



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

APLICACIÓN DEL MÉTODO PCI EN LA AVENIDA BOLIVAR  
MADEROS VARGAS DE LA ABCISA 0+00 A 1+00 KM

ESPINOZA CALDERON ROSA AURORA  
INGENIERA CIVIL

MACHALA  
2023



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Aplicación del Método PCI en la Avenida Bolívar Maderos Vargas  
de la Abcisa 0+00 a 1+00 km

ESPINOZA CALDERON ROSA AURORA  
INGENIERA CIVIL

MACHALA  
2023



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO TITULACIÓN  
PROYECTO TÉCNICO

Aplicación del Método PCI en la Avenida Bolívar Maderos Vargas de la Abcisa 0+00 a  
1+00 km

ESPINOZA CALDERON ROSA AURORA  
INGENIERA CIVIL

CABRERA GORDILLO JORGE PAUL

MACHALA, 13 DE MARZO DE 2023

MACHALA  
2023

# ROSA ESPINOZA

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

3%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

---

## ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

---

1%

★ [repositorio.upao.edu.pe](http://repositorio.upao.edu.pe)

Fuente de Internet

---

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

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

La que suscribe, ESPINOZA CALDERON ROSA AURORA, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado Aplicación del Método PCI en la Avenida Bolivar Maderos Vargas de la Abcisa 0+00 a 1+00 km, 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.

La autora 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.

La autora 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.

Machala, 13 de marzo de 2023



ESPINOZA CALDERON ROSA AURORA  
2100647516

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi familia que estuvo todos los días y me apoyó para que todo saliera bien, mis profesores que estuvieron juntos en la facultad de Ingeniería Civil, que aportaron en el proceso profesional, y a mi tutor, el Ing. Cabrera Gordillo Jorge, quiero agradecerles por sus conferencias y consejos que pude culminar con éxito y finalmente a mis compañeros que me acompañaron en el camino de convertirme en una profesional.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi familia. Se lo debo principalmente a mi madre, quien me brindó el apoyo y la fuerza para continuar con mi investigación.

**Título: Aplicación del Método PCI en la Avenida Bolívar Maderos Vargas de la  
Abcisa 0+00 a 1+00 km**

**RESUMEN**

La evaluación de pavimentos es una tarea crítica para el mantenimiento y la toma de decisiones en infraestructura de transporte. En este sentido, una investigación reciente se enfocó en identificar los factores que producen el deterioro de las vías de pavimento rígido mediante el análisis por métodos técnicos. Para ello, se utilizó el Índice de Condición del Pavimento (PCI) para evaluar una vía de pavimento rígido llamada Bolívar Madero Vargas. correcto mantenimiento. Los resultados de la evaluación muestran que el estado actual del pavimento es muy bueno, con un PCI de 84.5 sobre 100. No obstante, se encontraron algunas fallas que pueden comprometer su durabilidad y funcionalidad. Las fallas identificadas incluyen: Escala la cual se refiere al desnivel entre losas de hormigón provocadas por el intenso tráfico. El daño del sello de junta, por su parte, se debe a la falta de mantenimiento en las juntas de dilatación, lo que provoca el deterioro de la losa adyacente. El pulimento de agregados, es el desgaste de la superficie del pavimento debido al tránsito vehicular. Finalmente, los popouts son pequeñas protuberancias en la superficie del pavimento causadas por la erosión, daño por tráfico pesado, presencia de humedad, entre otros. En cuanto a los factores que producen el deterioro de las vías de pavimento rígido, se identificaron diversos aspectos. Unos de ellos son el clima, la carga vehicular y el mantenimiento adecuado, además de la calidad del concreto utilizado en la construcción, ya que su resistencia y durabilidad dependen en gran medida de la calidad de los materiales y de la técnica utilizada en la construcción. Asimismo, la calidad del diseño y la ejecución de las juntas de dilatación son fundamentales para evitar el daño del sello de junta. En conclusión, la evaluación de pavimentos a través del PCI permite identificar el estado actual del pavimento y las fallas que puedan comprometer su

durabilidad y funcionalidad. En el caso de la vía de pavimento rígido Bolívar Madero Vargas, se encontraron fallas como la escala, el daño del sello de junta, el pulimento de agregados y los popouts, que pueden ser corregidas mediante un mantenimiento adecuado y una construcción de calidad.

**Palabras clave:**

*Pavimento rígido, estado de pavimento, espesores, deterioro, índice de condición de pavimento.*

## ABSTRACT

Pavement evaluation is a critical task for maintenance and decision-making in transportation infrastructure. In this sense, recent research focused on identifying the factors that lead to the deterioration of rigid pavement using technical methods. To this end, the Pavement Condition Index (PCI) was used to evaluate a rigid pavement called Bolivar Madero Vargas. The evaluation results show that the current condition of the pavement is very good, with a PCI of 84.5 out of 100. However, some failures were found that can compromise its durability and functionality. The identified failures include: Scaling, which refers to the unevenness between concrete slabs caused by intense traffic. Joint seal damage, which is caused by a lack of maintenance in the expansion joints, leading to the deterioration of the adjacent slab. Aggregate polishing, the wearing of the pavement surface due to vehicle traffic. Finally, popouts are small protrusions on the pavement surface caused by erosion, heavy traffic, moisture, among others. As for the factors that cause the deterioration of rigid pavement, various aspects were identified. Among them are climate, vehicular load, proper maintenance, as well as the quality of the concrete used in construction, since its strength and durability depend largely on the quality of the materials and technique used in construction. Likewise, the quality of the design and execution of expansion joints is crucial to avoid joint seal damage. In conclusion, the evaluation of pavements through PCI allows to identify the current condition of the pavement and the failures that may compromise its durability and functionality. In the case of the Bolivar Madero Vargas rigid pavement, failures such as scaling, joint seal damage, aggregate polishing, and popouts were found, which can be corrected through proper maintenance and quality construction.

### **Key words:**

*Rigid pavement, pavement condition, thicknesses, deterioration, pavement condition index.*

## INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO.....	1
DEDICATORIA .....	2
RESUMEN .....	3
ABSTRACT .....	5
INDICE DE CONTENIDO.....	6
INDICE DE ILUSTRACIONES .....	7
INDICE DE TABLAS .....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
IMPORTANCIA DEL TEMA.....	8
ACTUALIDAD DE LA PROBLEMÁTICA .....	8
ESTRUCTURA DEL TRABAJO.....	8
1.    CAPITULO I: GENERALIDADES DEL OBJETO DE ESTUDIO .....	10
1.1.    DEFINICIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO.....	10
1.2.    HECHOS DE INTERÉS.....	11
1.3.    OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	11
2.    CAPITULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO-EPISTEMOLÓGICA DEL ESTUDIO.....	13
2.1.    DESCRIPCIÓN DEL ENFOQUE EPISTEMOLÓGICO DE REFERENCIA .....	13
2.2.    BASES TEÓRICAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
3.    CAPITULO III: PROCESO METODOLÓGICO.....	25
3.1.    DISEÑO O TRADICIÓN DE INVESTIGACIÓN SELECCIONADA .....	25
3.2.    SISTEMA DE CATEGORIZACIÓN EN EL ANÁLISIS DE DATOS .....	28
4.    CAPITULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	29
3.1    DESCRIPCIÓN Y ARGUMENTACIÓN TEÓRICA DE RESULTADOS .....	29
5.    CONCLUSIONES .....	37
6.    RECOMENDACIONES .....	39
7.    BIBLIOGRAFIA .....	40
8.    ANEXOS.....	48

## INDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 Falla tipo "Escala" _____</i>	<i>32</i>
<i>Ilustración 2 Sello de juntas en Vía Bolívar Madero Vargas _____</i>	<i>33</i>
<i>Ilustración 3 Desgaste en pavimento _____</i>	<i>34</i>
<i>Ilustración 4 Desgaste en pavimento Vía Bolívar Madero Vargas _____</i>	<i>35</i>
<i>Ilustración 5 Popouts en Vía Bolívar Madero Vargas _____</i>	<i>36</i>

## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Especificaciones para la estructura de pavimentos .....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 2 Tipos de daños .....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 3 Rangos de calificación PCI.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 4 Tabla PCI Av. Bolívar Madero Vargas .....</i>	<i>30</i>

## INTRODUCCIÓN.

### *Importancia del tema*

Conocer el estado de las vías y obtener información referente aplicando el Método PCI en los pavimentos rígidos para realizar propuestas que mejoren el estado y movilidad en las vías es de gran importancia debido a que en la ciudad de Machala el tráfico en las principales zonas se debe a la importación de productos como el banano, camarón, cacao, entre otros, los cuales conllevan a un amplio tráfico en las vías que conectan a Puerto Bolívar como lo es la Av. Bolívar Madero Vargas. Además, podemos evidenciar el turismo en la provincia de El Oro donde se han presentado proyectos que desean aprovechar de manera eficiente las áreas y espacios para movilizarse y generar mayor bienestar y producir mayor inversión. La ciudad es un punto de entretenimiento para turistas, destacando la isla de Jambelí siendo de los lugares más visitados de la ciudad. [1]

### *Actualidad de la problemática*

La Av. Bolívar Madero Vargas ha presentado una serie de daños en su estructura por diversos motivos, en los cuales se puede evidenciar el flujo vehicular debido a ser un punto turístico, el tipo de vehículos como transporte extra pesados por razones de ser una vía que conecta al puerto marítimo de exportación, malos diseños estructurales, entre otros.

### *Estructura del trabajo*

En el presente trabajo se explicarán conceptos que son necesarios para entender los resultados obtenidos de nuestra investigación, también se realizara aporte de información de la ciudad y del lugar donde se sitúa el estudio. Mostraremos los procesos a realizar con su debida explicación y uso de los materiales técnico-experimentales utilizados en este proyecto. Seguido a

esto mostraremos el resultado de lo realizado y representados mediante tablas y gráficos para su respectivo análisis, sus debidas conclusiones.

Para desarrollar la investigación se plantean cuatro capítulos, los cuales se describen a continuación:

En el capítulo 1 se muestra el planteamiento del problema donde se muestra antecedentes investigativos, objetivos, alcances y justificación de la investigación.

En el capítulo 2 muestra el marco teórico donde presentamos los antecedentes tanto como conceptuales y referenciales.

En el capítulo 3 indica la propuesta metodológica donde se indica el procedimiento para la evaluación del pavimento, se presenta la metodología de investigación donde se define el paradigma, enfoque y la muestra para la investigación.

En el capítulo 4 se exponen resultados obtenidos luego de aplicar la metodología de evaluación. Y finalizamos con las conclusiones y recomendaciones sobre los resultados obtenidos de la investigación.

## 1. CAPITULO I: GENERALIDADES DEL OBJETO DE ESTUDIO

### 1.1. *Definición y contextualización del objeto de estudio*

Actualmente la Av. Bolívar Madero Vargas es una de las vías más transitadas de la ciudad, además de ser una de las principales ya que conecta con Autoridad portuaria, siendo el segundo puerto marítimo más importante del Ecuador, es por ello que la vía debe estar en las mejores condiciones posibles debido al tráfico pesado que circula diariamente por la avenida. Sin embargo, existen molestias de usuarios al transitar por ella por lo que surge la interrogante, ¿Cuál es el estado actual de la Av. Bolívar madero Vargas y cuáles son los factores que producen el deterioro de los pavimentos?

Al finalizar el proyecto contaremos con la capacidad de obtener los factores que producen deterioro en las vías de pavimento rígido, realizando el análisis de una vía cualquiera, desde el momento en el que se realiza el estudio de campo donde se obtienen los tipos de fallas. Esta información servirá para constatar y proporcionar propuestas de mejoras en los pavimentos que lleven a una mejor calidad en la movilización.

Realizar este proyecto fue con el interés de la obtención del título de Ingeniero civil, además de ser un área de estudio que es de mi provecho y de utilidad como profesional.

El análisis del estado de las vías se puede realizar en cualquier vía donde exista flujo vehicular, lo que permite crear una necesidad de estudios en esta parte de la ingeniería, por ello me propuso realizar el análisis de los factores que producen el deterioro en los pavimentos rígidos en una las vías de la ciudad de Machala.

## **1.2. Hechos de interés**

- ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE PRODUCEN EL DETERIORO DE LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS

Este estudio analiza las patologías que sufren algunos proyectos de pavimento rígido en Machala, donde se constató algunas causas que provocan el deterioro mediante un diagnóstico de las vías más críticas, se evidencio deterioros severos y características de los materiales utilizados para la construcción de la vía. Con ello se consideran propuestas necesarias para evitar daños en los proyectos viales de pavimentos rígidos.[2]

- ANÁLISIS DE LOS FACTORES EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS URBANOS SUSTENTABLES

Este artículo analizó pavimentos rígidos y encontró una gran variedad de calles con fallas en su estructura de diversos tipos, y en las avenidas más afectadas se analizaron los factores que inciden en el diseño de pavimentos. Se encontró que el tránsito es uno de los principales factores que inciden e indico que las secciones para pavimentar deberán estar dimensionadas de acuerdo con aforos de tránsito confiables. También se planteó la necesidad de realizar inspecciones para evaluar el estado de condición de los pavimentos de concreto hidráulico en diversas avenidas de la ciudad. Se realizó una propuesta para el proceso constructivo de pavimentos considerando el tipo de suelo y evitar daños provocados por los cambios del mismo.[3]

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

- Analizar los factores que producen deterioro en los pavimentos rígidos mediante el análisis del estado de la vía por el método PCI para su correcto mantenimiento.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Fundamentar los conceptos basados en estado de pavimentos y factores que permiten el deterioro de vías de pavimento rígido.
- Evaluar el estado actual del pavimento rígido utilizando el método PCI en la Av. Bolívar Madero Vargas
- Obtener mediante análisis los factores que producen el deterioro de los pavimentos rígidos en la avenida.

## 2. CAPITULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO-EPISTEMOLÓGICA DEL ESTUDIO.

### 2.1. *Descripción del enfoque epistemológico de referencia*

Se refiere a la perspectiva teórica que se utiliza para comprender cómo se genera el conocimiento y cómo se valida en la investigación. En otras palabras, se trata de la forma en que el investigador conceptualiza y justifica su aproximación a la verdad en la investigación.

La elección del enfoque epistemológico de referencia dependerá de los objetivos de la investigación y del tipo de pregunta de investigación que se esté abordando. En general, los investigadores deben ser explícitos sobre su enfoque epistemológico de referencia en la descripción de su metodología de investigación, para que los lectores puedan comprender mejor la forma en que se ha generado y validado el conocimiento en la investigación.

Antes de comenzar una investigación, se debe elegir un marco teórico que se ajuste a nuestra realidad, valores, la relación entre el sujeto y el objeto, y los procedimientos metodológicos que se utilizarán. Históricamente, han existido dos paradigmas principales en la investigación: el paradigma cuantitativo y el paradigma cualitativo, aunque estos términos pueden tener otras denominaciones y a menudo se utilizan indistintamente con otros conceptos como enfoques, métodos o metodologías.[4]

#### **2.1.1. ENFOQUE**

El enfoque consiste en identificar los procesos y sus interrelaciones, para Planear, Hacer, Verificar y Actuar sobre ellos y mejorar su efectividad, a fin de satisfacer las necesidades de todas las partes interesadas [5]

El enfoque del presente trabajo de titulación es cualitativo, ya que se refiere a una metodología de investigación que se basa en el uso de palabras, textos, discursos, dibujos, gráficos e imágenes. Por ende, en la investigación se utilizaron procesos basados en la exploración de las experiencias, percepciones y perspectivas de los participantes en un estudio y en la interpretación de los significados que se derivan de sus relatos. Entre las técnicas más utilizadas en este enfoque se incluyen la observación participante, las entrevistas en profundidad, los grupos de discusión y el análisis de documentos. El enfoque cualitativo se centra en la comprensión profunda y detallada de los fenómenos estudiados. [6], [7]

### **2.1.2. PARADIGMA**

La investigación está definida por un paradigma positivista, ya que el objetivo de la investigación es explicar, controlar y predecir los resultados determinados mediante leyes, explicaciones, donde se encuentran causas reales. En la rama del pavimento en la ciudad de Machala, específicamente la principal variable a tratar serán los factores que determinen el deterioro en las vías. [8], [9]

## **2.2. Bases teóricas de la investigación**

El pavimento de una carretera es una mezcla de grava, agregados y asfalto u hormigón que se coloca en una ruta específica para el tráfico vehicular y peatonal. En el pasado, solo consistía en gravas y piedras, pero estos gradientes fueron luego reemplazados por materiales de alta calidad como ligante asfáltico y hormigón. Hoy en día, el diseño del pavimento se considera un factor significativo para mantener el mejor desempeño de la infraestructura en las ciudades y brindar seguridad a los usuarios de las vías.[10]

### 2.2.1. ELEMENTOS QUE INTEGRAN UN PAVIMENTO

Se define al pavimento como la estructura formada en capas y esta diseñada para distribuir la energía que se produce al paso de los vehículos, sin sobrepasar la capacidad del terreno. La capa más importante es la de superficial que puede ser tanto de pavimento rígido formado por hormigón, o pavimento flexible formado por asfalto, donde la calidad definirá la capacidad de carga del pavimento [11], [12]. El Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones Del Ecuador ha establecido especificaciones para la estructura de pavimentos en la construcción de caminos y puentes:

*Tabla 1 Especificaciones para la estructura de pavimentos*

<b>ESTRUCTURA</b>
MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE
SUBBASES
BASES
CAPA DE RODADURA

**Fuente:** Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes de caminos y puentes. (Ministerio de Obras Públicas, 2002)

El Pavimento rígido esta construido principalmente con una losa de concreto hidráulico, sobre una base subrasante.

El diseño y construcción de pavimentos flexibles sobre subrasantes débiles y húmedas siempre ha sido un desafío para los diseñadores de pavimentos ya que se debe estabilizar el nivel superior de los materiales de subrasante con cemento o cal, según el tipo/clasificación del suelo de la subrasante, para crear una plataforma más rígida al mejorar las propiedades de ingeniería de los materiales de subrasante.[12]

### 2.2.2. TIPOS DE DETERIOROS OBSERVADOS EN VÍA

En 2019 se registraron varios tipos de daños en las carreteras de Tokio, incluyendo grietas lineales como marcas de ruedas, partes con juntas de construcción, pavimentación parcial o totales.

También se observaron grietas en forma de piel de cocodrilo, aberturas, baches y separaciones, así como desenfoces en pasos de peatones y líneas blancas. Otro tipo de daño reportado fue el agujero utilitario o escotilla de mantenimiento.[14]

### ***ESCALA.***

Se refiere a una serie de grietas escalonadas que se forman en la superficie del concreto. Esta falla es causada por la acumulación de cargas de tráfico en la superficie del pavimento, lo que provoca tensiones internas que eventualmente se vuelven críticas y dan lugar a la formación de grietas. Las grietas que se forman en la falla "Escala" son generalmente paralelas entre sí y se extienden perpendicularmente a la dirección del tráfico. A medida que estas grietas se desarrollan, el pavimento comienza a descascararse y la superficie se vuelve irregular y peligrosa para los vehículos que circulan sobre ella.

### ***DAÑO DEL SELLO DE LA JUNTA.***

Un sello de junta en un pavimento rígido es esencial para garantizar la estabilidad y durabilidad del pavimento. El sello de la junta se coloca en el borde de la junta entre los paneles de concreto para evitar que la humedad, los escombros y otros materiales entren en el espacio entre los paneles. Si el sello de la junta se daña o se rompe, puede haber varios efectos negativos en el pavimento rígido.

### ***PULIMENTO DE AGREGADOS.***

El pulido de agregados en pavimentos rígidos puede causar daños a largo plazo en la superficie del pavimento. Puede exponer una cantidad excesiva de agregados, lo que puede hacer que la superficie del pavimento sea más áspera y menos cómoda para conducir. Además, la superficie puede volverse más resbaladiza, lo que puede aumentar el riesgo de accidentes de

tráfico. Otro problema que puede surgir es la reducción de la durabilidad del pavimento. La eliminación de la capa superficial del pavimento puede exponer las capas inferiores a los elementos climáticos, como la lluvia, el sol y la nieve, lo que puede provocar la erosión de los materiales del pavimento con el tiempo. Cuando los agregados en la superficie se vuelven suaves al tacto, se reduce considerablemente la adherencia con las llantas.

### ***POP-OUTS.***

Los pop-outs son un tipo de daño que ocurre en el pavimento cuando pequeñas porciones de la superficie se desprenden dejando agujeros o cráteres en la carretera además se utiliza para indicar aquellos daños en los que la cubierta de hormigón todavía está en su lugar.[15] Este tipo de daño es más común en regiones con climas fríos y húmedos. Los popouts pueden afectar seriamente la seguridad vial y la durabilidad del pavimento. Los conductores pueden perder el control del vehículo al encontrarse con uno de estos agujeros en la carretera, y si no se reparan rápidamente, el daño puede extenderse a áreas más grandes del pavimento.

### ***2.2.3. CAUSAS DE LOS DETERIOROS***

- Tráfico

El tráfico es el factor más importante que influye en el desempeño del pavimento. El comportamiento de los pavimentos es principalmente influenciado por la magnitud de carga, la configuración y el número de repeticiones de carga por vehículos pesados. Un pavimento está diseñado para soportar un cierto número de repeticiones estándar de carga por eje. [16]

- Humedad (agua)

La humedad puede debilitar significativamente la fuerza de soporte de los materiales de grava natural, especialmente la subrasante. La humedad puede entrar en la estructura del

pavimento a través de grietas y agujeros en la superficie, lateralmente a través de la subrasante y del nivel freático subyacente a través de la acción capilar. [16]

El daño por humedad de la mezcla asfáltica es el resultado de varios procesos complejos. La imagen integral de lo físico, interacciones químicas y mecánicas entre el agua y el asfalto que reducen tanto la fuerza de unión entre los agregados y el interior del asfalto los cuales causan fallas adhesivas y cohesivas respectivamente. El daño por humedad obvio finalmente emergerá en formas de desprendimiento o baches debido al decapado de la película asfáltica.[17]

- Subrasante

La subrasante es el suelo subyacente que soporta las cargas de las ruedas aplicadas. Si la subrasante es demasiado débil para soportarlas cargas de las ruedas, el pavimento se flexionará excesivamente, lo que finalmente hará que el pavimento falle. [16]

- Calidad de construcción

No obtener la compactación adecuada, condiciones de humedad inadecuadas durante la construcción, calidad de los materiales y el espesor exacto de la capa afecta directamente el desempeño de un pavimento. [16]

- Mantenimiento

El rendimiento del pavimento depende de qué, cuándo y cómo se realiza el mantenimiento. No importa lo bien que esté se construye el pavimento, se deteriorará con el tiempo en función de los factores mencionados. El tiempo de mantenimiento es muy importante, si se permite que un pavimento se deteriore a una condición muy mala. Posponer el mantenimiento debido a restricciones presupuestarias resulta en una pérdida financiera significativa.[16]

#### **2.2.4. *CONDICIÓN DEL PAVIMENTO***

Para valorar la condición se debe referirse a las características del pavimento en función del material utilizado, el espesor de las capas y la calidad de la construcción, además de agentes climáticos y el tráfico. El deterioro del pavimento se puede medir mediante la escala del PCI y se califica como Excelente, Muy bueno, Bueno, Regular, Malo, Muy malo, Fallado. El objetivo de realizar una valoración será para optar medidas adecuadas para conservar y alargar la vida útil del pavimento [18]. A pesar de ser un proceso sencillo, predecir los valores de PCI requiere un trabajo de campo extenso, y realizar este trabajo con frecuencia y con la calidad adecuada puede ser costoso para los municipios pequeños. Para los municipios más grandes, dicho trabajo puede tener implicaciones negativas en la seguridad del personal y los flujos de tráfico.[19]

El deterioro de una estructura vial se determina los tipos de daños, severidad y cantidad, en el momento en que se evalúa el grado de severidad que puede presentarse en niveles como: alto, medio y bajo.[20] Uno de los métodos que utilizados para este tipo de evaluación es el PCI el cual compara las condiciones y magnitud de las fallas encontradas en el pavimento. [21] El método PCI se considera como uno de los métodos más importantes para la evaluación de pavimentos. [22]

#### **2.2.5. *EVALUACIÓN ESTRUCTURAL***

El sistema de gestión de pavimentos (PMS, por sus siglas en inglés) es establecido por las agencias de carreteras para asegurar que las carreteras estén en buen estado y cumpliendo su cometido. Un estudio de la condición del pavimento proporcionará información valiosa necesaria para el análisis del rendimiento del pavimento; también es crucial para facilitar el pronóstico del rendimiento del pavimento, anticipar los requisitos de mantenimiento y rehabilitación, establecer prioridades en el mantenimiento y la asignación de inversión.[23]

Todo método de evaluación para el deterioro debe guiarse de factores que permitan identificar la información que formen un criterio apropiado para conocer el estado del pavimento.[24] La evaluación del pavimento rígido incluye datos como regularidad superficial, fallas y fisuras y estas condiciones permiten la toma de decisiones y los tratamientos a aplicar. [25]

Evaluar la estructura de pavimentos es en grado importante para mantener un buen funcionamiento de las vías. El medir el estado del pavimento utilizando tecnologías que mejoren el rendimiento de los estudios tales como las evaluaciones no destructivas. Además, existen sociedades que estudian los pavimentos como la AASHTO y establecen modelos matemáticos que brindan soluciones directas para un correcto mantenimiento a la infraestructura. [26]

En un artículo realizado por Hyungjun Ahn quedó claro que una evaluación de la subbase resultaría en una evaluación más completa de la condición del pavimento ya que la capa de subbase también afecta las capas de pavimento e influye en la toma de decisiones para la aplicabilidad del programa de conservación de pavimentos a nivel de proyecto.[27]

Existen otros métodos como los basados en redes los cuales detectan fallas en el pavimento como grietas, hoyos dañados por el agua y asentamientos irregulares con 85,17 % de precisión y errores de ubicación de 2,15 mm en el campo en condiciones para diferentes estructuras y materiales de pavimento, frecuencias, entre otros. [28]

#### **2.2.6. CAPACIDAD DE VIA**

La capacidad vial se divide en la capacidad de la estructura y la capacidad de tránsito, donde la capacidad de la estructura dependerá de los espesores de capas por los que este conformada y la capacidad del tránsito será el valor máximo de vehículos que pasan por una vía en un tiempo determinado, en función de las condiciones de la carretera y el tráfico, como las

características geométricas. El máximo de su capacidad se produce cuando se alcanza la densidad crítica y el tráfico se mueve a una velocidad crítica. [29]

### **2.2.7. CLASIFICACIÓN VEHICULAR**

Para realizar un estudio de un tramo de vía se debe considerar los vehículos que circulan en la vía, para ello existen diversos métodos como ejemplo el realizado en una autopista francesa cuya vía está sometida a un tráfico muy intenso (alrededor de 4500 camiones/día). Por razones de seguridad para realizar mediciones con un vehículo de referencia parecía difícil en este sitio, por lo que se decidió probar la instalación de un sistema de instrumentación y adquisición de datos con control y datos remotos. El control remoto es apropiado en el contexto de una autopista de mucho tráfico, debido a las dificultades de acceso al sitio. La transferencia remota de datos permite monitorear continuamente la respuesta del pavimento, bajo tráfico normal. Así es posible estudiar en detalle las variaciones de la respuesta del pavimento con el tráfico y las variaciones climáticas (temperatura, condiciones de humedad, entre otros).[30]

Conocer la clasificación vehicular es importante para identificar el tipo de vehículos que circulan en la vía ya que existe variedad, el peso, tipos de ejes, etc. Los cuales unas de las causas de los deterioros del pavimento. Para la investigación fue necesario identificar la clasificación según el MTOP la cual es:

- Vehículos livianos como motocicletas y automóviles de hasta 8 pasajeros.
- Vehículos pesados como buses y camiones.[31]

#### **VEHÍCULOS PESADOS**

El MTOP considera que los vehículos pesados son aquellos de más de 4 *Ton* de peso y doble llanta en las ruedas traseras, además estos pueden ser de 2 a 5 o más ejes. [31]

### **2.2.8. ZONAS COSTERAS**

En el pasado, el transporte marítimo se enfocaba principalmente en la carga, pero gracias al avance de los medios de navegación, ahora es posible realizar viajes seguros y cómodos para personas que quieren trasladarse entre continentes. Por esta razón, muchas naciones han establecido líneas de transporte marítimo que se dedican exclusivamente a transportar pasajeros. [32] Es responsabilidad de los gobiernos locales y nacionales aprovechar de forma eficiente las zonas costeras para generar beneficios y riqueza para la comunidad costera. El turismo puede ser una forma sostenible y rentable de lograr este objetivo, siempre y cuando se proteja el medio ambiente y se respeten los valores y la cultura local. [33]

Debido a la gran cantidad de ciudades que se encuentran en la costa en todo el mundo, se han desarrollado numerosos proyectos que pueden servir como referentes para llevar a cabo una renovación urbana en una ciudad costera. En algunos de estos proyectos, la construcción de edificios y estructuras en la costa ha llevado a cambios significativos en la apariencia de la ciudad. Es por eso que se han implementado programas de intervención urbana que buscan ordenar el territorio, mejorar las estructuras costeras, desarrollar la infraestructura y construir nuevos complejos habitacionales.[34] En Latinoamérica, las zonas costeras enfrentan diversos desafíos en cuanto a la renovación urbana. Estos desafíos incluyen altos niveles de pobreza, exclusión, desigualdad y precariedad en la vivienda, lo que las convierte en áreas altamente vulnerables y de alto riesgo. [35]

El Oro se encuentra es una zona oceánica en la corriente cálida del Niño. Durante siglos, los pescadores de Ecuador y Perú se han reunido en esta área para intercambiar productos y compartir conocimientos y tradiciones. Antiguamente, los pescadores viajaban por las costas de El Oro, las islas de Jambelí y el Puerto de Paita en Perú para hacer estos intercambios. En los años

1950, la zona costera estaba cubierta por manglares y había una gran variedad de vida marina y aves. Sin embargo, con el tiempo, la actividad bananera y camaronera en la zona urbana ha afectado significativamente la biodiversidad. Además, la migración de personas a la zona y la construcción de infraestructuras portuarias y zonas camaroneras han llevado a una ocupación de suelo residencial en los años 70. [36]

### **2.2.9. ÁREA DE ESTUDIO**

Machala la capital de la provincia de El Oro, es una de las ciudades costeras del Ecuador, localizada en el lado sur oeste del país. Es también la ciudad más poblada de la provincia. Por ser la capital oreense constituye un área importante en lo comercial, financiero, económico y administrativo. Su extensión aproximada es de 37.275,24 ha, dividida geográficamente en 7 parroquias urbanas: Puerto Bolívar, Jambelí, Machala, Jubones, La Providencia, El Cambio y 9 de mayo, y El Retiro como su única parroquia rural.

Según información recopilada del censo realizado en año 2010 y el Plan de Uso y Gestión de Suelo y catastro la población en la ciudad de Machala es de 245.972 habitantes, en los cuales 123.024 son hombres y 122.948 mujeres se prevé una proyección en el año 2020 de 289.141 habitantes, es el cantón con mayor índice poblacional de la provincia de El Oro.[37], [38]

#### **Puerto Bolívar**

Puerto Bolívar es un puerto marítimo ubicado en la costa del Pacífico de Ecuador, en la provincia de El Oro. Es conocido como el puerto más grande y más importante de Ecuador para la exportación de productos marítimos como camarones, langostinos y pescado. Además de su importancia económica, Puerto Bolívar también es un lugar turístico popular debido a sus playas los visitantes pueden disfrutar de actividades como natación, pesca y observación de vida marina.[39]

Otra atracción turística en Puerto Bolívar es el Mercado Artesanal, donde se pueden comprar souvenirs y artesanías hechas por los lugareños, como joyas de oro y plata, cerámica, tejidos y pinturas. El Malecón de Puerto Bolívar es la zona más atractiva de esta parroquia urbana del Cantón Machala, se enfoca principalmente en actividades relacionadas con su condición de puerto, la pesca y, en menor medida, el turismo. Al norte del malecón se encuentra el cerramiento de Autoridad Portuaria, donde hay viviendas precarias que se han construido adosadas, al sur se encuentra el Estero Huayla.

El malecón cuenta con dos muelles que, aunque tienen características diferentes, son igualmente importantes: el muelle de cabotaje, que brinda servicio a las embarcaciones que transportan personas y carga hacia y desde el archipiélago de Jambelí, y el histórico muelle de la Casa de la Cultura. A pesar de estar integrado en la trama urbana, desafortunadamente no contribuye significativamente al progreso de la mayoría de la población de Puerto Bolívar. Esto ha producido el aumento de la población, aumentando así las actividades como el cultivo del camarón, y afectando de manera negativa a los manglares y la biodiversidad de los mismos. [40]

Puerto Bolívar es una parroquia urbana situada en la costa sur de Ecuador, en el cantón Machala. Tiene un puerto multipropósito con una profundidad de dragado de 12,5 metros para servir al comercio exterior de Ecuador. Además de sus actividades portuarias, Puerto Bolívar se dedica al comercio, el turismo y la pesca. El clima de la zona es tropical-húmedo, con una precipitación media anual de 673 mm y una temperatura media de 25°C. [41]

### 3. CAPITULO III: PROCESO METODOLÓGICO

#### *3.1. Diseño o tradición de investigación seleccionada*

##### **3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.**

###### TIPO EXPLORATORIO

La investigación exploratoria es el punto de partida para seguir con una investigación descriptiva, que a su vez conduce a una investigación correlacional y finalmente a una investigación explicativa. Es crucial tener en cuenta que la teoría en cualquier campo de la ciencia se construye gradualmente, a medida que se obtienen resultados a través de una serie de estudios.[42]

Se identificarán conceptos, factores y los analizaremos de manera específica para la obtención de datos sobre el deterioro del pavimento encontrado en la Av. Bolívar Madero Vargas

###### TIPO DESCRIPTIVO

La investigación descriptiva es un tipo de investigación que tiene como objetivo describir un fenómeno, situación o población en particular sin manipular ninguna variable. Este tipo de estudio sistematizar datos de distintas fuentes en información fácilmente manejable y comprensible especificar las características de los vehículos, vías y estructuras para la calificación del estado de las vías para la calidad de circulación en la ciudad.[43]

##### **3.1.2. POBLACIÓN Y DATOS.**

Para el estudio se presenta a la Av. Bolívar Madero Vargas como objeto de estudio, cuya estructura es de pavimento rígido y presenta un alto nivel de congestión vehicular por ellos se decidió analizar esta vía y realizar los ensayos y cálculos respectivos para el cumplimiento de nuestro objetivo.

El tramo de carreteras de la Av. Bolívar Madero Vargas desde la calle circunvalación Sur hasta el ingreso a Autoridad Portuaria son de 2300 m.

### ***3.1.3. PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS EN LA INVESTIGACIÓN***

La metodología implica elegir un camino ya sean mediante encuestas, entrevistas u observación. El procedimiento que utilizamos para acceder a la información fue mediante observación. Para obtener los datos del estado de la vía utilizaremos metodologías que recolectan y miden hallazgos con el fin de dar conocimiento al investigador.[44]

Se obtiene mediante una investigación que incluye la revisión de una variedad de fuentes como revistas, libros, documentos, tesis de posgrado, leyes, normas, reglamentos y especificaciones. Se centró en temas relacionados con el deterioro de los pavimentos, la zona en la que nos encontramos y otros temas que pudieran surgir a medida que avanzaba la investigación. Además, se llevó a cabo una investigación de campo que consistió en la recopilación de información en el sitio. Se evaluó la capa de rodadura mediante observación.

Es importante tener un entendimiento preciso de los procedimientos de mantenimiento para poder desarrollar soluciones efectivas para mejorar las condiciones de las autopistas. La información recopilada durante la investigación puede ser útil para evaluar el estado de las estructuras viales. Los hallazgos obtenidos permitirán detectar los problemas causados por la falta de mantenimiento vial y, por lo tanto, se podrán proponer mejoras en el sistema de gestión del mantenimiento vial.

Para obtener esta información, se utilizarán fichas de observación utilizados en el índice de condición del pavimento (pci) el cual es un índice numérico entre 0 y 100 donde se refleja el número de averías en el pavimento el cual en una vía recién construida obtendría un PCI de 100. Para calcular el Índice de Condición del Pavimento (PCI) se necesitan datos acerca de diversos

tipos de deterioros y su nivel de gravedad, tales como baches, fisuras por fatiga, deformaciones por hundimiento, fisuras en bloque, fisuras longitudinales y transversales, parches, protrusiones, bleeding, pérdida de agregado y deshilachamiento.. [45]

Como se indica en el manual, la primera etapa será el trabajo de campo el cual se identificarán los daños observados en la vía, para el caso de estudio se utilizará la ficha de registro que se observa en la siguiente tabla:

*Tabla 2 Tipos de daños*

<i>Daños más comunes en Pavimento rígidos</i>	
21 Blow up	30 Parcheo (Pequeño)
22 Grieta de Esquina	31 Pulimento de Agregados
23 Losa Dividida	32 Popouts
24 Grieta de Durabilidad D	33 Bombeo
25 Escala	34 Punzonamiento
26 Sello de Junta	35 Cruce de Via Ferrea
27 Desnivel Carril / Berna	36 Descorchamiento
28 Grieta Lineal	37 Retraccion
29 Parcheo (Grande)	38 Descascaramiento de esquina
39 Descascaramiento de junta	

**Fuente:** Pavement condition index (pci)

Luego se procede a la evaluación donde se realiza abarcando los siguientes aspectos:

- Equipo.

Odómetro para medir las longitudes y las áreas de los daños.

Flexómetro o regla para establecer las profundidades de los ahuellamientos.

Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.

- Procedimiento. Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el Manual de Daños, y se registra la información en el formato correspondiente. Se deben conocer y seguir

estrictamente las definiciones y procedimientos de medida los daños. Se usa un formulario u “*hoja de información de exploración de la condición*” para cada unidad muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

- El equipo de inspección deberá implementar todas las medidas de seguridad para su desplazamiento en la vía inspeccionada, tales como dispositivos de señalización y advertencia para el vehículo acompañante y para el personal en la vía.

Finalizada la inspección se procede al cálculo del PCI siguiendo los siguientes pasos:

**Etapas 1.** Cálculo de los Valores Deducidos.

**Etapas 2.** Cálculo del número Admisible Máximo de Deducidos (m)

**Etapas 3.** Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.

**Etapas 4.** Calcule el PCI restando de 100 el máximo CDV.

### 3.2. Sistema de categorización en el análisis de datos

Para el procesamiento de los datos existen los rangos de evaluación para la condición de pavimento, las cuales se encuentran en el manual llamado “*Pavement condition index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concretos en carreteras.*”

Tabla 3 Rangos de calificación PCI

RANGOS DEL PCI	CLASIFICACIÓN
85 - 100	Excelente
70 - 85	Muy bueno
55 - 70	Bueno
40 - 55	Regular
25 - 40	Malo
10 - 25	Muy malo
0 - 10	Fallado

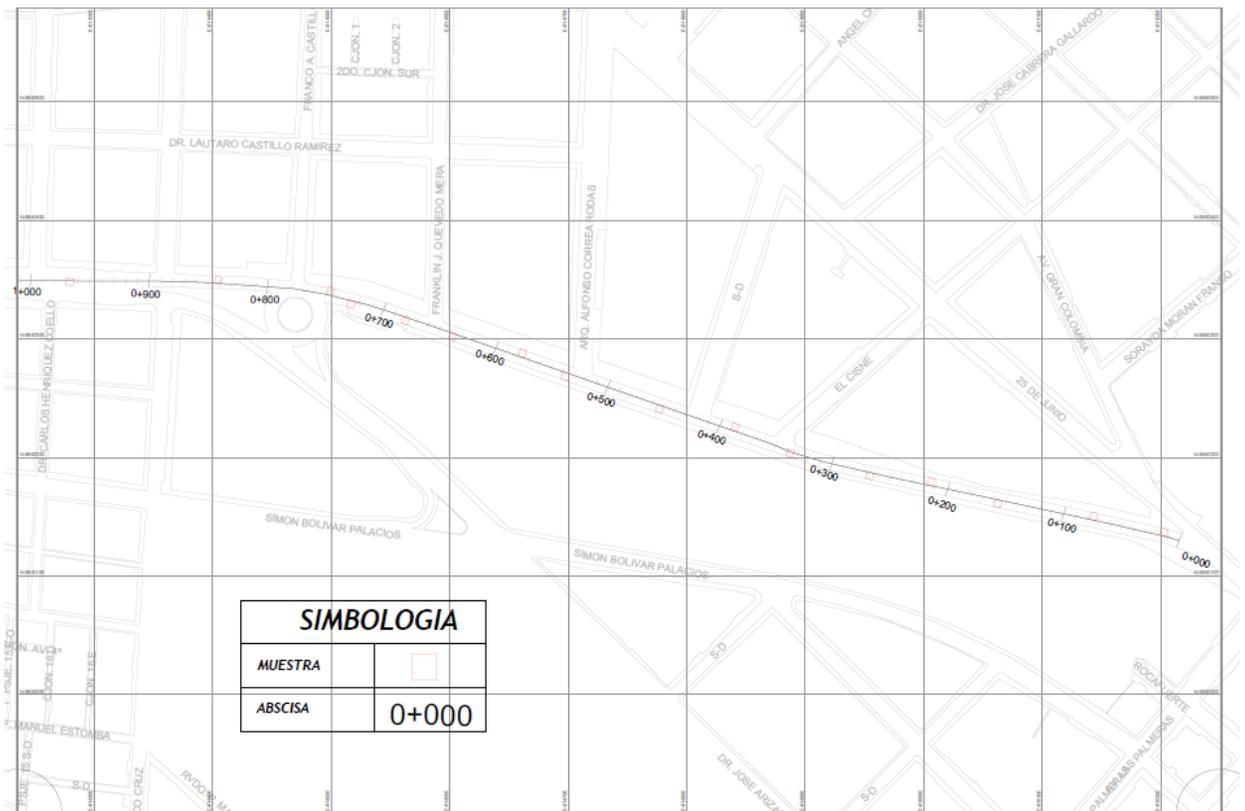
**Fuente:** Pavement condition index [46]

## 4. CAPITULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.1 Descripción y argumentación teórica de resultados

Se realizó la recolección de datos en campo, como se muestra en el **Anexo 2**, donde se recorrió la vía, obteniendo 16 datos en las cuales se evaluaba mediante observación los tipos de fallas encontradas en las losa. En la **tabla 4**, se resume la información obtenida la cual se encuentra en el **Anexo 1** la cual muestra la información de los valores obtenidos a partir del metodo PCI aplicado en la Av. Bolivar Madero Vargas. A continuación mostramos la ilustracion de la ubicación y abscisado de la vía y las muestras para el estudio, en el Anexo se encuentra el Plano de ubicación y detalles.

*Ilustración 1 Abscisa do y ubicación de muestra*



**Fuente:** Elaboración propia

Tabla 4 Tabla PCI Av. Bolívar Madero Vargas

<b>AV. BOLIVAR MADERO VARGAS</b>			
<b>ABCISA</b>	<b>FALLAS OBSERVADAS</b>	<b>PCI</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>
0+00 a 0+100 km	26 Sello de Junta, 25 Escala, 32 Popouts, 31 Pulimento de Agregados	89	EXCELENTE
0+00 a 0+100 km	26 Sello de Junta, 32 Popouts, 31 Pulimento de Agregados	90	EXCELENTE
0+00 a 0+100 km	26 Sello de Junta, 25 Escala, 32 Popouts, 31 Pulimento de Agregados	87	EXCELENTE
0+200 a 0+300 km	26 Sello de Junta, 25 Escala, 32 Popouts, 31 Pulimento de Agregados	91.5	EXCELENTE
0+300 a 0+400 km	26 Sello de Junta, 25 Escala, 32 Popouts, 31 Pulimento de Agregados	86	EXCELENTE
0+400 a 0+500 km	26 Sello de Junta, 25 Escala, 32 Popouts, 31 Pulimento de Agregados	78	MUY BUENO
0+400 a 0+500 km	26 Sello de Junta, 25 Escala, 32 Popouts, 31 Pulimento de Agregados	85	MUY BUENO
0+500 a 0+600 km	26 Sello de Junta, 32 Popouts, 31 Pulimento de Agregados	93	EXCELENTE
0+500 a 0+600 km	26 Sello de Junta, 32 Popouts, 31 Pulimento de Agregados	82	MUY BUENO
0+700 a 0+800 lm	26 Sello de Junta, 25 Escala, 32 Popouts, 31 Pulimento de Agregados	91.5	EXCELENTE
0+700 a 0+800 lm	26 Sello de Junta, 25 Escala, 32 Popouts, 31 Pulimento de Agregados	80	MUY BUENO
0+700 a 0+800 lm	26 Sello de Junta, 25 Escala, 32 Popouts, 31 Pulimento de Agregados	80	MUY BUENO
0+800 a 0+900 km	26 Sello de Junta, 25 Escala, 32 Popouts, 31 Pulimento de Agregados	80	MUY BUENO
0+800 a 0+900 km	26 Sello de Junta, 25 Escala, 32 Popouts, 31 Pulimento de Agregados	80	MUY BUENO
0+800 a 0+900 km	26 Sello de Junta, 25 Escala, 32 Popouts, 31 Pulimento de Agregados	80	MUY BUENO
0+900 a 1+00 km	26 Sello de Junta, 25 Escala, 32 Popouts, 31 Pulimento de Agregados	80	MUY BUENO
<b>Promedio</b>		<b>84.5</b>	<b>Muy Bueno</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Con los datos obtenidos se evidencia que la vía está en muy buen estado, debido a que las densidades de daños son pequeñas, y el rango de PCI es de 84.5 indicando que la clasificación de la vía es “Muy bueno”.

A continuación, describiremos cada una de las fallas encontradas en la vía, causas y opciones de reparación:

## ***ESCALA.***

Se refiere a una serie de grietas escalonadas que se forman en la superficie del concreto. Esta falla es causada por la acumulación de cargas de tráfico en la superficie del pavimento, lo que provoca tensiones internas que eventualmente se vuelven críticas y dan lugar a la formación de grietas. Las grietas que se forman en la falla "Escala" son generalmente paralelas entre sí y se extienden perpendicularmente a la dirección del tráfico. A medida que estas grietas se desarrollan, el pavimento comienza a descascararse y la superficie se vuelve irregular y peligrosa para los vehículos que circulan sobre ella.

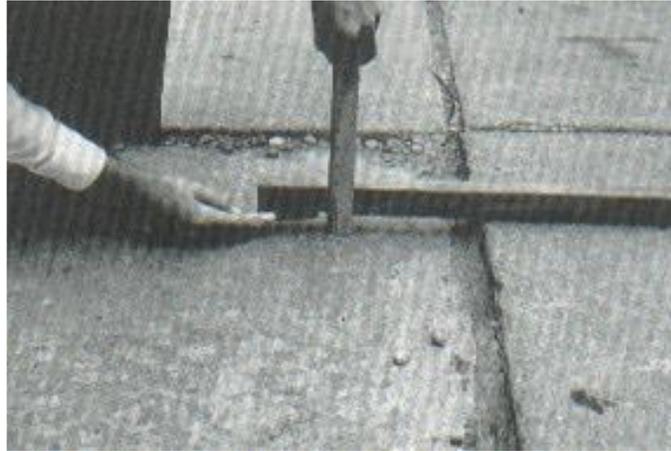
### **Causas**

1. Asentamiento debido una fundación blanda.
2. Bombeo o erosión del material debajo de la losa.
3. Alabeo de los bordes de la losa debido a cambios de temperatura o humedad.

### **Opciones de reparación en la Abcisa 0+00 a 0+300 km**

Para prevenir su aparición, se pueden tomar medidas preventivas, como utilizar una adecuada selección de materiales, un diseño estructural adecuado y un mantenimiento regular para evitar la acumulación de cargas de tráfico. En caso de que ya exista esta falla en la superficie del pavimento, es importante realizar reparaciones como fresados.

*Ilustración 2 Falla tipo "Escala"*



**Fuente:** Pavement condition index [46]

### ***DAÑO DEL SELLO DE LA JUNTA.***

Un sello de junta en un pavimento rígido es esencial para garantizar la estabilidad y durabilidad del pavimento. El sello de la junta se coloca en el borde de la junta entre los paneles de concreto para evitar que la humedad, los escombros y otros materiales entren en el espacio entre los paneles. Si el sello de la junta se daña o se rompe, puede haber varios efectos negativos en el pavimento rígido, como:

1. Entrada de agua y humedad:
2. Entrada de escombros y suciedad:
3. Pérdida de soporte

En resumen, el daño en el sello de la junta en un pavimento rígido puede tener consecuencias graves en la estabilidad y durabilidad del pavimento.

### **Causas:**

1. Desprendimiento del sellante de la junta.
2. Acumulación de material incompresible

3. Extrusión del sellante.
4. Crecimiento de vegetación.
5. Pérdida de adherencia a los bordes de la losa.
6. Falta o ausencia del sellante en la junta.

### **Opciones de reparación en la Abcisa 0+500 a 0+600 km**

Es cualquier condición que permite que suelo o roca se acumule en las juntas, o que permite la infiltración de agua en forma importante la opción más viable será el resellado de juntas.

*Ilustración 3 Sello de juntas en Vía Bolívar Madero Vargas*



**Fuente:** Elaboración propia

### ***PULIMENTO DE AGREGADOS.***

El pulido de agregados en pavimentos rígidos puede causar daños a largo plazo en la superficie del pavimento. Puede exponer una cantidad excesiva de agregados, lo que puede hacer que la superficie del pavimento sea más áspera y menos cómoda para conducir. Además, la superficie puede volverse más resbaladiza, lo que puede aumentar el riesgo de accidentes de tráfico. Otro problema que puede surgir es la reducción de la durabilidad del pavimento. La eliminación de la capa superficial del pavimento puede exponer las capas inferiores a los elementos

climáticos, como la lluvia, el sol y la nieve, lo que puede provocar la erosión de los materiales del pavimento con el tiempo. Cuando los agregados en la superficie se vuelven suaves al tacto, se reduce considerablemente la adherencia con las llantas.

### **Causas**

1. Aplicaciones repetidas de cargas del tránsito.

### **Opciones de reparación en la Abcisa 0+600 a 0+700 km**

El pulido deberá tener un grado alto de desgaste antes de calificarlo como un defecto para aplicar un ranurado de la superficie, o una sobre carpeta.

*Ilustración 4 Desgaste en pavimento*



**Fuente:** Pavement condition index [46]

*Ilustración 5 Desgaste en pavimento Vía Bolívar Madero Vargas*



**Fuente:** Elaboración propia

### ***POPOUTS.***

Los popouts son un tipo de daño que ocurre en el pavimento cuando pequeñas porciones de la superficie se desprenden dejando agujeros o cráteres en la carretera. Este tipo de daño es más común en regiones con climas fríos y húmedos. Los popouts pueden afectar seriamente la seguridad vial y la durabilidad del pavimento. Los conductores pueden perder el control del vehículo al encontrarse con uno de estos agujeros en la carretera, y si no se reparan rápidamente, el daño puede extenderse a áreas más grandes del pavimento.

### **Causas**

1. Presencia de agua y humedad en el pavimento,
2. Expansión y contracción del hielo en las grietas del pavimento,
3. Exposición a sales de deshielo y la erosión.
4. El daño se agrava cuando se produce tráfico de vehículos pesados, lo que puede hacer que los agujeros se agranden y provoquen peligros para los conductores.

### **Opciones de reparación en la Abcisa 0+700 a 0+900 km**

Para prevenir los popouts, se recomienda realizar un mantenimiento regular del pavimento y asegurarse de que las grietas y las áreas dañadas sean reparadas a tiempo. También se pueden tomar medidas preventivas, como utilizar mezclas de pavimento más resistentes y duraderas y reducir el uso de sales de deshielo en las carreteras.

*Ilustración 6 Popouts en Vía Bolívar Madero Vargas*



**Fuente:** Pavement condition index [46]

## 5. CONCLUSIONES

- Se fundamentaron los conceptos técnicos relacionados con el pavimento rígido mediante la revisión bibliográfica en los cuales se encuentra información sobre la estructura del pavimento, los tipos de deterioros y sus causas, además de la evaluación de una vía de hormigón armado mediante el PCI, los cuales al evaluar identifican la necesidad de un mantenimiento de autopistas.
- Luego de realizar un análisis detallado del PCI (Índice de Condición del Pavimento) del pavimento rígido en la Av. Bolívar Madero Vargas, podemos concluir que el estado actual del pavimento es muy bueno. Para llegar a esta conclusión, se realizaron varias evaluaciones, incluyendo inspecciones visuales y mediciones del perfil del pavimento. Se encontró que el pavimento presenta una superficie uniforme y sin grandes irregularidades y una buena capacidad estructural. En resumen, podemos afirmar que el pavimento rígido en la Av. Bolívar Madero Vargas se encuentra en muy buenas condiciones, lo que garantiza una conducción segura y cómoda para los conductores y peatones que transitan por esta vía. Sin embargo, es importante continuar con un mantenimiento regular y realizar inspecciones periódicas para asegurar su durabilidad y evitar posibles problemas en el futuro.
- Luego de realizar un análisis detallado de las fallas del pavimento rígido se obtuvieron fallas llamadas: escala, daño del sello de junta, pulimento de agregados y los popouts; con ello podemos concluir que existen varios factores que contribuyen al deterioro de los pavimentos rígidos en esta vía. Uno de los factores más importantes es el clima, especialmente las fluctuaciones de temperatura y la exposición a la humedad. Estas condiciones climáticas pueden provocar la contracción y expansión del pavimento, lo que eventualmente puede causar escala, daño en el sello de junta y popouts. Otro factor importante es la carga vehicular, especialmente en las zonas donde hay un alto tráfico de vehículos pesados como lo es la vía de estudio. Esto puede causar un desgaste prematuro del pavimento y puede provocar la aparición de grietas y fallas en la superficie del pavimento. En conclusión, es importante tomar en cuenta estos factores para mejorar la durabilidad y resistencia del pavimento rígido en la avenida. Se recomienda implementar un adecuado mantenimiento y planificación de la construcción del pavimento, utilizando

materiales de alta calidad y técnicas adecuadas para asegurar la resistencia y durabilidad del pavimento ante las condiciones climáticas y el tráfico vehicular intenso.

## 6. RECOMENDACIONES

- Es importante destacar que el mantenimiento regular y las reparaciones oportunas han contribuido significativamente a mantener el pavimento en buenas condiciones. Además, la calidad de los materiales utilizados en la construcción del pavimento y la adecuada planificación y diseño del mismo también han sido factores clave para su buen estado actual.
- Se sugiere llevar a cabo inspecciones regulares en las vías para detectar cualquier defecto existente y realizar las reparaciones necesarias. Asimismo, es recomendable consultar los manuales que proporcionan definiciones y pautas detalladas para cada método utilizado en la metodología, tales como los índices de condición de pavimento.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- [1] J. Solano and C. Uzcátegui, “Validez y confiabilidad de una escala de medida para la calidad del servicio de los restaurantes ubicados en la zona turística de puerto bolívar,” *Revista Universidad y Sociedad*, 2017. Accessed: Feb. 22, 2023. [Online]. Available: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202017000100007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202017000100007)
- [2] B. C. Alejandro Ruiz, “Análisis de los factores que producen el deterioro de los pavimentos rígidos,” 2011.
- [3] F. A. Alonso, J. F. Grajales, J. E. Castellanos, and I. A. Samayoa, “Análisis de los factores en el diseño de pavimentos urbanos sustentables,” *Congreso mesoamericano de investigacion Unach ISSN 2395-8111*, vol. 2, 2015.
- [4] M. F. de Franco and J. L. V. Solórzano, “Paradigmas, enfoques y métodos de investigación: análisis teórico,” *MUNDO RECURSIVO*, vol. 3, no. 1, pp. 1–24, Jun. 2020, Accessed: Mar. 03, 2023. [Online]. Available: <https://www.atlantic.edu.ec/ojs/index.php/mundor/article/view/38>
- [5] J. Iván, P. Rave, J. Antonio, R. Córdoba, C. Mario, and P. Mesa, “USO DEL ENFOQUE POR PROCESOS EN LA ACTIVIDAD INVESTIGATIVA,” *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 15, no. 3, pp. 260–269, Dec. 2007, doi: 10.4067/S0718-33052007000300006.
- [6] N. D’olivares Durán, C. Liliana, and C. Cifuentes, “Un acercamiento a los enfoques de investigación y tradiciones investigativas en educación,” *RHS-Revista Humanismo y Sociedad*, vol. 3, no. 1–2, pp. 24–34, Dec. 2015, doi: 10.22209/RHS.V3N1.2A04.

- [7] F. Anselmo and S. Flores, “Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: consensos y disensos,” *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, vol. 13, no. 1, pp. 102–122, Apr. 2019, doi: 10.19083/RIDU.2019.644.
- [8] C. A. Ramos, “Los paradigmas de la investigación científica,” *Avances en Psicología*, vol. 23, no. 1, pp. 9–17, Jun. 2015, doi: 10.33539/AVPSICOL.2015.V23N1.167.
- [9] C. R. Lorenzo, “Contribución sobre los paradigmas de investigación,” *Revista do Centro de Educação ISSN: 0101-9031*, pp. 11–22, 2006, Accessed: Feb. 25, 2023. [Online]. Available: <http://www.ufsm.br/ce/revista>
- [10] A. Shtayat, S. Moridpour, B. Best, A. Shroff, and D. Raol, “A review of monitoring systems of pavement condition in paved and unpaved roads,” *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, vol. 7, no. 5, pp. 629–638, Oct. 2020, doi: 10.1016/J.JTTE.2020.03.004.
- [11] M. Bonilla *et al.*, “Análisis del comportamiento estructural de un pavimento de concreto estructuralmente reforzado continuo (PCERC),” *INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE ISSN 0188-7297*, 2017.
- [12] H. Alimohammadi, V. R. Schaefer, J. Zheng, and H. Li, “Performance evaluation of geosynthetic reinforced flexible pavement: a review of full-scale field studies,” *International Journal of Pavement Research and Technology*, vol. 14, no. 1, pp. 30–42, Jan. 2021, doi: 10.1007/S42947-020-0019-Y/METRICS.
- [13] Ministerio de Obras Publicas, “Especificaciones generales para la construccion de caminos y puentes de caminos y puentes,” Quito, 2002.

- [14] H. Maeda, T. Kashiya, Y. Sekimoto, T. Seto, and H. Omata, “Generative adversarial network for road damage detection,” *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, vol. 36, no. 1, pp. 47–60, Jan. 2021, doi: 10.1111/MICE.12561.
- [15] C. Zhang, C. chen Chang, and M. Jamshidi, “Concrete bridge surface damage detection using a single-stage detector,” *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, vol. 35, no. 4, pp. 389–409, Apr. 2020, doi: 10.1111/MICE.12500.
- [16] S. Adlinge and A. Gupta, “Pavement Deterioration and its Causes,” *Journal of Mechanical & Civil Engineering ISSN 2278-1684*, 2013, Accessed: Feb. 22, 2023. [Online]. Available: [www.iosrjournals.org](http://www.iosrjournals.org)
- [17] W. Wang, L. Wang, H. Xiong, and R. Luo, “A review and perspective for research on moisture damage in asphalt pavement induced by dynamic pore water pressure,” *Constr Build Mater*, vol. 204, pp. 631–642, Apr. 2019, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2019.01.167.
- [18] B. S. Baque Solis, “Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la carretera puerto-aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de Manabí ,” Manta, 2020. Accessed: Jul. 14, 2022. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7398457>
- [19] S. M. Pirayonesi and T. E. El-Diraby, “Data Analytics in Asset Management: Cost-Effective Prediction of the Pavement Condition Index,” *Journal of Infrastructure Systems*, vol. 26, no. 1, p. 04019036, Dec. 2019, doi: 10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000512.
- [20] L. Vásquez, “Pavement condition index (pci) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras,” in *Manual PCI*, Manizales, 2002.

- [21] M. Al-Neami, R. Al-Rubaei, and Z. Kareem, "Assessment of Al-Amarah street within the Al-kut city using pavement condition index (PCI) and GIS technique," *MATEC Web of Conferences* 162, 01033, 2018, doi: 10.1051/mateconf/201816201033.
- [22] B. E. Oblitas Gastelo, I. Medina Cardozo, and R. Paredes Asalde, "Índice de regularidad internacional e índice de condición de pavimento para definir niveles de serviciabilidad de pavimentos," *Revista ITECKNE-Universidad*, vol. 18, no. 2, pp. 2021–170, Dec. 2021, doi: 10.15332/iteckne.
- [23] M. J. Chin, P. Babashamsi, and N. I. M. Yusoff, "A comparative study of monitoring methods in sustainable pavement management system," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 512, no. 1, p. 012039, Apr. 2019, doi: 10.1088/1757-899X/512/1/012039.
- [24] A. Andrade, G. Castillo, C. Chacater, A. Andrade, G. Castillo, and C. Chacater, "Efectos de la variabilidad de los datos iniciales en el índice de condición del pavimento y predicción de su deterioro," *Revista Digital Novasineria*, vol. 4, no. 1, pp. 102–114, Jun. 2021, doi: 10.37135/NS.01.07.06.
- [25] F. Guo, X. Zhao, J. Gregory, and R. Kirchain, "A weighted multi-output neural network model for the prediction of rigid pavement deterioration," vol. 23, no. 8, pp. 2631–2643, 2021, doi: 10.1080/10298436.2020.1867854.
- [26] E. Ávila, F. Albarracín, and J. Bojorque, "Evaluación de pavimentos en base a métodos no destructivos y análisis inverso," *Maskana*, vol. 6, no. 1, pp. 149–167, Dec. 2015, doi: 10.18537/MSKN.06.01.11.
- [27] H. J. Ahn, "Subsurface Condition Evaluation of Asphalt Pavement for Pavement Preservation Treatments Structural evaluation of full depth flexible pavement using APT

- View project,” *Article in Journal of Testing and Evaluation*, 2016, doi: 10.1520/JTE20140191.
- [28] Z. Tong, D. Yuan, J. Gao, Y. Wei, and H. Dou, “Pavement-distress detection using ground-penetrating radar and network in networks,” *Constr Build Mater*, vol. 233, p. 117352, Feb. 2020, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2019.117352.
- [29] B. Zaira, Y. V. Cuevas, and B. C. Alejandro, “Análisis de la Capacidad y Niveles de Servicio de las vías de ingreso a la ciudad de Cajamarca pertenecientes a la Red Vial Nacional,” Universidad nacional de cajamarca facultad de ingeniería escuela académico profesional de ingeniería civil, 2018, 2018.
- [30] N. S. Duong, J. Blanc, P. Hornych, F. Menant, Y. Lefeuvre, and B. Bouveret, “Monitoring of pavement deflections using geophones,” <https://doi.org/10.1080/10298436.2018.1520994>, vol. 21, no. 9, pp. 1103–1113, Jul. 2018, doi: 10.1080/10298436.2018.1520994.
- [31] Norma Ecuatoriana Vial, *Ministerio de Transporte y Obras Públicas- Norma para estudios y diseños viales*. 2013. Accessed: Feb. 09, 2022. [Online]. Available: [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)
- [32] M. E. Montero, “Los puertos del Estado y el tráfico de cruceros marítimos,” *Anuario Jurídico y Económico Escurialense*, vol. 0, no. 46, pp. 325–344, Mar. 2013, Accessed: Feb. 23, 2023. [Online]. Available: <https://publicaciones.rcumariacristina.net/AJEE/article/view/158>

- [33] A. Sánchez *et al.*, “Desafíos de planificación para el desarrollo turístico costero,” *Revista de Ciencias Ambientales*, vol. 30, no. 1, pp. 38–43, Jul. 2005, doi: 10.15359/RCA.30-1.6.
- [34] W. F. Brites, N. Czeraniuk, M. Denias, and H. Schaefer, “Barriadas desplazadas y programas de renovación urbana: un análisis del nuevo frente costero de Encarnación, Paraguay,” 2022, doi: <https://doi.org/10.18356/d6d0f8ef-es>.
- [35] V. V. Cárdenas and I. Osuna Motta, “Minga: modelo replicable de renovación urbana sostenible, caso Buenaventura,” *Hábitat Sustentable*, vol. 11, no. 1, pp. 58–71, Jul. 2021, doi: 10.22320/07190700.2021.11.01.05.
- [36] C. E. Fernández Espinosa, P. Brito Paredes, G. Mendoza Torres, and C. E. Villavicencio Aguilar, “Tradición pesquera artesanal e identidad sociocultural de Puerto Bolívar: contexto del Golfo de Guayaquil-Ecuador,” *Rev Cienc Soc*, vol. 27, no. 2, pp. 386–400, 2021, Accessed: Feb. 23, 2023. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7927672&info=resumen&idioma=ENG>
- [37] INEC, “¿Cuántos somos y cuánto hemos crecido?,” 2010, Accessed: Feb. 05, 2022. [Online]. Available: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/el\\_oro.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/el_oro.pdf)
- [38] GAD Municipal de Machala, “Plan de uso y gestión de suelo de Machala (PUGS),” 2018. Accessed: Feb. 05, 2022. [Online]. Available: <https://www.machala.gob.ec/SIL/ter/plate/PUGS%20Machala%20-%20Definitivo/Fase%20IV%20Vol%20II%20-%20Proyecto%20de%20Ordenanza.pdf>
- [39] E. G. Pérez Maldonado, R. Á. Cedillo Ordoñez, M. P. Calle Iñiguez, E. G. Pérez Maldonado, R. Á. Cedillo Ordoñez, and M. P. Calle Iñiguez, “Grado de satisfacción en la

- prestación de servicio de restauración en los puertos de la provincia de El Oro,” *Revista interamericana de ambiente y turismo*, vol. 15, no. 2, pp. 180–191, Dec. 2019, doi: 10.4067/S0718-235X2019000200180.
- [40] V. González *et al.*, “Evaluación del riesgo de contaminación por metales pesados (Hg y Pb) en sedimentos marinos del Estero Huaylá, Puerto Bolívar, Ecuador,” *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, vol. 21, no. 41, pp. 75–82, Jul. 2018, doi: 10.15381/iigeo.v21i41.14995.
- [41] J. C. Berrú, B. Lapo, and J. A. Chávez, “Microzonificación urbana y desarrollo sostenible territorial: caso de Puerto Bolívar-Ecuador,” *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, vol. 20, no. 40, pp. 8–13, Dec. 2017, doi: 10.15381/iigeo.v20i40.14383.
- [42] J. M. Córdova, “Revista Científica General José María Córdova,” *General José María Córdova*, vol. 4, pp. 13–14, 2006, Accessed: Feb. 25, 2023. [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476259067004>
- [43] J. A. T. Arandes, “El análisis de contenido como herramienta de utilidad para la realización de una investigación descriptiva. Un ejemplo de aplicación práctica utilizado para conocer las investigaciones realizadas sobre la imagen de marca de España y el efecto país de origen,” *Provincia ISSN 1317-9535*, no. 29, pp. 135–173, 2013.
- [44] J. C. Lisboa, “Apuntes sobre métodos de investigación Notes on Research Methods,” pp. 18–25, 2016, Accessed: Jul. 17, 2022. [Online]. Available: <http://www.medisur.sld.cu/index.php/medisur/article/view/2977>

- [45] S. M. Pirayonesi and T. E. el Diraby, "Examining the relationship between two road performance indicators: Pavement condition index and international roughness index," *Transportation Geotechnics*, vol. 26, p. 100441, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.TRGEO.2020.100441.
- [46] R. Vásquez, "Pavement condition inde (PCI) Para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras," *Ingepav*, 2002, Accessed: Jul. 17, 2022. [Online]. Available: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>

## 8. ANEXOS

### *ANEXO 1:*







































