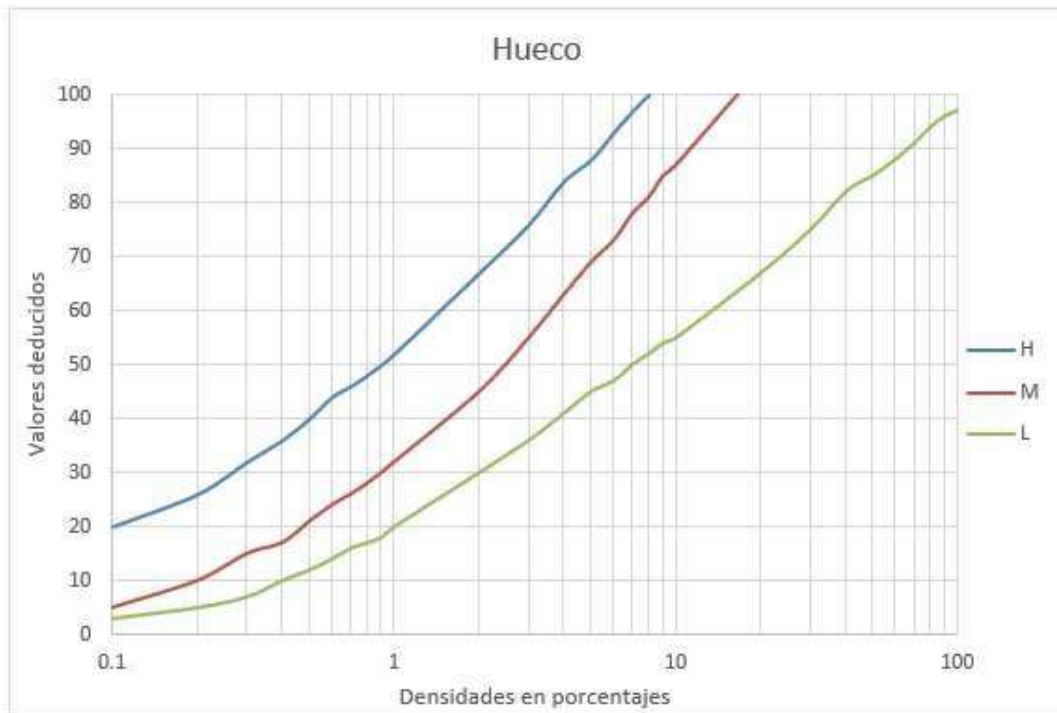
**Fuente:** Elaborado con ASTM D6433-03

**Ilustración 9.** Curva de Valor Deducido de Agrietamiento en bloque



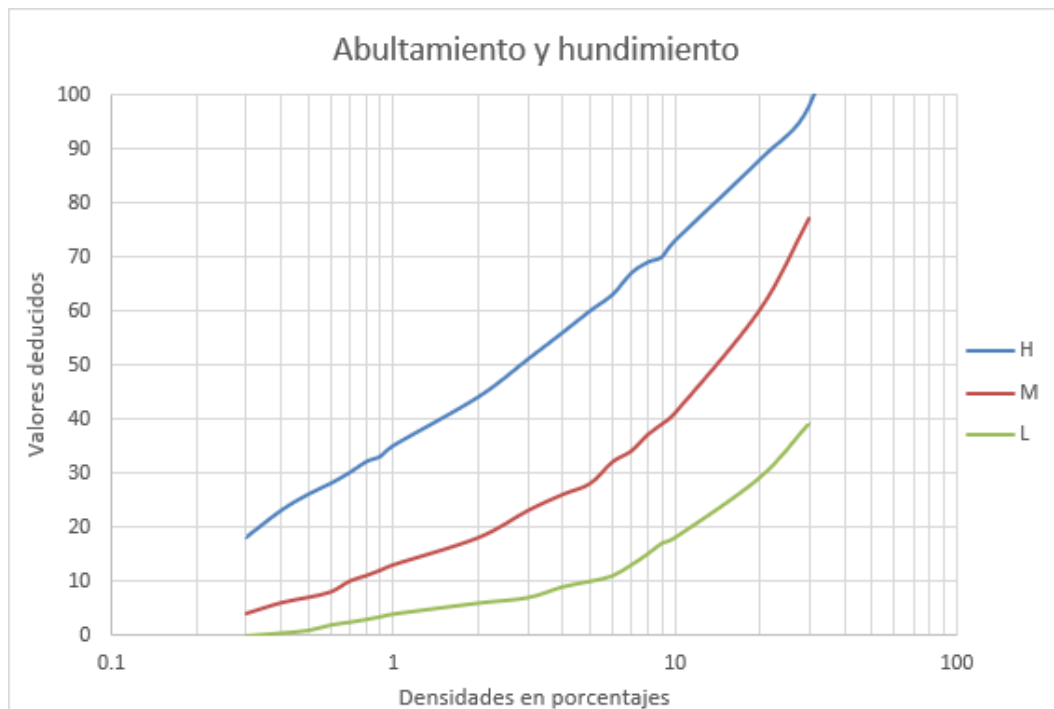
**Fuente:** Elaborado con ASTM D6433-03

**Ilustración 10.** Curva de Valor Deducido de Hueco



**Fuente:** Elaborado con ASTM D6433-03

**Ilustración 11.** Curva de Valor Deducido de Abultamiento y hundimiento



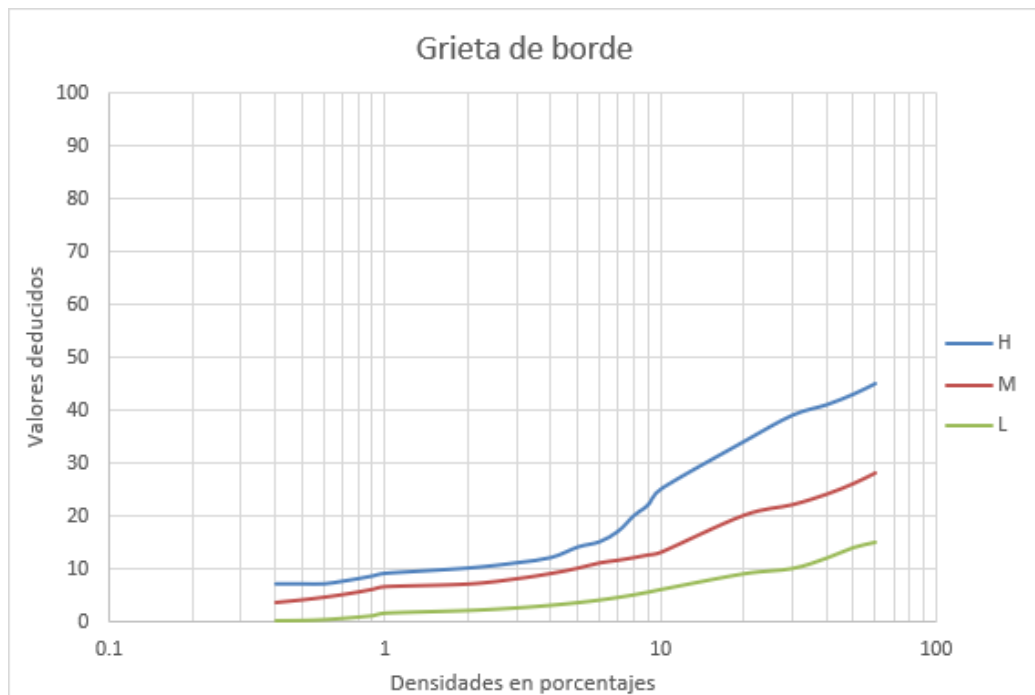
**Fuente:** Elaborado con ASTM D6433-03

**Ilustración 12.** Curva de Valor Deducido de Parcheo



**Fuente:** Elaborado con ASTM D6433-03

**Ilustración 13.** Curva de Valor Deducido de Grieta de borde



**Fuente:** Elaborado con ASTM D6433-03

#### ***3.5.4. Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos ( $m$ )***

El Valor Deducido Total (VDT) se obtiene mediante la suma de todos los valores deducidos individuales identificados durante el análisis del pavimento. Este resultado es registrado en una tabla de evaluación, permitiendo visualizar la distribución y magnitud de las fallas detectadas.

Una vez determinado el VDT, este se emplea en la fórmula correspondiente para calcular el número máximo admisible ( $m$ ) de valores deducidos, lo que garantiza que la evaluación refleje de manera precisa la condición del pavimento y facilite la toma de decisiones en cuanto a mantenimiento y rehabilitación. A continuación, se detalla la fórmula:

- $m$ : Número máximo admisible de valores deducidos, incluyendo su parte fraccionaria.
- $VD_{m\acute{a}x}$ : Mayor valor deducido individual de la unidad de muestreo analizada.

Cuando el total de fallas registradas es menor que el valor de  $m$ , se toman en cuenta todas las fallas documentadas en la evaluación. En cambio, si la cantidad de valores deducidos supera  $m$ , se seleccionan únicamente aquellos que corresponden a la parte entera de  $m$ , mientras que el último valor se ajusta considerando la fracción de  $m$  para mantener la precisión del cálculo.

Una vez obtenidos los valores deducidos y determinado el valor deducido máximo, estos se organizan en orden descendente, permitiendo una distribución estructurada de los datos. Durante este proceso, por cada decremento en la lista, la columna correspondiente se incrementa en dos unidades, lo que garantiza la correcta aplicación del método y la coherencia en la evaluación del estado del pavimento.

**Tabla 11.** Ficha de registro de Valores Deducidos

Evaluación del índice de pavimento (PCI)							
Inventario de Valores Deducidos							
Fallas	Unidad	Severidad	Total	Densidad (d%)	VD	VDT	q
						<b>m</b>	

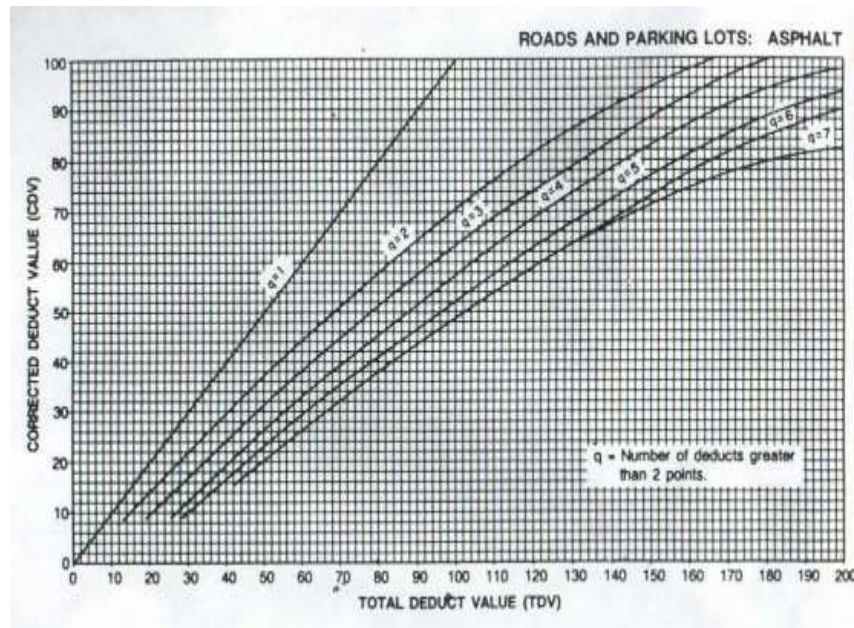
**Fuente:** Elaborado por autor

#### 3.5.4. 1. 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, de izquierda a derecha en una fila, y se repiten en función del número de valores deducidos, q.
- En cada fila, a partir de la segunda, el último valor deducido individual se reduce a 2, continuando este proceso hasta que quede únicamente un valor deducido individual.
- Se suman todos los valores deducidos individuales para obtener el Total de Valores Deducidos (TDV).
- Con el TDV y el valor de q, se determina el CDV utilizando el ábaco presentado en la Ilustración 6.
- 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.

Todos los resultados obtenidos y los valores correspondientes se registran en la Tabla 12.

**Ilustración 14.** Curva de Valores Deducidos Corregidos



**Fuente:** Elaborado con información de Vásquez (2002).

**Tabla 12.** Máximo Valor Deducido Corregido

VALORES DEDUCIDOS													TDV	q	CDV
															CDV MAX
															PCI
															<b>CLASIFICACION</b>

**Fuente:** Elaborado por autor.

### 3.5.4.2 Cálculo de PCI de muestra

- Se determinará el PCI de la unidad de muestreo utilizando la Ecuación 4

Donde:

PCI es el resultado de 100 – el CDV max obtenido.

- Con base al PCI obtenido se clasifica la condición de la unidad de muestra por medio de la Tabla.



## CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Determinación del índice del estado del pavimento

A continuación, se presenta la aplicación de la metodología en cada unidad de muestreo, utilizando los datos recolectados durante la inspección visual de las fallas en la primera sección de 12 secciones del tramo de la Avenida Panamericana. Esta actividad contó con el apoyo de dos colaboradores adicionales, quienes desempeñaron roles específicos: uno encargado de registrar la información y tomar fotografías, y otro responsable de asistir en las mediciones. Las imágenes que documentan las fallas identificadas en cada unidad de muestreo están disponibles en el anexo fotográfico.

La evaluación del tramo de la Avenida Panamericana Sur, se seccionó en 12 partes de las cuales cada sección consta con longitudes de: 200m, 32m, 86m, 112m, 370m, 2648m, 528m, 120m, 180m, 89m, 31m, 197m, la cual abarcó una longitud total de 4,561 metros. 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,

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.

Según Salviatto y Barbosa Fontanele (2021), 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.

#### *4.1.1 Longitud de unidad de muestra*

La relación establecida entre el ancho de la calzada y la longitud de la muestra descrita en la Tabla 9 no puede aplicarse en este caso, ya que el ancho de la vía analizada supera

los valores de referencia, alcanzando los 7.45 metros. Esta diferencia impide que el método estándar sea utilizado de manera directa.

Sin embargo, de acuerdo con lo estipulado en la norma ASTM D6433-03, específicamente en su inciso 2.1.7, el área de muestreo debe situarse dentro del rango de  $225 \pm 90 \text{ m}^2$ . En función de esta normativa, se procederá a ajustar el procedimiento de evaluación para garantizar la representatividad de los datos y mantener la precisión del análisis en función de las características particulares de la calzada.

a) Ancho de longitud de muestra (**Lm**)

Ecuación

$$lm = \frac{225}{7.45m} = 30.20 \approx 30$$

En la cual  $B = 7.45m$

$$A = \frac{7.45}{30m} = 246M^2$$

#### ***4.1.2 Unidades de muestreo***

Por lo tanto, 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**.

$$l_t = 200m$$

**Ecuación 1.**

$$N = \frac{\textit{Longitud tramo a estudiar}}{\textit{Longitud de unidad de muestreo}}$$

$$N = \frac{200}{30} = 6.66 \approx 7$$

Como resultado del análisis, se identificaron un total de 7 unidades de muestreo, determinadas conforme a las dimensiones establecidas previamente. 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. Este cálculo se fundamenta en los valores recomendados en el apartado 7.5.2 de la norma, específicamente para pavimentos asfálticos, garantizando así un enfoque eficiente y representativo en la evaluación de la vía.

**Ecuación 2.**

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

$$n = \frac{7 * 10^2}{\frac{5^2}{4} * (7 - 1) + 10^2} = 5$$

**4.1.3 Selección unidades de muestreo**

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

**Ecuación 3.**

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

$$i = \frac{7}{5} = 1.4 \approx 1$$

El proceso comienza con la contabilización de la muestra 1 a partir del tramo 1, obteniendo un total de 7 unidades de muestreo. Se optará por trabajar con estas 7 unidades, ya que superan el número mínimo requerido, lo que permitirá aumentar la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos.

**Ilustración 15.** Representación de muestras a inspeccionar

1	2	3	4	5	6	7

**Fuente:** Elaborado por autor.

#### **4.1.4 Resultados de la unidad de muestra 1**

Como ejemplo de la aplicación del procedimiento para la evaluación del pavimento se tomará la primera muestra del tramo 1, de la sección 1.

**Ilustración 16.** Ubicación de muestra 1 de la sección 1 en la vía de estudio



**Fuente:** Extraído de Google Earth.

**Ilustración 17.** Zona de análisis de muestra 1 de la sección 1



**Fuente:** Extraído de Google Earth.

**4.1.4.1. Registro de fallas de la unidad de muestra 1 de la sección 1**

**Tabla 13.** Inventario de Fallas existentes

INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES						
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total
Grieta longitudinal	m	L	2.50			2.50
Grieta longitudinal	m	H	6.50			6.50
Grieta longitudinal	m	L	8.00			8.00
Agrietamiento en bloque	m <sup>2</sup>	L	4.20	2.0		8.40

**Fuente:** Elaborado por autor.

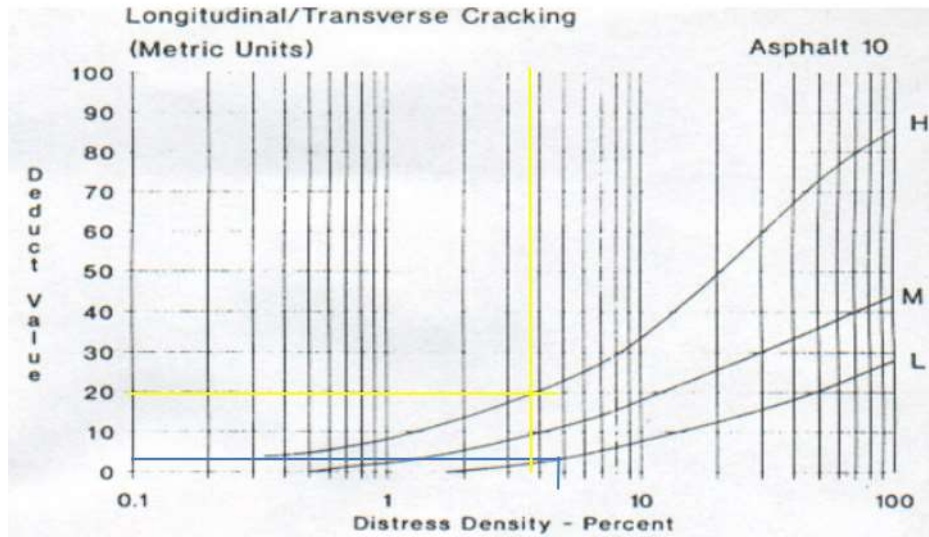
En la Tabla 13 se describen las fallas identificadas en la unidad de muestra 1 con sus respectivas dimensiones y severidad.

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 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. Esta representación facilita el análisis de los daños, permitiendo visualizar su distribución e incidencia en la estructura vial, lo que a su vez contribuye a la toma de decisiones en cuanto a mantenimiento y rehabilitación del pavimento.

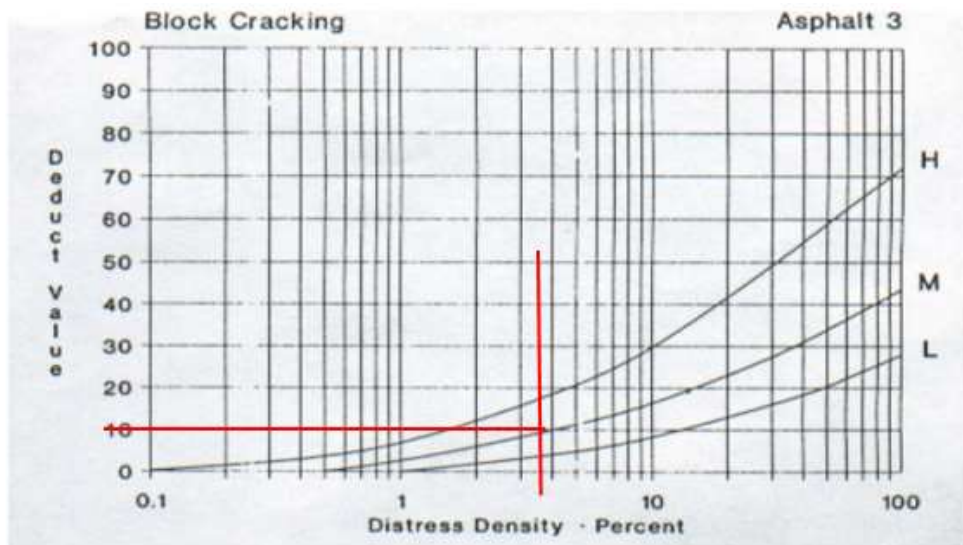
**Ilustración 18.** Representación gráfica del valor deducido de Grieta Longitudinal en el Tramo 1 sección 1.



**Fuente:** Elaborado con ASTM D6433-03

La falla huecos representa una densidad de 4.70% y 2.91% en el tramo 1 y al ser de severidad alta y leve respectivamente, le corresponde un valor deducido de 20 y 3 en el mismo orden.

**Ilustración 19.** Representación gráfica del valor deducido de Agrietamiento de bloque en el Tramo 1 sección 1.



**Fuente:** Elaborado con ASTM D6433-03

La falla de Agrietamiento en bloque representa una densidad de 3.76% en el tramo 1 y al ser de severidad media le corresponde un valor deducido de 10.

Después de obtener los valores deducidos correspondientes a cada falla, se procede a calcular el **Valor Deducido Total (VDT)**, que en este ejemplo es **VDT = 33**. Además, se determina el valor de **q**, que representa el número de curvas a utilizar y la cantidad de fallas significativas a considerar en el análisis. Este valor se calcula aplicando la **Ecuación 5**, donde **VDmáx** equivale a **20**

**Ecuación 4.**

$$q = 1 + \frac{9}{98} * (100 - 20)$$

$$q = 8.3$$

El 8.3 significa que se debe considerar al menos 8 fallas representativas de las que se datan.

**Tabla 14.** Cálculo de valores deducidos en el Tramo 1

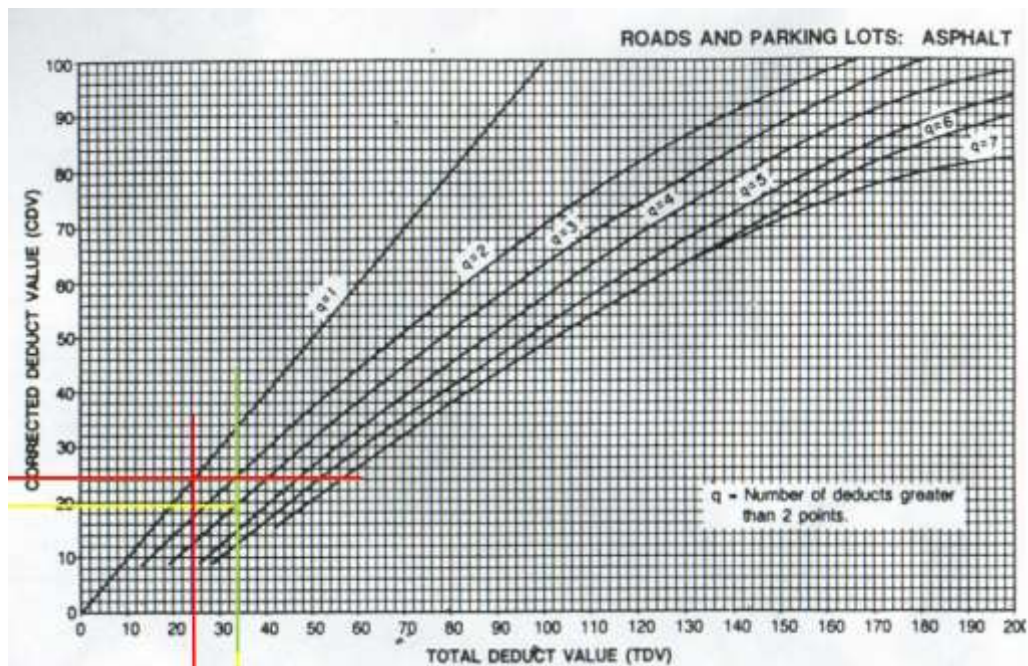
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES							
Falla	U	Severidad	Total	Densidad (d%)	VD	VDT	q
Grieta longitudinal	m	L	10.50	4.70	3	33	3
Agrietamiento en bloque	m <sup>2</sup>	M	8.40	3.76	10		
Grieta longitudinal	m	H	6.50	2.91	20		
						m	8.3

**Fuente:** Elaborado por autor.

#### 4.1.4.2 Cálculo del PCI de la unidad de muestra 1 de la sección 1

Para calcular los valores deducidos corregidos, se realiza la suma de todos los valores deducidos obtenidos. Este resultado se utiliza posteriormente para determinar los **Valores Máximos Corregidos**, tal como se muestra en la Ilustración 20.

**Ilustración 20.** Valor de deducción corregido CDV en el Tramo 1



**Fuente:** Elaborado con información de Vásquez (2002).

Utilizando el ábaco, se determinaron los valores de CDV correspondientes: 20, 24 y 25. Estos valores se asignan a las casillas correspondientes al número de curvas, como se detalla en la **Tabla 15**.



**Tabla 15.** Cálculo de los valores corregidos CDV y CDV Max en el Tramo 1

CALCULO DEL PCI																	
VALORES DEDUCIDOS													TDV	q	CDV		
20	10	3													33	3	20
20	10	2													32	2	24
20	2	2													24	1	25
															CDV MAX		25
															PCI		75
															CLASIFICACION		
															MUY BUENO		

**Fuente:** Elaborado por autor.

Finalmente, una vez identificado el **CDV máximo**, se procede a calcular el valor del **PCI** utilizando la **Ecuación 5**, donde el **CDV máx** corresponde a **25**.

**Ecuación 5**

$$PCI = 100 - CDV_{MAX}$$

$$PCI = 100 - 25$$

$$PCI = 75$$

Después de calcular el valor del PCI, se procede a evaluar el estado del tramo de la vía, utilizando como referencia la Tabla 13 de rangos establecida por la norma ASTM-D6433-03. En este caso, el valor obtenido de PCI es **75**, que se encuentra dentro del rango de 71 a 85, clasificándose como **MUY BUENO**.

Este procedimiento se implementa de manera sistemática en todas las unidades de muestreo, garantizando así una evaluación homogénea y precisa del estado del pavimento. La información recopilada durante el análisis, incluyendo los resultados obtenidos y el registro fotográfico de las fallas identificadas, ha sido documentada y está disponible en los anexos para su consulta.

Además, los cálculos específicos correspondientes a cada unidad de muestreo han sido organizados de forma detallada en el Apéndice de fallas existentes, proporcionando una base técnica que facilita un análisis más profundo de las condiciones del pavimento en el tramo evaluado. Esta documentación permite no solo comprender la magnitud y distribución de los daños, sino también establecer estrategias de mantenimiento y rehabilitación acorde a las necesidades detectadas en la vía.

## 4.2 Análisis de resultados e interpretación de datos

### 4.2.1 Determinación del PCI promedio

Una vez realizado el proceso para determinar el PCI se puede contemplar el resumen de las fallas existentes y el PCI de las 6 unidades de muestras de estudio en la Tabla 17 y en la ilustración 21

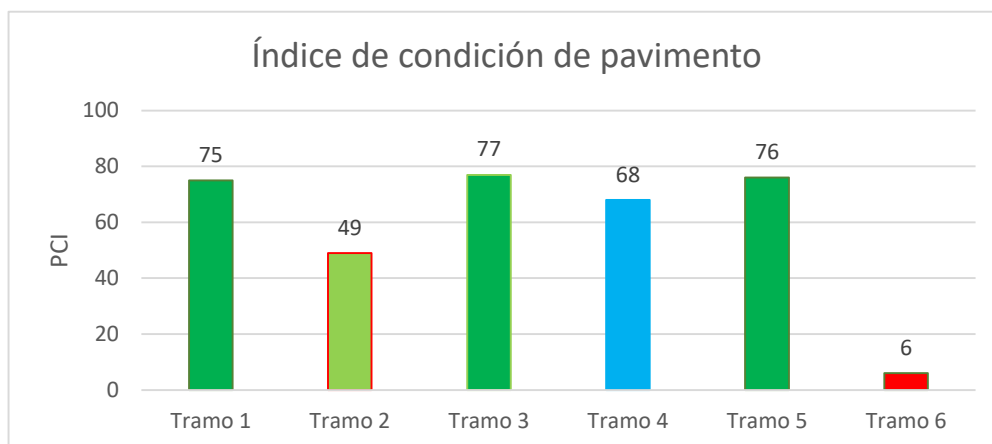
**Tabla 16.** Resumen de PCI en las 6 unidades de muestras

TRAMO	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	PRINCIPALES FALLAS EXISTENTES	PCI	CALIFICACION	SIMBOLOGIA
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	
---	-------	-------	--	---	----------	--

**Fuente:** Elaborado por autor.

**Tabla 17.** Resumen de PCI en las 6 unidades de muestras



**Fuente:** Elaborado por autor.

Para obtener un valor general de PCI, se calcula el promedio de los resultados obtenidos mediante la fórmula:

$$PCI_{promedio} = \frac{\text{Suma total del PCI}}{\text{Número de muestras}} = \frac{351}{6} = 58.5 \approx 59$$

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. 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, 34.25, 84, 87.33, 97.25, 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.

#### 4.2.2 Fallas representativas

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 18 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 18.** 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	
%	0.00	10.00	0.00	0.00	60.00	10.00	0.00	20.00	0.00

**Fuente:** Elaborado por autor.

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 20.

**Tabla 19.** Fallas encontradas en cada tramo de la sección 1

FALLA	DESCRIPCIÓN	CAUSA
<b>Agrietamiento en bloque</b>	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
<b>Grieta longitudinal y transversal</b>	Paralelas o transversal al eje del pavimento	Contracción de la superficie del concreto asfáltico por cambios de temperatura
<b>Piel de cocodrilo</b>	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

**Fuente.** Elaborado con información de Vásquez (2002).

### 4.3 Intervención y mantenimiento

La rehabilitación es la actividad necesaria que tiene la finalidad aumentar o mejorar la capacidad funcional o estructural del pavimento. (Silva- Balaguera et al., 2018) indica que es necesario una rehabilitación del pavimento para aumentar su nivel de servicio cuando se presenta algunas de las siguientes situaciones:

- Poco confort al conducir
- Gran número de fallas superficiales
- Poca adherencia entre los neumáticos y la calzada
- Excesivo mantenimiento rutinario

- Capacidad estructural inadecuada

Coincidiendo con Aramayo et al. (2019) 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 & Chaves, 2020) y Ríos et al. (2020) 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. La Tabla 25 Está traducida al español.




**Tabla 20.** Nivel de servicio e intervención de propuesta


Rango	Escala de PCI	Nivel de servicio	Actividad de mantenimiento
86 - 100	Excelente	A	Mantenimiento rutinario
71 - 85	Muy bueno	B	Mantenimiento preventivo
56 - 70	Bueno	C	Procesos leves de rehabilitación
41 - 55	Regular	D	Procesos considerables de rehabilitación
26 - 40	Malo	E	Procesos considerables de rehabilitación
11 - 25	Muy malo	F	Reconstrucción
0 - 10	Fallado		

**Fuente:** Elaborado con información de ASTM D6433

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 (García & Alba, 2021). En su traducción, (Vásquez, 2002) 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 21.

**Tabla 21.** Alternativa 1. Técnicas de reparación para fallas más representativas

N	FALLAS	SEVERIDAD	OPCIÓN DE REPARACIÓN	OBSERVACIÓN	IMAGEN REPRESENTATIVA
1	<b>Agrietamiento en bloque</b>	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	<b>Grieta longitudinal y transversal</b>	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	<b>Hueco</b>	L	Parcheo parcial.	Realizar la intervención correspondiente	

				e a la falla principal	
		M	Parqueo parcial o profundo	Realizar previamente la evaluación estructural	
		H	Parqueo 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.		

**Fuente:** Elaborado por autor.

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.,2024), buscando soluciones que prolonguen su vida útil y optimicen su desempeño. Las estrategias de mantenimiento recomendadas, que se detallan en el (Ministerio de Obras Públicas, 2002) 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.

**Tabla 22.** Alternativa 2. Técnicas de reparación para fallas representativas

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

**Fuente:** Elaborado por autor.

#### **4.1.1 Remoción de carpeta de hormigón asfáltico**

El fresado se presenta como una solución eficiente para la rehabilitación del pavimento, especialmente en tramos donde se han identificado múltiples fallas que comprometen su funcionalidad. Este proceso consiste en la remoción controlada del pavimento asfáltico deteriorado, permitiendo la aplicación de una nueva capa de rodadura que mejora las condiciones de tránsito y prolonga la vida útil de la vía. Al eliminar las irregularidades y defectos existentes, se optimiza la seguridad y comodidad de los usuarios, garantizando una superficie de rodadura más uniforme y resistente.

Sin embargo, la ejecución de este procedimiento implica altos costos, por lo que su aplicación debe estar respaldada por un análisis estructural previo que evalúe la viabilidad

y necesidad de la intervención. Antes de optar por el fresado, es fundamental realizar un diagnóstico detallado del estado del pavimento, considerando factores como la profundidad del daño, la estabilidad de la base y las condiciones del subsuelo (NEVI, 2013). De esta manera, se asegura que la inversión sea eficiente y que la rehabilitación genere beneficios duraderos en la infraestructura vial.

#### **4.1.1 Procedimiento de Fresado**

La eliminación del material bituminoso debe efectuarse en condiciones de temperatura ambiente, garantizando el uso de equipos especializados que permitan ejecutar el proceso de fresado de manera eficiente. Para reducir al mínimo el impacto en la circulación vehicular y peatonal, es fundamental optimizar el número de pasadas, evitando interrupciones prolongadas en el tránsito. Durante la ejecución de estos trabajos, se debe cumplir estrictamente con las normativas establecidas en el Reglamento de Seguridad para la Construcción y Obras Públicas, así como en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2266, garantizando procedimientos seguros y de calidad.

El proceso de remoción del pavimento puede realizarse manualmente o mediante el uso de fresadoras, dependiendo de la magnitud y severidad del deterioro. Su objetivo principal es eliminar las capas dañadas del pavimento y corregir fallas como baches, surcos y fisuras, que afectan tanto la estabilidad estructural como la comodidad de los usuarios. Una intervención adecuada permitirá mejorar la superficie de rodadura, prolongar la vida útil de la vía y optimizar la seguridad en el tránsito.

## 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.

- Los resultados generales del estado del pavimento mediante el Índice de Condición del Pavimento (PCI) 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, 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.

## RECOMENDACIONES

El uso de metodologías basadas en estándares internacionales es clave para garantizar evaluaciones precisas y confiables del estado del pavimento en la Av. Panamericana Sur y otras vías. Aplicar normativas reconocidas, como la ASTM D6433-03, permite obtener diagnósticos estructurados que faciliten la toma de decisiones en cuanto a mantenimiento y rehabilitación. La recopilación de información a partir de fuentes técnicas especializadas no solo respalda el proceso de análisis, sino que también permite comparar los resultados con estudios similares, asegurando que las intervenciones propuestas sean las más adecuadas para mejorar la calidad del pavimento y la seguridad vial.

Además, es fundamental que los profesionales involucrados en este tipo de evaluaciones reciban capacitación continua en el uso de herramientas y métodos actualizados. La evolución de las tecnologías en el ámbito de la ingeniería vial ofrece nuevas soluciones para la gestión de pavimentos, por lo que mantenerse al día con las mejores prácticas permite optimizar los procesos de inspección y mantenimiento. De este modo, se logra un enfoque más eficiente y técnico en la conservación de la infraestructura vial, lo que se traduce en vías más seguras y duraderas para los usuarios.

Implementar un plan de mantenimiento preventivo es esencial para evitar que el deterioro del pavimento avance de manera acelerada y genere mayores complicaciones en la infraestructura vial. La evaluación realizada ha evidenciado un alto nivel de desgaste en la Av. Panamericana Sur, lo que hace indispensable la aplicación de medidas correctivas antes de que las fallas se agraven. Si no se actúa a tiempo, los daños podrían extenderse y afectar la seguridad de conductores y peatones, además de incrementar significativamente los costos de reparación. Contar con un programa de mantenimiento bien estructurado permitirá conservar la vía en mejores condiciones y optimizar los recursos destinados a su rehabilitación.

Para garantizar la efectividad de este plan, es importante realizar inspecciones periódicas que permitan detectar fallas en sus primeras etapas y corregirlas de inmediato. Acciones como el sellado de grietas, bacheo superficial y limpieza de drenajes pueden prevenir el deterioro prematuro y prolongar la vida útil del pavimento. Además, estas intervenciones deben programarse estratégicamente para minimizar el impacto en el tránsito y asegurar

que la vía siga operativa con la menor cantidad de interrupciones posible. De esta manera, se mejora la experiencia de los usuarios y se contribuye a una infraestructura vial más segura y duradera.

Para lograr una gestión eficiente del pavimento, es crucial asignar los recursos de manera estratégica, priorizando las zonas con mayor deterioro. No todas las fallas requieren el mismo tipo de intervención, por lo que es fundamental evaluar el nivel de daño y aplicar soluciones acordes a su severidad. En tramos donde el desgaste es moderado, procedimientos como el fresado y la colocación de una nueva carpeta asfáltica pueden ser suficientes para restaurar la funcionalidad de la vía. Sin embargo, cuando se identifican fallas estructurales más severas, es necesario un análisis técnico más profundo para determinar si se requiere una rehabilitación integral, asegurando así una solución duradera y efectiva.

Esta planificación no solo permite mejorar la seguridad vial, sino que también contribuye a la optimización de costos a largo plazo. Una intervención bien estructurada evita gastos innecesarios en reparaciones constantes y prolonga la vida útil del pavimento. Además, al priorizar las áreas más afectadas, se mejora la circulación vehicular y se reducen los riesgos de accidentes, ofreciendo a los usuarios una vía más segura y eficiente. Aplicar un enfoque basado en la gravedad de las fallas garantiza que las inversiones en infraestructura sean aprovechadas de la mejor manera, beneficiando tanto a la movilidad como al desarrollo urbano de la zona.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aldás Sánchez, M. R., Acosta Lozada, R. I., Frías Torres, A. X., & López Sánchez, B. L. (2024). Modelo de mantenimiento de vías, con pavimento flexible de la zona central del Ecuador. *Ciencia Digital*, 8(2), 86-102. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i2.2978>
- Andrade, A., Castillo, G., & Chacater, C. (2021). Efectos de la variabilidad de los datos iniciales en el índice de condición del pavimento y predicción de su deterioro. *Revista Digital Novasinergia*, 4(1), 102-114.
- Aramayo, L., Silva, C., & Fontenele, H. (2019). Escala visual para evaluación de pavimentos urbanos: una validación en oficina. *Revista ingeniería de construcción*, 34(1). doi:10.4067/S0718-50732019000100045
- ASTM D6433. (2003). Procedimiento Estándar para la Inspección del Índice de Condición del Pavimento en Caminos y Estacionamientos.
- Baque, B. (2020). Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la. *Revista científica, dominio de las ciencias*, 6(2), 1-26. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181358738015>
- Cango, L., & Zárate, B. (2020). Evaluación del desgaste de pavimento flexible mediante. *Avances: Investigación en ingeniería*, 17(2), 1-11. doi:10.18041/1794-4953/avances.2.6629
- Castellanos Guerrero, W. M., & Chaves Pabón, S. B. (2020). Efecto del envejecimiento de mezclas asfálticas en el ciclo de vida del pavimento desde el aspecto técnico y ambiental. Revisión del estado de conocimiento. *Revista Vínculos*, 17(1), 7–23. <https://doi.org/10.14483/2322939X.16227>. Obtenido de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8080100>
- Castro, L., Muñoz, S., Paucar, J., & Ramirez, R. (2021). Tecnologías empleadas en la evaluación de pavimentos e impacto que han generado. *LLamkasun: Revista de Investigación Científica y Tecnológica*, 2(1), 29-44. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8090270>
- Cruz, Y., & Gutiérrez, J. (2019). Bases teórico-conceptuales de la gestión turística en

- espacios naturales no protegidos. *ConcienciaDigital*, 2(3), 23-37. doi:10.33262/concienciadigital.v2i3.854
- De La Cruz, S., Ibañez, C., & Coaquira, D. (2022). Determinación de índice de serviciabilidad y capacidad resistente. Caso práctico: pavimentos en Azángaro, Puno, Perú. *Infraestructura Vial*, 24(43), 1-8. doi:10.15517/iv.v24i43.48563
- Flores, G., & Mogrovejo, D. (2023). Evaluación funcional del pavimento flexible en la red vial rural de Portoviejo, Ecuador. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada YACHASUN*, 7(13). doi:10.46296/yc.v7i13.0363
- Fuentes, L., Taborda, K., Hu, X., Horak, E., Bai, T., & Walubita, L. (2022). A probabilistic approach to detect structural problems in flexible pavement sections at network level assessment. *International Journal of Pavement Engineering*, 23(6), 1867-1880. doi:10.1080/10298436.2020.1828586
- García Depestre, R. A., Dávila Medina, L., & Alba Moya, J. E. (2021). Indicaciones sobre la evaluación de la infraestructura de carreteras para Cuba. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 15(3), 1-11.
- González, H., Ruiz, P., & Guerrero, D. (2020). Propuesta de metodología para la evaluación de pavimentos mediante el Índice de Condición del Pavimento (PCI). *Ciencia en su PC*, 1(4), 1-16. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181358738015>
- González, Z., & Contreras, G. (2022). *Correlación del IRI - PSI - PCI del pavimento flexible de la av. José María Arguedas del distrito de San Jerónimo - Andahuaylas 2022*. Tesis de grado, Universidad Continental, Facultad de Ingeniería. Obtenido de <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13429>
- Huamani, J., Rimayhuaman, O., & Tito, X. (2022). Influencia del Mantenimiento Vial y Satisfacción del Usuario. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria*, 6(5), 1876-1896. doi:10.37811/cl\_rcm.v6i5.3202
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador. (2010). *Proyecciones poblacionales 2010 – 2020*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales-2010-2020/>





- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador. (2017). *Medición de los indicadores ODS de Agua, Saneamiento e Higiene (ASH) en el Ecuador*. Obtenido de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2017/Indicadores%20ODS%20Agua,%20Saneamiento%20e%20Higiene/Presentacion\\_Agua\\_2017\\_05.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2017/Indicadores%20ODS%20Agua,%20Saneamiento%20e%20Higiene/Presentacion_Agua_2017_05.pdf)
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador. (2023). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- Li, H., Fang, N., Wang, X., Wu, C., & Fang, Y. (2020). Evaluation of the Coordination of Structural Layers in the Design of Asphalt Pavement. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(9). doi:10.3390/app10093178
- Massenlli, G., & De Paiva, C. (2019). Influencia de la deflexión superficial en pavimentos flexibles con subrasante de baja resistencia. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 27(4), 1-12. doi:http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052019000400613
- Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. (2015). *Sistema de Información Pública Agropecuaria*. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda del Ecuador. (2014). *Peligro Sísmico. Diseño Sismo Resistente*. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/2.-NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-parte-1.pdf>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2016). *Plan Hidráulico Regional de la Demarcación Hidrográfica Jubones*. Obtenido de <https://suia.ambiente.gob.ec/files/MEMORIA%20DH%20JUBONES.pdf>
- Ponce, L. A. M., Cantos, G. N. P., Lucio, D. A. C., Garcés, M. O. C., Delgado, J. A. P., Reyes, F. S. P., & Campozano, B. P. B. (2018). *Mantenimiento y conservación de carreteras* (Vol. 28). 3Ciencias.
- Municipio de El Guabo. (2020). *Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial, plan de uso y gestión del suelo del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón El Guabo, provincia de El Oro 2020 - 2030*.

- NEVI-12. (2013). Normas para estudios y diseños viales. [https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013\\_Manual\\_NEVI-12\\_VOLUMEN\\_2A.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf)
- Smith, J., & Brown, T. (2021). Machine learning approaches for pavement condition assessment. *Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements*, 147(3), 04021001. <https://doi.org/10.1061/JPEODX.0000178>
- Solis, B. S. B. (2020). 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*, 6(2), 203-228.
- Oblitas, B., Medina, I., & Paredes, C. (2021). Índice de regularidad internacional e índice de condición de pavimento para definir niveles de serviciabilidad de pavimentos. *Iteckne*, 18(2), 1-6. doi:<https://doi.org/10.15332/iteckne.v18i2.2616>
- Pinatt, J., Chicati, M., Ildefonso, J., & D'arce, C. (2020). Evaluation of pavement condition index by different methods: Case study of Maringá, Brazil. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 4. doi:10.1016/j.trip.2020.100100
- Ríos, N., Bacca, B., Caicedo, E., & Orobio, A. (2020). Revisión de métodos para la clasificación de fallas superficiales en pavimentos flexibles. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 30(2), 1-10. doi:<https://doi.org/10.18359/rcin.4385>
- Salviatto, V., & Barbosa, H. (2020). Index for assessing the condition of flexible urban pavements based on a constructivist multicriteria analysis. *Revista Ingeniería de Construcción RIC*, 36(2), 1-10. doi:10.4067/S0718-50732021000200107
- Silva, A., Daza, O., López, L., Silva, A., Daza, O., & López, L. (2018). Pavement Management Based on Geographic Information Systems (gis): A Review. *Ingeniería Solidaria*, 14(26). Obtenido de <https://ciencianacional.co/handle/123456789/84616>
- Vásquez, L. (2002). *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. INGEPAV. Obtenido de <https://sjnavarro.wordpress.com/wp-content/uploads/2008/08/manual-pci1.pdf>

- Vera, K. (2022). *Evaluación de la condición del pavimento flexible mediante método pci de la Av circunvalación sur de la ciudad de Machala*. Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ingeniería Civil. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/19554>
- Wang, H., Guo, Y., Wu, M., Xiang, K., & Sun, S. (2021). Review on structural damage rehabilitation and performance assessment of asphalt pavements. *Reviews on Advanced Materials Science*, 60(1), 438-449. doi:10.1515/rams-2021-0030
- Zambrano, M. (2015). *Diseño estructural de pavimentos*. Universidad Técnica de Machala. Obtenido de <https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/6744>
- Zhang, Y., & Wang, K. (2020). Pavement distress detection and analysis using deep learning: A review. *z*, 264, 121119. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121119>





Anexos 2 - Valores deducidos del tramo 1 - Sección 2





UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL												
<b>EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)</b>												
<b>Via :</b>	Av. Panamericana Sur desde Redondel Norte hasta Redondel Sur, Cantón El Guabo, provincia de El Oro.			<b>Evaluated por :</b>	Guerra Gaona Angello Israel							
<b>Fecha :</b>	16/12/2024			<b>Revisado por :</b>	Ing. Gilbert Adrián Añazco							
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfáltica			<b>Abscisa inicial:</b>	0+000	<b>Abscisa final:</b>	0+020					
				<b>Area de tramo (m2) :</b>	229.00		<b># Tramo</b>	1				
<b>UBICACIÓN DE UNIDAD DE MUESTRA 1 - TRAMO 1</b>												
												
<b>INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES</b>												
<b>Falla</b>		<b>U</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. m</b>	<b>Total</b>					
Huecos		Nº	L	0.25			0.25					
Huecos		Nº	L	0.63			0.63					
Huecos		Nº	H	0.47			0.47					
Piel de cocodrilo.		m2	H	1.30	0.96		1.25					
Piel de cocodrilo.		m2	M	3.26	2.70		8.80					
Agrietamiento transversal		m	M	3.17			3.17					
Agrietamiento transversal		m	H	4.38			4.38					
Agrietamiento transversal		m	H	2.3			2.33					
<b>VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES</b>												
<b>Falla</b>		<b>U</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (d%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT</b>	<b>q</b>				
Huecos		Nº	L	0.88	0.38	8	<b>162</b>	<b>6</b>				
Huecos		Nº	H	0.47	0.21	69						
Piel de cocodrilo.		m2	H	1.25	0.54	24						
Piel de cocodrilo.		m2	M	8.80	3.84	35						
Agrietamiento transversal		m	M	3.17	1.38	9						
Agrietamiento transversal		m	H	6.71	2.93	17						
							<b>m</b>	<b>3.8</b>				
<b>CALCULO DEL PCI</b>												
<b>VALORES DEDUCIDOS</b>												
69	35	24	17	9	8					<b>TDV</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>
69	35	24	17	9	2					162	6	79
69	35	24	17	2	2					156	5	80
69	35	24	17	2	2					149	4	82
69	35	24	2	2	2					134	3	81
69	35	2	2	2	2					112	2	78
69	2	2	2	2	2					79	1	80
										<b>CDV<sub>MAX</sub></b>		82
										<b>PCI</b>		<b>18</b>
										<b>CLASIFICACION</b>		
										<b>MUY MALO</b>		



Anexos 4 - Valores deducidos del tramo 1 - Sección 4

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL																	
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)																	
Via :	Av. Panamericana Sur desde Redondel Norte hasta Redondel Sur, Cantón El Guabo, provincia de El Oro.				Evaluado por :	Guerra Gaona Angello Israel											
Fecha :	16/12/2024				Revisado por :	Ing. Gilbert Adrián Añazco											
Tipo de Pavimento:	Pavimento Flexible-Carpeta Asfáltica				Abscisa inicial:	0+000		Abscisa final:	0+025								
					Area de tramo (m2) :	252.50		# Tramo	1								
UBICACIÓN DE UNIDAD DE MUESTRA 1 - TRAMO 1																	
																	
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES																	
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total											
Parqueo	m2	M	6.50	1.50		9.75											
Parqueo	m2	H	2.50	1.20		3.00											
Grieta de borde	m	M	3.00			3.00											
Grieta de borde	m	H	2.40			2.40											
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES																	
Falla	U	Severidad	Total	Densidad (d%)	VD	VDT	q										
Parqueo	m2	M	9.75	3.86	19	56	4										
Parqueo	m2	H	3.00	1.19	21												
Grieta de borde	m	M	3.00	1.19	7												
Grieta de borde	m	H	2.40	0.95	9												
						m	8.3										
CALCULO DEL PCI																	
VALORES DEDUCIDOS															TDV	q	CDV
21	19	9	7												56	4	30
21	19	9	2												51	3	32
21	19	2	2												44	2	33
21	2	2	2												27	1	27
															CDV <sub>MAX</sub>		33
															PCI		67
CLASIFICACION																	
BUENO																	

Anexos 5- Valores deducidos del tramo 1 - Sección 5

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b>							
<b>EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)</b>									
<b>Via :</b>	Av. Panamericana Sur desde Redondel Norte hasta Redondel Sur, Cantón El Guabo, provincia de El Oro.			<b>Evaluated por :</b>	Guerra Gaona Angello Israel				
<b>Fecha :</b>	16/12/2024			<b>Revisado por :</b>	Ing. Gilbert Adrián Afíazco				
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfáltica	<b>Abscisa inicial:</b>		0+000		<b>Abscisa final:</b>		0+035	
		<b>Area de tramo (m2) :</b>		245.00		<b># Tramo</b>	1		
<b>UBICACIÓN DE UNIDAD DE MUESTRA 1 - TRAMO 1</b>									
									
<b>INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES</b>									
<b>Falla</b>	<b>U</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. m</b>	<b>Total</b>			
Piel de cocodrilo.	m2	H	4.72	2.16		10.20			
Piel de cocodrilo.	m2	H	2.50	1.80		4.50			
Piel de cocodrilo.	m2	M	3.00	1.45		4.35			
Grieta longitudinal	m	H	2.40			2.40			
Grieta longitudinal	m	L	2.70			2.70			
Grieta longitudinal	m	M	1.90			1.90			
Grieta longitudinal	m	M	3.30			3.30			
<b>VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES</b>									
<b>Falla</b>	<b>U</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (d%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT</b>	<b>q</b>		
Piel de cocodrilo	m2	M	4.35	1.78	28	121	4		
Piel de cocodrilo	m2	H	14.70	6.00	58				
Grieta longitudinal	m2	H	2.40	0.98	18				
Grieta longitudinal	m2	L	2.70	1.10	1				
Grieta longitudinal	m	M	5.20	2.12	16				
						<b>m</b>	<b>4.9</b>		
<b>CALCULO DEL PCI</b>									
<b>VALORES DEDUCIDOS</b>							<b>TDV</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>
58	28	18	16				120	4	69
58	28	18	2				106	3	67
58	28	2	2				90	2	64
58	2	2	2				64	1	64
							CDV <sub>MAX</sub>	69	
							PCI	<b>31</b>	
<b>CLASIFICACION MALO</b>									





Anexos 6 - Valores deducidos del tramo 1 - Sección 6

<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b>												
<b>EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)</b>												
<b>Via :</b>	Av. Panamericana Sur desde Redondel Norte hasta Redondel Sur, Cantón El Guabo, provincia de El Oro.					<b>Evaluado por :</b>	Guerra Gaona Angello Israel					
<b>Fecha :</b>	16/12/2024					<b>Revisado por :</b>	Ing. Gilbert Adrián Añazco					
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfaltica					<b>Abscisa inicial:</b>	0+000		<b>Abscisa final:</b>	0+025		
						<b>Area de tramo (m2) :</b>	250.00			<b># Tramo</b>	1	
<b>UBICACIÓN DE UNIDAD DE MUESTRA 1 - TRAMO 1</b>												
<b>INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES</b>												
<b>Falla</b>		<b>U</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. m</b>	<b>Total</b>					
Huecos		N°	L				3.00					
Piel de cocodrilo.		m2	M	3.78	1.93		7.30					
Piel de cocodrilo.		m2	M	3.21	1.45		4.65					
Piel de cocodrilo.		m2	H	4.11	2.7		11.10					
Parcheo		m2	L	3.42	2.36		8.07					
<b>VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES</b>												
<b>Falla</b>		<b>U</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (d%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT</b>	<b>q</b>				
Huecos		N°	L	3.00	1.20	21	118	4				
Piel de cocodrilo.		m2	M	11.95	4.78	38						
Piel de cocodrilo.		m2	H	11.10	4.44	51						
Parcheo		m2	L	8.07	3.23	8						
								m		5.5		
<b>CALCULO DEL PCI</b>												
<b>VALORES DEDUCIDOS</b>												
										<b>TDV</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>
51	38	21	8							118	4	68
51	38	21	2							112	3	70
51	38	2	2							93	2	67
51	2	2	2							57	1	57
										CDV <sub>MAX</sub> 70		
										PCI 30		
<b>CLASIFICACION</b>												
<b>MALO</b>												













Anexos 9 - Valores deducidos del tramo 1 - Sección 9

EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)							
<b>Via :</b>	Av. Panamericana Sur desde Redondel Norte hasta Redondel Sur, Cantón El Guabo, provincia de El Oro.		<b>Evaluado por :</b>	Guerra Gaona Angello Israel			
<b>Fecha :</b>	18/12/2024		<b>Revisado por :</b>	Ing. Gilbert Adrián Añazco			
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfáltica	<b>Abscisa inicial:</b>	0+000	<b>Abscisa final:</b>	0+020		
		<b>Área de tramo (m2) :</b>	256.00		<b># Tramo</b>	1	
UBICACIÓN DE UNIDAD DE MUESTRA 1 - TRAMO 1							
							
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES							
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total	
Grieta Longitudinal	m	M	6.20			6.20	
Grieta Longitudinal	m	M	3.45			3.45	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES							
Falla	U	Severidad	Total	Densidad (d%)	VD	VDT	q
Grieta Longitudinal	m	M	9.65	3.77	9		
						9	1
						m	9.4
CALCULO DEL PCI							
VALORES DEDUCIDOS					TDV	q	CDV
9					9	1	9
					<b>CDV<sub>MAX</sub></b>	<b>9</b>	
					<b>PCI</b>	<b>91</b>	
<b>CLASIFICACION</b>							
<b>EXCELENTE</b>							



Anexos 10 - Valores deducidos del tramo 1 - Sección 10

 <div style="text-align: center;"> <p><b>UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b></p> </div> 									
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)									
<b>Via :</b>	Av. Panamericana Sur desde Redondel Norte hasta Redondel Sur, Cantón El Guabo, provincia de El Oro.				<b>Evaluado por :</b>	Guerra Gaona Angello Israel			
<b>Fecha :</b>	18/12/2024				<b>Revisado por :</b>	Ing. Gilbert Adrián Añazco			
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfáltica				<b>Abscisa inicial:</b>	0+000	<b>Abscisa final:</b>	0+020	
					<b>Área de tramo (m2) :</b>	234.00		<b># Tramo</b>	1
UBICACIÓN DE UNIDAD DE MUESTRA 1 - TRAMO 1									
									
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES									
Falla		U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total		
Grieta de borde		m	L	4.30			4.30		
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES									
Falla		U	Severidad	Total	Densidad (d%)	VD	VDT	q	
Grieta de borde		m	L	4.30	1.84	3	3	1	
							m	9.9	
CALCULO DEL PCI									
VALORES DEDUCIDOS							TDV	q	CDV
3							3	1	3
							CDV <sub>MAX</sub>	3	
							PCI	97	
							<b>CLASIFICACION</b>		
							<b>EXCELENTE</b>		





Anexos 11 - Valores deducidos del tramo 1 - Sección 11

<div style="display: flex; justify-content: space-between;">  <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b> </div>  </div>										
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)										
<b>Via :</b>	Av. Panamericana Sur desde Redondel Norte hasta Redondel Sur, Cantón El Guabo, provincia de El Oro.				<b>Evaluado por :</b>	Guerra Gaona Angello Israel				
<b>Fecha :</b>	18/12/2024				<b>Revisado por :</b>	Ing. Gilbert Adrián Afiasco				
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfáltica				<b>Abscisa inicial:</b>	0+000		<b>Abscisa final:</b>	0+030	
					<b>Area de tramo (m2) :</b>	247.50		<b># Tramo</b>	1	
UBICACIÓN DE UNIDAD DE MUESTRA 1 - TRAMO 1										
										
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES										
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total				
Abultamientos y hundimientos.	m	M	1.70			1.70				
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES										
Falla	U	Severidad	Total	Densidad (d%)	VD	VDT	q			
Abultamientos y hundimientos.	m	M	1.70	0.69	9	9	1			
						m	9.4			
CALCULO DEL PCI										
VALORES DEDUCIDOS								TDV	q	CDV
9								9	1	9
								CDV <sub>MAX</sub>	9	
								PCI	91	
<b>CLASIFICACION</b>										
<b>EXCELENTE</b>										

Anexos 12 - Valores deducidos del tramo 1 - Sección 12

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL													
<b>EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)</b>															
<b>Via :</b>	Av. Panamericana Sur desde Redondel Norte hasta Redondel Sur, Cantón El Guabo, provincia de El Oro.	<b>Evaluado por :</b>	Guerra Gaona Angello Israel												
<b>Fecha :</b>	18/12/2024	<b>Revisado por :</b>	Ing. Gilbert Adrián Añazco												
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfáltica	<b>Abscisa inicial:</b>	0+000	<b>Abscisa final:</b>	0+025										
		<b>Area de tramo (m2) :</b>	235.00	<b># Tramo</b>	1										
<b>UBICACIÓN DE UNIDAD DE MUESTRA 1 - TRAMO 1</b>															
															
<b>INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES</b>															
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total									
Grieta Longitudinal	m	M	1.55			1.55									
Grieta Longitudinal	m	L	3.08			3.08									
Grieta Longitudinal	m	M	2.10			2.10									
Grieta Transversal	m	H	1.85			1.85									
Grieta Transversal	m	M	2.60			2.60									
Grieta Transversal	m	L	4.86			4.86									
<b>VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES</b>															
Falla	U	Severidad	Total	Densidad (d%)	VD	VDT	q								
Grieta Longitudinal	m	M	1.55	0.66	6	19	3								
Grieta Longitudinal	m	L	5.18	2.20	1										
Grieta Transversal	m	H	1.85	0.79	7										
Grieta Transversal	m	M	2.60	1.11	4										
Grieta Transversal	m	L	4.86	2.07	1										
						m	9.5								
<b>CALCULO DEL PCI</b>															
VALORES DEDUCIDOS													TDV	q	CDV
7	6	4											17	3	10
7	6	2											15	2	11
7	2	2											11	1	11
														CDV <sub>MAX</sub>	11
														PCI	89
<b>CLASIFICACION</b>															
<b>EXCELENTE</b>															

Anexos 13 - Registro fotográfico de fallas en el Tramo 1 - Sección 1

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b> </div>  </div>						
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)						
<b>Via :</b>	Av. Panamericana Sur desde Redondel Norte hasta Redondel Sur, Cantón El Guabo, provincia de El Oro.	<b>Evaluado por :</b>	Guerra Gaona Angello Israel			
<b>Fecha :</b>	16/12/2024	<b>Revisado por :</b>	Ing. Gilbert Adrián Añazco			
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfaltica	<b>Abscisa inicial:</b>	0+000	<b>Abscisa final:</b>	0+030	
		<b>Area de tramo (m2) :</b>	223.50	<b># Tramo</b>	1	
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES						
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof m	Total
Grieta longitudinal	m	L	2.50			2.50
Grieta longitudinal	m	H	6.50			6.50
Grieta longitudinal	m	L	8.00			8.00
Agrietamiento en bloque	m2	L	4.20	2.0		8.40
REGISTRO FOTOGRAFICO						
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>Grieta Longitudinal</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Agrietamiento en bloque</p> </div> </div>						







Anexos 14 - Registro fotográfico de fallas en el Tramo 1 - Sección 2

 <b>UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b> 						
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)						
<b>Via :</b>	Av. Panamericana Sur desde Redondel Norte hasta Redondel Sur, Cantón El Guabo, provincia de El Oro.	<b>Evaluado por :</b>	Guerra Gaona Angello Israel			
<b>Fecha :</b>	16/12/2024	<b>Revisado por :</b>	Ing. Gilbert Adrián Añazco			
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfáltica	<b>Abscisa inicial:</b>	0+000	<b>Abscisa final:</b>	0+020	
		<b>Area de tramo (m2) :</b>	229.00		<b># Tramo</b>	1
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES						
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total
Huecos	N°	L	0.25			0.25
Huecos	N°	L	0.63			0.63
Huecos	N°	H	0.47			0.47
Piel de cocodrilo.	m2	H	1.30	0.96		1.25
Piel de cocodrilo.	m2	M	3.26	2.70		8.80
Agrietamiento transversal	m	M	3.17			3.17
Agrietamiento transversal	m	H	4.38			4.38
Agrietamiento transversal	m	H	2.3			2.33
REGISTRO FOTOGRÁFICO						
  						
Hueco			Agrietamiento en transversal		Piel de cocodrilo	





Anexos 15 - Registro fotográfico de fallas en el Tramo 1 - Sección 3

 <b>UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b> 						
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)						
<b>Via :</b>	Av. Panamericana Sur desde Redondel Norte hasta Redondel Sur, Cantón El Guabo, provincia de El Oro.	<b>Evaluado por :</b>	Guerra Gaona Angello Israel			
<b>Fecha :</b>	16/12/2024	<b>Revisado por :</b>	Ing. Gilbert Adrián Añazco			
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfaltica	<b>Abscisa inicial:</b>	0+000	<b>Abscisa final:</b>	0+025	
		<b>Area de tramo (m2) :</b>	252.50	<b># Tramo</b>	1	
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES						
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total
Exudación	m2	H	2.50	1.80		4.50
Exudación	m2	M	3.00	1.45		4.35
Agrietamiento longitudinal	m	M	4.12			4.12
Agrietamiento longitudinal	m	H	3.30			3.30
Agrietamiento longitudinal	m	M	4.70			4.70
REGISTRO FOTOGRÁFICO						
						
Exudación			Agrietamiento longitudinal			






Anexos 16 - Registro fotográfico de fallas en el Tramo 1 - Sección 4

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b> </div>  </div>						
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)						
<b>Via :</b>	Av. Panamericana Sur desde Redondel Norte hasta Redondel Sur, Cantón El Guabo, provincia de El Oro.	<b>Evaluado por :</b>	Guerra Gaona Angello Israel			
<b>Fecha :</b>	16/12/2024	<b>Revisado por :</b>	Ing. Gilbert Adrián Añazco			
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfaltica	<b>Abscisa inicial:</b>	0+000	<b>Abscisa final:</b>	0+025	
		<b>Area de tramo (m2) :</b>	252.50		<b># Tramo</b>	1
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES						
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total
Parcheo	m2	L	6.50	1.50		9.75
Parcheo	m2	M	2.50	1.20		3.00
Grieta de borde	m	M	3.00			3.00
Grieta de borde	m	H	2.40			2.40
REGISTRO FOTOGRAFICO						
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">  <p>Parcheo</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Grieta de borde</p> </div> </div>						




Anexos 17 - Registro fotográfico de fallas en el Tramo 1 - Sección 5

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b> </div>  </div>						
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)						
<b>Via :</b>	Av. Panamericana Sur desde Redondel Norte hasta Redondel Sur, Cantón El Guabo, provincia de El Oro.	<b>Evaluado por :</b>	Guerra Gaona Angello Israel			
<b>Fecha :</b>	16/12/2024	<b>Revisado por :</b>	Ing. Gilbert Adrián Añazco			
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfáltica	<b>Abscisa inicial:</b>	0+000	<b>Abscisa final:</b>	0+035	
		<b>Area de tramo (m2) :</b>	245.00		<b># Tramo</b>	1
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES						
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total
Piel de cocodrilo.	m2	H	4.72	2.16		10.20
Piel de cocodrilo.	m2	H	2.50	1.80		4.50
Piel de cocodrilo.	m2	M	3.00	1.45		4.35
Grieta longitudinal	m	H	2.40			2.40
Grieta longitudinal	m	L	2.70			2.70
Grieta longitudinal	m	M	1.90			1.90
Grieta longitudinal	m	M	3.30			3.30
REGISTRO FOTOGRAFICO						
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">  <p>Piel de cocodrilo</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Grieta longitudinal</p> </div> </div>						

Anexos 18 - Registro fotográfico de fallas en el Tramo 1 - Sección 6

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b> </div>  </div>						
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)						
<b>Via :</b>	Av. Panamericana Sur desde Redondel Norte hasta Redondel Sur, Cantón El Guabo, provincia de El Oro.	<b>Evaluado por :</b>	Guerra Gaona Angello Israel			
<b>Fecha :</b>	16/12/2024	<b>Revisado por :</b>	Ing. Gilbert Adrián Añazco			
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfaltica	<b>Abscisa inicial:</b>	0+000	<b>Abscisa final:</b>	0+025	
		<b>Area de tramo (m2) :</b>	250.00		<b># Tramo</b>	1
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES						
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total
Huecos	N°	L				3.00
Piel de cocodrilo.	m2	M	3.78	1.93		7.30
Piel de cocodrilo.	m2	M	3.21	1.45		4.65
Piel de cocodrilo.	m2	H	4.11	2.7		11.10
Parcheo	m2	L	3.42	2.36		8.07
REGISTRO FOTOGRAFICO						
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>Piel de cocodrilo</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Huecos</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <p>Parcheo</p> </div>						




Anexos 19 - Registro fotográfico de fallas en el Tramo 1 - Sección 7

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b> </div>  </div>						
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)						
<b>Via :</b>	Av. Panamericana Sur desde Redondel Norte	<b>Evaluated por :</b>	Guerra Gaona Angello Israel			
<b>Fecha :</b>	17/12/2024	<b>Revisado por :</b>	Ing. Gilbert Adrián Añazco			
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfáltica	<b>Abscisa inicial:</b>	0+000	<b>Abscisa final:</b>	0+015	
		<b>Area de tramo (m2) :</b>	261.00		<b># Tramo</b>	1
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES						
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total
Piel de cocodrilo.	m2	M	2.40	2.7		6.48
Piel de cocodrilo.	m2	M	2.40	1.70		4.08
Piel de cocodrilo.	m2	M	3.23	1.45		4.68
Piel de cocodrilo.	m2	H	0.86	0.6		0.52
REGISTRO FOTOGRAFICO						
						
Piel de cocodrilo						

Anexos 20 - Registro fotográfico de fallas en el Tramo 1 - Sección 8




 <b>UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b> 						
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)						
<b>Via :</b>	Av. Panamericana Sur desde Redondel Norte hasta Redondel Sur, Cantón El Guabo, provincia de El Oro.	<b>Evaluado por :</b>	Guerra Gaona Angello Israel			
<b>Fecha :</b>	17/12/2024	<b>Revisado por :</b>	Ing. Gilbert Adrián Añazco			
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfáltica	<b>Abscisa inicial:</b>	0+000	<b>Abscisa final:</b>	0+020	
		<b>Area de tramo (m2) :</b>	256.00	<b># Tramo</b>	1	
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES						
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total
Grieta transversal	m	M	0.70			0.70
Piel de cocodrilo.	m2	M	2.53	1.54		3.90
Piel de cocodrilo.	m2	M	3.00	1.17		3.51
Piel de cocodrilo.	m2	H	3.42	0.96		3.28
Grieta Longitudinal	m	M	2.40			2.40
Grieta Longitudinal	m	M	3.40			3.40
REGISTRO FOTOGRAFICO						
						
Grieta Transversal		Grieta longitudinal				
						
Piel de cocodrilo						

Anexos 21 - Registro fotográfico de fallas en el Tramo 1 - Sección 9




 <b>UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b>						
<b>EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)</b>						
<b>Via :</b>	Av. Circunvalación Norte entre Av. Las	<b>Evaluated por :</b>	George Henry Pérez Cruz			
<b>Fecha :</b>	18/12/2024	<b>Revisado por :</b>	Ing. Carlos Sanchez			
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfaltica	<b>Abscisa inicial:</b>	0+000	<b>Abscisa final:</b>	0+015	
		<b>Area de tramo (m2) :</b>	256.00	<b># Tramo</b>	1	
<b>INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES</b>						
<b>Falla</b>	<b>U</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. m</b>	<b>Total</b>
Grieta Longitudinal	m	M	6.20			6.20
Grieta Longitudinal	m	M	3.45			3.45
<b>REGISTRO FOTOGRAFICO</b>						
						
Grieta longitudinal						







Anexos 22 - Registro fotográfico de fallas en el Tramo 1 - Sección 10

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b> </div>  </div>						
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)						
<b>Via :</b>	Av. Panamericana Sur desde Redondel Norte hasta Redondel Sur, Cantón El Guabo, provincia de El Oro.	<b>Evaluado por :</b>	Guerra Gaona Angello Israel			
<b>Fecha :</b>	18/12/2024	<b>Revisado por :</b>	Ing. Gilbert Adrián Añazco			
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfaltica	<b>Abscisa inicial:</b>	0+000	<b>Abscisa final:</b>	0+020	
		<b>Area de tramo (m2) :</b>	234.00		<b># Tramo</b>	1
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES						
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total
Grieta de borde	m	L	4.30			4.30
REGISTRO FOTOGRAFICO						
						
Grieta de borde						

Anexos 23 - Registro fotográfico de fallas en el Tramo 1 - Sección 11

 <b>UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b> 						
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)						
<b>Via :</b>	Av. Panamericana Sur desde Redondel Norte hasta Redondel Sur, Cantón El Guabo, provincia de El Oro.	<b>Evaluado por :</b>	Guerra Gaona Angello Israel			
<b>Fecha :</b>	18/12/2024	<b>Revisado por :</b>	Ing. Gilbert Adrián Añazco			
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfáltica	<b>Abscisa inicial:</b>	0+000	<b>Abscisa final:</b>	0+030	
		<b>Area de tramo (m2) :</b>	247.50	<b># Tramo</b>	1	
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES						
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total
Abultamientos y hundimientos.	m	M	1.70			1.70
REGISTRO FOTOGRAFICO						
						
Abultamiento y hundimiento						

Anexos 24 - Registro fotográfico de fallas en el Tramo 1 - Sección 12

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b> </div>  </div>						
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)						
<b>Via :</b>	Av. Panamericana Sur desde Redondel Norte hasta Redondel Sur, Cantón El Guabo, provincia de El Oro.	<b>Evaluado por :</b>	Guerra Gaona Angello Israel			
<b>Fecha :</b>	18/12/2024	<b>Revisado por :</b>	Ing. Gilbert Adrián Añazco			
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfáltica	<b>Abscisa inicial:</b>	0+000	<b>Abscisa final:</b>	0+025	
		<b>Area de tramo (m2) :</b>	235.00		<b># Tramo</b>	1
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES						
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total
Grieta Longitudinal	m	M	1.55			1.55
Grieta Longitudinal	m	L	3.08			3.08
Grieta Longitudinal	m	M	2.10			2.10
Grieta Transversal	m	H	1.85			1.85
Grieta Transversal	m	M	2.60			2.60
Grieta Transversal	m	L	4.86			4.86
REGISTRO FOTOGRÁFICO						
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Grieta longitudinal</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Grieta transversal</p> </div> </div>						

*Anexos 26 - Recolección de datos en campo*



Imagen capturada 16/12/2024

*Anexos 25 - Recolección de datos en campo*



Imagen capturada 17/12/2024

*Anexos 27 - Recolección de datos en campo*



Imagen capturada 17/12/2024

*Anexos 28 - Recolección de datos en campo*



Imagen capturada 17/12/2024

*Anexos 29 - Recolección de datos en campo*



Imagen capturada 17/12/2024

*Anexos 30 - Recolección de datos en campo*



Imagen capturada 18/12/2024