



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA**  
**CENTRO DE POSGRADOS**  
**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL**

**“MODELO DE EVALUACION DE PAVIMENTO RIGIDO PARA UN  
EFICIENTE MANTENIMIENTO DE AUTOPISTAS”**

**AUTOR: ROBESPIERRE ROBERTO ARISTÓTELES VITE QUEZADA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TITULO  
DE MAGISTER EN INGENIERIA CIVIL, MENCION VIALIDAD**

**TUTOR: ING. MG. SC. LUIS ALBERTO CAMPUZANO CASTRO**

**TUTOR: ING. MG. SC. JORGE DAVID ALBUJA SÁNCHEZ**

**MACHALA**

**2022**

## **PENSAMIENTO**

Según él, el ser humano única mente puede alcanzar su perfección, es decir, su felicidad, en la sociedad.

**Aristóteles**

MACHALA  
2022

## DEDICATORIA

A mi esposa Jannellé e hijos Eloísa e Ian; mi dedicación de prosperar para un futuro mejor entorno a ustedes y ser el pilar fundamental para mi amada esposa y el héroe de mis hijos.

A mis padres Roberto y Elizabeth que me han llevado por el sendero del bien en el transcurso de mi vida; e inculcado el superarme día a día para formar la persona que soy.

A mis hermanos menores Mao, Noé y Marlon decirles que este triunfo personal lo comparto con ellos como siempre lo hemos hecho en la vida, disfrútenlo junto a mí y toda la familia.

A mi querida y siempre presente abuelita Mami Teresa, desde muy chico verte trabajar las 24 horas que hasta ahora lo sigues haciendo, abuelita esta meta cumplida también es para ti.

A mi tutor y maestros; que en el andar por la vida nos hemos ido encontrando; porque cada uno de ustedes ha motivado mis sueños y esperanzas en hacerlos realidad.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Técnica de Machala, por haberme aceptado ser parte de ella desde mi inicio profesional y permitido adquirir los conocimientos científicos y morales a través de sus docentes, personal administrativo y obrero, así como formar parte de la primera cohorte de magíster de ingeniería civil mención vialidad.

A los compañeros, amigos y colegas de la Maestría por sus experiencias y dedicación brindadas en las clases y tareas que compartimos, con lo cual han permitido ampliar mi amistad y apoyo profesional en esta etapa de nuestras vidas

Al Sr. Ing. Carlos Eugenio Sánchez Mendieta, coordinador del Programa de Maestría en Ingeniería Civil, por su orientación y profesionalismo en la organización de las actividades académicas y logísticas.

Al Sr. Ing. Luis Alberto Campuzano Castro, amigo de toda la vida y tutor de mi trabajo de investigación que vendrá alimentar y servir a compañeros y colegas que deseen nutrir de conocimientos en esta hermosa profesión.

## RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, Robespierre Roberto Aristóteles Vite Quezada estudiante con CI 0703151118, declaro que el trabajo de “MODELO DE EVALUACION DE PAVIMENTO RIGIDO PARA UN EFICIENTE MANTENIMIENTO DE AUTOPISTAS”, en opción al título de Magister en Ingeniería Civil Mención Vialidad, es original y auténtico; cuyo contenido: conceptos, definiciones, datos empíricos, criterios, comentarios y resultados son de mi exclusiva responsabilidad.



ROBESPIERRE ROBERTO ARISTÓTELES VITE QUEZADA

C.I. 0703151118

Machala, 2022/11/16

**REPORTE DE SIMILITUD URKUND/TURNITIN**

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Luis Alberto Campuzano Castro con CI 0700949316; tutor del trabajo de “MODELO DE EVALUACION DE PAVIMENTO RIGIDO PARA UN EFICIENTE MANTENIMIENTO DE AUTOPISTAS” en opción al título de Magister en Ingeniería Civil, mención Vialidad, ha sido revisado, enmarcado en los procedimientos científicos, técnicos, metodológicos y administrativos establecidos por el Centro de Posgrado de La Universidad Técnica de Machala (UTMACH), razón por la cual doy fe de los méritos suficientes para que sea presentado a evaluación.



ING. LUIS ALBERTO CAMPUZANO CASTRO  
C.C. 0700949316

Machala, 2022/11/16

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Ing. Robespierre Roberto Aristóteles Vite Quezada, con cédula de ciudadanía No. 0703151118, autor del trabajo de titulación “MODELO DE EVALUACION DE PAVIMENTO RIGIDO PARA UN EFICIENTE MANTENIMIENTO DE AUTOPISTAS”, en opción al título de magister en Ingeniería Civil Mención Vialidad, declaro bajo juramento que:

- El trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido presentado previamente para ningún grado o calificación profesional. En consecuencia, asumo la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.
- Cede a la Universidad Técnica de Machala de forma exclusiva con referencia a la obra en formato digital los derechos de:
  - a) Incorporar la mencionada obra en el repositorio institucional para su demostración a nivel mundial, respetando lo establecido por la Licencia Creative Commons Attribution-NoCommercial – Compartir Igual 4.0 Internacional (CC BY NCSA 4.0); la Ley de Propiedad Intelectual del Estado Ecuatoriano y el Reglamento Institucional.
  - b) Adecuarla a cualquier formato o tecnología de uso en INTERNET, así como correspondiéndome como Autor la responsabilidad de velar por dichas adaptaciones con la finalidad de que no se desnaturalice el contenido o sentido de la misma.

  
ROBESPIERRE ROBERTO ARISTÓTELES VITE QUEZADA  
C.I. 0703151118

Machala, 2022/11/16



## **RESUMEN**

La investigación nació debido a la falta de modelos que evalúen los pavimentos rígidos en autopistas que permitan un mantenimiento eficiente. Por ello nos presentamos como objetivo de la investigación evaluar el pavimento rígido mediante criterios técnicos para permitir un eficiente mantenimiento en autopistas. Para el cumplimiento de los objetivos se diseñó un modelo empleando la siguiente metodología: Se fundamentaron los criterios teóricos y técnicos mediante revisión bibliográfica en relación al pavimento rígido, con ellos se caracterizó los métodos de evaluación a utilizar tales como el IRI, PCI y resistividad eléctrica, así se formula el modelo de evaluación de pavimento rígido y su respectivo mantenimiento en cada caso. Como resultado de la aplicación en el caso de estudio en la autopista E-25 tramo bella india – santa rosa, en la provincia de El Oro, se obtuvo la condición superficial mediante el valor del índice de regularidad internacional (IRI) donde en la mayoría de tramos de vía se alcanzaron valores menores a 3.5 indicando condiciones buenas, muy buenas y en tramos cortos se encontraron valores mayores a 3.5 indicando una regularidad regulares, estos valores indican que se debe realizar un análisis de severidad los cuales se obtuvieron mediante el índice de condición del pavimento (PCI), donde se encontraron índices superiores al 70% lo que califica al estado de la vía como muy buena y excelente, cuyo resultado mediante el modelo expresa que se deberá realizar un mantenimiento rutinario. Finalmente se realiza una evaluación estructural donde se tomó como alternativa la vía a Arenillas que presenta fisuras y grietas longitudinales de entre 20 y 30 mts. identificadas como fallas geológicas, con ellas se indica que tipo de mantenimiento realizar tales como el sello de juntas o la reparación integral del paño como las mejores opciones para una restauración vial.

### **PALABRAS CLAVES**

Pavimento rígido, Estructuras viales, Evaluación Estructura, Autopistas, Índice Pavimento rígido, severidad.

## **ABSTRACT**

The research was born due to the lack of models that evaluate rigid pavements on highways that allow efficient maintenance. For this reason, we present as the objective of the research to evaluate the rigid pavement through technical criteria to allow efficient maintenance on highways. To fulfill the objectives, a model was designed using the following methodology: The theoretical and technical criteria were based on a bibliographic review in relation to rigid pavement, with them the evaluation methods to be used were characterized, such as IRI, PCI and electrical resistivity, thus formulating the rigid pavement evaluation model and its respective maintenance in each case. As a result of the application in the case study of the E-25 highway section Bella India - Santa Rosa, in the province of El Oro, the surface condition was obtained through the value of the international regularity index (IRI) where in most of road sections, values less than 3.5 were reached, indicating good and very good conditions, and in short sections, values greater than 3.5 were found, indicating a regular regularity. These values indicate that a severity analysis should be carried out, which are obtained through the index of Condition of the pavement (PCI), where indices higher than 70% were found, which qualifies the state of the road as very good and excellent, whose result through the model expresses that routine maintenance must be carried out. Finally, a structural evaluation was carried out where the road to Arenillas was taken as an alternative, which has cracks and longitudinal cracks between 20 and 30 meters, identified as geological faults, with them it is indicated what type of maintenance carried out such as the sealing of joints or the integral repair of the panel as the best options for road restoration.

## **KEYWORDS**

Rigid pavement, Road structures, Structure Evaluation, Highways, Rigid pavement index, severity.

## INDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	3
AGRADECIMIENTOS.....	4
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA.....	5
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	7
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	8
RESUMEN .....	9
ABSTRACT.....	10
INDICE GENERAL.....	11
INDICE DE ILUSTRACIONES .....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
INDICE DE TABLAS .....	¡ERRÓR! MARCADOR NO DEFINIDO.
INTRODUCCIÓN.....	13
CAPITULO I.....	19
1. MARCO TEÓRICO.....	19
1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	19
1.2. ANTECEDENTES CONCEPTUALES.....	20
1.3. ANTECEDENTES CONTEXTUALES.....	27
CAPITULO II.....	29
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
2.1. TIPO DE ESTUDIO.....	29
2.2. PARADIGMA.....	29
2.3. ENFOQUE.....	29
2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	29
2.5. MÉTODOS TEÓRICOS CON LOS MATERIALES UTILIZADOS.....	30
2.6. MÉTODOS EMPÍRICOS CON LOS MATERIALES UTILIZADOS.....	30
2.7. OPERACIÓN DE VARIABLE.....	34

<b>CAPITULO III.....</b>	<b>38</b>
<b>3. PROPUESTA METODOLOGICA .....</b>	<b>38</b>
3.1. INFORMACIÓN GENERAL .....	38
3.2. ANTECEDENTES DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	38
3.3. JUSTIFICACIÓN.....	39
3.4. OBJETIVOS .....	39
3.5. FUNDAMENTACIÓN .....	39
3.6. MODELO OPERATIVO.....	41
3.7. PLAN DE MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA .....	43
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>45</b>
<b>4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>45</b>
4.1. INSPECCIÓN VISUAL DE LA CARRETERA .....	45
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>54</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>55</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>56</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>60</b>

## LISTA DE ILUSTRACIÓN Y TABLAS

### LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 MODELO DE EVALUACIÓN .....	42
ILUSTRACIÓN 2 PERFILÓMETRO INERCIAL TIPO GMR .....	45
ILUSTRACIÓN 3 EVALUACIÓN TRAMO K32+780 - K33+000 .....	47
ILUSTRACIÓN 4 EVALUACIÓN TRAMO K37+000-K38+000 .....	48
ILUSTRACIÓN 5 EVALUACIÓN TRAMO K38+000-K39+000 .....	50
ILUSTRACIÓN 6 FISURAS EN HORMIGÓN .....	51
ILUSTRACIÓN 7 FISURAS MAYORES A 1/3 DE H .....	51
ILUSTRACIÓN 8 FALLAS GEOLÓGICAS.....	52
ILUSTRACIÓN 9 FALLAS GEOLÓGICAS.....	52
ILUSTRACIÓN 10 EVALUACIÓN DE PCI.....	73
ILUSTRACIÓN 11 EVALUACIÓN DE PCI.....	73
ILUSTRACIÓN 12 EVALUACIÓN DE PCI.....	73
ILUSTRACIÓN 13 EVALUACIÓN DE PCI.....	74
ILUSTRACIÓN 14 EVALUACIÓN DE PCI.....	74
ILUSTRACIÓN 15 EVALUACIÓN DE PCI.....	75
ILUSTRACIÓN 16 EVALUACIÓN DE PCI.....	75
ILUSTRACIÓN 17 EVALUACIÓN DE PCI.....	75
ILUSTRACIÓN 18 EVALUACIÓN DE PCI.....	76
ILUSTRACIÓN 19 EVALUACIÓN DE PCI.....	76
ILUSTRACIÓN 20 FALLAS EN VÍA A ARENILLAS .....	77
ILUSTRACIÓN 21 FALLAS EN VÍA A ARENILLAS .....	77

ILUSTRACIÓN 22 FALLAS EN VÍA A ARENILLAS .....	78
ILUSTRACIÓN 23 FALLAS EN VÍA A ARENILLAS .....	78
ILUSTRACIÓN 24 FALLAS EN VÍA A ARENILLAS .....	78
ILUSTRACIÓN 25 FALLAS EN VÍA A ARENILLAS .....	79
ILUSTRACIÓN 26 FALLAS EN VÍA A ARENILLAS .....	79

### LISTA DE TABLAS

TABLA 1 ESPECIFICACIONES PARA LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS.....	21
TABLA 2 ACTIVIDADES PARA EL MANTENIMIENTO VIAL.....	26
TABLA 3 FORMATO PARA LAS ITERACIONES DEL CÁLCULO DEL CDV.....	34
TABLA 4 VARIABLE DEPENDIENTE.....	35
TABLA 5 VARIABLE INDEPENDIENTE.....	37
TABLA 6 MODELO DE EVALUACIÓN.....	41
TABLA 7 RANGOS DE CALIFICACIÓN IRI.....	43
TABLA 8 RANGOS DE CALIFICACIÓN PCI.....	43
TABLA 9 VALORES DE RESISTIVIDAD.....	44
TABLA 10 ÍNDICES DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL.....	46
TABLA 11 PCI TRAMO K32+780 - K33+000 .....	47
TABLA 13 PCI TRAMO K37+000-K38+000.....	48
TABLA 14 PCI TRAMO K38+000-K39+000.....	49
TABLA 15 FORMATO DE EXPLORACIÓN DE CONDICIÓN PARA CARRETERAS CON SUPERFÍCIE EN CONCRETO HIDRÁULICO.....	60

## INTRODUCCIÓN

### *Importancia del tema*

La importancia de conocer el estado de las autopistas es debido a la conectividad que ofrecen entre ciudades, cantones y provincias, ya que las personas dependen de estas para trasladarse, movilizar productos, comida, entre otros. Por esta razón las autopistas deben estar en constante mantenimiento para ofrecer seguridad y conectividad a los conductores. Es imprescindible que una red vial estatal se encuentre en óptimas condiciones y constante mantenimiento, los cuales muchas veces son inadecuados, además de los diseños estructurales viales mal elaborados, sumado a una mala calidad de materiales, esto conlleva a una disminución en la vida útil de la vía. Esto se ve reflejado en el deterioro de la estructura vial debido al incumplimiento de las especificaciones y normativa vigente que contempla el Ministerio de Transporte y Obras Públicas como ente rector. La evaluación de la estructura vial en autopistas tiene un significativo impacto en la realidad socioeconómica, técnica y científica en la provincia de El Oro. Como aporte de la investigación será el uso metodología para la eficiencia al momento de realizar los mantenimientos viales, los cuales serán utilizados por los Gobiernos Descentralizados provinciales.

### *Actualidad de la problemática que se enfrenta*

En el Ecuador, a nivel de carreteras de provincia que puntualmente se catalogan como autopistas, la gestión de conservación vial es insuficiente, las instituciones encargadas no han recopilado suficiente información de las características técnicas de estas carreteras para gestionar y programar las intervenciones y evitar el deterioro prematuro de las vías, dando lugar a darlas en concesiones público-privado.

El método que se utiliza actualmente para pavimentos rígidos es la AASHTO 93 con suplemento de la guía AASHTO 98. Sin embargo, es un método empírico que considera variables que intervienen en el diseño para la obtención de un espesor de la losa de concreto que será la superficie de rodadura del pavimento. En cambio, para la evaluación de pavimentos rígidos, debe considerar variables que intervienen en el diseño para la obtención de un espesor de la losa de concreto que será la superficie de rodadura del pavimento. Es por eso que se vuelve necesario realizar una investigación que

determine el comportamiento actual de este tipo de pavimentos en nuestro país mediante la evaluación de daños presentes y la transferencia de carga.

#### ***Formulación del problema científico.***

Es indispensable contar con un modelo de evaluación que priorice llegar a un eficiente funcionamiento y alcanzar los estándares óptimos que uno desea en la construcción y posteriormente en el mantenimiento rutinario y periódico de la estructura, esto permitirá presupuestar, planificar, programar y anticipar el mantenimiento de sus vías; por lo que responderemos al problema planteado: ¿Cómo la evaluación de pavimento rígido influye en la eficiencia de la gestión y mantenimiento de autopistas?

#### ***Delimitación del objeto de estudio***

La presente investigación tiene como objeto de estudio la evaluación del pavimento rígido, para lo cual se tomará como referente la autopista E-25 tramo Bella India-Santa Rosa ubicada en la provincia de El Oro

#### ***Objetivo general de la investigación***

Elaborar una propuesta metodológica que evalúe el pavimento rígido mediante criterios técnicos para permitir un eficiente mantenimiento en autopistas.

#### **Objetivos Específicos:**

- Fundamentar los criterios teóricos y técnicos mediante revisión bibliográfica en relación al pavimento rígido que permitan un mantenimiento eficiente de autopistas.
- Evaluar el pavimento rígido de la autopista mediante criterios teóricos y técnicos que permita su mantenimiento eficiente.
- Formular un modelo de evaluación de pavimento rígido para un eficiente mantenimiento de autopistas.

#### ***Delimitación del campo de acción.***

La investigación se centró en el análisis de los procedimientos, criterios, normas, especificaciones, parámetros y condiciones de los elementos que conforman una



estructura vial, en la autopista E-25 tramo Bella india – Santa rosa, en la provincia de El Oro, con la finalidad de generar un modelo de evaluación de estructuras viales, que permita un funcionamiento eficiente de autopistas.

### *Diseño metodológico*

La investigación busca evaluar las vías de pavimentos rígidos en autopistas con el que se pretende un mantenimiento eficiente, para ello se realiza el siguiente proceso metodológico donde se escoge una autopista de la provincia de El Oro. Se realizará un estudio exploratorio para recopilar información como la condición de pavimento y la Rugosidad, además un estudio descriptivo en el cual observara características de las autopistas, estos datos se calificarán con criterios referentes al estado de la infraestructura para ello se analizó documentos relacionados con la evaluación de estructuras viales desde artículos científicos donde expresan indicadores que más se relacionan al caso de estudio como el IRI y el PCI. En campo se realizarán fichas de observación como nos indican los manuales, las cuales mediante cálculos, toma de muestras, medidas, ábacos, entre otros evaluarán y permitirán la descripción de la estructura de pavimento.

### *Hipótesis o preguntas científicas o ideas a defender.*

Para cumplimiento y el desarrollo del objetivo de la investigación se propusieron las siguientes preguntas científicas: ¿Cómo la evaluación de pavimentos rígidos influye en la eficiencia de autopistas E-25 Tramo Bella India-Santa Rosa? ¿Qué sustentos teóricos y técnicos existen para la evaluación de pavimentos rígidos que permitan un mantenimiento eficiente de autopistas? ¿Qué tipo de evaluación de pavimentos rígidos permitirá un eficiente mantenimiento de la autopista E-25 Tramo Bella India-Santa Rosa? y ¿Qué modelo de evaluación de pavimentos rígidos es necesario para un eficiente mantenimiento de autopistas?

### *Estructura del trabajo.*

La investigación se desarrolló en cuatro capítulos, los cuales forman parte integral del cuerpo de la tesis, donde vamos ampliando cada escenario investigado y que aporta al tema.

En el capítulo 1 contiene el marco teórico y referencial. En el cual se recopila la información teórica y técnica referente a pavimentos rígidos que permita determinar las condiciones funcionales y estructural de los pavimentos en autopistas.

En el capítulo 2 describe la metodología y los materiales utilizados. Se presenta la metodología aplicada, modalidad de la investigación, niveles y tipo, determinación de la población y muestra, el plan de recopilación de datos y procesamiento de la información.

En el capítulo 3 describe la propuesta del modelo de evaluación en autopistas para diagnosticar el estado de los pavimentos rígidos para un eficiente mantenimiento de autopistas.

En el capítulo 4 se expone el análisis e interpretación de resultados donde se presenta los resultados de los componentes del pavimento rígido: La losa, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad y con respecto a los niveles de severidad y análisis del deterioro.

Finalmente exponemos las conclusiones y recomendaciones sobre el modelo de evaluación el cual permite identificar y cuantificar los deterioros presentes en un pavimento rígido para poder determinar el momento más oportuno para intervenirlo, con lo que se logra prolongar la vida útil del pavimento.

## CAPITULO I

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Antecedentes históricos

##### 1.1.1. *Historia de las carreteras*

Con la invención de la rueda, probablemente en Mesopotamia (Asia Menor), hace unos 5000 años, se originó la necesidad de construir superficies de rodamiento que permitieran la circulación del incipiente tránsito de entonces. Lo anterior se supone debido a que, en la Tumba de la Reina, en las minas de la ciudad de Ur, Mesopotamia, se encontraron carretas de cuatro ruedas, que datan de 3000 A.C. En esa época, dos grandes pueblos -el Asirio y el egipcio- iniciaron el desarrollo de sus caminos. Los indicios de los primeros caminos señalan la existencia de una ruta entre Asia y Egipto. Los cartagineses, se sabe, construyeron un sistema de caminos de piedra a lo largo de la costa sur del Mediterráneo, 500 A.C. Los etruscos (830-350 A.C.) construyeron caminos antes de la fundación de Roma. El historiador griego Heródoto (484-425 A.C.) menciona que los caminos de piedra más antiguos fueron construidos por el rey Keops de Egipto, para proporcionar una superficie de rodamiento al transporte de las inmensas piedras destinadas a la erección de las pirámides. Los caminos construidos científicamente aparecen con el advenimiento del Imperio Romano. Cabe citar la mundialmente famosa Vía Appia, de Roma a Hidruntum, cuya construcción fue iniciada por Appius Claudius en el año 312 A.C. La evidencia justifica el conceder el mérito a los romanos por iniciar el método todo científico de la construcción de caminos. Las culturas antiguas de América, entre ellas la de los mayas (posiblemente antes de la era cristiana), en el sur de México y norte de Centro América; la de los toltecas, que se establecieron en la Meseta Central, en México, por el año 752; los aztecas (que fundaron Tenochtitlan, hoy Ciudad de México, en 1325), y los incas (1100 A.C.), en el Perú, dejaron huellas de una avanzada técnica en la construcción de caminos, siendo notables los llamados Caminos Blancos de los mayas. (Cal y Mayor & Cárdenas G., 1995)

##### 1.1.2. *Importancia de las carreteras*

Las carreteras forman parte del activo público más importante en un país, puede alcanzar millones de kilómetros por todo el mundo. En el transporte terrestre juega un

papel importante en el traslado de personas y carga, así como en la economía nacional, generan acceso a sitios más distantes proporcionando beneficios a varias actividades especialmente agricultura, ganadería entre otras actividades comerciales. (Asociación Mundial de la Carretera, 2014) Entre mejor carretera tenga una ciudad, mejor será la distribución comercial y seguridad de las personas que en ella transitan, pero, ¿qué pasaría si no existieran. Los tiempos de viaje serían más largos, y la economía en las ciudades se desarrollaría lentamente. Para nadie es secreto que una de las principales muertes en las personas se da por accidentes viales, por tal motivo, hablar de la importancia de las carreteras deberá prestar una importancia a la seguridad vial. Donde las autoridades tendrán que implantar normativas como: restricción, circulación, así como velocidad. La señalización, es otro elemento importante en la seguridad de las carreteras, los señalamientos como respetar los límites de velocidad, curvas peligrosas, cambio de velocidades, pendientes, desnivel por indicar algunas ayudaran a reducir los índices de accidentabilidad vial. Por último, las carreteras son esenciales todos hacemos uso de ellas, a diario nos permiten trasladarnos de un lugar a otro, juntando los pueblos, las comunidades, naciones etc. Acortando las distancias reduciendo costos de transportación facilitando el comercio, provocando satisfacción en las necesidades básicas de trabajo, alimentación, educación y salud en las personas.

## **1.2. Antecedentes conceptuales**

### ***1.2.1. Infraestructuras viales***

La infraestructura vial es un elemento de gran importancia para el progreso de los países, en países de Latinoamérica el transporte vial ha contribuido en el desarrollo económico, facilitando el transporte de sus productos, la materia prima y personas. (López et al., 2019) Sin embargo para (Alberto et al., 2016) la infraestructura vial en los países favorece la competitividad, a través de ella es posible una integración con diferentes regiones lejanas o cercanas. Es decir, permite conexión entre centros urbanos y zonas rurales, considerando así a este término el elemento clave para la competitividad comercial. Optimizando los procesos de distribución producción y consumo de mercancías de manera más rápida y cómoda posible mejorando la calidad de vida de las personas.

### 1.2.2. Estructura del pavimento

Los pavimentos se los puede definir como estructuras en capas, diseñadas para esparcir la energía que producen las cargas de los vehículos, personas o medios de transporte; sin rebasar la capacidad de carga del terreno natural. (Bonilla et al., 2017) Su capa más importante será la de rodamiento, la calidad definirá la capacidad de carga del pavimento, así como la velocidad media del tramo.

El *Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones Del Ecuador* establece las siguientes especificaciones para la estructura de pavimentos en la construcción de caminos y puentes:

*Tubla 1 Especificaciones para la estructura de pavimentos*

ESTRUCTURA	TIPO
MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejoramiento con suelo seleccionado</li> <li>• Subrasante Estabilizada con cal</li> <li>• Estabilización con material pétreo</li> <li>• Empalizada</li> <li>• Geotextil para Estabilización de Subrasante</li> <li>• Geomalla biáxial para estabilización de subrasantes</li> <li>• Membranas sintéticas, para estabilización e impermeabilización (encapsulado) de la subrasante</li> <li>• Estabilización de Subrasante con Enzimas Orgánicas</li> <li>• Estabilización de subrasante con otros químicos</li> </ul>
SUBBASES	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sub-base de Agregados</li> <li>• Sub-base Modificada con Arena o Limo.</li> <li>• Sub-base Modificada con Cal</li> </ul>
BASES	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Base de Agregados.</li> <li>• Base de Agregados Estabilizada con Cemento Portland</li> <li>• Base de Agregados Estabilizados con Cal</li> <li>• Base de Hormigón Asfáltico Mezclado en Sitio</li> <li>• Bases de Hormigón Asfáltico Mezclado en Planta</li> <li>• Base de Suelo – Cemento</li> </ul>

<p style="text-align: center;"><b>CAPA DE RODADURA</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riego de Imprimación</li> <li>• Riego Bituminoso de Adherencia</li> <li>• Tratamientos Bituminosos Superficiales</li> <li>• Hormigón Asfáltico Mezclado en Sitio</li> <li>• Hormigón Asfáltico Mezclado en Planta</li> <li>• Hormigón Asfáltico Mezclado en Planta y en frío</li> <li>• Capa Bituminosa de Sellado</li> <li>• Capa de Sellado con Lechada Asfáltica</li> <li>• Pavimento de Hormigón de Cemento Portland.</li> <li>• Pavimento de Hormigón Compactado con Rodillo (HCR) y de Hormigón Compactado con Pavimentadora (HCP)</li> <li>• Condiciones para Recepción de Pavimentos.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilización de Geotextil</li> <li>• Recuperación de Pavimentos con Emulsiones Asfálticas en sitio</li> <li>• Reciclaje de Pavimentos con Hormigón Asfáltico Mezclado en Planta</li> <li>• Capa de Hormigón Asfáltico para Controlar la Reflexión de Fisuras (Capa de Alivio)</li> <li>• Micro-aglomerado (Micro-surfacing)</li> <li>• Recuperación de Pavimentos con Asfáltico Expandido en sitio</li> <li>• Capas Delgadas de Micro aglomerados en Caliente</li> <li>• Fresado de pavimento asfáltico</li> </ul>

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

### **1.2.3. Pavimento Rígido**

Principalmente contruidos con hormigón de cemento, compuestos por una losa de concreto hidráulico, descansada sobre una base subrasante o sobre una capa de material seleccionado denominada subbase del pavimento rígido, a causa de la rigidez del concreto hidráulico. A decir de esto, su eficiencia estructural dependerá de que tan resistente sean las losas.

### **1.2.4. Condición superficial**

El buen estado del pavimento se puede ver afectado tanto por el constante uso como por factores ambientales. Para valorar su condición Broneo y Cols (2011), afirma que dependen de dos grupos de factores: los factores pasivos y los factores activos. El primero se refiere a las características que presenta el pavimento en cuanto al material usado, la espesura de sus capas más la calidad de la construcción, mientras que la segunda hace referencia a los agentes climáticos y el tráfico. El deterioro del estado del pavimento y la afectación en su estructura se debe también a la falta de mantenimiento y una

adecuada intervención, es decir, una evaluación periódica que permita estudiar el estado en el que se encuentra y que en base a la escala de clasificación PCI se la Calificara como Excelente, Muy bueno, Bueno, Regular, Malo, Muy malo, Fallado según el porcentaje de fallas que presente como: fisuras y grietas, deformaciones superficiales, desprendimientos entre otras fallas. Para así poder adoptar las medidas adecuadas para la conservación y alargar su vida útil.(Baque Solís, 2020) La condición superficial del pavimento, hace referencia a evaluarla la condición de su estructura. Una vez evaluado, para perfeccionar su condición superficial será necesario los recapes, cambio y repotenciación de la base granular que son los primeros pasos para aplicar en la lista de programación para mantenimiento y correcciones en las carreteras.

#### *1.2.5. Índice de Regularidad Internacional (IRI)*

El Índice de Regularidad Internacional (IRI), es el cálculo que se utiliza para determinación de la regularidad superficial del pavimento. Es una medida utilizada para establecer características superficiales de los pavimentos que comprende el uso de herramientas matemáticas, estadísticas y conceptuales. Su primera medida para el cálculo del IRI, será medir las cotas o elevaciones del terreno. Esos datos pasaran por el primer filtro que servirá para realizar el análisis estadístico y adecuaciones matemáticas, que ayudaran a determinar un nuevo perfil desde el punto de vista de las irregularidades. Aplicar este primer filtro servirá para simular el comportamiento entre las llantas de los vehículos y la carretera, como también para reducir la sensibilidad del algoritmo del IRI al intervalo de muestreo. El segundo filtro consiste en aplicar un modelo de cuatro carros desplazados a una velocidad de 80 80 km/h para registrar características del camino basada en desplazamientos verticales inducidos a un vehículo estándar. (Badilla Vargas, 2009)

#### *1.2.6. Grado de severidad*

Se refiere a la condición en la que se encuentra el pavimento, el cual se lo puede obtener a través del método PCI, que es quien permite fundamentar los resultados de la condición en la que se encuentra el pavimento. Según el deterioro de la estructura de este se determinará la clase de daño y su severidad y cantidad o densidad, donde se establecerá el grado de severidad que puede presentarse en niveles como: alto(H), medio(M) y bajo (L).(L. Vásquez, 2002) para su desarrollo se utiliza catálogo de fallas como referencia,

hojas de inspección a través de una inspección visual. Durante un tiempo promedio de 50min. por unidad de muestra de 40 m, y un mínimo de tres personas inspeccionando, quienes se encargarán de valorar y tomar fotos. (Oblitas-Gastelo et al., 2021)

### *1.2.7. Método PCI*

Se refiere a un método rápido que compara las condiciones y magnitud de necesidades de rehabilitación del estado del pavimento. (Al-Neami et al., 2018) el método PCI es considerado uno de los métodos más importantes a nivel mundial en cuanto a evaluación de pavimentos. Países como Ecuador, Chile, Colombia, España y Estados Unidos lo utilizan en sus investigaciones ya que, esta metodología PCI es la más completa para la evaluación y calificación de pavimentos actualmente. Su evaluación se hace a través de varios factores de ponderación, en los cuales se le atribuirá un grado de afectación de la condición del pavimento que según el deterioro se lo considerará como (alto, medio y bajo), se podría decir, que establece resultados mediante una descripción visual con la que se obtiene la clase, la severidad y cantidad de la condición en la que se encuentra el pavimento. Todo método de evaluación de deterioro deberá guiarse con factores ponderados que permita información para formar un criterio apropiado del estado del pavimento. (Andrade et al., 2021) Del mismo modo para (L. Vásquez, 2002) el PCI es un índice numérico en el que su valoración varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado.

### *1.2.8. Evaluación estructural*

Evaluar la condición de la estructura de pavimentos es un mecanismo importante para mantener un buen nivel del funcionamiento de las vías. La medición del estado del pavimento utiliza las nuevas tecnologías para estudios de alto rendimiento, como las conocidas pruebas no destructivas (Non-Destructive Test, NDT), la técnica de deflectómetro de impacto (Falling Weight Deflectometer, FWD), que tiene como finalidad estudiar la condición estructural de los pavimentos a través de la interpretación de deflexiones producidas bajo cargas dinámicas que simulan el efecto del tránsito. Agencias dedicadas a estudios sobre pavimentos como la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y Washington State Department of Transportation (WSDOT), establecen modelos matemáticos para asociarlas con las tecnologías, mediante indicadores de estado del pavimento. Estos métodos brindaran



soluciones de manera directa sobre qué medida tomar para implantar un mantenimiento adecuado o reconstrucción de infraestructura si llegara hacer necesario. (Ávila et al., 2015)

#### *1.2.9. Método de resistividad eléctrica en pavimentos*

La evaluación del pavimento en función de pruebas de resistividad eléctrica y velocidad de pulso son muy empleadas. Los primeros estudios en Estados Unidos recomiendan el uso de concreto hidráulico reciclado de infraestructura vial o pavimentos rígidos, más no un concreto reciclado de edificaciones y viviendas, debido a que, estos podrían estar contaminados con restos de azufre. Lo que provocaría ataques de sulfatos al concreto dañando el acero de refuerzo. Generalmente el concreto hidráulico reciclado se lo empleaba en mezclas de asfalto para sustituir a los agregados pétreos que presentaba problemas con la afinidad eléctrica con los materiales asfálticos. Pues, durante mucho tiempo se tuvo la idea de que los materiales pétreos naturales como: (volcánicos y triturados: areniscas, granitos, mármoles, dacitas, andesitas, riolitas, calizas, dolomitas, cuarzo, basaltos), presentaban cargas eléctricas superficiales negativas. Mientras que los materiales pétreos alcalinos tenían cargas eléctricas superficiales positivas. (Martínez-Molina et al., 2015)

#### *1.2.10. Mantenimiento vial*

Son intervenciones destinadas a mantener las calzadas libres de deterioros como: agrietamientos, depresiones, desprendimientos, renivelación de bermas construidas con materiales no tratados, para lo cual, se considerará acciones de mantenimientos rutinarios y periódico. Entre las actividades de estas intervenciones se puede considerar las siguientes:

Tabla 2 Actividades para el mantenimiento vial

ACTIVIDADES	ACCIONES
MANTENIMIENTO RUTINARIO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sellado de grietas en calzada y bermas</li> <li>• Parcheo en calzada y bermas pavimentadas</li> <li>• Parcheo temporal en calzada y bermas pavimentadas</li> <li>• Bacheo de pavimentos asfálticos</li> <li>• Nivelación de bermas granulares no revestidas</li> </ul>
MANTENIMIENTO PERIÓDICO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riegos sin gravilla</li> <li>• Sello de arena-asfalto</li> <li>• Tratamiento superficial</li> <li>• Lechada asfáltica y micro aglomerado en frío</li> <li>• Sello del Cabo</li> <li>• Micro aglomerado en caliente</li> <li>• Sobrecapa delgada</li> <li>• Mezcla drenante</li> <li>• Fresado de pavimento asfáltico</li> </ul>
MANTENIMIENTO RUTINARIO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sellado de grietas en calzada y bermas</li> <li>• Nivelación de bermas granulares no revestidas</li> </ul>
MANTENIMIENTO PERIÓDICO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reposición del material de sello de juntas</li> <li>• Cosido cruzado 1243 Cepillado de la superficie</li> <li>• Ranurado de la superficie 1245 Instalación de pasadores</li> <li>• Estabilización y elevación de losas</li> <li>• Reparación en espesor parcial</li> <li>• Reparación en espesor total</li> <li>• Reemplazo de losas</li> </ul>
MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS DE ADOQUINES DE CONCRETO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza del pavimento 1252 Reparación de deformaciones localizadas del pavimento 1253 Reemplazo de adoquines 1254 Restauración del confinamiento lateral del pavimento</li> </ul>

Fuente: Manual de Mantenimiento de Carreteras, Colombia (INVIAS & Mintransporte, 2016)

### 1.2.11. Mantenimiento rutinario

Son las actividades que se realizan de manera permanente y continua a lo largo de la calzada y en las zonas aledañas. Con el objetivo de reparar pequeños defectos en la superficie de rodadura, limpieza de bermas y señalización, así como el mantenimiento de los sistemas de drenaje con actividades como limpieza de alcantarilla, descoles, cunetas

y demás obras. Actividades de remoción de pequeños derrumbes, rocería de taludes y zonas laterales o bordes. Su periodicidad es de una o más veces en el año, según las condiciones que presente la vía.

#### ***1.2.12. Mantenimiento periódico***

Se refiere a las actividades que se realizan en periodos, generalmente de más de un año con a finalidad de prevenir daños en la estructura de rodadura o el empeoramiento de los baches, asentamientos, agrietamientos y deformaciones en general. Este mantenimiento se enfoca en la preservación del buen estado de la superficie de rodadura y evitar daños mayores. Las emergencias viales como la remoción y extracción de derrumbes menores también se incluyen en sus actividades.

#### ***1.2.13. Eficiente funcionamiento en autopistas***

Podemos definir la eficiencia en el funcionamiento de una autopista evaluando las condiciones iniciales en la cual fue construida la vía, durante un periodo de tiempo de diseño. La eficiencia se medirá cuando a superado el tiempo para el mantenimiento rutinario caso contrario se considerará eficiente si la vía es deteriorada antes del plazo o tiempo determinado para su mantenimiento.

Además, para que una red vial funcione de manera eficiente los municipios se proponen alternativas de mejoras pertinentes al servicio vial para garantizar una circulación fluida y segura. El aumento poblacional y del parque automotor, así mismo el aumento del uso de vehículos particulares y la alta uso de motocicletas, hacen que la red vial tenga problemas en diferentes puntos.(Jácome Macías et al., 2022)

### **1.3. Antecedentes contextuales**

#### ***1.3.1. Autopistas Ecuador***

Para que una vía sea considerada Autopista en el Ecuador, se han establecido una serie de normas, la NEVI plantea una clasificación funcional basándose en el TPDA. Se han logrado obtener comparaciones donde se observa que Ecuador cuenta con una infraestructura vial más competitiva que otros países. Esto debido a que Ecuador invirtió

aproximadamente 5130 millones de dólares en infraestructura vial (López et al., 2019; Verdezoto et al., 2020)

En el Ecuador se conoce como Red Vial Nacional al conjunto de vías públicas que siguen la normativa y el marco institucional vigentes. Esta red vial está compuesta por una red vial nacional compuesta por vías de grado 1 y grado 2, una red vial provincial compuesta por vías de grado 3 y una red vial compuesta por vías urbanas de gestión central. Estas vías son administradas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP), que es el único organismo responsable de la gestión y control de las vías según la Ley Especial de descentralización del Estado y de Participación Social. (Betancourt, 2014)

### *1.3.2. Autopistas El Oro*

Las autopista o también llamada red vía de la provincia de El Oro cuenta con 389.76 km, los cuales corresponden a la vía Troncal de la Costa, esta vía vincula a varios cantones como El Guabo, Machala, Santa Rosa, Arenillas y Huaquillas, esta vía se encuentra bajo la administración del MTOP, y su mantenimiento lo sustentan mediante peajes como El Garrido y la Avanzada. (Prefectura de El Oro, 2019)

### *1.3.3. Mantenimiento vial en red vial estatal*

El SERCOP mantiene un informe donde indica la existencia de un servicio de mantenimiento rutinario de la red vial estatal, el cual está destinado a obtener una óptima conservación de mantenimiento de las carreteras, dispone de mano de obra y herramientas, además incluye normativa de actividades y servicios de limpieza de la calzada, despeje de caminos, corte y remoción de árboles y arbustos y parcheo de asfalto, control y mantenimiento de la vegetación, limpieza y sustitución de señalización horizontales y vertical, limpia obras de alcantarillado, entre otros. (SERCOP, n.d.)

## CAPITULO II

### 2. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1. Tipo de estudio

**Exploratorio.** –Se realizan usualmente cuando el objetivo es examinar un estudio del cual no exista mucha información como antecedente. Se realizó levantamiento de información empleando un inventario vial, se evaluó el índice de condición de pavimento PCI, y Índice Internacional de Rugosidad IRI.

**Descriptivo.** – Este tipo de estudio busca establecer las propiedades más importantes de un fenómeno sometido a un análisis. Definimos nuestro modelo para mediante la identificación de fallas y condición superficial de los pavimentos rígidos, para la toma de decisiones en la gestión de evaluación de autopistas de la provincia de El Oro.

#### 2.2. Paradigma

Hernández & Mendoza sostienen que *“El paradigma es un término usado para referirse a una concepción o visión del mundo y la perspectiva que genera respecto a cómo pensar y estudiar los fenómenos”*. Ricoy Lorenzo explica que el paradigma positivista se aplica al campo de las ciencias naturales, se califica de cuantitativo, empírico-analítico, racionalista, sistemático gerencial y científico-tecnológico.

#### 2.3. Enfoque

Actualmente existen tres tipos de enfoques y/o métodos en la investigación: cualitativo, cuantitativo y sociocrítico, también llamado método mixto de investigación. (Lisboa, 2016) El primero describe la conducta del caso en la investigación, partiendo de lo específico a lo general, es el método más relevante en una investigación.

#### 2.4. Población y muestra

Para el caso se investigó el estado actual del tramo vial, de la autopista E-25 Tramo Bella India-Santa Rosa; como muestra representativa, de las autopistas de la red vial del Ecuador, que están operativas y deben realizarse un mantenimiento vial o tomar medidas correctivas por parte de las entidades encargadas del mantenimiento vial para evitar su

deterioro y los problemas sociales económicos que conlleva una vía en mal estado; (Hernández Sampieri et al., 2014)

## 2.5. Métodos teóricos con los materiales utilizados

Según Lisboa los investigadores utilizan diferentes metodologías de investigación con la ayuda de instrumentos que recolectan y miden hallazgos con el fin de darlos a conocer a la comunidad. (Lisboa, 2016) Los métodos de investigación empleados fueron: Teóricos (análisis y síntesis documental) y Empíricos (de campo), los cuales se definen a continuación:

**Documental:** Se consultó material bibliográfico de revistas, libros, documentos, tesis de maestría o doctorado, leyes, normas, reglamentos y especificaciones, referentes a la gestión de mantenimiento vial, deterioros de los pavimentos, costos de mantenimiento vial y otros puntos que conforme se proceda la investigación puedan salir.

**De campo:** Se realizó levantamiento de información en el sitio, se elaboró el inventario vial, evaluación de la capa de rodadura y estudios de tráfico.

### 2.5.1. Teórico documental

*“La investigación documental es la búsqueda de una respuesta específica a partir de la indagación en documentos”* (Baena Paz, 2017). El método teórico documental permitió la búsqueda de información sobre el Índice de rugosidad Internacional y la evaluación de pavimentos, mediante la revisión de artículos científicos publicados en revistas indizadas, en trabajos de titulación de maestría, libros, leyes y reglamentos.

## 2.6. Métodos empíricos con los materiales utilizados

Debemos conocer la realidad de los procesos de mantenimiento que permita plantear alternativas para el mejoramiento de las condiciones de la autopista ya que los datos obtenidos de la investigación contribuyen al modelo de evaluación de estructuras viales. Con los resultados obtenidos se identifican los problemas generados en la estructura vial como consecuencia la deficiencia del mantenimiento vial y proponer o recomendar mejoras en el sistema de gestión del mantenimiento vial.

Según Baena la investigación de campo tiene como finalidad recoger y registrar ordenadamente los datos relativos al tema escogido como objeto de estudio. Para ello se realizaron fichas de observación. Esta técnica se utilizó para obtener los valores del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), además del índice de condición del pavimento (PCI) de la vía en estudio.

### ***2.6.1. Índice de Rugosidad Internacional (IRI)***

El IRI permite reproducir el perfil de la vía, es compatible con cualquier tipo de perfilómetro, está relacionado con las normas internacionales y con otras medidas de rugosidad. Es por ello que este método se considera para la evaluación de las condiciones viales. (Álvarez & Rivero, 2012)

Fue introducido por primera vez por el Banco Mundial y es una medida de rugosidad/suavidad del pavimento. El IRI se calcula dividiendo la suma del movimiento de suspensión de un conductor vehículo por la longitud de la sección de pavimento. Por lo tanto, generalmente se mide en m/km o in/mi. Para una sección de pavimento de reciente construcción, el valor de IRI puede variar entre 0,810 y 1,030 m/km, dependiendo del tipo de pavimento, variación de la pendiente y calidad de la construcción, pero valores menores han sido reportados también. (Piryonesi & El-Diraby, 2021)

Gracias al avance tecnológico se implementará el uso de una aplicación llamada "IRI. Regularidad. Carreteras" el cual es un programa que permite calcular el IRI con los sensores de vibración y el GPS de Android. Realiza gráficas e informe además de permitir su calibración.

### ***2.6.2. Índice de condición del pavimento (PCI)***

Es un índice numérico entre 0 y 100, que fue desarrollado originalmente por el ejército de los EE. UU. y luego estandarizado por la ASTM. El PCI refleja el número de averías en el pavimento y su extensión. Por tanto, una carretera de nueva construcción tiene un PCI de 100, y cuando se deteriora con el tiempo y se vuelve infranqueable, su PCI se aproxima a 0. Calcular el PCI requiere datos sobre varios tipos de fallas y su severidad: baches, agrietamiento por fatiga, ahuellamiento, agrietamiento en bloque, grietas en los bordes, grietas longitudinales y transversales, parches, empujones, sangrado, agregado y deshulachado. (Piryonesi & El-Diraby, 2021)

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 el **Anexo 1**. Para identificar las unidades de muestreo en losas de concreto se deberán obtener datos en un rango de  $20 \pm 8$  losas

Se determinará el número de unidades de muestreo mediante la fórmula:

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

Donde:

$n$  = Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

$N$  = Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

$e$  =Error admisible en el estimativo del PCI de la sección ( $e = 5\%$ )

$\sigma$  =Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Una vez obtenidos el número de unidades se identificarán en qué intervalo se van a evaluar utilizando la siguiente fórmula:

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

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

- a. 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.
- b. 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.

- c. 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:

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

- Contabilice el número de LOSAS en las cuales se presenta cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad
- Divida el número de LOSAS contabilizadas entre el número de LOSAS de la unidad y exprese el resultado como porcentaje (%) Esta es la DENSIDAD por unidad de muestreo para cada combinación de tipo y severidad de daño.
- Determine los VALORES DEDUCIDOS para cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad empleando la curva de *"Valor Deducido de Daño"*

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

- Si ninguno ó tan sólo uno de los "Valores Deducidos" es mayor que 2, se usa el "Valor Deducido Total" en lugar del mayor "Valor Deducido Corregido", CDV, obtenido en la *Etapa 4*. De lo contrario, deben seguirse los pasos siguientes.
- Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.
- Determine el *"Número Máximo Admisible de Valores Deducidos" (m)*, utilizando la Ecuación 3:

$$m_i = 1 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$$

Donde:

$m_i$  =Número máximo admisible de “valores deducidos”, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo  $i$ .

$HVD_i$  =El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo  $i$ .

- El número de valores individuales deducidos se reduce a  $m$ , inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que  $m$  se utilizan todos los que se tengan.

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

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

- Determine el número de valores deducidos “ $q$ ”, mayores que 2.0.
- Determine el “Valor Deducido Total” sumando TODOS los valores deducidos individuales.
- Determine el CDV con  $q$  y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.
- Reduzca a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita el paso 1 y 3 hasta que  $q$  sea igual a 1.
- El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

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

- En la Tabla 1 se presenta un formato para el desarrollo del proceso iterativo de obtención del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV,

*Tabla 3 Formato para las iteraciones del cálculo del CDV.*

NO	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	Q	CDV
1									
2									
3									
4									
5									

*Fuente: Pavement condition index (R. Vásquez, 2002)*

**2.7. Operación de Variable**

2.7.1. Variable Dependiente

Tabla 4 Variable Dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE: EVALUACIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO							
CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	ITEMS	TÉCNICA	INSTRUMENTOS	INFORMANTES
<p>ES UN CONJUNTO DE PROCEDIMIENTOS QUE CONSIDERA CRITERIOS, NORMAS, ESPECIFICACIONES, PARÁMETROS LAS CONDICIONES DE LOS ELEMENTOS Y SOPORTES QUE CONFORMAN UN PAVIMENTO RIGIDO.</p>	Procedimiento	<p>Necesidad Objetivos Criterios Especificaciones Métodos Ejecución Resultados</p>	<p>Si - No Si - No Si - No Si - No Si - No Si - No Si - No</p>	<p>¿Cuales son procedimientos para la evaluación de pavimento rígido?</p>	Documental	Ficha bibliográfica	MTOP - CONCESIONAR IO
	Criterios	<p>Índice de Rugosidad Internacional (IRI) Índice de condición del pavimento (PCI) Mantenimiento Deterioro</p>	<p>Si - No Si - No Normas MTOP</p>	<p>¿Aplican ensayos para la evaluación de pavimentos rígidos? ¿Qué método aplican para la evaluación de fallas del pavimento?</p>	Investigación de campo	Lista de cotejo	MTOP - CONCESIONAR IO
	Especificaciones	<p>Mantenimiento rutinario Mantenimiento periódico</p>	<p>Normas MTOP</p>	<p>¿Aplican las normativas MTOP para la limpieza, desbroce y bacheo? ¿Aplican las normativas MTOP para el mantenimiento de la señalización, sistemas de drenaje y fallas en la capa de rodadura?</p>	Investigación de campo	Lista de cotejo	MTOP - CONCESIONAR IO
	Tipos de evaluación	Estructural	<p>Si - No</p>	<p>¿Qué tipo de evaluación se aplicará al pavimento rígido?</p>	Documental	Ficha bibliográfica	MTOP - CONCESIONAR IO

		<p>Evaluación estructural</p> <p>Condición del pavimento.</p>	<p>Capa de rodadura</p> <p>Mejoramiento Base</p> <p>Subbase</p> <p>Conservación</p>	<p>Bueno</p> <p>Regular</p> <p>Malo</p>	<p>¿Cuál es el estado de la capa de rodadura?</p> <p>¿Cuáles son los parámetros para la conservación de la vida útil de un pavimento?</p>	<p>Observación</p> <p>Análisis Documental</p>	<p>Lista de colejo</p> <p>Ficha bibliográfica</p>	<p>MTOP - CONCESIONAR IO</p> <p>MTOP - CONCESIONAR IO</p>
--	--	---	---	---	---	---	---	---

**Fuente:** Elaboración propia

2.7.2. Variable Independiente

Tabla 5 Variable independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE: AUTOPISTAS DE PAVIMENTO RÍGIDO							
CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	ITEMS	TÉCNICA	INSTRUMENTOS	INFORMANTES
SON LAS VÍAS DE ALTA CAPACIDAD QUE SE EJECUTA TENIENDO COMO MATERIAL FUNDAMENTAL EL HORMIGÓN, BIEN SEA EN LA BASE O EN TODA SU ESTRUCTURA. ESTOS PAVIMENTOS SE CLASIFICAN DE ACUERDO AL TIPO DE HORMIGÓN QUE SE EMPLEE Y DEBEN SER PLANIFICADAS, CONSTRUIDAS Y SEÑALIZADAS, CON CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y ESTRUCTURALES CUENTA CON MÍNIMO DOS CARRILES PARA CADA SENTIDO DE CIRCULACIÓN Y SEGURIDAD A LOS USUARIOS.	Regularidad del terreno	Índice de Regularidad Internacional (IRI)	IRI	¿Cómo determinamos la regularidad de una autopista?	Investigación de campo		MTOP - CONCESIONARIO
	Condición del pavimento	Índice de condición del pavimento (PCI)	PCI	¿Cómo determinamos la condición del pavimento rígido de una autopista?	Análisis Documental Investigación de campo	Normas y especificaciones	MTOP - CONCESIONARIO
	Estructura vial	Capa de rodadura Mejoramiento Base Subbase Sección transversal	Si - No		¿Cómo estructurar la capa de rodadura para que la calificación sea buena? ¿Cómo es la sección de la autopista?	Análisis Documental Análisis Documental	Especificaciones planos
		Accesos, cruces o pasos		¿Cuántos accesos, cruces o pasos tiene la autopista?	Análisis Documental	Planos	MTOP - CONCESIONARIO

Fuente: Elaboración propia

## **CAPITULO III**

### **3. PROPUESTA METODOLOGICA**

#### **3.1. Información general**

Modelo de evaluación de pavimento rígido para un eficiente mantenimiento de autopistas.

#### **3.2. Antecedentes del trabajo de investigación**

**Cálculo del índice de condición del pavimento en la Av. Luis montero, distrito de Castilla.**

Rodríguez Velásquez en su investigación aplica el método PCI para determinar la condición de Pavimento. En el trabajo analiza 1200 m de vía para identificar las fallas existentes por indicadores externos del deterioro del pavimento causado por las cargas de tráfico, factores ambientales, deficiencias constructivas, o una combinación de estas causas y así calificar el estado de la vía. La aplicación del método concluye con el 37% presentando un PCI entre 40 y 55; un 33% un PCI entre 55 y 70; un 15%, en PCI entre 25 y 40 y un 9% de PCI entre 10 y 25. Finalmente, un 6% hace referencia a unidades de muestra con un pavimento de muy buen estado PCI entre 70 y 85. No se encontraron pavimentos con PCI entre 0 y 10 ni PCI entre 85 y 100.

**Evaluación del estado del pavimento mediante el método del PCI de la carretera puerto-aeropuerto, Manta**

El artículo muestra la utilización del Método PCI y su clasificación mediante rangos. La evaluación de pavimentos consiste en un estudio, en el cual se presenta el estado en el que se halla la estructura y la superficie del pavimento, para de esta manera poder adoptar las medidas adecuadas de conservación y mantenimiento, con las cuales se pretende prolongar la vida útil del pavimento; en este sentido es de suma importancia elegir y realizar una evaluación que sea objetiva y acorde al medio en que se encuentre. (Baque Solís, 2020)

**Análisis de fisuras y grietas en pavimentos rígidos mediante resistividad eléctrica.**

El trabajo realizado por Cárdenas Coronel & Araujo Santacruz en 2016 mostró ser de gran importancia en nuestro estudio debido a que muestra cómo se debe realizar la metodología de resistividad eléctrica para el análisis del paquete estructural en caso de ser necesario. Es de mucha utilidad al ser un método no invasivo y práctico, además las autoras demostraron que el proceso que no solo evalúa las fisuras si no que en ella se puede observar la estructura del pavimento con un alto grado de confiabilidad.

### **3.3. Justificación**

Debido a las limitaciones teóricas sobre la evaluación de estructuras viales de las autopistas en la red vial estatal del Ecuador, esta investigación expondrá un modelo eficiente que permitirá explicar definiciones sobre funciones de la evaluación funcional y estructural que pueda contribuir a los funcionarios y profesionales involucrados en la gestión del mantenimiento vial de carreteras. La investigación de este tema tiene mucha importancia ya que permite ampliar los conocimientos de forma concreta y certera, abriendo la posibilidad de analizar las estructuras viales en las autopistas de la red vial estatal del Ecuador, E-25 tramo Bella India-Santa Rosa.

### **3.4. Objetivos**

Establecer un modelo de evaluación de estructuras viales para un eficiente funcionamiento de autopistas mediante procesos que califiquen el estado vial a través de criterios de condición de autopistas:

### **3.5. Fundamentación**

**Determinación de la regularidad superficial del pavimento, mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI)**

El Índice de Regularidad Internacional (IRI) es una medida utilizada para determinar características que se presentan en superficies de los pavimentos. Para la medición del IRI se presentan los principales detalles, cuidados y procedimientos involucrados en el cálculo, con el propósito de ser tomados en la definición de criterios de aceptación de proyectos o evaluación de redes viales. (Badilla Vargas, 2009) El autor nos indica los procesos que se deben realizar para la obtención y el cálculo del IRI, el

cual implica utilizar herramientas matemáticas, estadísticas y computacionales que permiten medir la regularidad asociada al camino.

#### **Propuesta de metodología para la evaluación de pavimentos mediante el índice de condición del pavimento (PCI)**

González Hernández en su investigación realiza la evaluación aplicando una metodología que consta de 4 pasos los cuales son:

1. Inspección visual
2. Calicatas
3. Perforaciones
4. Medidas de parámetros de estado, tales como: deflexión, irregularidad superficial (longitudinal y transversal) y fricción.

Donde se presenta los daños más representativos tanto de forma longitudinal y transversal. Evaluado desde la siguiente clasificación aplicada al tramo objeto de estudio, que obtuvo una calificación de regular al evaluar el estado técnico del pavimento.

#### **Evaluación de tres dispositivos de tomografía eléctrica para la identificación de horizontes Petro cálcicos en el suelo**

Nos muestra que existe un método que logra caracterizar el suelo mediante tomografía eléctrica, la investigación se realizó con dispositivos multieléctricos, con los cuales se puede estudiar las capas existentes en el suelo. Así se podrá determinar la distribución de la resistividad del subsuelo haciendo mediciones en la superficie del terreno. A partir de los resultados obtenidos se crean modelos que presentan los diferentes horizontes de la superficie. (Weinzettel et al., 2009)



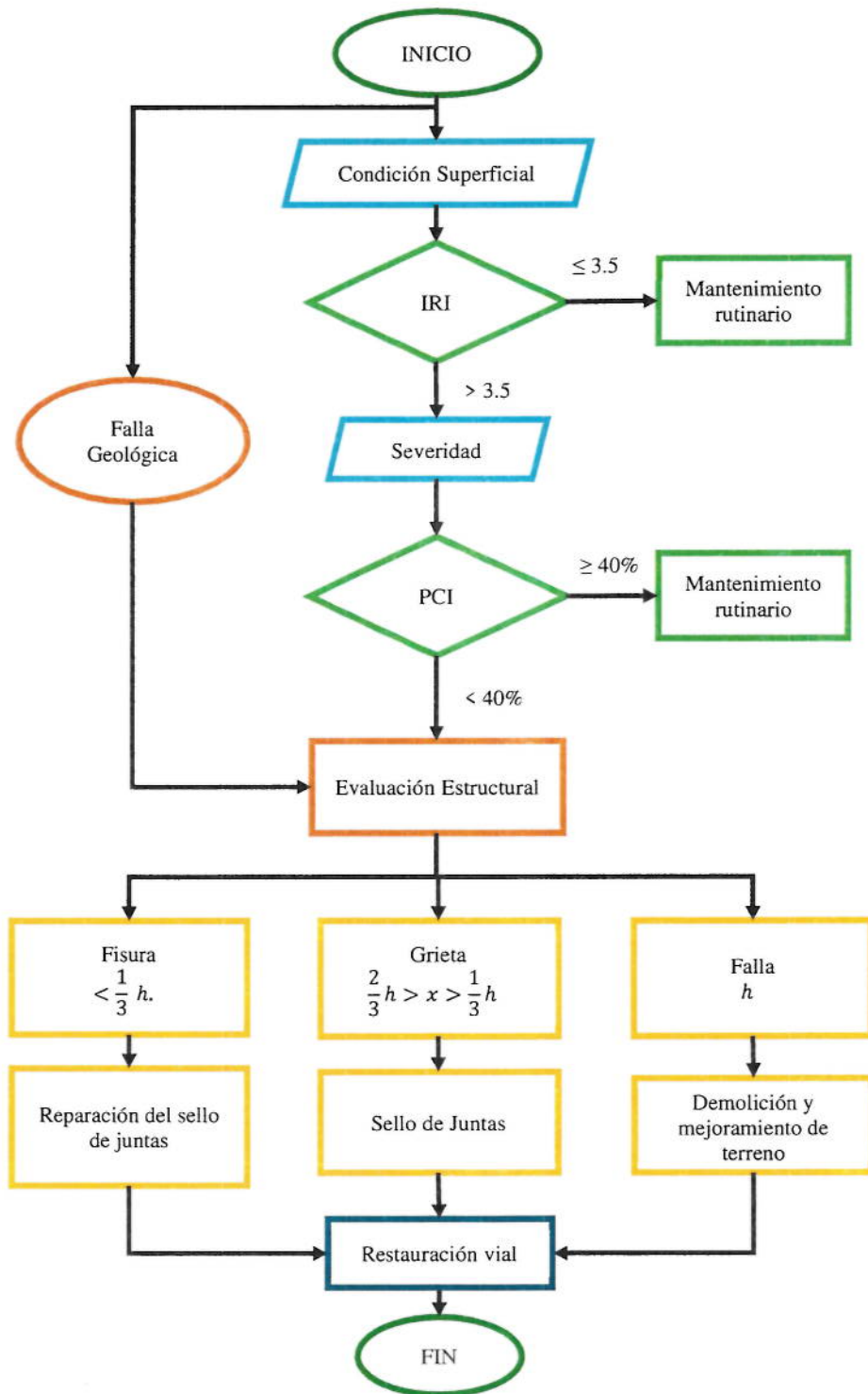
### 3.6. Modelo operativo

Tabla 6 Modelo de evaluación

REFERENCIA	Condición Superficial (Badilla Vargas, 2009)	Grado de severidad (Badilla Vargas, 2009; González-Hernández et al., 2019)	Evaluación Estructural (Weinzeittel et al., 2009)
ANÁLISIS	Índice de Rugosidad Internacional (IRI)	Índice de condición del pavimento (PCI)	Resistividad eléctrica
CRITERIOS	IRI < 3.5	IC ≥ 40%	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fisura &lt; 1/3 de altura de la Losa</li> <li>- Grieta &gt; 1/3 de altura de Losa</li> <li>- Falla altura de la Losa</li> <li>- Falla geológica - Sísmica</li> </ul>
	IRI ≥ 3.5	IC < 40%	
IMPLEMENTACIÓN	Mantenimiento rutinario	Mantenimiento rutinario	Reparación
			Fisura - Grieta = Sello de Juntas
EVALUACIÓN	Inspección Visual	Inspección Visual	Reparación integral del Paño
		Muestreo	Ensayos destructivos

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 1 Modelo de evaluación



Fuente: Elaboración propia

### 3.7. Plan de monitoreo y evaluación de la propuesta

#### 3.7.1. Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

Para lograr evaluar el IRI, se han tomado en consideración medidas referenciales presentadas a continuación:

EE. UU. Valores menores a 2.4 m/km son consideradas superficies en buen estado, y superiores a 4.7 m/km son rugosos o no confortables. España indica valores menores a 3.5 m/km como mínimas para carreteras en servicio. En Chile se indica valores entre 0 y 3 m/km como caminos buenos, entre 3 y 4 m/km como regular y más de 4 m/km como caminos malos. (Arriaga et al., 1998) Es así que se establece la siguiente tabla para la evaluación de la rugosidad en nuestro entorno.

Tabla 7 Rangos de calificación IRI

CONDICION	IRI (M/KM)
MUY BUENO	< 2.8
BUENO	>= 2.8; < 3,50
REGULAR	>= 3,50; < 4,10
MALO	> 4,1

Fuente: Elaboración propia

#### 3.7.2. Índice de condición del pavimento (PCI)

En el presente caso ya está establecidos 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 8 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 (R. Vásquez, 2002)

### 3.7.3. Resistividad eléctrica.

Uno de los antecedentes de la propuesta fue "Análisis de fisuras y grietas en pavimentos rígidos mediante resistividad eléctrica" realizado por Cárdenas Coronel & Araujo Santacruz donde obtuvieron un rango de valores con un alto rango de confiabilidad, que pueden presentar variaciones por efectos de los materiales, es así que se logró obtener la siguiente tabla con la cual se logra evaluar la estructura del pavimento.

Tábla 9 Valores de resistividad

ESTRUCTURA	RANGO DE VALORES DE RESISTIVIDAD
LOSA DE HORMIGÓN	(200 - 400) $\Omega$ -m
CAPA ASFÁLTICA EN BUEN ESTADO	(1600 - 2300) $\Omega$ -m
CAPA ASFÁLTICA DETERIORADA	(1000 - 1500) $\Omega$ -m
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO EN BUEN ESTADO	(800 - 1600) $\Omega$ -m
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DETERIORADO	(200 - 600) $\Omega$ -m
FISURAS O GRIETAS	(2300 - 3000) $\Omega$ -m

Fuente: Análisis de fisuras y grietas en pavimentos rígidos mediante resistividad eléctrica. (Cárdenas Coronel & Araujo Santacruz, 2016)

## CAPITULO IV

### 4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 4.1. Inspección visual de la carretera

##### 4.1.1. Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

Para realizar la medición del IRI en la vía Bella India - Santa Rosa se utilizó la norma ASTM E 950 – 98: Medición del perfil longitudinal de superficies recorridas con un perfil inercial establecido por acelerómetro

Este método de prueba cubre la medición y el registro del perfil de las superficies recorridas por vehículos con un acelerómetro establecido como referencia inercial en un perfil de medición vehículo. El método de prueba utiliza la medición de la distancia entre un plano de inercia de referencia y la superficie recorrida junto con la aceleración de la plataforma inercial para detectar cambios en la elevación de la superficie a lo largo de la longitud atravesada por el vehículo instrumentado. Para cumplir con una clase particular, los transductores deben cumplir con los requisitos de precisión y el perfil calculado debe cumplir con las especificaciones de esa clase.

*Ilustración 2 Perfilómetro inercial tipo GMR*



Con este método se recopiló la información del **Anexo 2**, a continuación, se muestra el resumen en la **Tabla 10**, la cual indica que la vía Bella India - Santa Rosa en la mayoría de su longitud se encuentra en buen estado, exceptuando las abscisas entre K32+780 - K33+000, K37+000-K38+000 y K38+000-K39+000.

Tabla 10 Índices de Rugosidad Internacional

ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	PROMEDIO KILOMETRO/CARRIL (M/KM) SENTIDO BELLA INDIA- SANTA ROSA			CONDICION	PROMEDIO KILOMETRO/CARRIL (M/KM) SENTIDO SANTA ROSA- BELLA INDIA			CONDICION
K32+780	K33+000	2,8	2,4	2,2	Muy bueno	4,1	3,8	4,1	Regular
K33+000	K34+000	3,1	2,6	2,4	Muy bueno	2,8	2,9	2,8	Bueno
K34+000	K35+000	3,3	2,6	2,7	Bueno	3,1	3,0	2,9	Bueno
K35+000	K36+000	3,1	2,7	2,7	Bueno	3,1	2,8	2,8	Bueno
K36+000	K37+000	3,7	2,9	3,0	Bueno	3,4	2,7	3,0	Bueno
K37+000	K38+000	3,6	3,4	2,9	Bueno	4,2	3,4	2,9	Regular
K38+000	K39+000	4,1	3,4	3,5	Regular	3,5	3,6	3,7	Regular
K39+000	K40+000	3,1	3,3	2,9	Bueno	3,1	3,1	2,9	Bueno
K40+000	K41+000	2,5	2,5	2,5	Muy bueno	2,5	2,7	2,5	Muy bueno
K41+000	K42+000	2,5	2,6	2,5	Muy bueno	2,3	2,5	2,6	Muy bueno
K42+000	K43+000	2,4	2,1	2,1	Muy bueno	2,3	2,2	2,4	Muy bueno
K43+000	K44+000	2,5	2,5	2,0	Muy bueno	2,3	2,5	2,4	Muy bueno
K44+000	K45+000	2,3	2,6	2,3	Muy bueno	2,3	2,7	2,3	Muy bueno
K45+000	K46+000	2,8	2,9	2,6	Muy bueno	2,6	2,7	2,7	Muy bueno
K46+000	K47+900	2,6	2,8	2,8	Muy bueno	2,6	2,9	2,6	Muy bueno

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.2. Índice de condición del pavimento (PCI)

Para calcular el PCI se utilizó el manual PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) el cual indica el procedimiento en vías de pavimento rígido el cual requirió datos sobre varios tipos de fallas y su severidad como: Blow up / Buckling, Grieta de esquina, Losa dividida, Grieta de durabilidad "D", Escala, Sello de junta, Desnivel Carril / Berma, Grieta lineal, Parcheo (grande), Parcheo (pequeño), Pulimento de agregados, entre otros. 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 el Anexo 1.

Siguiendo con el procedimiento, para identificar las unidades de muestreo en losas de concreto se obtuvieron datos de 24 losas en cada muestra. Además, se determinó el número de muestras con un total de 44. Luego procedemos a la evaluación donde se inspecciona una unidad de muestreo para identificar los tipos, cantidad y severidad como se muestra en la ficha de observación donde finalmente se registran los datos como se observa en Anexo x.

Una vez obtenidos todos los datos se realiza el cálculo establecido en el manual. Para ello se evaluó los tramos donde el IRI se encontró en una condición regular o inferior como se indica en la metodología. A continuación, se muestran los resultados del PCI.

*Tramo K32+780 - K33+000*

Este tramo se sitúa en los primeros 200 metros de vía en sentido Santa Rosa-Bella india, se encontró fallas como: Sello de Junta, Pulimento de Agregados, Popouts, Grieta de Esquina, Descascaramiento de junta, Grieta Lineal en poca densidad, por esa razón el valor de PCI se mantiene en rangos óptimos, y el promedio de la condición de este tramo es de 83.42 lo que indica una condición muy buena.

*Tabla 11 PCI tramo K32+780 - K33+000*

TRAMO 220M			
UNIDAD DE MUESTRA	PRINCIPALES FALLAS	PCI	CLASIFICACIÓN
M1	Sello de Junta, Pulimento de Agregados, Popouts , Grieta de Esquina, Descascaramiento de junta, Grieta Lineal,	77	Muy bueno
M2	Sello de Junta, Pulimento de Agregados, Popouts , Descascaramiento de junta	76	Muy bueno
M3	Sello de Junta, Pulimento de Agregados, Popouts , Descascaramiento de junta	95	Excelente
M4	Sello de Junta, Pulimento de Agregados, Popouts , Descascaramiento de junta, Parcheo (Grande) ,	86	Excelente
M5	Sello de Junta, Pulimento de Agregados, Popouts , Descascaramiento de junta	80	Muy bueno
M6	Sello de Junta, Popouts , Descascaramiento de junta,	86.5	Excelente
PROMEDIO		83.42	Muy bueno

**Fuente:** Elaboración Propia

*Ilustración 3 Evaluación tramo K32+780 - K33+000*



**Fuente:** Elaboración Propia

*Tramo K37+000-K38+000*

En este tramo se evalúa 1 km de vía en el sentido Santa Rosa-Bella india, en él se encontró fallas en iguales características al anterior, por esa razón el valor de PCI se mantiene en rangos óptimos, y el promedio de la condición de este tramo es de 82.97 lo que indica una condición muy buena.

*Tabla 12 PCI tramo K37+000-K38+000*

TRAMO 1KM			
MUESTRA	PRINCIPALES FALLAS	PCI	CLASIFICACIÓN
M1	Sello de Junta, Popouts, Descascaramiento de junta,	96	Excelente
M2	Sello de Junta, Pulimento de Agregados, Popouts, Descascaramiento de junta	91	Excelente
M3	Sello de Junta, Pulimento de Agregados,	92	Excelente
M4	Sello de Junta, Pulimento de Agregados, Popouts,	88	Excelente
M5	Sello de Junta-Popouts-Descascaramiento de junta	94	Excelente
M6	Sello de Junta, Escala, Descascaramiento de junta, Grieta Lineal	92	Excelente
M7	Sello de Junta, Escala, Popouts, Grieta de Esquina, Pulimento de Agregados, Desnivel Carril / Berna,	81.5	Muy bueno
M8	Sello de Junta, Escala, Pulimento de Agregados,	86	Excelente
M9	Sello de Junta, Grieta Lineal, Escala, Grieta Lineal, Pulimento de Agregados, Popouts,	71	Muy bueno
M10	Sello de Junta, Grieta Lineal, Pulimento de Agregados, Grieta de Esquina, Desnivel Carril / Berna, Escala,	62.5	Bueno
M11	Sello de Junta, Grieta Lineal, Escala, Pulimento de Agregados, Grieta Lineal, Desnivel Carril / Berna,	71	Muy bueno
M12	Sello de Junta, Popouts, Desnivel Carril / Berna, Grieta Lineal, Pulimento de Agregados, Descascaramiento de junta, Grieta de Esquina	63	Bueno
M13	Sello de Junta, Grieta de Esquina, Pulimento de Agregados, Grieta Lineal, Popouts, Pulimento de Agregados, Desnivel Carril / Berna, Grieta Lineal,	85.5	Muy bueno
M14	Sello de Junta, Popouts, Grieta Lineal, Grieta Lineal, Desnivel Carril / Berna, Pulimento de Agregados, Descascaramiento de junta	80	Muy bueno
M15	Sello de Junta, Popouts, Escala, Grieta Lineal, Pulimento de Agregados, Grieta de Esquina, Desnivel Carril / Berna	88	Excelente
M16	Sello de Junta, Escala, Popouts, Pulimento de Agregados	89	Excelente
MAD1	Sello de Junta, Popouts, Pulimento de Agregados, Desnivel Carril / Berna, Grieta Lineal, Punzonamiento,	80	Muy bueno
<b>TOTAL</b>		<b>82.97</b>	<b>Muy bueno</b>

**Fuente:** Elaboración Propia

*Ilustración 4 Evaluación tramo K37+000-K38+000*





**Fuente:** Elaboración Propia

*Tramo K38+000-K39+000*

En este tramo se evalúa 1km de vía en ambos sentidos de la vía Santa Rosa-Bella india, esta valoración se da justo en la curva más pronunciada de la vía, en él se encontró fallas en iguales características al anterior, pero con una densidad más alta, aun así, el valor de PCI se mantiene en rangos óptimos, y el promedio de la condición de este tramo es de 78.60 lo que indica una condición muy buena.

*Tabla 13 PCI tramo K38+000-K39+000*

TRAMO 2KM			
	PRINCIPALES FALLAS	PCI	CLASIFICACIÓN
<b>M1</b>	Sello de Junta-Grieta Lineal-Pulimento de Agregados-Descascaramiento de esquina	87	Excelente
<b>M2</b>	Sello de Junta-Desnivel Carril / Berna-Grieta Lineal-Pulimento de Agregados-Popouts-Descascaramiento de esquina-Descascaramiento de junta	69	Bueno
<b>M3</b>	Sello de Junta-Desnivel Carril / Berna-Grieta Lineal-Pulimento de Agregados	76	Muy bueno
<b>M4</b>	Sello de Junta-Desnivel Carril / Berna-Grieta Lineal-Popouts	77	Muy bueno
<b>M5</b>	Sello de Junta-Desnivel Carril / Berna-Grieta Lineal-Popouts-Punzonamiento	77	Muy bueno
<b>M6</b>	Sello de Junta-Desnivel Carril / Berna-Grieta Lineal-Popouts-Descascaramiento de junta	79	Muy bueno
<b>M7</b>	Sello de Junta-Desnivel Carril / Berna-Grieta Lineal	91	Excelente
<b>M8</b>	Losa Dividida-Sello de Junta-Desnivel Carril / Berna-Grieta Lineal-Pulimento de Agregados-Popouts-Descascaramiento de junta	80	Muy bueno
<b>M9</b>	Sello de Junta-Desnivel Carril / Berna-Grieta Lineal-Pulimento de Agregados-Popouts-Descascaramiento de esquina-Descascaramiento de junta	73	Muy bueno
<b>M10</b>	Sello de Junta-Desnivel Carril / Berna-Grieta Lineal-Pulimento de Agregados-Descascaramiento de junta	82	Muy bueno

<b>M11</b>	Sello de Junta-Desnivel Carril / Berna-Grieta Lineal-Pulimento de Agregados-Popouts	81	Muy bueno
<b>M12</b>	Sello de Junta-Grieta Lineal-Pulimento de Agregados-Popouts	71	Muy bueno
<b>M13</b>	Grieta de Esquina-Sello de Junta-Desnivel Carril / Berna-Grieta Lineal-Pulimento de Agregados-Popouts-Descascaramiento de junta	79	Muy bueno
<b>M14</b>	Grieta de Esquina-Sello de Junta-Grieta Lineal-Pulimento de Agregados-Popouts	81	Muy bueno
<b>M15</b>	Grieta de Esquina-Sello de Junta-Pulimento de Agregados-Popouts	87	Excelente
<b>M16</b>	Losa Dividida-Escala-Sello de Junta-Desnivel Carril / Berna-Grieta Lineal-Pulimento de Agregados	69	Bueno
<b>M17</b>	Escala-Sello de Junta-Grieta Lineal-Pulimento de Agregados-Popouts-Descascaramiento de junta	69	Bueno
<b>M18</b>	Grieta de Esquina-Escala-Sello de Junta-Desnivel Carril / Berna-Grieta Lineal	69.5	Bueno
<b>M19</b>	Escala-Sello de Junta-Grieta Lineal-Popouts	77	Muy bueno
<b>M20</b>	Losa Dividida-Escala-Sello de Junta-Grieta Lineal-Pulimento de Agregados-Descascaramiento de junta	82	Muy bueno
<b>M21</b>	Escala-Sello de Junta-Grieta Lineal	66	Bueno
<b>M22</b>	Escala-Sello de Junta-Grieta Lineal	86	Excelente
<b>MAD1</b>	Escala-Sello de Junta-Grieta Lineal-Pulimento de Agregados	85	Muy bueno
<b>MAD2</b>	Sello de Junta-Pulimento de Agregados	93	Excelente
<b>TOTAL</b>		78.60	Muy bueno

**Fuente:** Elaboración Propia

*Ilustración 5 Evaluación tramo K38+000-K39+000*



**Fuente:** Elaboración Propia

Con estos resultados indicamos que el estado de la vía se mantiene en condiciones buenas, debido a que la evaluación realizada hasta el momento se encuentra en rangos buenos y muy buenos. Por esta razón y siguiendo con la metodología, esta vía necesita de un

mantenimiento rutinario para reparar las fallas de mayor afectación, y no será necesario una evaluación estructural.

#### **4.1.3. Resistividad eléctrica**

En el tramo de la vía Bella india-Santa Rosa no mantiene fallas estructurales, por lo que se tomó en consideración la vía a Arenillas que mantiene fallas para evidenciar el cumplimiento de la metodología propuesta. En la vía a Arenillas se encuentran una serie de fallas las cuales indicamos a continuación:

Se encontraron fisuras menores a  $\frac{1}{3}h$  como se observa en la **Ilustración 6**, con ello la metodología indica que se deben realizar reparaciones del sello de juntas

*Ilustración 6 Fisuras en hormigón*



**Fuente:** Elaboración Propia

En la **Ilustración 7** se observan grietas de mayor longitud y profundidad que calificarían como grietas entre  $\frac{2}{3}h$  y  $\frac{1}{3}h$ , donde su procedimiento a seguir será el sello de juntas. Debido a la longitud de estas fallas también podrían calificarse como una falla geológica debido al suelo o por movimientos sísmicos.

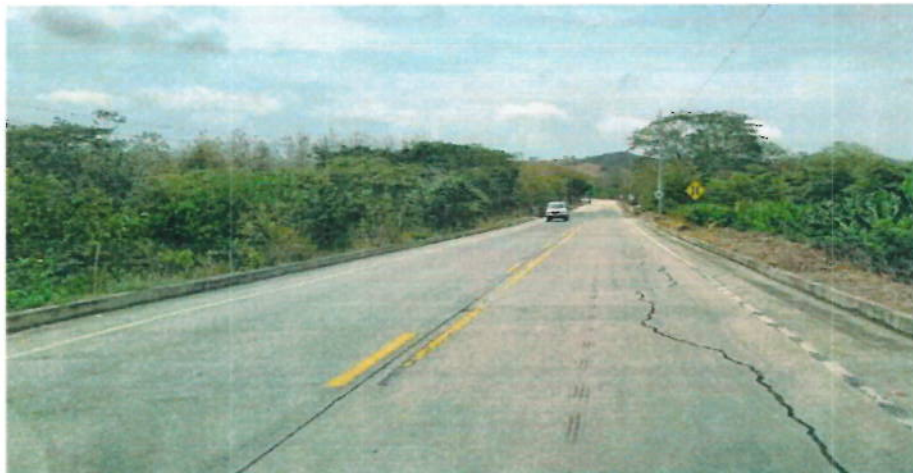
*Ilustración 7 Fisuras mayores a  $\frac{1}{3}$  de  $h$*



**Fuente:** Elaboración Propia

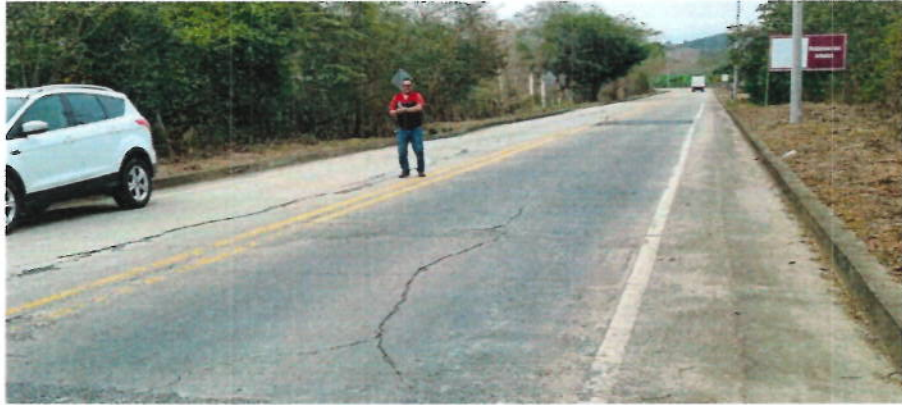
También se observaron fallos que alcanzan la altura total de la losa, los cuales son grietas de 20 a 30 m de longitud, estas se deben a fallas geológica debido a que el suelo a cedido a las cargas vehiculares o debido a movimientos sísmicos. Finalmente se debe realizar una reparación integral realizando la demolición y mejoramiento del terreno.

*Ilustración 8 Fallas geológicas*



**Fuente:** Elaboración Propia

*Ilustración 9 Fallas geológicas*



**Fuente:** Elaboración Propia

## CONCLUSIONES

- Se fundamentaron los criterios teóricos y técnicos mediante revisión bibliográfica en relación al pavimento rígido donde se encontraron trabajos como "*Evaluación del estado del pavimento mediante el método del PCI de la carretera puerto-aeropuerto, Manta*" y "*Evaluación de tres dispositivos de tomografía eléctrica para la identificación de horizontes Petro cálcicos en el suelo*" los cuales realizan la evaluación de una vía de hormigón armado, determinando valores de regularidad superficial (IRI), condición de pavimentos (pci) y la evaluación del suelo mediante resistividad eléctrica, los cuales al evaluar identifican la necesidad de un mantenimiento de autopistas.
- Se evaluó el pavimento rígido de la autopista mediante criterios teóricos y técnicos como: Evaluando el índice de regularidad (IRI) se obtuvo valores superiores a 2.8 el cual considera una regularidad buena, exceptuando tramos de la vía donde se tienen condiciones regulares. El cálculo de PCI mostró condiciones muy buenas y excelentes de la vía, estos criterios al evaluarlos permiten identificar el mantenimiento más efectivo.
- Se formuló un modelo de evaluación de pavimento rígido para un eficiente mantenimiento de autopistas como se observa en la **ilustración 1**, donde el primer paso es valorar la condición superficial mediante el IRI en el cual si se obtienen valores mayores a 3.5 se evaluará la severidad mediante el índice de condición del pavimento (PCI); en este si se obtienen valores menores al 40% se tendrá que realizar una evaluación estructural y su próxima restauración vial. Al utilizar el modelo obtuvimos datos de nuestro caso de estudio donde en el IRI se obtuvieron condiciones buenas, muy buenas y regulares, luego se obtuvieron los valores de PCI en los cuales se obtuvieron valores superiores a 70 lo que califica a la vía como muy buena y excelente, y finalmente se realiza una evaluación estructural donde se tomó como alternativa la vía a Arenillas que presenta grietas identificadas como fallas geológicas, finalmente así identificamos las mejores opciones para una restauración vial.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar las revisiones periódicas en las autopistas para identificar los fallos existentes y realizar sus debidos mantenimientos.
- Revisar los manuales donde indican las definiciones y procesos a seguir para cada método utilizado en la metodología, como lo son el índice de rugosidad internacional y los índices de condición de pavimento.
- Finalmente recomendamos realizar un mantenimiento y restauración vial de la Vía que conecta al cantón Arenillas, la cual mantiene una serie de daños que necesitan de su pronta intervención.

## BIBLIOGRAFIA

- Alberto, J., Lizarazo, G., Augusto, C., Urán, S., Darío, M., & Serna, A. (2016). Modelo de evaluación dinámica de la calidad en la infraestructura vial de corredores logísticos en Colombia. *Revista EIA*, <https://doi.org/10.14508/reia.2016.13.25.135-145>
- Al-Neami, M., Al-Rubaei, R., & Kareem, Z. (2018). Assessment of Al-Amarah street within the Al-kut city using pavement condition index (PCI) and GIS technique. *MATEC Web of Conferences* 162, 01033. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201816201033>
- Álvarez, S., & Rivero, R. (2012). *Instrumento electrónico para la estimación del índice de rugosidad internacional (IRI) con base en el perfilómetro estático*. 27(1), 49–55.
- Andrade, A., Castillo, G., Chacater, C., 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 Novasenergía*, 4(1), 102–114. <https://doi.org/10.37135/NS.01.07.06>
- Arriaga, M. C., Paul, P., Anguas, G., & Rico Rodríguez, A. (1998). *Índice internacional de rugosidad en la red carretera de México*.
- Asociación Mundial de la Carretera. (2014). Asociación Mundial de la Carretera. *Importancia de la conservación de carreteras*. [Www.Piarc.Org](http://www.piarc.org). <http://www.piarc.org>
- Ávila, E., Albarracín, F., & Bojorque, J. (2015). Evaluación de pavimentos en base a métodos no destructivos y análisis inverso. *Maskana*, 6(1), 149–167. <https://doi.org/10.18537/MSKN.06.01.11>
- Badilla Vargas, G. (2009). *Determinación de la regularidad superficial del pavimento, mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI)*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5051912>



- Baena Paz, G. (2017). *Metodología de la investigación*. [http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales\\_de\\_consulta/Drogas\\_de\\_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf)
- Baque Solis, B. S. (2020). *Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la carretera puerto-aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de Manabí*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7398457>
- Betancourt, L. (2014). *Elaboración de un manual que sirva como guía para realizar la señalización vertical vial de cruces de línea férrea*. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/7910>
- Bonilla, M., Quintana, J., Carrión, F., Martínez, L., Hernández, J., Gasca, H., Hernández, A., & Zea, M. (2017). Análisis del comportamiento estructural de un pavimento de concreto estructuralmente reforzado continuo (PCERC). *INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE*.
- Cal y Mayor, R., & Cárdenas G., J. (1995). Ingeniería de tránsito: Fundamentos y aplicaciones. In *Alfaomega*.
- Cárdenas Coronel, V. M., & Araujo-Santacruz, G. A. (2016). *Análisis de fisuras y grietas en pavimentos rígidos mediante resistividad eléctrica*. <http://dspacé.ucuénca.edu.ec/handle/123456789/25952>
- González Hernández, H., Ruiz Caballero, P., & Guerrero Valverde, D. (2019). *PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS MEDIANTE EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)*. 58-71. <https://www.redalyc.org/journal/1813/181358738015/181358738015.pdf>
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación. *Mc Graw Hill*, 714.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación*. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- INVIAS, & Mintransporte. (2016). Manual de Mantenimiento de Carreteras. In *INVIAS*.

- Jácome Macías, D. N., Pérez Loor, D. L., & García Vines, J. J. (2022). Propuesta de ordenamiento al tránsito urbano de Portoviejo desde Ramos Iduarte hasta Monumento de Agricultura. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*. ISSN: 2737-6249., 5(9 Ed. esp.), 2–11. <https://doi.org/10.46296/IG.V5I9EDESPMAR.0050>
- Lisboa, J. C. (2016). *Apuntes sobre métodos de investigación Notes on Research Methods*. 18–25. <http://www.medisur.sld.cu/index.php/medisur/article/view/2977>
- López, Campo, E., Parra, ;, & Montañez, A. (2019). Análisis comparativo de la infraestructura vial entre Colombia y Ecuador en el siglo XXI. *Revista ESPACIOS*, 40, 42.
- Martínez-Molina, W., Torres-Acosta, A. A., Martínez-Peña, G. E. I., Guzmán, E. A., & Mendoza-Pérez, I. N. (2015). Cement-based, materials-enhanced durability from opuntia ficus indica mucilage additions. *ACI Materials Journal*, 112(1), 165–172. <https://doi.org/10.14359/51687225>
- Ministerio de Obras Públicas. (2002). *Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes de caminos y puentes*.
- Montejo, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos* (S. Valbuena del Fierro, Ed.; Segunda reimprisión). Valbuena del Fierro, Stella. [https://www.academia.edu/22782711/Ingenieria\\_de\\_pavimentos\\_Alfonso\\_Montejo\\_o\\_Fonseca](https://www.academia.edu/22782711/Ingenieria_de_pavimentos_Alfonso_Montejo_o_Fonseca)
- Oblitas-Gastelo, B. E., Ingrid, ;, Medina-Cardozo, I., Carmén, ;, & Paredes-Asalde, R. (2021). Índice de regularidad internacional e índice de condición de pavimento para definir niveles de serviciabilidad de pavimentos International evenness index and pavement condition index for defining pavement serviceability levels. *Revista ITECKNE-Universidad*, 18(2), 2021–2170. <https://doi.org/10.15332/iteckne>
- Piryonesi, S. M., & El-Draby, T. E. (2021). Examining the relationship between two road performance indicators: Pavement condition index and international roughness index. *Transportation Geotechnics*, 26, 100441. <https://doi.org/10.1016/J.TRGEO.2020.100441>

- Prefectura de El Oro. (2019). *Plan de desarrollo vial integral de la provincia de "El Oro."* <http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2020/09/El-Oro-plan-vial-integral.pdf>
- Ricoy Lorenzo, C. (2006). Contribución sobre los paradigmas de investigación. *Educação. Revista Do Centro de Educação*, 31(1), 11–22.
- Rodríguez Velásquez, E. (2009). *Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla.* <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1350>
- SERCOP. (n.d.). *Servicio de mantenimiento rutinario de la red vial estatal.* Retrieved July 19, 2022, from [https://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/wp-content/uploads/2017/01/ficha\\_servicio\\_mantenimiento\\_red\\_vial\\_estatal.pdf](https://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/wp-content/uploads/2017/01/ficha_servicio_mantenimiento_red_vial_estatal.pdf)
- Vásquez, L. (2002). Pavement condition index (pci) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. In *Ingepav*.
- Vásquez, R. (2002). Pavement condition index (PCI) Para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. *Ingepav*. <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>
- Verdezoto, T., Montés, F., & Medina, O. (2020). Análisis del congestionamiento vehicular para el mejoramiento de vía principal en Guayaquil-Ecuador. *Revista Gaceta Técnica. Artículo de Investigación*, 21(2), 4–23. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21905.04960>
- Weinzettel, P., Varni, M., Dietrich, S., & Usunoff, E. (2009). *Evaluación de tres dispositivos de tomografía eléctrica para la identificación de horizontes petrocálcicos en el suelo.* [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672009000100014&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672009000100014&script=sci_arttext)

ANEXOS

Anexo 1: Formato de exploración de condición para carreteras con superficie en concreto hidráulico.

Tabla 1-1 Formato de exploración de condición para carreteras con superficie en concreto hidráulico

INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO	
PCI-02. CARRETERAS CON SUPERFICIE EN CONCRETO HIDRÁULICO					
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					
ZONA	ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO		
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL		NÚMERO DE LOSAS		
INSPECCIONADA POR					
No	Daño	No	Daño	No	Daño
21	Blow up / Buckling.	27	Desnivel Carril / Berma.	34	Punzonamiento.
22	Grieta de esquina.	28	Grieta lineal.	35	Cruce de vía férrea
23	Losa dividida.	29	Parcheo (grande).	36	Desconcha miento
24	Grieta de durabilidad "D".	30	Parcheo (pequeño)	37	Retracción
25	Escala.	31	Pulimento de agregados	38	Descascaramiento de esquina
26	Sello de junta.	32	Popouis	39	Descascaramiento de junta
		33	Bombeo		
Daño	Severidad	No. Losas	Densidad	Esquema	
			Valor deducido		

Fuente: Pavement condition index (R. Vásquez, 2002)

## Anexo 2: Índice de rugosidad

Abscisas: K32+780 - PK47+900

Longitud por carril: 15.120 km

ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	IZQUIERDA (M/KM)	DERECHA (M/KM)	PROMEDIO KILOMETRO/CARRIL (M/KM)	CUMPLE VALOR CADA 100 M (≤4 M/KM)	PROMEDIO KILOMETRO/CARRIL (M/KM)	CUMPLE VALOR PROMEDIO POR SEGMENTO (≤3.5 M/KM)
K32+780	K32+800	2,2	2,0	2,1	OK	2,8	OK
K32+800	K32+900	3,4	3,6	3,5	OK		
K32+900	K33+000	2,8	3,2	3,0	OK		
K33+000	K33+100	2,5	2,5	2,5	OK	3,1	OK
K33+100	K33+200	2,7	2,9	2,8	OK		
K33+200	K33+300	2,9	3,3	3,1	OK		
K33+300	K33+400	3,4	3,4	3,4	OK		
K33+400	K33+500	3,2	4,4	3,8	OK		
K33+500	K33+600	2,6	2,7	2,6	OK		
K33+600	K33+700	3,1	3,8	3,5	OK		
K33+700	K33+800	3,0	3,8	3,4	OK		
K33+800	K33+900	2,9	3,9	3,4	OK		
K33+900	K34+000	2,7	3,3	3,0	OK	3,3	OK
K34+000	K34+100	3,1	3,8	3,4	OK		
K34+100	K34+200	2,9	3,4	3,1	OK		
K34+200	K34+300	2,7	3,6	3,1	OK		
K34+300	K34+400	3,2	3,9	3,6	OK		
K34+400	K34+500	2,5	3,7	3,1	OK		
K34+500	K34+600	3,0	3,3	3,2	OK		
K34+600	K34+700	3,6	3,6	3,6	OK		
K34+700	K34+800	3,4	3,5	3,4	OK		
K34+800	K34+900	3,5	3,5	3,5	OK		
K34+900	K35+000	2,8	3,2	3,0	OK		
K35+000	K35+100	3,5	3,4	3,4	OK	3,1	OK
K35+100	K35+200	3,4	3,5	3,4	OK		

K35+200	K35+300	2.9	2.7	2.8	OK	
K35+300	K35+400	2.8	2.9	2.9	OK	
K35+400	K35+500	2.9	2.8	2.8	OK	
K35+500	K35+600	2.9	2.4	2.7	OK	
K35+600	K35+700	2.8	2.7	2.8	OK	
K35+700	K35+800	3.4	3.4	3.4	OK	
K35+800	K35+900	3.2	3.0	3.5	OK	
K35+900	K36+000	3.8	3.3	3.5	OK	
K36+000	K36+100	3.3	3.1	3.2	OK	3,7
K36+100	K36+200	3.5	3.3	3.4	OK	
K36+200	K36+300	3.1	3.4	3.2	OK	
K36+300	K36+400	3.6	3.4	3.5	OK	
K36+400	K36+500	2.8	3.0	2.9	OK	
K36+500	K36+600	3.7	3.9	3.8	OK	
K36+600	K36+700	5.0	4.3	4.6	NO	
K36+700	K36+800	4.6	4.3	4.5	NO	
K36+800	K36+900	4.1	4.2	4.2	NO	
K36+900	K37+000	4.3	4.1	4.2	NO	
K37+000	K37+100	3.8	4.4	4.1	NO	3,6
K37+100	K37+200	3.2	3.3	3.2	OK	
K37+200	K37+300	3.8	4.3	4.0	NO	
K37+300	K37+400	3.7	3.2	3.5	OK	
K37+400	K37+500	3.9	3.3	3.6	OK	
K37+500	K37+600	3.9	3.7	3.8	OK	
K37+600	K37+700	3.4	3.0	3.2	OK	
K37+700	K37+800	3.7	2.9	3.3	OK	
K37+800	K37+900	4.2	3.6	3.9	OK	
K37+900	K38+000	5.0	6.1	-	-	
K38+000	K38+100	5.3	5.0	5.2	NO	
K38+100	K38+200	5.1	4.5	4.8	NO	4,1
K38+200	K38+300	4.3	4.5	4.4	NO	
K38+300	K38+400	5.5	5.2	5.3	NO	
K38+400	K38+500	3.8	3.9	3.8	OK	
K38+500	K38+600	3.5	4.2	3.9	OK	
K38+600	K38+700	3.5	3.3	3.4	OK	
K38+700	K38+800	3.5	3.4	3.5	OK	
K38+800	K38+900	2.8	3.2	3.0	OK	
K38+900	K39+000	3.7	3.8	3.8	OK	
K39+000	K39+100	3.2	3.2	3.2	OK	3,1

K39+100	K39+200	3,2	3,2	3,2	3,2	OK
K39+200	K39+300	3,1	3,2	3,2	3,2	OK
K39+300	K39+400	3,3	3,2	3,2	3,3	OK
K39+400	K39+500	3,3	3,1	3,1	3,2	OK
K39+500	K39+600	2,8	2,8	2,8	2,8	OK
K39+600	K39+700	3,2	3,5	3,5	3,3	OK
K39+700	K39+800	2,7	2,6	2,6	2,7	OK
K39+800	K39+900	3,4	3,4	3,4	3,4	OK
K39+900	K40+000	3,6	3,3	3,3	3,4	OK
K40+000	K40+100	2,6	3,3	3,3	2,9	OK
K40+100	K40+200	2,8	3,1	3,1	2,9	OK
K40+200	K40+300	2,3	2,9	2,9	2,6	OK
K40+300	K40+400	2,1	2,8	2,8	2,5	OK
K40+400	K40+500	2,9	3,2	3,2	3,1	OK
K40+500	K40+600	2,6	2,2	2,2	2,4	OK
K40+600	K40+700	2,3	2,2	2,2	2,2	OK
K40+700	K40+800	2,9	2,5	2,5	2,7	OK
K40+800	K40+900	2,7	2,2	2,2	2,4	OK
K40+900	K41+000	2,2	2,0	2,0	2,1	OK
K41+000	K41+100	2,8	2,8	2,8	2,8	OK
K41+100	K41+200	2,6	2,1	2,1	2,3	OK
K41+200	K41+300	3,1	2,5	2,5	2,8	OK
K41+300	K41+400	2,8	2,2	2,2	2,5	OK
K41+400	K41+500	2,9	3,0	3,0	3,0	OK
K41+500	K41+600	2,5	2,2	2,2	2,4	OK
K41+600	K41+700	2,4	2,3	2,3	2,4	OK
K41+700	K41+800	2,7	2,6	2,6	2,6	OK
K41+800	K41+900	2,5	2,6	2,6	2,5	OK
K41+900	K42+000	2,5	1,8	1,8	2,1	OK
K42+000	K42+100	2,6	2,3	2,3	2,5	OK
K42+100	K42+200	2,0	2,0	2,0	2,0	OK
K42+200	K42+300	2,7	2,1	2,1	2,4	OK
K42+300	K42+400	1,9	2,2	2,2	2,1	OK
K42+400	K42+500	2,5	2,4	2,4	2,5	OK
K42+500	K42+600	2,2	2,4	2,4	2,3	OK
K42+600	K42+700	2,0	2,5	2,5	2,3	OK
K42+700	K42+800	2,3	3,0	3,0	2,7	OK
K42+800	K42+900	2,8	2,9	2,9	2,8	OK
K42+900	K43+000	2,8	3,1	3,1	3,0	OK

K43+000	K43+100	2.4	2.2	2.3	OK	2.5	OK
K43+100	K43+200	2.7	2.4	2.6	OK		
K43+200	K43+300	3.2	3.2	3.2	OK		
K43+300	K43+400	2.9	3.4	3.2	OK		
K43+400	K43+500	2.3	2.8	2.6	OK		
K43+500	K43+600	2.3	2.7	2.5	OK		
K43+600	K43+700	2.1	2.8	2.4	OK		
K43+700	K43+800	2.6	2.5	2.5	OK		
K43+800	K43+900	2.5	2.2	2.3	OK		
K43+900	K44+000	2.2	2.5	2.3	OK		
K44+000	K44+100	2.2	2.4	2.3	OK		
K44+100	K44+200	2.4	2.3	2.3	OK		
K44+200	K44+300	2.4	2.5	2.4	OK		
K44+300	K44+400	2.4	1.8	2.1	OK		
K44+400	K44+500	2.1	1.9	2.0	OK		
K44+500	K44+600	2.4	2.3	2.4	OK		
K44+600	K44+700	2.6	2.2	2.4	OK		
K44+700	K44+800	2.8	2.8	2.8	OK		
K44+800	K44+900	2.8	2.6	2.7	OK		
K44+900	K45+000	2.6	2.1	2.4	OK		
K45+000	K45+100	3.0	3.0	3.0	OK		
K45+100	K45+200	2.4	2.3	2.4	OK		
K45+200	K45+300	2.9	2.6	2.7	OK		
K45+300	K45+400	2.6	2.6	2.6	OK		
K45+400	K45+500	3.0	3.3	3.1	OK		
K45+500	K45+600	2.6	2.6	2.6	OK		
K45+600	K45+700	2.6	2.4	2.5	OK		
K45+700	K45+800	3.0	3.1	3.0	OK		
K45+800	K45+900	2.9	3.5	3.2	OK		
K45+900	K46+000	3.1	3.1	3.1	OK		
K46+000	K46+100	2.9	2.6	2.7	OK		
K46+100	K46+200	2.8	2.9	2.9	OK		
K46+200	K46+300	3.0	2.8	2.9	OK		
K46+300	K46+400	2.9	3.0	2.9	OK		
K46+400	K46+500	2.4	2.3	2.4	OK		
K46+500	K46+600	2.6	2.4	2.5	OK		
K46+600	K46+700	2.8	2.7	2.7	OK		
K46+700	K46+800	2.5	2.4	2.4	OK		
K46+800	K46+900	3.2	2.7	2.9	OK		



K46+900	K47+000	2,4	2,8	2,6	OK
K47+000	K47+100	2,8	2,7	2,8	OK
K47+100	K47+200	2,4	2,7	2,6	OK
K47+200	K47+300	2,7	2,7	2,7	OK
K47+300	K47+400	2,2	2,7	2,4	OK
K47+400	K47+500	2,4	2,6	2,5	OK
K47+500	K47+600	2,3	2,5	2,4	OK
K47+600	K47+700	2,8	3,0	2,9	OK
K47+700	K47+800	2,4	2,7	2,5	OK
K47+800	K47+900	2,3	2,4	2,3	OK

ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	IZQUIERDA (M/KM)	DERECHA (M/KM)	PROMEDIO I, D (M/KM)	CUMPLE VALOR CADA 100 M (≤4 M/KM)	PROMEDIO KILOMETRO/CARRIL (M/KM)	CUMPLE VALOR PROMEDIO POR SEGMENTO KM (≤3.5 M/KM)
K32+780	K32+800	1,8	1,9	1,8	OK	2,4	OK
K32+800	K32+900	2,2	2,2	2,2	OK		
K32+900	K33+000	3,5	3,1	3,3	OK		
K33+000	K33+100	3,3	2,9	3,1	OK		
K33+100	K33+200	2,6	2,5	2,6	OK		
K33+200	K33+300	2,8	2,6	2,7	OK		
K33+300	K33+400	2,7	2,9	2,8	OK		
K33+400	K33+500	2,9	2,3	2,6	OK		
K33+500	K33+600	2,6	2,3	2,5	OK		
K33+600	K33+700	3,0	2,3	2,7	OK		
K33+700	K33+800	2,9	2,4	2,7	OK		
K33+800	K33+900	2,7	2,4	2,5	OK		
K33+900	K34+000	2,6	2,2	2,4	OK		
K34+000	K34+100	2,2	2,1	2,1	OK		
K34+100	K34+200	2,5	2,5	2,5	OK		
K34+200	K34+300	2,7	2,5	2,6	OK		
K34+300	K34+400	2,9	2,5	2,7	OK		
K34+400	K34+500	2,6	2,3	2,5	OK		
K34+500	K34+600	3,0	2,7	2,9	OK		
K34+600	K34+700	3,3	3,1	3,2	OK		

K34+700	K34+800	3,2	3,3	3,2	3,2	OK
K34+800	K34+900	2,8	2,5	2,7	2,7	OK
K34+900	K35+000	2,4	2,6	2,5	2,5	OK
K35+000	K35+100	2,8	3,0	2,9	2,9	OK
K35+100	K35+200	2,7	2,6	2,7	2,7	OK
K35+200	K35+300	3,0	2,6	2,8	2,8	OK
K35+300	K35+400	2,4	3,0	2,7	2,7	OK
K35+400	K35+500	2,2	2,3	2,2	2,2	OK
K35+500	K35+600	2,8	2,7	2,8	2,8	OK
K35+600	K35+700	2,4	2,5	2,5	2,5	OK
K35+700	K35+800	3,1	2,5	2,8	2,8	OK
K35+800	K35+900	3,2	3,1	3,1	3,1	OK
K35+900	K36+000	2,7	2,9	2,8	2,8	OK
K36+000	K36+100	2,6	2,6	2,6	2,6	OK
K36+100	K36+200	2,3	2,6	2,5	2,5	OK
K36+200	K36+300	2,5	3,2	2,8	2,8	OK
K36+300	K36+400	3,3	3,4	3,3	3,3	OK
K36+400	K36+500	2,2	2,5	2,4	2,4	OK
K36+500	K36+600	3,2	3,1	3,2	3,2	OK
K36+600	K36+700	2,8	3,0	2,9	2,9	OK
K36+700	K36+800	3,4	2,6	3,0	3,0	OK
K36+800	K36+900	3,5	3,4	3,5	3,5	OK
K36+900	K37+000	3,1	3,0	3,1	3,1	OK
K37+000	K37+100	3,3	3,9	3,6	3,6	OK
K37+100	K37+200	3,2	3,4	3,3	3,3	OK
K37+200	K37+300	3,6	3,5	3,5	3,5	OK
K37+300	K37+400	3,0	2,8	2,9	2,9	OK
K37+400	K37+500	3,2	3,1	3,2	3,2	OK
K37+500	K37+600	3,5	3,4	3,5	3,5	OK
K37+600	K37+700	3,9	3,4	3,6	3,6	OK
K37+700	K37+800	3,4	3,7	3,6	3,6	OK
K37+800	K37+900	3,1	3,9	3,5	3,5	OK
K37+900	K38+000	6,5	7,0	-	-	-
K38+000	K38+100	4,0	3,5	3,8	3,8	OK
K38+100	K38+200	3,6	3,1	3,4	3,4	OK

2,7

2,9

3,4

3,4

OK

OK

OK

OK

K38+200	K38+300	3,7	3,2	3,5	OK
K38+300	K38+400	3,7	3,3	3,5	OK
K38+400	K38+500	3,2	3,5	3,4	OK
K38+500	K38+600	2,8	3,1	2,9	OK
K38+600	K38+700	3,1	3,5	3,3	OK
K38+700	K38+800	2,9	3,2	3,0	OK
K38+800	K38+900	3,6	3,8	3,7	OK
K38+900	K39+000	4,1	3,8	3,9	OK
K39+000	K39+100	3,7	3,5	3,6	OK
K39+100	K39+200	3,5	3,1	3,3	OK
K39+200	K39+300	3,3	3,4	3,4	OK
K39+300	K39+400	3,8	3,8	3,8	OK
K39+400	K39+500	3,2	3,0	3,1	OK
K39+500	K39+600	2,8	3,5	3,1	OK
K39+600	K39+700	3,3	3,6	3,5	OK
K39+700	K39+800	3,3	3,2	3,3	OK
K39+800	K39+900	3,3	3,3	3,3	OK
K39+900	K40+000	2,9	2,9	2,9	OK
K40+000	K40+100	2,8	2,6	2,7	OK
K40+100	K40+200	2,7	2,8	2,8	OK
K40+200	K40+300	2,7	3,0	2,9	OK
K40+300	K40+400	2,2	2,7	2,4	OK
K40+400	K40+500	2,4	2,8	2,6	OK
K40+500	K40+600	2,1	2,2	2,1	OK
K40+600	K40+700	2,1	2,2	2,2	OK
K40+700	K40+800	2,3	2,1	2,2	OK
K40+800	K40+900	3,6	3,0	3,3	OK
K40+900	K41+000	2,8	2,3	2,5	OK
K41+000	K41+100	3,7	2,5	3,1	OK
K41+100	K41+200	2,8	2,9	2,9	OK
K41+200	K41+300	2,7	2,3	2,5	OK
K41+300	K41+400	2,9	2,2	2,5	OK
K41+400	K41+500	3,5	3,2	3,4	OK
K41+500	K41+600	2,7	2,7	2,7	OK
K41+600	K41+700	2,4	2,0	2,2	OK

		3,3			OK
		2,5			OK
		2,6			OK

K41+700	K41+800	2,1	2,0	2,0	2,0	OK
K41+800	K41+900	2,6	2,3	2,3	2,5	OK
K41+900	K42+000	2,4	2,1	2,1	2,3	OK
K42+000	K42+100	2,2	2,0	2,0	2,1	OK
K42+100	K42+200	1,8	2,1	2,1	1,9	OK
K42+200	K42+300	2,0	1,9	1,9	2,0	OK
K42+300	K42+400	2,7	2,6	2,6	2,6	OK
K42+400	K42+500	2,0	2,1	2,1	2,1	OK
K42+500	K42+600	1,9	2,0	2,0	1,9	OK
K42+600	K42+700	2,2	1,9	1,9	2,1	OK
K42+700	K42+800	1,8	1,8	1,8	1,8	OK
K42+800	K42+900	2,8	2,6	2,6	2,7	OK
K42+900	K43+000	2,4	2,2	2,2	2,3	OK
K43+000	K43+100	2,1	2,0	2,0	2,0	OK
K43+100	K43+200	2,7	2,1	2,1	2,4	OK
K43+200	K43+300	2,3	2,3	2,3	2,3	OK
K43+300	K43+400	2,8	2,5	2,5	2,6	OK
K43+400	K43+500	2,9	2,3	2,3	2,6	OK
K43+500	K43+600	2,7	2,9	2,9	2,8	OK
K43+600	K43+700	2,3	2,1	2,1	2,2	OK
K43+700	K43+800	3,0	2,7	2,7	2,9	OK
K43+800	K43+900	3,2	3,3	3,3	3,2	OK
K43+900	K44+000	2,7	3,0	3,0	2,9	OK
K44+000	K44+100	2,8	2,8	2,8	2,8	OK
K44+100	K44+200	2,8	2,4	2,4	2,6	OK
K44+200	K44+300	2,9	3,3	3,3	3,1	OK
K44+300	K44+400	2,0	2,4	2,4	2,2	OK
K44+400	K44+500	2,7	2,9	2,9	2,8	OK
K44+500	K44+600	3,0	3,2	3,2	3,1	OK
K44+600	K44+700	2,1	2,4	2,4	2,3	OK
K44+700	K44+800	2,5	2,8	2,8	2,6	OK
K44+800	K44+900	2,4	2,6	2,6	2,5	OK
K44+900	K45+000	2,6	3,0	3,0	2,8	OK
K45+000	K45+100	2,4	2,7	2,7	2,6	OK
K45+100	K45+200	2,9	3,0	3,0	2,9	OK

2,1

2,5

2,6

2,9

OK

OK

OK

OK

K45+200	K45+300	3,0	2,9	2,9	2,9	OK
K45+300	K45+400	3,0	3,1	3,1	3,1	OK
K45+400	K45+500	3,3	3,2	3,2	3,3	OK
K45+500	K45+600	3,0	2,8	2,8	2,9	OK
K45+600	K45+700	2,3	2,2	2,2	2,3	OK
K45+700	K45+800	2,7	2,5	2,5	2,6	OK
K45+800	K45+900	3,9	3,8	3,8	3,9	OK
K45+900	K46+000	3,5	3,6	3,6	3,5	OK
K46+000	K46+100	3,3	3,2	3,2	3,3	OK
K46+100	K46+200	2,8	2,7	2,7	2,8	OK
K46+200	K46+300	3,1	3,0	3,0	3,1	OK
K46+300	K46+400	2,9	2,8	2,8	2,9	OK
K46+400	K46+500	3,5	3,4	3,4	3,4	OK
K46+500	K46+600	2,7	2,5	2,5	2,6	OK
K46+600	K46+700	3,9	3,7	3,7	3,8	OK
K46+700	K46+800	3,2	2,5	2,5	2,8	OK
K46+800	K46+900	3,2	2,7	2,7	3,0	OK
K46+900	K47+000	3,3	3,4	3,4	3,3	OK
K47+000	K47+100	2,8	2,6	2,6	2,7	OK
K47+100	K47+200	2,8	2,7	2,7	2,7	OK
K47+200	K47+300	2,9	2,9	2,9	2,9	OK
K47+300	K47+400	2,7	2,6	2,6	2,6	OK
K47+400	K47+500	2,8	2,8	2,8	2,8	OK
K47+500	K47+600	2,8	2,8	2,8	2,8	OK
K47+600	K47+700	2,9	2,6	2,6	2,8	OK
K47+700	K47+800	2,4	2,3	2,3	2,3	OK
K47+800	K47+900	2,5	2,4	2,4	2,4	OK

2,8

OK





ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI PAVIMENTO RÍGIDO

FECHA	9/9/2022	ABSCISAS	
CÓDIGO DE VÍA	1000	NUMERO DE LOSAS	24
INSPECCIONADO POR		UNIDAD DE MUESTRA	3
21 Blow up		34. Punzonamiento	
22 Grieta de Esquina	27 Desnivel Carril / Bepia	35 Cruce de Vía Ferrea	
23 Losa Dividida	28 Grieta Lineal	36 Descorchamiento	
24 Grieta de Durabilidad D	29 Parcheo (Grande)	37 Retracción	
25 Escala	30 Parcheo (Pequeño)	38 Descascaramiento de esquina	
26 Sello de Junta	31 Pulimento de Agregados	39 Descascaramiento de junta	
	32 Popouts		
	33 Bombeo		

FALLA	SEVERIDAD	# LOSAS	DENSIDAD	VD	ESQUEMA
26	L	24	100,00%	2	26L 26L 31L
31		8,387234	34,95%	6	26L 26L 31L
					26L 26L 31L
					26L 26L 31L
					26L 26L 31L
					26L 26L 31L
					26L 26L 31L
					26L 26L 31L
					26L 26L 31L
					26L 26L 31L
					26L 26L 31L
					26L 26L 31L



#### Anexo 4: Memoria Fotográfica

*Ilustración 10 Evaluación de PCI*



**Fuente:** Elaboración Propia

*Ilustración 11 Evaluación de PCI*



**Fuente:** Elaboración Propia

*Ilustración 12 Evaluación de PCI*



**Fuente:** Elaboración Propia

*Ilustración 13 Evaluación de PCI*



**Fuente:** Elaboración Propia

*Ilustración 14 Evaluación de PCI*



**Fuente:** Elaboración Propia

*Ilustración 15 Evaluación de PCI*



**Fuente:** Elaboración Propia

*Ilustración 16 Evaluación de PCI*



**Fuente:** Elaboración Propia

*Ilustración 17 Evaluación de PCI*



**Fuente:** Elaboración Propia

*Ilustración 18 Evaluación de PCI*



**Fuente:** Elaboración Propia

*Ilustración 19 Evaluación de PCI*



**Fuente:** Elaboración Propia

*Ilustración 20 Fallas en vía a Arenillas*



**Fuente:** Elaboración Propia

*Ilustración 21 Fallas en vía a Arenillas*



**Fuente:** Elaboración Propia

*Ilustración 22 Fallas en vía a Arenillas*



**Fuente:** Elaboración Propia

*Ilustración 23 Fallas en vía a Arenillas*



**Fuente:** Elaboración Propia

*Ilustración 24 Fallas en vía a Arenillas*



**Fuente:** Elaboración Propia

*Ilustración 25 Fallas en vía a Arenillas*



**Fuente:** Elaboración Propia

*Ilustración 26 Fallas en vía a Arenillas*



**Fuente:** Elaboración Propia