



Esta obra está bajo una  
[Licencia Creative Commons  
Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)  
Vea una copia de esta licencia en  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Tesis

# **Evaluación superficial del pavimento de la carretera, Nueva Cajamarca - Yuracyacu, mediante los métodos de PCI e IRI**

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

**Autor:**

Allen Eduardo Espinoza Sánchez  
<https://orcid.org/0000-0002-5522-2773>

**Asesor:**

Ing. M.Sc. Enrique Napoleón Martínez Quiroz  
<https://orcid.org/0000-0002-5965-9892>

**Tarapoto, Perú**

**2025**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis

# **Evaluación superficial del pavimento en la carretera Nueva Cajamarca - Yuracyacu, mediante los métodos de PCI e IRI**

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

**Autor**

Allen Eduardo Espinoza Sánchez

**Sustentado y aprobado el 09 de mayo del 2025, por los siguientes jurados:**

  
\_\_\_\_\_  
**Presidente de Jurado**  
Ing. Dr. Rubén del Águila Panduro

  
\_\_\_\_\_  
**Secretario de Jurado**  
Ing. M.Sc. Carlos Enrique Chung  
Rojas

  
\_\_\_\_\_  
**Vocal de Jurado**  
Ing. M.Sc. Juvenal Vicente Diaz  
Agip

  
\_\_\_\_\_  
**Asesor**  
Ing. M.Sc. Enrique Napoleón  
Martínez Quiroz

**Tarapoto, Perú**

**2025**



"Año del Bicentenario, de la Consolidación de nuestra Independencia, y de la  
conmemoración de las heroínas batallas de Junin y Ayacucho"



Formato N° 19. Modelo único de acta de sustentación

*Acta de sustentación de trabajo de investigación  
Para título de Ingeniero Civil N° 030-2*

Jurado reconocido con Resolución N° 591-2023-UNSM/FICA-CF-NLU

Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura

Escuela profesional de Ingeniería Civil



A las ... 17:00 ... del día viernes 09 de Mayo del 2025, inició el acto público de sustentación del trabajo de investigación:

"EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA, NUEVA CAJAMARCA – YURACYACU, MEDIANTE LOS MÉTODOS DE PCI E IRI" para optar el título de Ingeniero Civil, presentado por la bachiller ALLEN EDUARDO ESPINOZA SÁNCHEZ, con la asesoría del Ing. M.Sc. Enrique Napoleón Martínez Quiroz.

Instalada la Mesa Directiva conformada por:

Ing. Dr. Rubén del Águila Panduro (presidente del jurado), Ing. M.Sc. Carlos Enrique Chung Rojas (secretario), Ing. M.Sc. Juvenal Vicente Díaz Agip (vocal), y acompañados por el Ing. M.Sc. Enrique Napoleón Martínez Quiroz. (asesor); el presidente del jurado dirigió brevemente unas palabras y a continuación el secretario dio lectura a la Circular N° 017-2025-UNSM/FICA.

Seguidamente el autor expuso el trabajo de investigación y el jurado realizó las preguntas pertinentes y respondidas por la sustentante y eventualmente, con la venia del jurado, por el asesor.

Una vez terminada la ronda de preguntas el jurado procedió a deliberar para determinar la calificación final, para lo cual dispuso un receso de quince (15) minutos, con participación del asesor con voz, pero sin voto; sin la presencia del sustentante y otros participantes del acto público.

Luego de aplicar los criterios de calificación con estricta observancia del principio de objetividad y de acuerdo con los puntajes en escala vigesimal (de 0 a 20), según el Anexo 4.2 del RG – CTI, la nota de sustentación otorgada resultante del promedio aritmético de los calificativos emitidos por cada uno de los miembros del jurado fue **DECIDADO... (18)**; tal como se deja constar en la siguiente descripción:

Vertical column of handwritten signatures in blue ink.



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE SAN MARTIN**

**FACULTAD DE  
INGENIERÍA CIVIL  
Y ARQUITECTURA**



**“Año del Bicentenario, de la Consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroínas batallas de Junín y Ayacucho**

de todos los participantes del acto de sustentación, el secretario dio lectura a las observaciones subsanables al informe final que el autor deberá corregir y alcanzar al jurado en un plazo de treinta (30) días calendario.

Se deja constancia que la presente acta se inscribe en el Libro de Sustentaciones N° 030.:2 De. **LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

Firman los integrantes de la Mesa Directiva y el autor del trabajo de investigación en señal de conformidad, dando por concluido el acto a los **18:30** horas del mismo día viernes 09 de mayo del 2025. Ing. Dr. Rubén del Águila Panduro (presidente del jurado), Ing. M.Sc. Carlos Enrique Chung Rojas (secretario), Ing. M.Sc. Juvenal Vicente Díaz Agip (vocal).



*[Handwritten signature]*

Ing. M.Sc. Carlos Enrique Chung Rojas

Secretario del Jurado



*[Handwritten signature]*

Ing. Dr. Rubén del Águila Panduro

Presidente del Jurado



*[Handwritten signature]*

Ing. M.Sc. Juvenal Vicente Díaz Agip

Vocal del Jurado



*[Handwritten signature]*

Bach. Allen Eduardo Espinoza Sánchez

Autor



*[Handwritten signature]*

Ing. M.Sc. Enrique Napoleón Martínez Quiroz

Asesor

## Declaratoria de autenticidad

Yo, **Allen Eduardo Espinoza Sánchez**, con DNI N° 72565643, bachiller de la Escuela profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, autor de la tesis titulada: **Evaluación superficial del pavimento de la carretera, Nueva Cajamarca - Yuracyacu, mediante los métodos de PCI e IRI.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumimos bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de nuestro accionar, sometiéndonos a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 09 de mayo del 2025



**Allen Eduardo Espinoza Sánchez**

DNI N° 72565643

## Ficha de identificación

<p><b>Título del proyecto</b> Evaluación superficial del pavimento de la carretera Nueva Cajamarca - Yuracyacu, mediante los métodos de PCI e IRI</p>	<p><b>Área de investigación:</b> Transportes  <b>Línea de investigación:</b> Estrategias de tecnologías de información y comunicación (TIC) y sistemas constructivos convencionales y no convencionales para desarrollo sostenible  <b>Sublínea de investigación:</b> Tecnologías de materiales de construcción  <b>Tipo de investigación:</b>            Básica <input type="checkbox"/>, Aplicada <input checked="" type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
<p><b>Autor:</b> Allen Eduardo Espinoza Sánchez</p>	<p>Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil <a href="https://orcid.org/0000-0002-5522-2773">https://orcid.org/0000-0002-5522-2773</a></p>
<p><b>Asesor:</b> Ing. M.Sc. Enrique Napoleón Martínez Quiroz</p>	<p><b>Dependencia local de soporte:</b> Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil Unidad o Laboratorio Ingeniería Civil <a href="https://orcid.org/0000-0002-5965-9892">https://orcid.org/0000-0002-5965-9892</a></p>

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mis padres, Alex y Elena, quienes fueron mi pilar fundamental a lo largo de toda mi carrera.

**Allen Eduardo Espinoza Sánchez**

## **Agradecimiento**

Quiero expresar un profundo agradecimiento a mis padres, quienes se enfocaron en brindarme una educación de calidad y sólidos valores. A mi familia, que siempre estuvo a mi lado, en especial a mis primos Mario Sánchez y Giancarlos Aguinaga, quienes fueron piezas clave en mi formación académica. A mis amigos del grupo "TRIKA", que compartieron desvelos conmigo desde el inicio hasta el final; a todos ellos, gracias por ser parte fundamental de esta etapa y por contribuir en la formación del profesional que seré. También agradezco a mi alma mater, la Universidad Nacional de San Martín, ya que gracias a sus excelentes docentes pude egresar con los conocimientos necesarios para afrontar el mundo laboral como un profesional eficiente y competitivo.

**El Autor**

## Índice general

Ficha de identificación .....	8
Dedicatoria .....	9
Agradecimiento.....	10
Índice general.....	11
Índice de tablas .....	13
Índice de figuras .....	15
RESUMEN .....	16
ABSTRACT .....	17
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN.....	18
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....	21
2.1. Antecedentes de la investigación .....	21
2.2. Fundamentos teóricos .....	23
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS .....	33
3.1.1.Contexto de la investigación.....	33
3.1.2.Periodo de ejecución.....	34
3.1.3.Autorizaciones y permisos .....	34
3.1.4.Control ambiental y protocolos de bioseguridad.....	34
3.1.5.Aplicación de principios éticos internacionales.....	34
3.2. Sistema de variables .....	35
3.3. Procedimientos para la investigación.....	36
3.3.1.Actividades del Objetivo específico 1 .....	37
3.3.2.Actividades del Objetivo específico 2 .....	40
3.3.3.Actividades del Objetivo específico 3 .....	47
3.3.4.Actividades del Objetivo específico 4 .....	54
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	56
4.1. Objetivo específico 1 .....	56
4.2. Objetivo específico 2 .....	58
4.3. Objetivo específico 3 .....	62

4.4. Objetivo específico 4 .....	63
4.5. Discusión de resultados.....	71
CONCLUSIONES.....	74
RECOMENDACIONES.....	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
ANEXOS .....	80

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Cuadro de niveles de severidad para huecos .....	28
<b>Tabla 2</b> Características de la vía en estudio .....	33
<b>Tabla 3</b> Descripción de variables por objetivo específico N°1.....	35
<b>Tabla 4</b> Descripción de variables por objetivo específico N°2.....	35
<b>Tabla 5</b> Descripción de variables por objetivo específico N°3.....	36
<b>Tabla 6</b> Descripción de variables por objetivo específico N°4.....	36
<b>Tabla 7</b> Datos de estaciones para conteo vehicular .....	37
<b>Tabla 8</b> Clasificación vehicular .....	38
<b>Tabla 9</b> Factores de correcciones estacionales en Moyobamba y Aguas Claras.....	39
<b>Tabla 10</b> Número de unidades de muestra por sectores en pavimento asfáltico. ....	41
<b>Tabla 11</b> Número de unidades de muestra por sectores en pavimento de concreto hidráulico.....	41
<b>Tabla 12</b> Formato de recolección de datos para el estudio PCI para pavimentos flexibles. ....	42
<b>Tabla 13</b> Formato de recolección de datos para el estudio PCI para pavimentos rígidos. ....	43
<b>Tabla 14</b> Formato para cálculo de PCI.....	45
<b>Tabla 15</b> Muestras por sectores para ensayo de rugosidad. ....	48
<b>Tabla 16</b> Formato de recolección de datos para estudio IRI.....	49
<b>Tabla 17</b> Formato para cálculo IRI .....	52
<b>Tabla 18</b> Calificación de serviciabilidad según PSI.....	54
<b>Tabla 19</b> Índice Medio Diario Anual (IMDA) del tramo Nueva Cajamarca - Ucrania....	56
<b>Tabla 20</b> Índice Medio Diario Anual (IMDA) del tramo Ucrania - Yuracyacu. ....	56
<b>Tabla 21</b> Resumen de resultados del Índice De Condición de Pavimentos (PCI) por unidad de muestra y sector en pavimento flexible. ....	58

<b>Tabla 22</b> Resumen de resultados del Índice De Condición de Pavimentos (PCI) por unidad de muestra y sector en pavimento rígido.....	61
<b>Tabla 23</b> Índice de Condición de Pavimento (PCI) promedio de la vía de estudio. ....	61
<b>Tabla 24</b> Resumen de resultados del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) por sector de la via de estudio.....	62
<b>Tabla 25</b> Resultados del Índice de Condición de Pavimentos (PCI) y el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) en la evaluación de la vía.....	63
<b>Tabla 26</b> Resultados de Fallas principales y soluciones en la evaluación de la vía. ...	63

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Ubicación de estaciones .....	38
<b>Figura 2.</b> Curva de corrección para pavimentos asfálticos. ....	45
<b>Figura 3.</b> Curva de corrección para pavimentos concreto. ....	46
<b>Figura 4.</b> Parámetros de calificación PCI. ....	47
<b>Figura 5.</b> Resumen porcentual de tráfico vehicular en la estación 01.....	57
<b>Figura 6.</b> Resumen porcentual de tráfico vehicular en la estación 02.....	57

## RESUMEN

Evaluación superficial del pavimento en la carretera Nueva Cajamarca - Yuracyacu, mediante los métodos de PCI e IRI

La presente investigación se realizó con la finalidad de evaluar de manera superficial el pavimento de la carretera Nueva Cajamarca - Yuracyacu, aplicando los métodos del Índice de Condición de Pavimentos (PCI) y el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) para determinar el grado de serviciabilidad y definir las intervenciones necesarias para esta vía departamental. La zona de estudio abarcó la vía SM 113 desde el Km 0+000 (Emp. PE-5N) hasta el Km 9+000 (Dv. Yuracyacu). Se observó un incremento en el tráfico vehicular respecto a las proyecciones previas, con un Índice Medio Diario Anual (IMDA) de 546 vehículos en el tramo Nueva Cajamarca - Ucrania y de 510 vehículos en el tramo Ucrania - Yuracyacu. Los vehículos ligeros representaron el 83.56 % del tránsito, mientras que la mayor afluencia se registró durante los fines de semana, alcanzando un promedio superior al 40 % comparado con los días de lunes a viernes. La investigación se desarrolló en el periodo de junio a noviembre de 2024, mediante un enfoque experimental basado en normas internacionales para evaluar la rugosidad y el estado estructural del pavimento. El procedimiento de evaluación incluyó la aplicación del método PCI para clasificar la vía según su condición y detectar fallas estructurales superficiales. Los resultados indicaron sectores en estado avanzado de deterioro, algunos sin pavimento visible, con calificaciones PCI bajas que podrían atribuirse a la alta carga vehicular y a la calidad de los materiales empleados en la construcción. Se encontraron 11 de 19 fallas posibles para el estudio PCI, las más frecuentes fueron grietas bordes, huecos, grietas, desprendimiento de agregados y parcheos, así como fallas de escala y descascaramiento de la junta en pavimentos rígidos. En cuanto al IRI, el Índice de Serviabilidad Presente (PSI) arrojó un resultado de 2.47 en el carril izquierdo y 2.70 en el derecho, calificando el estado del pavimento como "Regular", con alta probabilidad de deterioro progresivo debido a los más de siete años de uso continuo de la carretera. La coherencia entre los métodos PCI e IRI permitió identificar de manera precisa las zonas prioritarias de intervención, proponiéndose técnicas de mantenimiento como parcheo, sellados y tratamientos superficiales, además de la necesidad de rehabilitación completa en algunos tramos. En conclusión, la aplicación de los métodos PCI e IRI proporciona una evaluación detallada y precisa del estado del pavimento, identificando tanto las fallas estructurales como el nivel de confort y seguridad percibidos por el usuario. Esto respalda su utilidad para el diagnóstico y selección de las técnicas de intervención adecuadas en esta vía. Además, el incremento del flujo vehicular con respecto a las proyecciones previas resalta la importancia de adecuar el mantenimiento de la carretera a las demandas actuales, garantizando su funcionalidad en el mediano y largo plazo.

**Palabras clave:** Condición estructural, Deterioro vial, Índice de rugosidad, Tránsito vehicular, Intervención vial.

## ABSTRACT

Surface evaluation of the pavement on the Nueva Cajamarca - Yuracyacu highway, using PCI and IRI methods

The present investigation was carried out with the purpose of evaluating in a superficial way the pavement of the Nueva Cajamarca - Yuracyacu road, applying the methods of the Pavement Condition Index (PCI) and the International Roughness Index (IRI) to determine the degree of serviceability and to define the necessary interventions for this departmental road. The study area covered the SM 113 road from Km 0+000 (Emp. PE-5N) to Km 9+000 (Dv. Yuracyacu). An increase in vehicular traffic was observed with respect to previous projections, with an Annual Average Daily Index (AADT) of 546 vehicles on the Nueva Cajamarca - Ucrania section and 510 vehicles on the Ucrania -Yuracyacu section. Light vehicles accounted for 83.56% of the traffic, while the highest vehicle flow was recorded on weekends, reaching an average of over 40% compared to Monday to Friday. The investigation was carried out from June to November 2024, using an experimental approach based on international standards to evaluate pavement roughness and structural condition. The evaluation procedure included the application of the PCI method to classify the roadway according to its condition and to detect surface structural failures. The results indicated sectors in an advanced state of deterioration, some with no visible pavement, with low PCI classifications that could be attributed to the high vehicular load and the quality of the materials used in construction. For the PCI study, 11 of 19 possible failures were found, the most frequent being edge cracks, voids, cracks, aggregate spalling and patching, as well as flaking failures and joint spalling in rigid pavements. As for the IRI, the Current Serviceability Index (PSI) yielded a result of 2.47 in the left lane and 2.70 in the right lane, qualifying the pavement condition as "Fair", with a high probability of progressive deterioration due to more than seven years of continuous use of the road. The consistency between the PCI and IRI methods allowed us to accurately identify priority areas for intervention, proposing maintenance techniques such as patching, sealing and surface treatments, in addition to the need for complete rehabilitation in some sections. In conclusion, the application of the PCI and IRI methods provides a detailed and accurate assessment of pavement condition, identifying both structural failures and the level of comfort and safety perceived by the user. This supports their usefulness for the diagnosis and selection of appropriate intervention techniques on this road. In addition, the increase in the flow of vehicles compared to previous projections highlights the importance of adapting the maintenance of the road to current demands, guaranteeing its functionality in the medium and long term.

**Keywords:** Structural condition, Pavement deterioration, Roughness index, Traffic flow, Road intervention.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

Los asfaltos flexibles son estructuras fundamentales en la red vial de un país. Por esta razón, se consideran una parte vital en el crecimiento, desarrollo y transporte de personas y cargas, ya que genera un estilo de vida adecuado para los ciudadanos en la alimentación, salud y educación (Ortiz & Zapata, 2022). Sin embargo, los pavimentos flexibles son por naturaleza sensibles a cambios extremos en la naturaleza, así como a los elevados aumentos de carga vehicular (Bustos et al., 2018), contribuyendo al deterioro acelerado del pavimento generando en costos adicionales para los usuarios, como aumento en tiempo de traslado o en otras oportunidades de mejora (Sepúlveda, 2019).

En este contexto en el mundo se originó la iniciativa de utilizar diferentes maneras de gestionar, programas y así como puntos de vista que contribuyan a cuidar el trabajo, con el propósito cumplir con lo que el usuario necesite, todo esto para mejorar y extender un pavimento en buenas condiciones (Ramírez & Valenzuela, 2023).

El problema de la infraestructura vial en Perú, está enfocado primordialmente por la ausencia de atención del Estado, caracterizándose por la mediocridad de los resultados, atentando directamente contra el avance de nuestra nación, debido a que es un pilar de una economía fluida de cualquier nación; en muchos casos la carencia de interés de las personas encargadas provoca que la carpeta asfáltica se degrade mucho más rápido de lo esperado y que gradualmente desaparezca por completo, llegando al punto de la inexistencia. Esto resultará en una contaminación incluso de la base, lo que generará un mayor gasto en la rehabilitación de la carretera en cuestión (Díaz, 2020).

Con regularidad en los departamentos de nuestro país, las causas del deterioro de los pavimentos son muy similares, ya que se atribuyen a factores como la falta de mantenimiento, el clima, un mal diseño, materiales de baja calidad y el incremento del tráfico vehicular. Por ejemplo, en Cajamarca, durante el periodo de 2007 a 2017, el tráfico vehicular aumentó un 400%, lo que ocasionó un elevado índice de deterioro de sus jirones y avenidas (Campos & Irigoín, 2020).

De los datos obtenidos del censo del 2017 a cargo del INEI (ANEXO 03), se obtuvo que la provincia de Rioja consideraba para aquel año una población de 122 mil 544 ciudadanos, con un crecimiento de 1.6 por ciento anual, de donde se estima que para el año 2023 existirá una población de 134 mil 789 habitantes, al seguir aumentando la masa demográfica el uso de la vías terrestres, como los caminos vecinales pronto se

utilizarán de una manera más frecuente, provocando así, un desgaste acelerado de los pavimentos, por ende, es que estos necesitan de una supervisión y mantenimiento constante, para garantizar vías óptimas con condiciones adecuadas para los usuarios.

Hay múltiples métodos para recolectar información que facilite tomar decisiones respecto al mantenimiento o rehabilitación del asfalto. Uno de ellos es el Índice Internacional de Rugosidad (IRI), utilizado específicamente para medir la regularidad de la superficie del pavimento a lo largo de su vida útil o periodo de servicio (Coaquira et al., 2022). Asimismo, destaca el Índice de Condición del Pavimento (PCI), un procedimiento ampliamente usado por su simplicidad en la aplicación y el análisis de datos, ya que permite detectar fallas en el pavimento y determinar sus posibles causas, como las cargas vehiculares (Medina et al., 2022).

Según lo mencionado el problema formuló de la siguiente manera, ¿En qué medida la aplicación de los métodos del Índice de Condición de Pavimentos e Índice Internacional de Rugosidad permitirán una evaluación superficial del estado actual del pavimento de la carretera Nueva Cajamarca - Yuracyacu?

La hipótesis de este estudio plantea que la aplicación de los métodos de Índice de Condición de Pavimentos y el Índice Internacional de rugosidad permitirán una evaluación superficial del estado actual del pavimento para determinar el grado de serviciabilidad.

Después de haber planteado el problema y la hipótesis se planteó el Objetivo general, que consiste en aplicar los métodos de Índice de Condición de Pavimentos y el Índice Internacional de Rugosidad para evaluar de manera superficial el pavimento de la carretera Nueva Cajamarca – Yuracyacu.

Esta investigación tiene como propósito describir y analizar el estado superficial del pavimento a partir de los objetivos específicos planteados. Para ello, se aplicará una metodología enfocada en la evaluación superficial, haciendo uso del Índice de Condición de Pavimentos (PCI) y del Índice Internacional de Rugosidad (IRI). Estos indicadores permiten detectar distintos tipos de deterioro en la vía, facilitando inspecciones en tramos largos, lo que conlleva una reducción en los costos y en el tiempo requerido para la evaluación (Ríos et al., 2020). Otro de los objetivos específicos será el análisis del tráfico vehicular, con el fin de determinar la cantidad de vehículos que transitan por la vía, ya que este aspecto influye directamente en el nivel de desgaste del pavimento y permite tomar decisiones de mantenimiento más eficaces (Magalhães et al., 2020). Finalmente, se buscará comparar los resultados obtenidos con estudios previos y trabajos similares, proponiendo además soluciones puntuales para cada tipo de falla

detectada. Esto permitirá que las autoridades regionales o locales utilicen estos hallazgos como base para implementar intervenciones más efectivas, contribuyendo al mejoramiento y prolongación de la vida útil de la carretera.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

##### **Antecedentes internacionales**

Sabando (2019) llevó a cabo un estudio del estado del asfalto flexible a través del método de PCI en el tramo II de la carretera que conecta el puerto y el aeropuerto en Manta, en la provincia de Manabí, con el propósito de obtener el título de Ingeniero Civil en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador. El objetivo primordial de este estudio fue examinar el estado del pavimento flexible aplicando la metodología del PCI. En los hallazgos, se detectaron 12 de los 19 tipos de fallas, evidenciándose un notable deterioro en los parches, lo que sugería que el último mantenimiento de esta vía se había realizado hace un buen tiempo. (p.222).

López (2018) Examina la repercusión del índice de rugosidad internacional (IRI) en el desempeño eficaz y en las decisiones relacionadas con la gestión vial en el segmento que va de Silvania (pr 78+600) a Fusagasugá (pr 64+000) de la vía de doble calzada Bogotá – Girardot, en el contexto de su especialización en Ingeniería de Pavimentos en la Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. En resumen, se concluyó que el índice PSI, derivado de la rugosidad, juega un papel clave en la identificación de las intervenciones necesarias, como lo son la construcción, rehabilitación y el mantenimiento del pavimento. (p.20).

Vargas (2018) realizó un estudio comparativo de la inspección visual en un kilómetro del pavimento flexible de la calle séptima del municipio de Cajicá Cundinamarca, utilizando tanto métodos tradicionales como sensores remotos, como parte de su trabajo para obtener el título de Ingeniero Civil en la Universidad Militar Nueva Granada, ubicada en Bogotá, Colombia. El objetivo principal fue evaluar un pavimento asfáltico para demostrar la eficacia de la metodología de inspección visual más adecuada. Se llegó a la conclusión de que el método tradicional era más efectivo, ya que cumplía con las expectativas y requisitos mínimos establecidos para llevar a cabo el análisis de la inspección visual. (p.90)

##### **Antecedentes nacionales**

Díaz (2020) Examinación eficaz del estado real de calles y avenidas utilizando el procedimiento de inspección visual en el núcleo del distrito de Chiclayo, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, con el fin de obtener el título de Ingeniero Civil

en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Lambayeque, Perú. La meta principal consistió en implementar una metodología de inspección visual centrada en detallar el estado del pavimento en el centro de Chiclayo, llegando a la conclusión de que dicho método de inspección visual resultó sumamente eficaz para recopilar información representativa del pavimento analizado y, por ende, considerar la gravedad de las fallas, asignando la reparación adecuada a cada una de ellas. (p.92)

Correa y Del Carpio (2019) realizaron una valoración del PCI y presentaron una proposición de intervención para el pavimento flexible del jirón Los Incas en Piura, como parte de los requisitos para obtener el título de Ingeniero Civil en la Universidad de Piura, ubicada en Piura, Perú. El objetivo principal consistió en examinar tres sectores distintos utilizando el método PCI, con el propósito de ofrecer soluciones específicas para cada uno de ellos. La conclusión fue que dos de estas áreas requieren un mantenimiento regular, mientras que la tercera necesita una rehabilitación total. (p.157)

### **Antecedentes Locales**

Valles y Pulache (2021) realizaron un análisis del estado superficial del pavimento flexible manejando el método del Índice de Condición del Pavimento en la vía Lamas, en su intersección con la carretera Fernando Belaunde Terry, situada en la provincia de Lamas, en la región de San Martín, durante el año 2019. Este estudio fue presentado con el fin de obtener el título de Ingeniero Civil en la Universidad Científica del Perú, en Tarapoto, Perú. El propósito principal consistió en examinar la condición del pavimento y su eficacia, y se determinó, a través del PCI, que el área se encuentra en un estado regular, logrando un valor de 48.74 en el PCI. Se sugirieron múltiples soluciones, que abarcan el bacheo, el sellado de grietas y las reparaciones, tanto superficiales como profundas, mostrando que no era necesario realizar una reconstrucción total de la carretera en ninguno de los sectores analizados. (p.94)

Flores y Upiachihua (2021) llevaron a cabo la evaluación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), las características mecánicas y físicas, desde el Km 00 + 000 hasta el Km 09 + 000 de capa asfáltica de la vía EMP.PE-5N (DV. Lamas), situada en la provincia de Lamas, en el departamento de San Martín, para obtener el título de Ingeniero Civil en la UNSM Tarapoto, Perú. El objetivo trascendental fue formular soluciones para el pavimento de la zona analizando su condición mediante el IRI. La investigación concluyó que dicho segmento presenta un estado de servicio regular, con valores de IRI de 3.98 y 4.16 para los carriles izquierdo y derecho, respectivamente. Se destacó la necesidad de reemplazar el paquete estructural y se mencionó que el

Rugosímetro de Merlín se convierte en una herramienta muy adecuada para medir el IRI, gracias a su conveniencia y coste accesible que ofrece.

Se tomará como antecedente local el estudio de tráfico realizado por la empresa Consorcio Selcas, con RUC 20556774928, para el proyecto “Mejoramiento de las Vías Departamentales: SM-100, Tramo: EMP. PE-5N (Moyobamba) – Japelacio; SM-113, Tramo: EMP. PE-5N (Nueva Cajamarca) – Yuracyacu y SM-114, Tramo: EMP. SM-113 (Dv. Yuracyacu) – Posic, Provincias de Moyobamba y Rioja, San Martín”, en el cual se indicó un IMDA promedio de 175 vehículos para la vía departamental SM-113, desde el distrito de Nueva Cajamarca hasta Yuracyacu.

## **2.2. Fundamentos teóricos**

### **2.2.1. Pavimentos**

Estructura compleja preparada por múltiples capas intercaladas de manera horizontal, las cuales presentan un cierto desnivel. Esta composición se conforma utilizando una variedad de materiales específicos. En líneas generales, es posible distinguir dos categorías principales: los pavimentos flexibles y los pavimentos rígidos, (Guzmán et al., 2021).

La conformación del pavimento se fundamenta en dos capas no rígidos, son la subbase y la base. Dado que cada obra es única, el espesor y la aplicación de estas capas dependerán de las necesidades específicas de cada proyecto en particular, (Sigueñas, 2022).

### **2.2.2. Clasificación de los pavimentos**

#### **Pavimentos flexibles**

Este tipo de vía, al ser flexible, se conforman generalmente de subbase y base, además de un material bituminoso. Poseen la capacidad de adaptarse a asentamientos mínimos sin que se produzcan agrietamientos, lo que les permite mantener su capacidad para soportar cargas y la integridad de su estructura, (Pérez et al., 2022)

#### **Pavimento Rígidos**

Estos pavimentos, se conforman de un bloque de concreto. Estos logran una rigidez al distribuir las cargas verticales en una zona grande y reducir las presiones. A excepción de las juntas sin pasa juntas y los bordes de la losa, las deformaciones son imperceptibles.

La parte del bloque de concreto se asienta en el estrato de la subrasante en el caso de que esta sea de una calidad buena y con un tránsito ligero, pero si no fuera así, la losa se asentará en la sub base, siendo una capa netamente de apoyo y no estructural, capa drenante, plataforma de trabajo, etc. (Castro et al., 2020)

### **Fallas en los pavimentos**

La metodología para diseñar pavimentos nos expresa que se debe tener en cuenta la presencia de fallas en el tiempo de utilización de la vía, las cuales se dividen en dos tipos: funcional y estructural.

#### **Falla Funcional**

Se refieren a aquellas que impactan las funciones iniciales del diseño, las cuales están vinculadas con la transitabilidad, y, por consiguiente, con la parte exterior del pavimento (seguridad y estética). En su mayoría, estas deficiencias pueden ser detectadas mediante una sencilla inspección visual, (Castope, 2019)

#### **Falla Estructural**

Estas fallas son aquella que surgen a partir de una falla en el exterior debido a que la capa vial muestra daños con grietas pequeñas, permitiendo la infiltración del agua de las lluvias ocasionando posibles asentamientos y provocando la pérdida total del pavimento o carretera,(Bustamante, 2019).

### **2.2.3. Índice de condición del pavimento.**

Es un señalizador gradual que vale para examinar la parte superficial de una carretera, que se obtiene de manera visual y a través de la medición de longitudes y áreas dañadas, determinando el deterioro que se observa a manera de la amplitud que está afectada y grado que puede ser: alta (H), media (M), baja (L). Para este método se utilizarán formatos para inspeccionar, lista de posibles fallas y su desarrollo es a través de la inspección visual. La información recogida se analizará de manera detallada en programas como Excel por la determinación del PCI para todas las muestras, (Oblitas et al., 2021).

El medio para la valoración del pavimento estará dividido en dos etapas, la primera es aquella donde se hace el procedimiento de campo en el cual se tiene en cuenta las averías que se encuentran en el pavimento, así como su gravedad y dimensión, luego se calcula el número de PCI. (Caña et al., 2023)

De esta manera, se nos otorga lo que se conoce como valor deducido y así lograr determinar un número que represente el estado en el que se encuentra el pavimento. (Oblitas et al., 2021).

#### **2.2.4. Clasificación de las fallas en pavimento flexible.**

Hay diversas formas de daños, todos presentan problemas específicos y diferentes en los pavimentos. Por tanto, resulta muy importante clasificar los tipos de fallos, sino podría resultar en costos adicionales debido a la incorrecta intervención de cualquier tipo de anomalía, también es importante reconocer el grado de severidad de estos. (Alzate, 2019).

A continuación, se describe las 19 fallas en pavimentos asfálticos según la norma ASTM D 6433-07:

**1. Piel de cocodrilo:** Se trata de fisuras que presentan patrones irregulares y suelen encontrarse interconectadas, generalmente ubicadas en áreas donde se producen cargas repetitivas. Estas fisuras tienden a iniciar su formación en la parte inferior del pavimento, debido a que en dicha área la tracción aumenta.

Grados de severidad:

L: Se nota grietas finas y largas, de manera paralela conectándose de manera poco frecuente.

M: Las grietas están más conectadas y estas están un poco descascaradas.

H: Red de grietas bien definido y algunos pedazos se llegan a mover por el tránsito.

Medida: Metro cuadrado (m<sup>2</sup>)

**2. Exudación:** Este tipo de problemas se manifiestan como la presión de ligante asfáltico en la parte superior de la carpeta, lo que hace luzca brillante y resbaladiza.

Grados de severidad:

L: Se da por breves intervalos de tiempo y el asfalto no se adhiere a las llantas o zapatos.

M: El asfalto se adhiere a los zapatos o llantas y se da por más de una semana.

H: El asfalto se adhiere a los zapatos o llantas por un tiempo largo.

Medida: Metro cuadrado (m<sup>2</sup>)

**3. Agrietamiento en bloque:** Se origina a partir del endurecimiento del asfalto, ya sea por altas temperaturas o la misma contracción de este. Se diferencia de la piel de cocodrilo debido a que se originan necesariamente en una zona de alto tránsito, tiene formas más pequeñas, de múltiples lados y ángulos agudos.

Grados de severidad:

Las definen las grietas mismas que lo componen, según la falla grietas longitudinales y transversales.

Medida: Metro cuadrado (m<sup>2</sup>)

**4. Abultamiento y hundimiento:** El bulto es el desplazamiento hacia arriba en el pavimento, ocurre usualmente por la congelación y la infiltración de agua en combinación de las cargas vehiculares. El hundimiento se caracteriza por surgir en grandes áreas, causando grades depresiones.

Grados de severidad:

L: Baja molestia al transitar.

M: Media molestia al transitar.

H: Alta molestia al transitar.

Medida: Metro lineal (m)

**5. Corrugación:** Es la combinación de abultamientos y depresiones separadas no más de 3 metros.

Grados de severidad:

L: Baja molestia al transitar.

M: Media molestia al transitar.

H: Alta molestia al transitar.

Medida: Metro cuadrado (m<sup>2</sup>)

**6. Depresión:** Las depresiones son desniveles en el pavimento, ocasionadas por el asentamiento en la capa subrasante.

Grados de severidad:

L: 13.0 a 25.0 mm.

M: 25.0 a 51.0 mm.

H: Más de 51.0 mm.

Medida: Metro cuadrado (m<sup>2</sup>)

**7. Grieta de borde:** Son grietas sin equivalentes y se separan aproximadamente de 0.30 a 0.60 m del borde externo del pavimento, en casos extremos se clasifica a esta como un desprendimiento del borde del pavimento, se origina debido a cargas de tránsito, clima o una subrasante mal construida.

Grados de severidad:

L: Grieta sin desprendimiento.

M: Grieta con un poco de desprendimiento.

H: Grieta de tamaño considerable con muestras de desprendimiento.

Medida: Metro lineal (m)

**8. Grieta de reflexión de junta:** Son aberturas originadas en la construcción de pavimento asfáltico sobre una losa de concreto, surgen debido al movimiento de la losa, ya sea por cambios de temperatura o la humedad.

Grados de severidad:

L: Grieta con espesor menor a 10 mm.

M: Grieta con espesor entre 10 mm y 76 mm.

H: Grieta con espesor mayor a 76 mm.

Medida: Metro lineal (m)

**9. Desnivel carril / berma:** Este es el desnivel entre el extremo de la vía y la berma. Son originadas por el asentamiento en la berma o la colocación de sobre carpetas en la calzada sin considerar la altura de la berma.

Niveles de severidad.

L: La oposición en elevación entre el borde del pavimento y la berma está entre 25.0 y 51.0 mm.

M: La oposición está entre 51.0 mm y 102.0 mm.

H: La oposición en elevación es mayor que 102.00 mm.

Medida: Metro lineal (m)

**10. Grietas transversales y longitudinales:** Son diminutas aberturas o interrupciones en la en el pavimento que tienden a manifestarse en sentido transversal y paralelo a la orientación del flujo vehicular. Estas fisuras son un indicador evidente de la presencia de fuerzas de tensión, y la ubicación precisa donde se producen resulta fundamental para identificar su origen.

Grados de severidad:

L: Grieta con espesor menor a 10 mm.

M: Grieta con espesor entre 10 mm y 76 mm.

H: Grieta con espesor mayor a 76 mm.

Medida: Metro lineal (m)

**11. Parcheo:** Es el desagravio de un área del pavimento con material nuevo.

Grados de severidad:

L: Buena condición y satisfacción del parche.

M: Se evidencia un parche medianamente deteriorado

H: Se detecta un parche que requiere sustitución automática debido a su alto nivel de deterioro.

Medida: Metro cuadrado (m<sup>2</sup>)

**12. Pulimiento de agregados:** Son los agregados del asfalto se vuelven lisos al tacto, generando que las llantas no tengan adherencia a este. Surge a partir de las cargas de tránsito.

Grados de severidad:

No se define, pero para ser incluido tiene que ser significativo antes de ser considerado en el estudio.

Medida: Metro cuadrado (m<sup>2</sup>)

**13. Huecos:** Son depresiones pequeñas con diámetros hasta de 0.9 metros, tienen forma de tazón. Son producidos por el tráfico, mezclas pobres y puntos débiles debido a la subrasante. Son daños que se asocian a la estructura netamente.

Grados de severidad:

**Tabla 1**

*Cuadro de niveles de severidad para huecos*

Profundidad máx. del hueco.	Diámetro medio (mm)		
	102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm
12.7 a 25.4 mm	L	L	M
> 25.4 a 50.8 mm	L	M	H
> 50.8 mm	M	M	H

Fuente: ASTM D 6433-07

Medida: Unidad (Und)

**14. Cruce de vía férrea:** Corresponde a abultamiento o hoyos en los rieles.

Grados de severidad:

L: Se evidencia una baja severidad en el cruce de vía férrea.

M: Se evidencia una media severidad en el cruce de vía férrea.

H: Se evidencia una alta severidad en el cruce de vía férrea.

Medida: Metro cuadrado (m<sup>2</sup>)

**15. Ahuellamiento:** Consiste en una depresión larga debido a las huellas de los neumáticos de los vehículos. Es ocasionado por falla severa en capas del pavimento o la subrasante. Un ahuellamiento considerable sugiere que existe una gran falla estructural en el pavimento.

Grados de severidad:

Profundidad promedio

L: 6 a 13 mm.

M: >13 mm a 25 mm.

H: > 25 mm.

Medida: Metro cuadrado (m<sup>2</sup>)

**16. Desplazamiento:** Es un movimiento longitudinal permanente de una sección localizada de la superficie del pavimento, causado por las cargas del tráfico vehicular. Este fenómeno se manifiesta cuando el tránsito genera una deformación que forma una

onda corta y pronunciada en la superficie del pavimento. Generalmente, este tipo de daño se presenta en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables, como las de cutback o emulsión.

Grados de severidad:

L: El desplazamiento genera una experiencia de tránsito de baja severidad.

M: El desplazamiento ocasiona una calidad de tránsito de severidad moderada.

H: El desplazamiento provoca una condición de tránsito de alta severidad.

Medida: Metro cuadrado (m<sup>2</sup>)

**17. Grietas parabólicas:** Son llamadas así por su misma porque tienen figura de una parábola esto debido a que la banca se desplaza es por aquello que usualmente se halla con hundimientos, se debe tener un cuidado minucioso ya que es común que se confunda con los hundimientos y se asigne mal el nombre a la falla.

Grados de severidad:

L: Grieta con espesor menor a 10 mm.

M: Grieta con espesor entre 10 mm y 38 mm.

H: Grieta con espesor mayor a 38 mm

Medida: Metro cuadrado (m<sup>2</sup>)

**18. Hinchamiento:** Se manifiesta como una elevación gradual de la superficie del pavimento, estableciendo una onda larga y suave con una longitud superior a 3.0 m. Este fenómeno puede ir acompañado de grietas superficiales. Generalmente, el hinchamiento es provocado por el congelamiento de la subrasante o por la presencia de suelos con potencial expansivo.

Grados de severidad:

L: El desplazamiento genera una experiencia de tránsito de baja severidad.

M: El desplazamiento ocasiona una calidad de tránsito de severidad moderada.

H: El desplazamiento provoca una condición de tránsito de alta severidad.

Medida: Metro cuadrado (m<sup>2</sup>)

**19. Meteorización o desprendimiento de agregados:** Se habla de la disminución de material asfáltico, provocada por el deterioro del ligante y la separación de las partículas que integran el pavimento. Esta situación surge debido al endurecimiento del ligante asfáltico o a la calidad deficiente de la mezcla, lo cual puede ser resultado del tipo de tránsito, como el de máquinas con orugas.

Grados de severidad:

L: Poco a poco se está perdiendo los agregados o el ligante, en algunas zonas ya se está deprimiendo, pero la superficie sigue siendo dura.

M: Perdida total de agregados, existe textura rugosa y con muchos huecos, superficie suave.

H: Los huecos superan los 10 mm y profundidades mayores a 13 mm, pérdida completa del pavimento.

### **Clasificación de las fallas en pavimento rígido.**

Según la norma ASTM D 6433-07 son:

- Blow up
- Grieta de esquina
- Losa dividida
- Grieta de Durabilidad "D"
- Escala
- Sello de Junta
- Desnivel Carril / Berma
- Grietas Lineales
- Parcheo grande
- Parcheo pequeño
- Pulimento de Agregados
- Popouts
- Bombeo
- Punzonamiento
- Cruce de Vía Férrea
- Desconchamiento
- Grietas de Retracción
- Descascaramiento de Esquina
- Descascaramiento de Junta

### **2.2.5. Índice Internacional de Rugosidad.**

El Índice de Rugosidad Internacional, es una norma de medición de la superficie de carreteras que facilita evaluar de la rugosidad de una vía utilizando diversos equipos de medición. Proporciona valores específicos de IRI que se traducen en una única escala de medición. Esto permite caracterizar el estado superficial de una carretera y detectar irregularidades en sus tramos.

El IRI posibilita la definición de indicadores que consisten en la comodidad y tolerancia de tramos recién construidos en vías de tránsito vehicular. Cumple una función crucial como fuente de indicador para la supervisión del estado superficial de la vía. Para las carreteras que ya están en uso, el IRI se convierte en algo fundamental para rastrear el

cómo se comporta la vía a través del tiempo. Además, posibilita establecer niveles de alerta que indican cuándo se tiene que realizar una evaluación de las posibles anomalías o realizar trabajos para mantener la vía, dependiendo de la relevancia de la carretera, (Limay, 2021)

Actualmente, existen múltiples métodos y herramientas que hacen más accesible la medición del IRI. Entre ellos, el rugosímetro Merlín es especialmente notable. Esta herramienta incluye dos elementos en posición vertical y uno en horizontal, que, mediante una rueda, capturan las fluctuaciones de elevación y depresión de la superficie de la vía. Julaniya et al. (2021) indican que el rugosímetro Merlín se distingue por su manejo sencillo, su precisión adecuada y su mantenimiento, que puede realizarse con recursos limitados. Se coloca en puntos sucesivos a lo largo de la carretera, registrando las posiciones del puntero en un gráfico que permite crear un histograma. El ancho de este histograma puede servir como una estimación confiable de la rugosidad, en relación con el Índice Internacional de Rugosidad.

La técnica empleada por este aparato tiene una categorización de clase 1, lo cual se debe principalmente a su diseño basado en un perfilómetro estático y a la exactitud de sus resultados. Es notable la relación entre los datos generados por este equipo y la escala del IRI, que muestra un coeficiente de determinación de 0.98. Su alta precisión le permite estar casi a la par de un trabajo de topografía, en el que se utilizan el nivel y la mira. (Flores & Pilco, 2021).

#### **2.2.6. Rehabilitación.**

Esta técnica ayuda a que la carretera regrese a tener las mismas condiciones que al inicio de su construcción, permitiendo que resista las cargas de diseño para lo que fue construido inicialmente. Además, mejora la transitabilidad ya que los usuarios se desplazarán de manera más cómoda.

Se consideran como grupo de obras destinadas a resolver cualquier tipo de falla en la vía, sí como brindar mayor seguridad al momento de transitar.

En los programas para la conservación este tipo de intervenciones no deben entenderse como innecesarias, ya sea como falta de un mantenimiento adecuado o como respuesta a consecuencias de desastres naturales. (Diaz, 2020).

#### **2.2.7. Mantenimiento.**

Dentro de una vía el mantenimiento hace referencia al conjunto de acciones que tienen como fin preservar el pavimento, así como de la infraestructura vial en su conjunto. Estas

acciones buscan garantizar que las personas que usan la vía tengan seguridad al transitar con la comodidad posible. El mantenimiento de carreteras es principal para afirmar un servicio óptimo y alargar la vida útil de la infraestructura vial, incluyendo la calzada, los elementos de señalización y seguridad, así como los sistemas de drenaje y otros componentes relacionados.

El mantenimiento se puede dividir en dos aspectos, periódico y rutinario.

- **Mantenimiento Rutinario**

Se compone de actividades frecuentes y programadas con el propósito de mantener el funcionamiento óptimo de equipos, maquinaria o sistemas. Estas tareas incluyen inspecciones regulares, lubricación, limpieza, ajustes y sustitución de componentes desgastados. Su objetivo principal es prevenir problemas, garantizar la confianza y extender el periodo de uso de la vía. En el contexto de infraestructura vial, el mantenimiento rutinario se concentra en la protección y conservación de las carreteras. Contribuye a asegurar que estas cumplan con los requisitos de vida útil para los cuales fueron diseñadas.

- **Mantenimiento Periódico**

Se basa en actividades programadas de menor frecuencia y naturaleza preventiva. Estas tareas son temporales y tienen como objetivo retardar de manera oportuna el deterioro estructural, funcional y la calidad de rodadura de equipos, máquinas o sistemas. Se ejecutan según una programación preestablecida para prolongar la vida útil de estos activos, superando así el período para el que fueron diseñados. Esto implica abordar las consecuencias de las cargas previstas en el diseño original y otros agentes que puedan afectar su rendimiento, es esencial para garantizar la eficiencia, la seguridad y la confiabilidad de los activos y sistemas, (Diaz, 2020). Según Oreto et al. (2021), para darle mantenimiento a una vía primero se hace múltiples estudios que definan si es necesario o no una intervención en el tramo de carretera, luego de aquello se realiza la selección de una o varias posibles soluciones que se ajusten a las condiciones del proyecto como pueden ser:

- ✓ Restricción económica, es decir, el presupuesto asignado en cada sección.
- ✓ Vida útil mínima durante la cual infraestructura debe cumplir unos requisitos funcionales y estructurales específicos.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. **Ámbito de la investigación**

##### 3.1.1. **Contexto de la investigación**

La investigación se realizó en la ruta SM-113, con coordenadas UTM, WGS 1984 – Zona 18S, tramo L=9.70 km, el lugar de inicio en el kilómetro 0+000 situado en Emp. PE-5N (Nueva Cajamarca), hasta el kilómetro 9+700 (Dv. Yuracyacu), distrito de Nueva Cajamarca y Yuracyacu, ambos distritos pertenecientes a la provincia de Rioja, región de San Martín.

En la investigación efectuada, se detectaron ciertas restricciones debido a que se llevó a cabo la obra "Mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado con conexiones domiciliarias en la ciudad de Nueva Cajamarca, distrito de Nueva Cajamarca – Rioja - San Martín" en el distrito de Nueva Cajamarca y en una parte del caserío de Ucrania. Para llevar a cabo esta intervención, fue preciso retirar el pavimento existente, lo que impidió evaluar las condiciones superficiales del pavimento en estas secciones concretas. Así, los resultados de la evaluación se enfocan en los tramos adyacentes donde el pavimento permanece sin cambios. Con este objetivo, se realizó un recorrido a lo largo de toda la vía para identificar de manera precisa los tramos que presentan pavimento flexible y rígido, los cuales se describen en la siguiente tabla.

**Tabla 2**  
*Características de la vía en estudio*

SECTOR	TRAMOS		CONDICIÓN
	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	
01	0+000	1+507	SIN PAVIMENTO
02	1+507	2+280	PAVIMENTO FLEXIBLE
03	2+280	3+400	SIN PAVIMENTO
04	3+400	4+700	PAVIMENTO FLEXIBLE
05	4+700	4+705	PAVIMENTO RIGIDO
06	4+705	7+076	PAVIMENTO FLEXIBLE
07	7+076	7+136	PAVIMENTO RIGIDO
08	7+136	7+620	PAVIMENTO FLEXIBLE
09	7+620	7+624	PAVIMENTO RIGIDO
10	7+624	7+927	SIN PAVIMENTO
11	7+927	9+700	PAVIMENTO FLEXIBLE

**Fuente:** Elaboración propia

En total, se evaluó una distancia de 7,003 metros de longitud de vía pavimentada, lo que permitió la generación de sectores específicos a ser evaluados mediante la metodología de Índice de Condición del Pavimento (PCI) y el Índice de Regularidad Internacional (IRI). Esta distribución de puntos de evaluación fue planificada cuidadosamente para asegurar que la muestra recogida fuera representativa del estado general de la carretera, considerando tanto las áreas con pavimento flexible como rígido.

### **3.1.2. Periodo de ejecución**

Este fue de, aproximadamente 5 meses, desde el 20 de junio con la notificación con la resolución N° 204-2024-UNSM/FICA-CF-NLU, haciendo oficial el desarrollo de este trabajo de investigación.

Se culmina el desarrollo de este documento y se hace la presentación ante la FICA DE UNSM-T en la fecha 14 de noviembre de 2024.

### **3.1.3. Autorizaciones y permisos**

Mediante la carta N° 001-2024-AEES/NC, enviada por el autor el 18 de junio de 2024 a la Municipalidad Distrital de Nueva Cajamarca con el asunto "Solicitud de permiso", se recibió una respuesta a dicha carta a través del oficio N° 0227-2024-GDTI/MDNC, en el cual se autorizó la intervención para la realización de este trabajo de investigación. Esta vía se ubica en el anexo 02.

### **3.1.4. Control ambiental y protocolos de bioseguridad**

La conceptualización del control ambiental hace alusión a diversas técnicas y herramientas que proporcionan un nivel adecuado de bioseguridad en cualquier área. Estas poseen la capacidad de corregir cualquier tipo de anomalía que pueda surgir. Con esta definición, afirmamos que no podemos etiquetar un lugar como un "entorno regulado" si esa área carece de las herramientas necesarias para ejercer el nivel de control deseado, (Sampsp, 2019). Los protocolos de seguridad se llevaron a cabo para resguardar la salud de las personas que se encontraban desarrollando el estudio como las personas que transitaban por dicha zona; se utilizaron conos de señalización y chalecos correspondientes como se ve en la figura 11.

### **3.1.5. Aplicación de principios éticos internacionales**

Para Reyes (2020) es una necesidad que la ética se cumpla como un principio ya que de esta manera existe una investigación adecuada, digna de ser publicada y usada

como referencia para artículos o trabajos científicos. La implementación de estos principios eliminaría la desinformación, permitiendo que los contenidos de distintos autores sean totalmente legítimos sin la necesidad de someterse a una revisión extensa y agotadora en busca de plagio u otras irregularidades. Como egresado de la carrera de ingeniería civil, doy fe de mis valores y principios. La responsabilidad, honestidad, respeto para con mi carrera, y con toda la responsabilidad humana que conlleva la formulación y desarrollo de este proyecto; doy fe de que este trabajo de investigación se ha desarrollado respetando la propiedad intelectual de cada uno de los autores citados, así mismo reconozco que se realizaron todos los trabajos y estudios en campo respetando el ecosistema y a las personas que transitaban por la vía. La beneficencia proporcionará información sobre el estado del pavimento, lo que permitirá gestionar de manera más eficiente la rehabilitación y el mantenimiento de la vía en estudio, mejorando así la calidad de vida de la población.

### 3.2. Sistema de variables

#### Variable Independiente

Uso de los métodos del Índice de Condición de Pavimento (PCI) e Índice Internacional de Rugosidad (IRI).

#### Variable Dependiente

Condición de serviciabilidad del pavimento de la vía SM 113 Km 0 +000 (Emp.PE-5N) al Km 9+ 700 Emp.PE-5N (Dv. Yuracyacu).

**Tabla 3**

*Descripción de variables por objetivo específico N°1*

**Objetivo específico N° 1:** Evaluar el Índice medio diario (IMD) de la vía SM 113 Km 0 +000 (Emp.PE-5N) al Km 9+ 000 (Dv. Yuracyacu).

Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Análisis del IMD de la carretera	Aforo Vehicular	Motocicletas	Unidad
		Autos	
	Camión C2, C3, C4 Camión T2S1	Unidad	
Ubicación de Estaciones	Punto de estación		
	Procesamiento y análisis de información	Hoja de campo Excel	Vehículos por día (VPD)

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4**

*Descripción de variables por objetivo específico N°2*

**Objetivo específico N° 2:** Determinar el estado del pavimento de la vía SM 113 Km 0 +000 (Emp.PE-5N) al Km 9+ 000 (Dv. Yuracyacu) mediante el Índice de Condición de Pavimento (PCI).

Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Estado de pavimento según método PCI	Fisuras y grietas	Formato de la ASTM	Unidad
	Deformaciones superficiales		M2
	Desprendimientos	Grado de severidad:	ML
	Otras fallas		Alto (H), Medio (M), bajo (L)
Valor deducido corregido	Formato para la obtención de máximo valor deducido corregido	%	
	PCI	Escala de Graduación	Excelente (85 - 100) Muy bueno (70 - 85) Bueno (55 - 70) Regular (40 - 55) Malo (25 - 40) Muy malo (10 - 25) Fallado (40 - 55)

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5**

*Descripción de variables por objetivo específico N°3*

**Objetivo específico N° 3:** Determinar el estado del pavimento de la vía SM 113 Km 0 +000 (Emp. PE-5N) al Km 9+ 700 (Dv. Yuracyacu) mediante el Índice internacional de Rugosidad (IRI) usando el rugosímetro de Merlín.

Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Análisis de la calidad de rodadura	Valor del IRI	Rugosímetro de Merlín	m/km
	Índice de Serviciabilidad (PSI)	Intransitable Muy malo Malo Regular Bueno Excelente	0 – 5

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6**

*Descripción de variables por objetivo específico N°4*

**Objetivo específico N° 4:** Determinar el grado de serviciabilidad de la vía para la selección de la técnica adecuada de rehabilitación, reparación o reconstrucción del pavimento.

Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Grado de serviciabilidad	Resultados obtenidos por los métodos de inspección visual utilizados	PCI	Escala de Graduación
		IRI	Valor del IRI Índice de Serviciabilidad (PSI)

Fuente: Elaboración propia

### 3.3. Procedimientos para la investigación

#### Tipo de investigación

La investigación que aquí se presenta tiene un enfoque aplicado. De acuerdo con Lozada (2014), su propósito es generar conocimiento mediante la utilización de técnicas que permitan abordar problemas en la sociedad o en el ámbito productivo.

## Nivel de Investigación

El nivel de la investigación es descriptivo ya que busca recopilar los datos que describen los acontecimientos y luego de esto, se tabula, organiza y describe de manera ordenada todos los datos recolectados, (Abreu, 2012).

## Población y muestra

### Población

La población se refiere al conjunto completo de elementos que son objeto de investigación, en otras palabras, el grupo total que se desea analizar y del cual se desea obtener conclusiones, (Shukla, 2020). Para este estudio en cuestión la población será el pavimento de la vía SM 113 Km 0 +000 (Emp.PE-5N) al Km 9+ 700 (Dv. Yuracyacu).

### Muestra

Es un grupo específico extraído de un grupo mayor llamado población, con el fin de recopilar datos para extraer conclusiones sobre la población total, (Shukla, 2020). Para nuestro caso el muestreo será de acuerdo al método que se esté utilizando.

### 3.3.1. Actividades del Objetivo específico 1

#### **Evaluar el Índice medio diario (IMD) de la vía SM 113 Km 0 +000 (Emp.PE-5N) al Km 9+ 700 (Dv. Yuracyacu).**

Se realizó un trabajo de campo que permitió validar y complementar la evaluación del pavimento en estudio. Se propuso realizar el conteo de vehículos durante un período de dos semanas, con un horario de 12 horas continuas por día.

### Trabajo de campo

**Tabla 7**

*Datos de estaciones para conteo vehicular*

<b>Estación: E-01</b>	Tramo	: Nueva Cajamarca – Ucrania
	Ubicación	: Km 01+650; E245920 N9342268
	Fecha	: Del lunes 17 al domingo 23 de junio del 2024
<b>Estación: E-02</b>	Tramo	: Ucrania - Yuracyacu
	Ubicación	: Km 5+800; E249824 N9342463
	Fecha	: Del lunes 24 al domingo 30 de junio del 2024

Fuente: Elaboración propia

Se decidió dividir la vía en dos tramos para la evaluación del tráfico, ya que el poblado de Ucrania se encuentra en medio de la vía de estudio. De este modo, se generó una estación de conteo para cada tramo, tal como se muestra en la figura y la tabla.



**Figura 1.**

Ubicación de estaciones

(Fuente: Google earth)

Según el MTC, en la ficha técnica estándar para la formulación y evaluación de proyectos de inversión en carreteras interurbanas - versión 2.0 (la información registrada tiene carácter de declaración jurada - DS. N° 284-2018-EF) - actualizada a julio de 2023, la clasificación vehicular es la siguiente, incluyendo las motocicletas lineales para efectos informativos:

**Tabla 8**

*Clasificación vehicular*

	Vehículos menores	Moto lineal
<b>Vehículos livianos</b>	Auto	
	Station Wagon Camioneta (Pick up / Panel) Camioneta rural (Combi)	
	Micro	
	Bus	2E 3E 4E
	Camión	2E 3E 4E
<b>Vehículos pesados</b>	Semi tráiler	T2S1/T2S2 T2S3
		T3S1/T3S2 T3S3
	Tráiler	C2R2 C2R3
		C3R2 C3R3

Fuente: MTC 2023

## Trabajo de gabinete

Tras la realización del trabajo de campo, se obtuvo la cantidad de vehículos que circulan diariamente en cada uno de los tramos durante una semana. Estos datos se presentan en las tablas 17 y 18 del siguiente capítulo de este trabajo de investigación.

Gracias a los resultados obtenidos, es posible calcular el índice medio diario anual, siguiendo el procedimiento que se detalla a continuación:

- Primero obtenemos el índice medio diario semanal que es el promedio de todos los vehículos que han transitado durante toda la semana.
- Luego multiplicamos dicho IMDS por nuestro factor de corrección estacional (FC) para hallar el índice medio diario anual (IMDA).

Los factores de corrección estacional tienen como objetivo eliminar las diversas variaciones que pueda presentar el tráfico a lo largo del año. Este factor se obtiene a partir de una base de datos recopilada por los peajes durante 10 años, (MTC, 2011). En nuestro caso, el MTC nos proporciona estos datos para el período 2010-2020, de los cuales las estaciones más cercanas son Aguas claras y Moyobamba, por ende, se saca un promedio para hallar los factores de corrección, los datos se muestran a continuación.

**Tabla 9**

*Factores de correcciones estacionales en Moyobamba y Aguas Claras.*

	ESTACIONES			
	MOYOBAMBA		AGUAS CLARAS	
	LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS
ENERO	1.0172	1.0123	1.0020	1.0412
FEBRERO	0.9993	0.9812	1.0567	1.0049
MARZO	1.0281	1.0120	1.1036	1.0248
ABRIL	1.0219	1.0299	1.0592	1.0107
MAYO	0.9910	1.0077	1.0095	0.9905
JUNIO	0.9724	0.9903	1.0030	0.9823
JULIO	0.9456	1.0012	0.8943	0.9917
AGOSTO	0.9603	0.9653	0.9075	0.9523
SETIEMBRE	1.0486	0.9861	1.0128	0.9768
OCTUBRE	1.0817	1.0086	1.0209	1.0070
NOVIEMBRE	1.1373	1.0129	1.0749	1.0080
DICIEMBRE	1.0800	1.0379	0.9283	1.0344

**Fuente:** Ministerio de Transporte y comunicaciones Provias nacional, 2020

Con base en estos datos, se calculó el IMDA de ambos tramos. Este cálculo permite comparar los resultados con estudios anteriores, lo que ayuda a determinar si la proyección de vehículos fue correcta o no. Así, se puede verificar si la vía está siendo utilizada de acuerdo con el uso proyectado.

### 3.3.2. Actividades del Objetivo específico 2

**Determinar el estado del pavimento de la vía SM 113 Km 0 +000 (Emp. PE-5N) al Km 9+ 700 (Dv. Yuracyacu) mediante el Índice de Condición de Pavimento (PCI).**

Para llevar a cabo la metodología PCI, se dividió el tramo en sectores con el fin de recolectar los datos de manera ordenada y bien estructurada. Asimismo, se realizó una recolección de muestras que garantice un nivel de confiabilidad del 95%, tal como establece la Norma ASTM D 6433-7. Esta norma explica que para pavimentos asfálticos la vía en estudio debe subdividirse en unidades de 225 m<sup>2</sup>, permitiendo un ajuste de +/- 90 m<sup>2</sup> según las condiciones del campo y para pavimentos de concreto hidráulico el área de unidad de muestra debe de estar de entre 20 +/- 8 losas para losas de 7.60 m de longitud como máximo. Además, se especifica el número mínimo de unidades (n) que deben ser inspeccionadas para asegurar la confiabilidad de los resultados.

En nuestro caso, el tramo fue subdividido teniendo en cuenta las secciones afectadas por las excavaciones del proyecto de Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado, ejecutado en el distrito de Nueva Cajamarca y el centro poblado de Ucrania. Este proceso nos permitirá obtener un nivel de confianza del 95% en los resultados obtenidos, para lo cual se utilizará la fórmula que se presenta a continuación:

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

Tenemos que:

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%)

σ = Desviación estándar del PCI de una unidad de muestra a otra de la sección.

Para realizar el muestreo este se puede hacer de una manera sistemática en el cual corresponde un espaciamiento el cual queda definido mediante la ecuación (2).

$$i = \frac{N}{n} \quad \dots (2)$$

A partir de la Tabla 1, se identificó los sectores de los cuales se determinaron las unidades de muestreo, así como la longitud, el ancho y tipo de calzada en cada uno de ellos, calculando un promedio para cada variable. De esta forma, se procede a

determinar la cantidad de muestras y su espaciamento, los cuales se detallan en la tabla a continuación:

**Tabla 10**

*Número de unidades de muestra por sectores en pavimento asfáltico.*

SECTOR	LONGITUD (M)	ANCHO PROMEDIO (M)	ÁREA (M2)	UNIDAD DE MUESTRA 225+/-90 M2			N	N° SEGÚN EC. 01	i
				ANCHO (M)	LONGITUD (M)	ÁREA POR MUESTRA			
2	773	5.6	4329	5.6	41.1	230.16	19	19	1
4	1300	5.3	6890	5.3	43.4	230.02	30	30	1
6	2371	5.2	12329	5.2	44.2	229.84	54	54	1
8	484	5.9	2856	5.9	39.0	230.10	12	12	1
11	1773	5.4	9574	5.4	42.6	230.04	42	42	1
							<b>157</b>		

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 11**

*Número de unidades de muestra por sectores en pavimento de concreto hidráulico.*

SECTOR	NUMERO DE LOSAS	ANCHO (M)	LONGITUD (M)	ÁREA POR MUESTRA	N	N° SEGÚN EC. 01	i
5	1	5.9	5.0	0.00	0	1	1
7	12	5.8	44.2	230.26	1	1	1
9	1	5.8	4.0	0.00	0	1	1
					<b>1</b>		

Fuente: Elaboración propia

Se logra ver que para nuestro muestreo no será necesario un espaciamento y por ende todas las muestras se analizarán según lo establecido en las tablas 6 y 7.

También se observa que en los sectores 5 y 9 las muestras tienen un área significativamente menor a lo establecido por el método PCI. Por lo tanto, estas muestras no serán evaluadas como unidades de muestreo relevantes para la metodología PCI. Para calcular el PCI del pavimento en su conjunto, se utilizará la siguiente fórmula, que es el promedio de PCI calculados en las unidades de muestreo:

$$PCI_P = \frac{PCI_{S-01} + PCI_{S-02} + \dots + PCI_{S-11}}{N} \quad \dots (3)$$

Donde:

PCI<sub>P</sub>: PCI del pavimento.

PCI<sub>S-X</sub>: PCI de la sección x.

N: Número total de secciones muestreadas.

### Trabajo de campo

Una vez definidos los sectores y obtenidas las muestras correspondientes, se procedió a realizar la recolección de datos utilizando el formato de la tabla 8 para pavimentos asfálticos y la tabla 9 para pavimentos de concreto hidráulico. Se emplearon herramientas como odómetro, cinta métrica y cámaras fotográficas para registrar visualmente las fallas en el pavimento. Además, se utilizó un nivel y reglas metálicas para encontrar las deformaciones en el pavimento.

Los datos se recolectaron mediante inspecciones visuales directas en campo, registrando la ubicación y extensión de las fallas en cada sector. Esto permitió reconocer y detectar los diferentes tipos de deterioro presentes en cada zona.

Finalmente, se realizaron 158 formatos en total, con lo cual se logró una evaluación completa y detallada de la condición del pavimento en cada unidad de muestreo.

**Tabla 12**

*Formato de recolección de datos para el estudio PCI para pavimentos flexibles.*

INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA PAVIMENTO FLEXIBLE					
HOJA DE REGISTRO					
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					ESQUEMA
SECTOR		MUESTRA			
INICIO		ÁREA			
FIN		FECHA			
<b>NOMBRE DE INSPECTOR:</b>					
<b>N°</b>	<b>Daño</b>	<b>Und</b>	<b>N°</b>	<b>Daño</b>	<b>Und</b>
1	Piel de cocodrilo	m2	11	Parcheo	m2
2	Exudación	m2	12	Pulimiento	m2
3	Agrietamiento en bloque	m2	13	Huecos	Und
4	Abultamiento y hundimientos	ml	14	Cruce de vías férreas	m2
5	Corrugación	m2	15	Ahuellamiento	m2
6	Depresión	m2	16	Desplazamiento	m2
7	Grieta de borde	ml	17	Grieta parabólica	m2
8	Grieta de reflexión de junta	ml	18	Hinchamiento	m2
9	Desnivel carril / berma	ml	19	Desprendimiento de agregados	m2
10	Grietas longitudinales y transversales	ml			
<b>NIVELES DE SEVERIDAD:</b>			<b>(H) ALTO</b>	<b>(M) MEDIO</b>	<b>(L) BAJO</b>
	<b>Severidad</b>	<b>Und</b>	<b>Longitud / Área / Unidad</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>

N° de  
daño

L  
(m) A (m2)

Und

Fuente: Elaboración propia

Para la recolección de las fallas en pavimentos asfálticos, se llevó a cabo un proceso que permitió simplificar el manejo de los datos, de tal forma que, al finalizar el registro, estos pudieran ser procesados de manera eficiente ya que fueron 157 unidades de muestra para este tipo de pavimento. Se organizó la información de campo con el objetivo de generar una sola hoja de registro por cada sector evaluado, lo que facilitó la consolidación de los resultados.

Los formatos que se diseñaron en Excel se estructuraron de tal manera que los datos recogidos durante las inspecciones visuales ya se encontraran debidamente sintetizados. Esto permitió que, al momento de realizar los cálculos y análisis, la información se presentara de manera clara y ordenada, optimizando el tiempo y reduciendo posibles errores de interpretación.

**Tabla 13**

*Formato de recolección de datos para el estudio PCI para pavimentos rígidos.*

<b>INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA PAVIMENTO RIGIDO</b>					
<b>HOJA DE REGISTRO</b>					
<b>EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO</b>					
SECTO R			MUESTR A N°		
INICIO			LOSAS		
FIN			FECHA		
<b>NOMBRE DE INSPECTOR:</b>					
N°	Daño	Un d	N°	Daño	Un d
21	Blow up / Buckling.	m2	31	Pulimento de agregados	m2
22	Grieta de esquina.	m2	32	Popouts	m2
23	Losa dividida.	m2	33	Bombeo	Un d
24	Grieta de durabilidad "D".	ml	34	Punzonamiento.	m2
25	Escala.	m2	35	Cruce de vía férrea	m2
26	Sello de junta.	m2	36	Desconchamiento	m2
27	Desnivel Carril / Berma.	ml	37	Retracción	m2
28	Grieta lineal.	ml	38	Descascaramiento de esquina	m2
29	Parqueo (grande).	ml	39	Descascaramiento de junta	m2
30	Parqueo (pequeño)	ml			
<b>NIVELES DE SEVERIDAD:</b>			<b>(H) ALTO</b>	<b>(M) MEDIO</b>	<b>(L) BAJO</b>
N° de daño	Severidad	N° Losa	Un d	Parcial	Total

Fuente: Elaboración propia

**Trabajo de gabinete**

Terminado la evaluación en campo, se utiliza la información de los daños encontrados para calcular el PCI. En nuestro caso este cálculo se hizo de manera manual, basado en los “Valores deducidos” dependiendo la severidad y cantidad de cada daño.

### **Cálculo del PCI para superficies de pavimento asfáltico.**

Cálculo de los valores deducidos

1. Mediante la tabla 8 se agrupa de manera ordenada los resultados de cada falla con su severidad y unidad de medida correspondiente.
2. Para calcular la densidad, es necesario dividir el resultado de la falla y severidad por el área total de la unidad de muestra.
3. Para determinar el valor deducido para cada falla con su severidad, se utilizan las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño” que se encuentran en el anexo 04.

Cálculo del número máximo de valores deducidos (m)

4. En caso de no tener ningún valor deducido mayor a 2, se suma todos los valores deducidos en lugar del mayor deducido corregido (VDC).
5. Ordenar los valores deducidos de mayor a menor.
6. Determinar el número máximo admisible de valores deducidos (m), utilizando la ecuación 4.

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - HDV) \quad \dots (4)$$

Donde:

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

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

7. Los valores individuales se reducen a m, incluyendo la parte fraccionaria. Se usa todos los valores deducidos en caso esos sean menos que m.

Cálculo del máximo valor deducido corregido (VDC)

8. Halle el número de valores deducidos (q), mayores que 2.
9. Se suma todos los valores deducidos de manera horizontal.
10. Del valor hallado en la suma total de valores deducidos se utiliza la curva de corrección (figura 05) para pavimento flexible.
11. Sustituir los valores deducidos inferiores a 2 y repetir los pasos 8,9 y 10 hasta que sea igual a la unidad.

12. El VDC que seleccionamos será el mayor de todos.

Cálculo de PCI

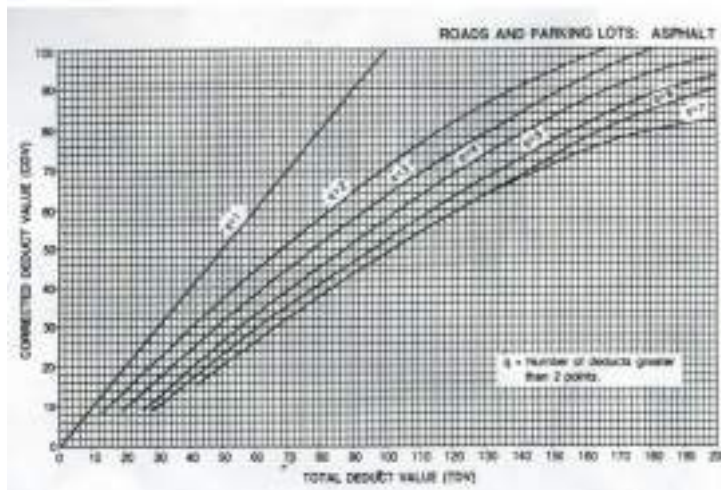
13. El PCI se calcula restando a 100 el VDC máximo obtenido en el paso 12

**Tabla 14**

Formato para cálculo de PCI.

INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA PAVIMENTO FLEXIBLE										
HOJA DE REGISTRO										
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO							ESQUEMA			
SECTO							MUESTR			
R							A			
INICIO							ÁREA			
FIN							FECHA			
N° de daño	Severida	Tota	Densida				Valor			
	d	I	d				Deducid			
							o			
							NUMEROS DE VALORES DEDUCIDOS			
							>2(q)			
							VALORE DEDUCIDO MAS ALTO =			
							NUMERO MAXIMO DE VALORES DEDUCIDOS			
							VD	q	VD	
							T		C	
							Max.			
							VDC			
							PCI			
							=			
							CLASIFICACIÓ			
							N:			

Fuente: Elaboración propia



**Figura 2.**

Curva de corrección para pavimentos asfálticos.

Fuente: (Vásquez, 2002)

**Cálculo del PCI para superficies de pavimento de concreto.**

En nuestro caso se encontró pavimento de concreto en el sector 7.

### Cálculo de los valores deducidos

1. Se cuantificó el número de losas que presentaron cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad, registrándolo en el formato de la tabla 9.
2. Se dividió el número de losas contabilizado en el paso 1 entre el número total de losas de la unidad y se expresó el resultado como porcentaje (%). Esta fue la densidad por unidad de muestreo para cada combinación de tipo y severidad de daño.
3. Se determinaron los valores deducidos para cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad, empleando la curva de "Valor Deducido de Daño" que se ve en la figura 06.

### Cálculo del número Admisible Máximo de Deducidos (m)

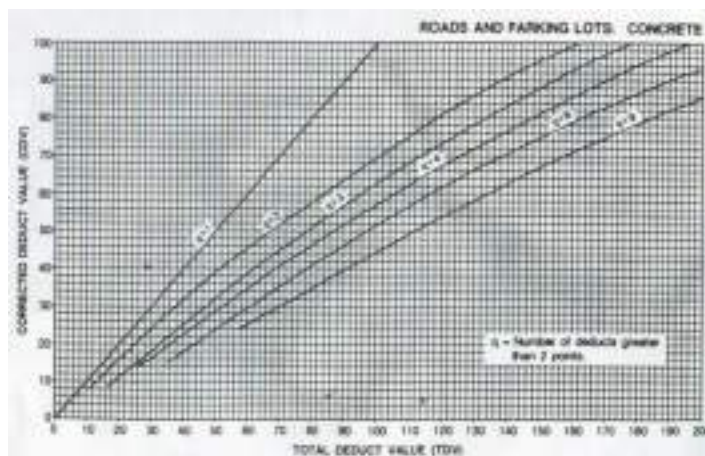
Se procedió de manera idéntica a lo explicado en los pasos 4,5,6 y 7 del cálculo de PCI para pavimentos asfálticos.

### Cálculo del máximo valor deducido corregido (VDC)

Se procedió de manera idéntica a lo explicado en los pasos 8,9,10, 11 y 12 del cálculo de PCI para pavimentos asfálticos.

### Cálculo de PCI

Se procedió de manera idéntica a lo explicado en el paso 13 del cálculo de PCI para pavimentos asfálticos.



**Figura 3.**

Curva de corrección para pavimentos concreto.

Fuente: (Vásquez, 2002)

## Calificación del estado del pavimento



**Figura 4.**

Parámetros de calificación PCI.

Para la calificación del pavimento utilizaremos los parámetros que nos da la norma ASTM D 6433-07 que se muestran a en la figura 09.

### 3.3.3. Actividades del Objetivo específico 3

**Determinar el estado del pavimento de la vía SM 113 Km 0 +000 (Emp. PE-5N) al Km 9+ 700 (Dv. Yuracyacu) mediante el Índice internacional de Rugosidad (IRI) usando el rugosímetro de Merlín.**

El Índice Internacional de Rugosidad (IRI) es uno de los principales parámetros utilizados para evaluar la calidad superficial de los pavimentos, ya que permite medir la irregularidad longitudinal de una vía. Para este estudio, se empleó el rugosímetro MERLIN, un instrumento diseñado para realizar mediciones precisas de rugosidad en pavimentos, lo que proporciona información clave sobre las condiciones de comodidad y seguridad que ofrece la superficie de rodadura.

Antes de iniciar las mediciones, se seleccionaron cuidadosamente los sectores de estudio, asegurando que representaran adecuadamente el comportamiento de la vía. En este caso, se decidió evaluar los mismos tramos en los que previamente se realizó el análisis de PCI, lo que permitió comparar ambos estudios y obtener un diagnóstico más completo de la condición del pavimento. Se definieron tramos de 400 metros de longitud, distribuidos tanto en el carril derecho como en el izquierdo, para cubrir una extensión representativa de cada sector.

Esta metodología aseguró que las muestras obtenidas fueran consistentes y comparables, facilitando así un análisis detallado y preciso de la rugosidad del pavimento en las áreas seleccionadas que se muestran a continuación:

**Tabla 15**  
*Muestras por sectores para ensayo de rugosidad.*

Sector	Longitud (m)	Unidades de muestreo	Tramos	
<b>Sector 2</b>	773	1	km 1+500	km 1+900
<b>Sector 4</b>	1300	3	km 3+450	km 3+850
			km 4+250	km 4+650
			km 4+800	km 5+200
<b>Sector 6</b>	2371	5	km 5+200	km 5+600
			km 5+600	km 6+000
			km 6+000	km 6+400
			km 6+400	km 6+800
<b>Sector 8</b>	484	1	km 7+220	km 7+620
			km 8+000	km 8+400
<b>Sector 11</b>	1773	4	km 8+400	km 8+800
			km 8+800	km 9+200
			km 9+200	km 9+600
<b>TOTAL</b>		<b>14</b>		

### Trabajo de campo

Como los tramos ya se habían definido, solo se necesitó ubicarse de manera ordenada para realizar el ensayo de la forma más eficiente. Se realizó el ensayo con el apoyo de dos técnicos especializados en el uso del rugosímetro MERLIN: uno se encargó de operar el equipo y realizar las lecturas (figura 12), mientras que el otro anotó las mediciones en el formato de recolección de datos que se muestra en la tabla 12.

Es importante recalcar que, antes de iniciar las lecturas, se calibró el equipo en cada tramo de manera adecuada, tal como se muestra en la figura 08. El proceso de calibración en campo se llevó a cabo en un área plana y estable, utilizando una llave para ajustar los pernos del equipo. Además, se empleó una pastilla de 5 mm como referencia para garantizar la correcta alineación de los sensores. Se comprobó que las lecturas iniciales coincidieran con los valores esperados, y si se detectaron desviaciones, se realizaron los ajustes necesarios.

Este procedimiento aseguró que las 200 lecturas de las "irregularidades que presenta el pavimento" fueran lo más precisas posible, garantizando la confiabilidad de los resultados. Con estos ajustes, se evitó cualquier posible error en las mediciones, permitiendo que las condiciones reales del pavimento en cada tramo evaluado se reflejaran con exactitud.



11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Fuente: Elaboración propia

### **Trabajo de gabinete**

Una vez completadas las mediciones en campo, se procedió a realizar el análisis en gabinete. Las lecturas de rugosidad recogidas con el rugosímetro MERLIN se ingresaron al formato que se detalla en la tabla 12 para el procesamiento de datos. Aseguramos que cada tramo estuviera correctamente identificado con su sector y carril correspondiente. Se verificaron las lecturas para detectar posibles inconsistencias o valores atípicos, los cuales fueron corregidos siguiendo los criterios previamente establecidos.

### **Método para el cálculo de rugosidad**

#### **1. Cálculo del rango D**

Para determinar el Índice Internacional de Rugosidad (IRI), se empleó una escala arbitraria de 50 unidades en el tablero del rugosímetro. El proceso consistió en registrar las 200 posiciones que el puntero del brazo móvil adoptó durante la medición. La división número 25 del tablero corresponde a la posición central del puntero, indicando una alineación promedio del terreno con una línea recta.

Cuando las posiciones registradas del puntero se mantenían cercanas a la división 25, esto indicaba una baja rugosidad del pavimento. En contraste, si las lecturas mostraban dispersiones amplias, alejándose de la posición central, se infirió una mayor rugosidad debido a múltiples inflexiones en la superficie.

El análisis de la dispersión se realizó mediante un histograma que representaba la frecuencia de las posiciones del puntero. Para mejorar la precisión de los resultados, se descartó el 10% de las lecturas más extremas (5% en cada extremo del histograma), eliminando así los datos menos representativos o erráticos. Posteriormente, se calculó

el rango “D”, que representa la amplitud del histograma después del descarte de estos datos. Dicho rango se obtuvo sumando las fracciones de los intervalos eliminados y multiplicando el resultado por 5 mm, que es la unidad de la escala del tablero del rugosímetro.

## 2. Factor de corrección para el ajuste de “D”

Dado que el desgaste del equipo puede afectar la relación de brazos del rugosímetro, fue necesario aplicar un factor de corrección. Este factor se calculó utilizando una pastilla calibradora de bronce de 5 mm de espesor, con la cual se midió la diferencia de posiciones del puntero antes y después de colocar la pastilla bajo el patín del rugosímetro.

Por ejemplo, en sector 2 el puntero inicialmente estaba en la posición 26 y, tras la colocación de la pastilla, se desplazó a la posición 14, se calculó el factor de corrección (FC) con la fórmula:

$$FC = \frac{E_p \times 10}{(L_i - L_f) \times 5} \quad \dots \dots (5)$$

Donde:

Ep: Espesor de la pastilla (en milímetros),

Li: Posición inicial del puntero,

Lf: Es la posición final del puntero.

En nuestro caso, con un espesor de pastilla de 5 mm, el factor de corrección resultante fue de 0.830.

## 3. Variación de la relación de brazos

Para adaptarse a diferentes tipos de pavimento, el rugosímetro ofrece dos posiciones para el patín del brazo pivotante. Pero para nuestro caso en particular se utilizó la relación estándar de 1 a 10.

## 4. Cálculo del rango “D” corregido

El valor D calculado en el paso 1 se multiplicó por el factor de corrección obtenido a través de la fórmula (4). Tras aplicar esta corrección, el valor resultante se llevó a unidades MERLIN para continuar con el análisis de la rugosidad.

## 5. Determinación de la rugosidad en la escala del IRI

Para encontrar la correlación D con el IRI, se utilizan dos expresiones que se muestran a continuación:

a) Cuando  $D > 50$ , entonces  $IRI = 0.593 + 0.0471 D$ ..... (6)

b) Cuando  $D < 50$ , entonces  $IRI = 0.0485 D$ ..... (7)

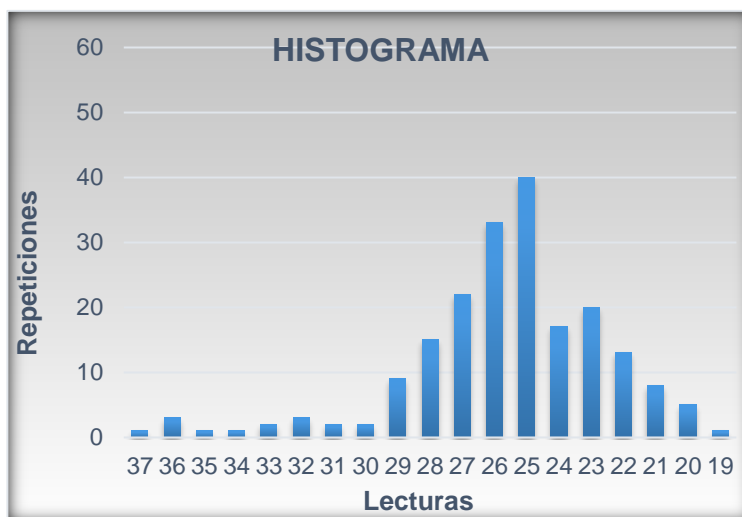
**Tabla 17**

*Formato para cálculo IRI*

PROYECTO EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA, NUEVA CAJAMARCA - YURAYACU, MEDIANTE LOS METODOS PACI E IRI  CALCULO DEL INDICE DE RUGOSIDAD MEDIANTE LE METODO MERLIN
SECTOR _____ FECHA _____ TRAMO _____ CARRIL _____

**1. DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS**

50	0
49	0
48	0
47	0
46	0
45	0
44	0
43	0
42	0
31	0
30	0
.....	.....
14	0
13	0
12	0
11	0
10	0
9	0
8	0
7	0
6	0
5	0
4	0
3	0
2	0



**2. ANCHO DE HISTOGRAMA**

Numero de datos descartados: 20

Rango D =

Factor de corrección =

Rango D corregido =

**3. CALCULO RUGOSIDAD**

$R = (0.0485 \times 45.53) \quad D < 50$

**IRI = k/m**

1	0
TOTAL	200

<b>PSI =</b>
--------------

Fuente: Elaboración propia

### Límites de la rugosidad para el control de calidad de pavimentos

Para el caso de pavimentos asfálticos nuevos o rehabilitados, la rugosidad o regularidad superficial se deberá controlar calculando el parámetro denominado IRI Característico, el cuál es definido por la siguiente expresión:

Se calculo el índice internacional de rugosidad característico (IRIc), el cual tiene el fin de controlar la rugosidad superficial, este se define mediante la siguiente formula:

$$IRIc = IRIp + 1.65 \sigma \quad \dots (8)$$

$$IRIc = IRIp + 1.645s$$

donde,

IRIc: IRI característico

IRIp: IRI promedio

$\sigma$  : Desviación estándar

De acuerdo con el factor de correlación empleado ( $K = 1.645$ ), se ha cumplido que el 95% del pavimento ha experimentado una rugosidad igual o menor al IRI característico. Calculado el IRI característico, el sector o tramo ha sido aceptado si ha cumplido con las siguientes condiciones:

- a. En el caso de pavimentos flexibles nuevos, el IRIc ha debido ser menor o igual a 2.0 m/km.
- b. Para los pavimentos que han sido recapeado asfálticamente, el IRIc ha tenido que ser menor o igual a 2.5 m/km.
- c. En el caso de pavimentos con sellado asfáltico, el IRIc ha debido ser menor o igual a 3.0 m/km.

### Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

Este índice se indica como el que refleja el grado de confort de la superficie ante el desplazamiento normal de un vehículo, asignándose un valor de 0 para un pavimento en pésimas condiciones y un valor de 5 para un pavimento en perfecto estado.

Para el cálculo del PSI, se emplearon las expresiones utilizadas por AASHTO en 1962. La ecuación principal que relacionó el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) con el PSI fue la siguiente:

$$PSI = 5 \times e^{(-0.1818 \times IRI)} \quad \dots (9)$$

Donde:

PSI: Índice de Serviciabilidad

IRI: Índice Internacional de Rugosidad

$e = 2.71828183$  (basado de los logaritmos neperianos)

Finalmente, los rangos del Índice de Serviciabilidad se compararon con la Norma Técnica CE.010 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) que se especifica en la tabla 15, lo que permitió clasificar la condición del pavimento de acuerdo a los valores obtenidos de PSI. Estos resultados se incluyeron en una tabla donde se indicaron las calificaciones correspondientes, desde Intransitable hasta Excelente, en función del valor de PSI calculado.

**Tabla 18**

*Calificación de serviciabilidad según PSI.*

PSI	Calificación
0	Intransitables
0.1 – 1	Muy malo
1.1 – 2	Malo
2.1 - 3	Regular
3.1 - 4	Bueno
4.1 – 4.9	Muy bueno
5	Excelente

Fuente: Norma Técnica CE.010 del RNE

### 3.3.4. Actividades del Objetivo específico 4

#### **Determinar el grado de serviciabilidad de la vía para la selección de la técnica adecuada de rehabilitación, reparación o reconstrucción del pavimento**

A través del análisis de los resultados obtenidos en los estudios de PCI (Índice de Condición del Pavimento) e IRI (Índice Internacional de Rugosidad), se ha definido la situación actual del pavimento en la carretera Nueva Cajamarca-Yuracyacu, abarcando los sectores previamente delimitados. Para ello, se han comparado los resultados obtenidos en ambos estudios, tanto en el PCI como en el PSI (Índice de Serviciabilidad Presente), permitiendo obtener una evaluación integral de la condición del pavimento.

Este proceso ha permitido identificar las áreas más deterioradas y las que presentan mejor estado en función de la rugosidad y el nivel de serviciabilidad. Los resultados por

sector se encuentran detalladamente comparados en la tabla 21 del siguiente capítulo, donde se recogen los valores clave de cada tramo. A partir de esta información, se ha procedido a desarrollar una solución específica para cada tramo, que se ha incorporado en la tabla 22, donde se sugieren las intervenciones necesarias en función del estado del pavimento.

En cada caso, se ha determinado si es más conveniente realizar trabajos de rehabilitación, reparación o reconstrucción del pavimento, basándose en el nivel de deterioro y en las condiciones de rugosidad registradas. Este enfoque permitirá asegurar una intervención eficaz en las zonas que más lo requieren, optimizando los recursos y garantizando un adecuado nivel de serviciabilidad para la vía.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Objetivo específico 1

**Descripción:** Se realizó el conteo vehicular en las dos estaciones, correspondientes al tramo Nueva Cajamarca – Ucrania y al tramo Ucrania – Yuracyacu. A continuación, se muestra el resumen de los resultados por día de semana.

**Tabla 19**

*Índice Medio Diario Anual (IMDA) del tramo Nueva Cajamarca - Ucrania.*

<b>ESTACION 01</b>											
Tipo de vehículo	Tránsito Vehicular por día							Total, semana	IMDS	FCE	IMDA
	LU	MA	MI	JU	VI	SA	DO				
AUTO	204	134	226	220	195	304	386	1669	238	1.0188	243
PICK UP	159	115	157	182	195	227	314	1349	193	1.0188	196
COMBI	38	35	30	29	21	39	43	235	34	1.0188	34
CAMION 2E	32	34	28	30	31	27	22	204	29	1.0029	29
CAMION 3E	24	22	25	27	23	16	15	152	22	1.0029	22
CAMION 4E	7	7	13	11	2	4	5	49	7	1.0029	7
T2S1/T2SE	6	7	9	7	10	5	8	52	7	1.0029	7
T2S3	2	3	6	1	3	4	4	23	3	1.0029	3
T3S3	6	4	3	5	2	1	3	24	3	1.0029	3
<b>TOTAL</b>	<b>478</b>	<b>361</b>	<b>497</b>	<b>512</b>	<b>482</b>	<b>627</b>	<b>800</b>	<b>3757</b>	<b>537</b>		<b>546</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 20**

*Índice Medio Diario Anual (IMDA) del tramo Ucrania - Yuracyacu.*

<b>ESTACION 02</b>											
Tipo de vehículo	Tránsito Vehicular por día							Total, semana	IMDS	FCE	IMDA
	LU	MA	MI	JU	VI	SA	DO				
AUTO	197	200	178	191	197	260	326	1549	221	1.0188	<b>225</b>
PICK UP	141	123	149	139	107	216	254	1129	161	1.0188	<b>164</b>
COMBI	35	32	28	31	29	38	57	250	36	1.0188	<b>36</b>
CAMION 2E	34	44	40	38	39	38	32	265	38	1.0029	<b>38</b>
CAMION 3E	26	11	21	31	20	17	13	139	20	1.0029	<b>20</b>
CAMION 4E	10	7	9	8	9	0	0	43	6	1.0029	<b>6</b>
T2S1/T2SE	11	10	12	9	12	14	10	78	11	1.0029	<b>11</b>
T2S3	7	0	6	5	2	2	4	26	4	1.0029	<b>4</b>
T3S3	3	8	4	4	6	4	5	34	5	1.0029	<b>5</b>
<b>TOTAL</b>	<b>464</b>	<b>435</b>	<b>447</b>	<b>456</b>	<b>421</b>	<b>589</b>	<b>701</b>	<b>3513</b>	<b>502</b>		<b>510</b>

Fuente: Elaboración propia



**Figura 5.**

Resumen porcentual de tráfico vehicular en la estación 01.

(Fuente: Elaboración propia)

### Interpretación

Los resultados obtenidos mostraron que, para el tramo Nueva Cajamarca - Ucrania, se tuvo un IMDA de 546 vehículos, y para el tramo Ucrania - Yuracyacu, un IMDA de 510 vehículos. Se observó que los días de mayor afluencia vehicular fueron sábado y domingo, alcanzando un promedio superior al 40 % en comparación con los días de lunes a viernes. Además, en ambos tramos, los vehículos ligeros representaron el 83.56 % del tránsito, siendo los de mayor circulación. Cabe mencionar que los vehículos lineales (motos) fueron contabilizados, pero no se incluyeron en el IMDA; sin embargo, estos datos están disponibles en el anexo 5. Al contrastar con el estudio de tráfico realizado por la empresa Consorcio Selcas (anexo 6), que proyectó un IMDA para 2024 de 325 y 260 vehículos en los tramos 1 y 2 respectivamente, se observó una diferencia notable. Este desfase podría relacionarse con factores como el crecimiento poblacional (anexo 03). Además, se observó que el estado regular del pavimento podría estar limitando en cierta medida el flujo vehicular, lo cual puede ser una variable a considerar al analizar el impacto sobre el IMDA actual en comparación con la proyección.



**Figura 6.**

Resumen porcentual de tráfico vehicular en la estación 02.

(Fuente: Elaboración propia)

## 4.2. Objetivo específico 2

**Descripción:** Después de realizada la inspección en campo y la recolección de datos, estos se procesaron y se adjuntaron en el anexo 7, del cual se presentó un cuadro de resumen a continuación:

**Tabla 21**

*Resumen de resultados del Índice De Condición de Pavimentos (PCI) por unidad de muestra y sector en pavimento flexible.*

		PAVIMENTO FLEXIBLE			PCI	CALIFICACION
		SECTOR 2		ANCHO		
TOTAL DE MUESTRAS EN SECTOR	1	1+507	1+548	5.6	72	MUY BUENO
	2	1+548	1+589	5.6	69	BUENO
	3	1+589	1+630	5.6	56	BUENO
	4	1+630	1+671	5.6	46	REGULAR
	5	1+671	1+713	5.6	92	EXCELENTE
	6	1+713	1+754	5.6	32	MALA
	7	1+754	1+795	5.6	35	MALA
	8	1+795	1+836	5.6	36	MALA
	9	1+836	1+877	5.6	44	REGULAR
	10	1+877	1+918	5.6	45	REGULAR
	11	1+918	1+959	5.6	1	FALLADO
	12	1+959	2+000	5.6	32	MALA
	13	2+000	2+041	5.6	26	MALA
	14	2+041	2+082	5.6	52	REGULAR
	15	2+082	2+124	5.6	59	BUENO
	16	2+124	2+165	5.6	79	MUY BUENO
	17	2+165	2+206	5.6	48	REGULAR
	18	2+206	2+247	5.6	26	MALA
	19	2+247	2+280	5.6	2	FALLADO
		SECTOR 4		ANCHO	PCI	CALIFICACION
TOTAL DE MUESTRAS EN SECTOR	1	3+400	3+443	5.3	88	EXCELENTE
	2	3+443	3+487	5.3	88	EXCELENTE
	3	3+487	3+530	5.3	88	EXCELENTE
	4	3+530	3+574	5.3	55	REGULAR
	5	3+574	3+617	5.3	90	EXCELENTE
	6	3+617	3+660	5.3	54	REGULAR
	7	3+660	3+704	5.3	58	BUENO
	8	3+704	3+747	5.3	83	MUY BUENO
	9	3+747	3+791	5.3	89	EXCELENTE
	10	3+791	3+834	5.3	85	MUY BUENO
	11	3+834	3+877	5.3	93	EXCELENTE
	12	3+877	3+921	5.3	87	EXCELENTE
	13	3+921	3+964	5.3	89	EXCELENTE
	14	3+964	4+008	5.3	77	MUY BUENO
	15	4+008	4+051	5.3	71	MUY BUENO
	16	4+051	4+094	5.3	54	REGULAR
17	4+094	4+138	5.3	95	EXCELENTE	
18	4+138	4+181	5.3	46	REGULAR	
19	4+181	4+225	5.3	61	BUENO	
20	4+225	4+268	5.3	43	REGULAR	
21	4+268	4+311	5.3	32	MALA	
22	4+311	4+355	5.3	57	BUENO	
23	4+355	4+398	5.3	77	MUY BUENO	
24	4+398	4+442	5.3	79	MUY BUENO	
25	4+442	4+485	5.3	34	MALA	

26	4+485	4+528	5.3	24	MUY MALA	
27	4+528	4+572	5.3	27	MALA	
28	4+572	4+615	5.3	79	MUY BUENO	
29	4+615	4+659	5.3	88	EXCELENTE	
30	4+659	4+700	5.3	11	MUY MALA	
	<b>SECTOR 6</b>		<b>ANCHO</b>	<b>PCI</b>	<b>CALIFICACION</b>	
1	4+705	4+749	5.2	39	MALA	
2	4+749	4+793	5.2	70	BUENO	
3	4+793	4+838	5.2	93	EXCELENTE	
4	4+838	4+882	5.2	61	BUENO	
5	4+882	4+926	5.2	85	MUY BUENO	
6	4+926	4+970	5.2	89	EXCELENTE	
7	4+970	5+014	5.2	77	MUY BUENO	
8	5+014	5+059	5.2	86	EXCELENTE	
9	5+059	5+103	5.2	93	EXCELENTE	
10	5+103	5+147	5.2	64	BUENO	
11	5+147	5+191	5.2	45	REGULAR	
12	5+191	5+235	5.2	30	MALA	
13	5+235	5+280	5.2	34	MALA	
14	5+280	5+324	5.2	56	BUENO	
15	5+324	5+368	5.2	49	REGULAR	
16	5+368	5+412	5.2	82	MUY BUENO	
17	5+412	5+456	5.2	53	REGULAR	
18	5+456	5+501	5.2	14	MUY MALA	
19	5+501	5+545	5.2	29	MALA	
20	5+545	5+589	5.2	25	MUY MALA	
21	5+589	5+633	5.2	43	REGULAR	
22	5+633	5+677	5.2	71	MUY BUENO	
23	5+677	5+722	5.2	53	REGULAR	
24	5+722	5+766	5.2	32	MALA	
25	5+766	5+810	5.2	38	MALA	
TOTAL DE	26	5+810	5+854	5.2	91	EXCELENTE
MUESTRAS	27	5+854	5+898	5.2	29	MALA
EN	28	5+898	5+943	5.2	59	BUENO
SECTOR	29	5+943	5+987	5.2	54	REGULAR
	30	5+987	6+031	5.2	22	MUY MALA
	31	6+031	6+075	5.2	92	EXCELENTE
	32	6+075	6+119	5.2	75	MUY BUENO
	33	6+119	6+164	5.2	36	MALA
	34	6+164	6+208	5.2	57	BUENO
	35	6+208	6+252	5.2	77	MUY BUENO
	36	6+252	6+296	5.2	93	EXCELENTE
	37	6+296	6+340	5.2	96	EXCELENTE
	38	6+340	6+385	5.2	92	EXCELENTE
	39	6+385	6+429	5.2	56	BUENO
	40	6+429	6+473	5.2	50	REGULAR
	41	6+473	6+517	5.2	83	MUY BUENO
	42	6+517	6+561	5.2	68	BUENO
	43	6+561	6+606	5.2	78	MUY BUENO
	44	6+606	6+650	5.2	91	EXCELENTE
	45	6+650	6+694	5.2	89	EXCELENTE
	46	6+694	6+738	5.2	76	MUY BUENO
	47	6+738	6+782	5.2	89	EXCELENTE
	48	6+782	6+827	5.2	87	EXCELENTE
	49	6+827	6+871	5.2	44	REGULAR
	50	6+871	6+915	5.2	67	BUENO
	51	6+915	6+959	5.2	29	MALA
	52	6+959	7+003	5.2	38	MALA
	53	7+003	7+048	5.2	58	BUENO
	54	7+048	7+076	5.2	74	MUY BUENO

	<b>SECTOR 8</b>		<b>ANCHO</b>	<b>PCI</b>	<b>CALIFICACION</b>
	1	7+136 7+175	5.9	44	REGULAR
	2	7+175 7+214	5.9	27	MALA
	3	7+214 7+253	5.9	49	REGULAR
	4	7+253 7+292	5.9	12	MUY MALA
TOTAL DE	5	7+292 7+331	5.9	13	MUY MALA
MUESTRAS	6	7+331 7+370	5.9	42	REGULAR
EN	7	7+370 7+409	5.9	40	MALA
SECTOR	8	7+409 7+448	5.9	37	MALA
	9	7+448 7+487	5.9	71	MUY BUENO
	10	7+487 7+526	5.9	80	MUY BUENO
	11	7+526 7+565	5.9	70	BUENO
	12	7+565 7+620	5.9	24	MUY MALA
		<b>SECTOR 10</b>	-	0	FALLADO
		<b>SECTOR 11</b>	<b>ANCHO</b>	<b>PCI</b>	<b>CALIFICACION</b>
	1	7+927 7+970	5.4	57	BUENO
	2	7+970 8+012	5.4	77	MUY BUENO
	3	8+012 8+055	5.4	41	REGULAR
	4	8+055 8+097	5.4	75	MUY BUENO
	5	8+097 8+140	5.4	65	BUENO
	6	8+140 8+183	5.4	0	FALLADO
	7	8+183 8+225	5.4	0	FALLADO
	8	8+225 8+268	5.4	65	BUENO
	9	8+268 8+310	5.4	68	BUENO
	10	8+310 8+353	5.4	54	REGULAR
	11	8+353 8+396	5.4	42	REGULAR
	12	8+396 8+438	5.4	9	FALLADO
	13	8+438 8+481	5.4	62	BUENO
	14	8+481 8+523	5.4	67	BUENO
	15	8+523 8+566	5.4	46	REGULAR
	16	8+566 8+609	5.4	49	REGULAR
	17	8+609 8+651	5.4	55	REGULAR
	18	8+651 8+694	5.4	72	MUY BUENO
	19	8+694 8+736	5.4	82	MUY BUENO
TOTAL DE	20	8+736 8+779	5.4	64	BUENO
MUESTRAS	21	8+779 8+822	5.4	65	BUENO
EN	22	8+822 8+864	5.4	42	REGULAR
SECTOR	23	8+864 8+907	5.4	50	REGULAR
	24	8+907 8+949	5.4	28	MALA
	25	8+949 8+992	5.4	31	MALA
	26	8+992 9+035	5.4	69	BUENO
	27	9+035 9+077	5.4	86	EXCELENTE
	28	9+077 9+120	5.4	44	REGULAR
	29	9+120 9+162	5.4	39	MALA
	30	9+162 9+205	5.4	44	REGULAR
	31	9+205 9+248	5.4	47	REGULAR
	32	9+248 9+290	5.4	35	MALA
	33	9+290 9+333	5.4	74	MUY BUENO
	34	9+333 9+375	5.4	55	REGULAR
	35	9+375 9+418	5.4	43	REGULAR
	36	9+418 9+461	5.4	53	REGULAR
	37	9+461 9+503	5.4	69	BUENO
	38	9+503 9+546	5.4	66	BUENO
	39	9+546 9+588	5.4	64	BUENO
	40	9+588 9+631	5.4	47	REGULAR
	41	9+631 9+674	5.4	56	BUENO
	42	9+674 9+700	5.4	44	REGULAR
		<b>PROMEDIO</b>		<b>45</b>	<b>REGULAR</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 22**

Resumen de resultados del Índice De Condición de Pavimentos (PCI) por unidad de muestra y sector en pavimento rígido.

	PAVIMENTO RIGIDO			PCI	CALIFICACION	
	SECTOR 7	NRO DE LOSAS				
MUESTRAS	1	7+076	7+136	12	75	MUY BUENO

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 23**

Índice de Condición de Pavimento (PCI) promedio de la vía de estudio.

SECTOR	PCI	CALIFICACION
SECTOR 02	45	REGULAR
SECTOR 04	67	BUENO
SECTOR 06	62	BUENO
SECTOR 07	75	MUY BUENO
SECTOR 08	42	REGULAR
SECTOR 10	0	FALLADO
SECTOR 11	52	REGULAR
	<b>49</b>	<b>REGULAR</b>

Fuente: Elaboración propia

### Interpretación:

Se determinó para cada muestra un número PCI, y, de acuerdo con el manual ASTM D 6433, se calificaron los datos obtenidos, encontrando varios puntos en condición de "Fallado" (figura). Sin embargo, en algunos de estos puntos todavía existe pavimento para evaluar, como en el sector 02 (muestras 11 y 19) y en el sector 11 (muestras 6, 7 y 12). En cambio, en el sector 10 no se evidencia ningún rastro de pavimento, por lo que la calificación PCI asignada es 0. Este nivel de deterioro en el sector 10 se atribuye a la alta carga vehicular o a la baja calidad de los agregados utilizados de acuerdo con lo señalado por Vásquez (2002), siendo esta la única zona con tal grado de daño.

Se encontró 5 de 19 fallas en pavimentos rígidos, correspondientes a las fallas de escala, sello de junta, parcheo (pequeño), descascamiento de la junta; y para pavimentos flexibles se encontraron 11 de 19 fallas posibles en la metodología PCI, las cuales corresponden a las fallas de piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, corrugación, depresión, grieta de borde, grietas longitudinales y transversales, parcheo, pulimiento, huecos, ahuellamiento, desprendimiento de agregados; al haber encontrado parches en varios puntos de la vía de muestra que en esta ya ha existido un mantenimiento previo, que de igual manera que Sabando (2019), se observó que estos parches se encuentran deteriorados, lo cual evidencia que el mantenimiento se realizó hace ya bastante tiempo.

**Contrastación de la hipótesis:** La mayoría de los sectores evaluados muestran condiciones de "Regulares" a "Buenas" (con PCI entre 42 y 67), lo cual refleja que, a

pesar de las fallas detectadas, el pavimento sigue siendo funcional en gran parte del tramo. Sin embargo, el promedio general de PCI de 49 sugiere que el estado general del tramo es "Regular", lo que respalda parcialmente la hipótesis de que el uso del Índice de Condición de Pavimentos permite realizar una evaluación superficial efectiva del pavimento y determinar su grado de serviciabilidad.

### 4.3. Objetivo específico 3

**Descripción:** Para el ensayo realizado con el rugosímetro de Merlín, se han utilizado los sectores definidos en el objetivo 2, obteniendo muestras correspondientes a 200 lecturas por unidad de muestra. Estas lecturas se han procesado y se presentan en el anexo 8. A partir de los datos resumidos, se han presentado los siguientes resultados:

**Tabla 24**

*Resumen de resultados del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) por sector de la vía de estudio.*

RESULTADOS PARA INDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD							
SECTOR	TRAMO		IRI (m/km)		IRI promedio	PSI	Serviciabilidad
			CARRIL IZQ.	CARRIL DRCH.			
<b>Sector 2</b>	km 1+500	km 1+900	3.82	3.53	3.68	2.89	REGULAR
	km 3+450	km 3+850	2.15	3.09			
<b>Sector 4</b>	km 3+850	km 4+250	2.02	3.21	2.44	3.47	BUENO
	km 4+250	km 4+650	1.91	2.27			
	km 4+800	km 5+200	3.34	2.98			
<b>Sector 6</b>	km 5+200	km 5+600	3.73	3.53	3.30	3.06	REGULAR
	km 5+600	km 6+000	3.24	3.22			
	km 6+000	km 6+400	4.90	3.88			
<b>Sector 8</b>	km 6+400	km 6+800	2.13	2.04	3.31	3.05	REGULAR
	km 7+220	km 7+620	3.29	3.33			
	km 8+000	km 8+400	3.75	3.26			
<b>Sector 11</b>	km 8+400	km 8+800	4.50	4.24	3.52	2.96	REGULAR
	km 8+800	km 9+200	3.00	3.11			
	km 9+200	km 9+600	3.17	3.16			
<b>PPROMEDIO</b>			<b>3.21</b>	<b>3.20</b>			
<b>DESVIACION ESTANDAR</b>			<b>0.92</b>	<b>0.56</b>			
<b>IRI<sub>c</sub></b>			<b>4.72</b>	<b>4.12</b>	<b>95% Percentil</b>		
<b>IRI<sub>max</sub></b>			<b>3.00</b>	<b>3.00</b>	<b>Especificación</b>		
<b>PSI (lado)</b>			<b>2.47</b>	<b>2.70</b>	<b>Serviciabilidad presente</b>		
<b>TRANSITABILIDAD</b>			<b>REGULAR</b>		<b>PSI pavimento</b>		

Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

Se determinó el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) para cada unidad de muestra en cada sector, teniendo como resultado para los sectores 2,6,8 y 11 un PSI regular y solo para el sector 4 un PSI bueno, también se obtuvo el resultado PSI de 2.47 en el carril izquierdo y 2.70 en el derecho. Estos valores indicaron que el pavimento presenta

un estado regular según su Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), aunque con una alta probabilidad de seguir deteriorándose en el futuro, dado que el pavimento en estudio ha estado en funcionamiento por más de 7 años.

**Contrastación de la hipótesis:** Se concordó con lo planteado por Flores & Upiachihua (2021) respecto al rugosímetro de Merlín, que resultó ser un instrumento muy cómodo y de rápido uso, permitiendo la recolección de las 14 unidades de muestra en solo dos días. Este equipo proporcionó abundante información sobre el estado superficial del pavimento y mostró una alta correspondencia con las evaluaciones previas realizadas mediante el método PCI, lo cual apoya la hipótesis de que estos métodos permiten una caracterización efectiva del pavimento y facilitan la determinación de su nivel de serviciabilidad.

#### 4.4. Objetivo específico 4

Se aplicaron los métodos del Índice de Condición de Pavimentos (PCI) y el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) en la evaluación de la vía, y se analizaron y compararon los resultados obtenidos. Esto permitió identificar el grado de serviciabilidad del pavimento en los distintos tramos del camino evaluado, determinándose así las intervenciones específicas necesarias para cada uno, ya sea mediante técnicas de rehabilitación, reparación o reconstrucción.

**Tabla 25**

*Resultados del Índice de Condición de Pavimentos (PCI) y el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) en la evaluación de la vía.*

SECTOR	TRAMO	PSI	PCI	ESTADO
02	Km 1+507 – km 2+280	2.89	45	COINCIDE
04	Km 3+400 – km 4+700	3.47	67	COINCIDE
06	Km 4+705 – km 7+076	3.06	62	NO COINCIDE
07	Km 7+076 – km 7+136	-	75	-
08	Km 7+136 – km 7+620	3.05	42	COINCIDE
10	Km 7+624 – km 7+927	0	0	COINCIDE
11	Km 7+927 – km 9+700	2.96	52	COINCIDE

**Tabla 26**

*Resultados de Fallas principales y soluciones en la evaluación de la vía.*

SECTOR	MUESTR A	FALLAS PRINCIPALES	SOLUCIÓN
	M-04	Grietas de borde, huecos y ahuellamientos.	Realizar un parcheo profundo en los huecos y para el ahuellamiento un parcheo superficial.
	M-06	Grietas de borde y huecos	Realizar parcheo superficial, parcial y profundo según corresponda.
	M-07	Grietas de borde, huecos y desprendimiento de agregados	Realizar reconstrucción al borde la vía y un tratamiento superficial en la parte de los desprendimientos .
<b>SECTOR 02</b>	M-08	Grietas de borde, huecos y desprendimiento de agregados	Realizar parcheo profundo y una sobre carpeta en la parte de los desprendimientos .
	M-09		Realizar un sellado para las grietas de
	M-10		grietas de
	M-11		severidad baja y una
	M-12		reconstrucción en
	M-13		las grietas de
	M-14	Grietas de borde y huecos	severidad alta, para los huecos se recomienda un
	M-17		parcheo
	M-18		superficial, parcial o profundo según
	M-19		corresponda el caso.
	M-04	Grietas longitudinales y huecos	Realizar un parcheo parcial - profundo.
	M-06	Huecos	Realizar un parcheo profundo y superficial.
<b>SECTOR 04</b>	M-16	Grietas de borde, grietas longitudinales y huecos	Realizar el sellado de las grietas y un parcheo profundo.
	M-18	Grietas de borde, huecos y desprendimiento de agregados	Realizar un tratamiento superficial en la vía y un parcheo profundo en las grietas y huecos.

	M-20	Grieta de borde, huecos y ahuellamientos	Realizar un parcheo profundo al borde de la vía y en los huecos parches superficiales y profundos según corresponda
	M-21	Grietas de borde, huecos y desprendimiento de agregados	Realizar una reconstrucción superficial del pavimento.
	M-25	Grietas de borde, parcheos y huecos	Cambiar el parche de la vía y realizar un parcheo profundo en los huecos.
	M-26	Grietas de borde, parcheos y huecos	Realizar un parcheo profundo en las grietas y huecos. También la sustitución del parche en la vía.
	M-27	Depresión, grietas de borde, parcheos y huecos	Realizar un parcheo profundo en la depresión y en las grietas de borde, también es necesario cambiar el parche de la vía.
	M-30	Depresión, huecos y desprendimiento de agregados	Realizar una reconstrucción superficial del pavimento.
	M-01	Grietas de borde, huecos y desprendimiento de agregados	Realizar una reconstrucción superficial del pavimento.
	M-11	Grietas de borde, huecos y ahuellamientos	Realizar un parcheo parcial - profundo en los ahuellamientos y grietas borde y un parcheo profundo en los huecos.
<b>SECTOR 06</b>	M-12	Grietas de borde, huecos y ahuellamientos	Realizar un parcheo superficial en las grietas borde y un parcheo
	M-13	Depresión, grietas de borde, huecos	parcialmente profundo en los huecos.
	M-15	Grietas de borde, huecos y ahuellamientos	Realizar un parcheo parcial – profundo en las grietas borde y los huecos.

M-17	Grietas de borde, huecos y desprendimiento de agregados	Realizar un tratamiento superficial en la parte de los desprendimientos y un parcheo superficial en los huecos y grietas.
M-18	Grietas de borde, huecos y desprendimiento de agregados	Realizar una reconstrucción superficial del pavimento.
M-19		
M-20		
M-21	Grietas de borde y huecos	Realizar parcheos profundos al borde de la vía y en los huecos presentes.
M-23	Grietas de borde, huecos y desprendimiento de agregados	Realizar el tratamiento superficial en la parte de desprendimiento
M-24	Grietas de borde, parcheos, huecos y desprendimiento de agregados	y parcheo profundo en los bordes y huecos de la vía.
M-25	Depresión, grietas de borde y huecos	Realizar un parcheo parcial – profundo en las depresiones y grietas de borde, en los huecos aplicar un parcheo profundo.
M-27	Grietas de borde y huecos	Realizar un parcheo profundo en los huecos presentes.
M-29	Grietas de borde, huecos y desprendimiento de agregados	Realizar el tratamiento superficial en la parte de desprendimiento y parcheo parcial - profundo en los bordes y huecos de la vía.
M-30	Grietas de borde, huecos y desprendimiento de agregados	Realizar el tratamiento parcial - profundo en la parte de desprendimiento y parcheo profundo en los bordes y huecos de la vía.
M-33	Depresión, grietas de borde, huecos y ahuellamientos	Realizar un parcheo superficial en las

			depressiones y grietas de borde, en los huecos aplicar un parcheo profundo. Realizar un parcheo parcial - profundo y profundo en los baches según corresponda. Realizar un parcheo parcial - profundo y profundo en las grietas borde y baches según corresponda, así mismo un tratamiento superficial en la parte del desprendimiento. Realizar un parcheo parcial - profundo y profundo en las grietas borde y baches según corresponda. Solo realizar un fresado en la losa 8 para eliminar la escala, reparar la base de dicha losa y sustituir el pavimento en dicha zona. Realizar un tratamiento superficial en la parte de los desprendimientos y un parcheo superficial en los huecos y grietas. Realizar una reconstrucción de pavimento en la parte del desprendimiento, parcheos parciales y profundos en las grietas y huecos según corresponda.
	M-40	Grietas de borde y huecos	
	M-49	Depresión, grietas de borde, huecos	
	M-51	Grietas de borde, huecos y desprendimientos de agregados	
	M-52	Grietas de borde y huecos	
<b>SECTOR 07</b>	M-01	Escalas, sellos de junta, parcheos pequeños, descascamientos de junta.	
	M-01	Grietas de borde, huecos y desprendimientos de agregados	
<b>SECTOR 08</b>			
	M-02	Depresión, grietas de borde, huecos y desprendimientos de agregados	

	M-03	Grietas de borde, huecos y desprendimientos de agregados	Realizar una reconstrucción de pavimento en la parte del desprendimiento y parcheos profundos en las grietas borde y huecos según corresponda.
	M-04	Depresión, grietas de borde, huecos y desprendimientos de agregados	Realizar una reconstrucción de pavimento en la parte del desprendimiento, parcheos
	M-05	Corrugación, depresión, grietas de borde, huecos y desprendimientos de agregados	parciales y profundos en las grietas y huecos según corresponda.
	M-06	Grietas de borde, huecos y ahuellamientos	Realizar un parcheo superficial - profundo y profundo en las grietas borde y baches según corresponda.
	M-07	Piel de cocodrilo, grietas de borde y huecos	Realizar un sello superficial en la parte de las grietas y un parcheo profundo en huecos y zonas de grietas de borde.
	M-08	Piel de cocodrilo, ahuellamientos y desprendimientos de agregados	Realizar un tratamiento superficial en la parte del desprendimiento.
	M-12	Depresión, grietas de borde, huecos y desprendimientos de agregados	Realizar la reconstrucción en dichas zonas de desprendimiento y parcheos profundos en las grietas bordes y huecos en la vía.
<b>SECTOR 10</b>	M-01	COLAPSADO	Reconstrucción del pavimento, en lo posible reconstruir hasta la subrasante.
<b>SECTOR 11</b>	M-03	Depresión, grietas de borde y huecos	Realizar un parcheo parcial - profundo y profundo en las grietas borde y

		baches según corresponda.
M-06		Reconstrucción del pavimento, en lo posible
M-07	Desprendimiento de agregados	reconstruir hasta la subrasante.
M-10	Depresión, grietas de borde y huecos	Realizar un parcheo superficial en las depresiones y grietas de borde, en los huecos aplicar un parcheo profundo.
M-11	Grietas de borde y huecos	Realizar un parcheo profundo en grietas de borde y huecos.
M-12	Grietas de borde, huecos y desprendimientos de agregados	Realizar una reconstrucción superficial del pavimento.
M-15	Grietas de borde, huecos y ahuellamientos	Realizar un parcheo profundo en huecos.
M-16	Grietas de borde, parcheos, huecos y ahuellamientos	
M-17	Grietas de borde, huecos y ahuellamientos	Realizar un parcheo profundo en grietas de borde y huecos.
M-22	Grietas de borde, parcheos, huecos y ahuellamientos	
M-23	Depresión, grietas de borde, parcheos, huecos y ahuellamientos	Realizar un parcheo superficial en las depresiones, en los huecos y grietas de borde aplicar un parcheo profundo.
M-24	Depresión, grietas de borde, parcheos, huecos y ahuellamientos	Realizar un parcheo superficial o profundo en las depresiones, grietas de bordes y huecos según corresponda.
M-25	Grietas de borde, parcheos y huecos	Realizar un parcheo parcial - profundo en huecos y un parcheo profundo en las grietas de borde.

M-28	Grietas de borde, parcheos y huecos	Realizar un parcheo parcial - profundo en las grietas de borde y un parcheo profundo en los huecos.
M-29	Corrugación, grietas de borde, parcheos y huecos	Realizar una reconstrucción en la parte de corrugación y un parcheo profundo para las grietas de borde y el hueco.
M-30	Grietas de borde, pulimiento y huecos	Realizar un sellado para las grietas longitudinales y de borde, realizar también un parcheo profundo en los huecos.
M-31	Agrietamientos en bloque, grietas de borde y ahuellamientos	Se realiza un sellado de grietas para los agrietamientos en bloques y un parcheo superficial para las grietas borde y ahuellamientos
M-32	Grietas de borde, huecos y ahuellamientos	Se realiza un parcheo superficial para los ahuellamientos y uno profundo para las grietas y huecos.
M-34	Grietas de borde, huecos y ahuellamientos	Se realiza un parcheo parcial - profundo para las grietas de borde y ahuellamientos.
M-35	Piel de cocodrilo, grietas borde y ahuellamientos	Realizar un parcheo parcial - profundo para las grietas borde.
M-36	Piel de cocodrilo, grietas borde y ahuellamientos	Realizar un sello superficial en las grietas y en las grietas borde
M-40	Piel de cocodrilo, grietas borde y ahuellamientos	Realizar un parcheo parcial - profundo.
M-42	Grieta de borde, grietas longitudinales y huecos.	Realizar un parcheo profundo en las grietas de borde y los huecos.

---

## **Interpretación**

Se compararon los resultados de los métodos Índice de Condición de Pavimento (PCI) e Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) en los distintos sectores estudiados. Aunque ambos métodos evaluaron el pavimento desde perspectivas distintas; el PCI, enfocado en los defectos superficiales, y el PSI, en la percepción de comodidad y seguridad para el usuario, se observó una alta coincidencia en sus valoraciones sobre el estado del pavimento.

Se realizó un análisis de las fallas encontradas en el pavimento y se propusieron soluciones específicas para cada muestra evaluada. En esta investigación, el enfoque se centró en ofrecer soluciones para las muestras clasificadas en condiciones de "Regular", "Malo", "Muy Malo" y "Fallado". Para cada tipo de falla, se identificaron técnicas de reparación similares a las propuestas por Díaz (2020), utilizando métodos de mantenimiento ampliamente conocidos en el ámbito de pavimentos, tales como el parcheo, sellados superficiales, tratamientos superficiales para pavimentos flexibles y fresado para pavimentos rígidos.

Además, en algunos sectores y muestras, se determinó la necesidad de una reconstrucción o rehabilitación completa, siguiendo un criterio similar al de C. Correa & Del Carpio (2019), quienes definieron sectores específicos para mantenimiento o rehabilitación integral. Estas recomendaciones buscan asegurar la restauración adecuada del pavimento, abordando tanto los defectos superficiales como los deterioros estructurales más significativos.

## **4.5. Discusión de resultados**

### **Objetivo 1: Evaluar el Índice Medio Diario (IMD) de la vía SM 113 Km 0+000 al Km 9+700.**

En el análisis del IMD, se observa un tráfico vehicular notablemente mayor al proyectado inicialmente, alcanzando un promedio de 546 vehículos diarios en el tramo Nueva Cajamarca – Ucrania y 510 vehículos en el tramo Ucrania – Yuracyacu. Este resultado refleja una intensificación en el uso de la vía, siendo el 83.56 % del tránsito correspondiente a vehículos livianos. Asimismo, se registra una alta concentración de flujo durante los fines de semana, superando el 40 % en comparación con los días hábiles.

Estos datos contrastan con el antecedente del estudio de tráfico realizado por el Consorcio Selcas, el cual estimaba un IMDA de apenas 175 vehículos, lo que evidencia una subestimación de la demanda real. Este incremento puede explicarse

metodológicamente por la actualización de los datos a través de aforos directos realizados durante dos semanas continuas, cubriendo diferentes horarios, lo que proporciona una estimación más representativa de la situación actual. En línea con lo señalado por Campos & Irigoín (2020), este aumento sostenido del tránsito vehicular en Cajamarca y sus alrededores genera un desgaste acelerado de la infraestructura vial, exigiendo una gestión más dinámica y actualizada de la red carretera.

**Objetivo 2: Determinar el estado del pavimento mediante el Índice de Condición del Pavimento (PCI).**

Los resultados obtenidos mediante el método PCI revelan un estado general de “Regular” a “Malo” en los tramos evaluados. Se identificaron 11 de las 19 fallas estructurales posibles según la norma ASTM D6433-07, siendo las más frecuentes las grietas de borde, huecos, desprendimiento de agregados y parcheos, además de descascaramiento en zonas de pavimento rígido. Este patrón de deterioro sugiere una combinación de factores: sobrecarga vehicular, materiales de baja calidad en la construcción inicial y falta de mantenimiento periódico.

Estas conclusiones coinciden con lo reportado por Sabando (2019) en su estudio sobre el pavimento de la vía al puerto de Manta, donde también se detectó una alta incidencia de fallas estructurales atribuibles al desgaste por tráfico intenso y ausencia de intervenciones oportunas. Asimismo, Correa y Del Carpio (2019) identifican situaciones similares en Piura, recomendando acciones diferenciadas según el nivel de daño. En ambos casos, se aplica el mismo enfoque metodológico PCI, lo que refuerza la validez comparativa y permite establecer una coherencia en los hallazgos a pesar de los diferentes contextos geográficos.

**Objetivo 3: Determinar el estado del pavimento mediante el Índice Internacional de Rugosidad (IRI).**

El IRI arroja valores de 2.47 m/km en el carril izquierdo y 2.70 m/km en el derecho, clasificando el estado de la vía como “Regular” de acuerdo con el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI). Este nivel sugiere una disminución del confort en la rodadura, con riesgo de deterioro progresivo si no se realizan acciones correctivas oportunas. La concordancia entre los resultados obtenidos por el IRI y el PCI valida el diagnóstico, fortaleciendo la identificación de los tramos críticos y las prioridades de intervención.

Flores y Upiachihua (2021), en un estudio desarrollado en la misma región de San Martín, también reportan un estado “Regular” de serviciabilidad mediante el IRI,

utilizando el mismo dispositivo (rugosímetro Merlín), lo que permite una comparación metodológicamente consistente. No obstante, los valores reportados por dichos autores (3.98 y 4.16 m/km) son más elevados que los obtenidos en el presente estudio, lo cual podría atribuirse a diferencias en el periodo de evaluación, tipo de vía o condiciones específicas del tráfico local.

**Objetivo 4: Determinar el grado de serviciabilidad para la selección de técnicas de intervención.**

A partir de la combinación de los métodos PCI e IRI, se determina que la carretera presenta sectores con deterioro leve, moderado y severo, lo que justifica la propuesta de intervenciones diferenciadas: mantenimiento superficial, parcheo localizado, sellado de fisuras y, en tramos más comprometidos, rehabilitación total. Esta conclusión está alineada con lo expuesto por Valles y Pulache (2021), quienes, mediante el PCI, proponen también soluciones específicas según el nivel de daño detectado, destacando que no toda la vía requiere una reconstrucción integral.

Asimismo, Díaz (2020) destaca que una evaluación superficial precisa y visualmente sustentada permite optimizar la planificación del mantenimiento vial, reduciendo costos y priorizando sectores según la gravedad de las fallas. En este sentido, la presente investigación confirma la utilidad operativa y técnica de los métodos aplicados para fundamentar decisiones de inversión en infraestructura vial regional.

## CONCLUSIONES

1. El análisis del Índice Medio Diario (IMD) confirma que el flujo vehicular en la vía departamental SM 113 es mayor que las proyecciones anteriores, lo que evidencia un incremento en la afluencia vehicular, posiblemente ligado al crecimiento de la población local. Este incremento señala la importancia de evaluar el pavimento en función del tráfico real y ajustado a las necesidades de la comunidad, asegurando que la infraestructura responda a las demandas actuales y futuras.
2. La evaluación mediante el Índice de Condición de Pavimento (PCI) revela que la carretera presenta sectores en estado avanzado de deterioro, algunos sin pavimento visible. Este hallazgo establece la urgencia de implementar un programa de mantenimiento adecuado y sostenido para prevenir el empeoramiento de las condiciones actuales y prolongar la vida útil de la vía, en línea con estándares de calidad y seguridad.
3. Los valores obtenidos a través del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) reflejan un estado de serviciabilidad calificado como "Regular", lo que implica que la vía se encuentra aún en condiciones utilizables, aunque al borde de un mayor deterioro. Esto subraya la importancia de acciones preventivas que aborden la rugosidad del pavimento y mantengan un nivel aceptable de confort y seguridad para el usuario en el corto plazo.
4. La coherencia observada entre el PCI y el IRI respalda la utilidad de aplicar ambos métodos de manera complementaria para evaluar no solo la estructura superficial del pavimento, sino también la calidad percibida del servicio de la vía. Este enfoque permite identificar de manera precisa las áreas que requieren intervención inmediata, fortaleciendo así las decisiones de mantenimiento y rehabilitación en pavimentos similares.
5. La aplicación de los métodos de Índice de Condición de Pavimentos (PCI) y del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) permite establecer una evaluación superficial del estado del pavimento que define con precisión su grado de serviciabilidad. Estos métodos, al cumplir los objetivos de análisis de deterioro y confort, consolidan su efectividad como herramientas para el diagnóstico técnico del pavimento.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda:

- Realizar estudios similares a este en vías departamentales para obtener información detallada que facilite la gestión de planes efectivos de mantenimiento o rehabilitación, garantizando la adecuada conservación de la infraestructura.
- Realizar conteos vehiculares en días clave, considerando factores climáticos, para obtener un valor real y preciso del tráfico vehicular, lo que permitirá una evaluación más precisa del uso de la vía.
- Analizar previamente el estado y tipo de pavimento en los tramos a estudiar, lo cual facilitará la creación de formatos adecuados y eficientes para la recolección de datos, optimizando el proceso de evaluación. Contar con personal calificado para el uso del Rugosímetro de Merlín, ya que es necesario calibrar adecuadamente el equipo, especialmente si los tramos no son continuos, para asegurar la fiabilidad de los resultados.
- Evaluar el impacto del tránsito y las condiciones climáticas sobre el deterioro del pavimento en futuros estudios, para comprender mejor los factores que contribuyen a la reducción de la serviciabilidad de la carretera y optimizar las estrategias de mantenimiento y conservación.
- De la investigación realizada se concluye que los métodos PCI e IRI son altamente efectivos para analizar y determinar la serviciabilidad del pavimento, ya sea en el análisis de la degradación del pavimento o el confort para los vehículos que lo transitan.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, J. (2012). Hipótesis, Método & Diseño de Investigación. *Daena*, 7.
- Alzate, S. (2019). *Sistema de clasificación de severidad de daños en pavimentos flexibles para determinar posibles intervenciones* [Tesis de licenciatura]. Universidad EIA.
- Bustamante, E. (2019). *Evaluación del estado actual del pavimento rígido en el jirón Angamos desde la intersección con el jirón Saramacdougall hasta el jirón Miguel Carducci - Cajamarca 2018* [Tesis de licenciatura]. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Bustos, H., Sosa, P., Rodríguez, N., & Calderón, J. (2018). Fundamentos micro y macroscópicos de la modificación del asfalto convencional con polímeros: una revisión. *SCOPUS*, 13.
- Campos, A., & Irigoín, I. (2020, February 28). Deterioro prematuro de los pavimentos exteriores de la zona urbana en la ciudad de Chota. *Revista Ciencia Nor@ndina*, 97.
- Caña, K., González, F., Gorrin, M., & Méndez, N. (2023). Evaluación del índice deterioro de pavimentos flexibles en carreteras de interés nacional. *Dialnet*, 12.
- Castope, L. (2019). *Evaluación del estado actual del pavimento rígido en jirón Yahuar Huaca del distrito de los Baños del Inca - Cajamarca 2018* [Tesis de Licenciatura]. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Castro, M., Castro, L., & Castro, P. (2020). Aplicación práctica del método AASHTO-93 para el diseño de pavimento rígido. *Polo Del Conocimiento*, 5.
- Correa, M., & Del Carpio, L. (2019). *Evaluación PCI y propuesta de intervención para el pavimento flexible del jirón Los Incas de Piura* [Tesis de licenciatura]. Universidad de Piura.
- Díaz, Y. (2020). *Evaluación funcional del estado actual de calles y avenidas por método de inspección visual en el caco central del distrito de Chiclayo, provincia de Chiclayo departamento de Lambayeque*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil Ambiental]. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Flores, E., & Pilco, D. (2021). *Ándale funcionamiento pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular, utilizando el rugosímetro de merlín en la av. Gustavo Pinto, Tacna - 2020* [Tesis de Licenciatura]. Universidad Privada de Tacna.

- Flores, M., & Upiachihua, G. (2021). *Determinación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y las propiedades físicas y mecánicas del Km 00 + 000 hasta el Km 09 + 000 de capa asfáltica de la ruta EMP.PE-5N (DV. Lamas), provincia Lamas, departamento San Martín*. [Tesis de Licenciatura]. Universidad Nacional de San Martín.
- Guzmán, D., Hernández, J., López, T., Horta, J., & Giraldo, D. (2021). Uso de agregado de pavimento asfáltico reciclado para un pavimento rígido. *Redalyc*, 23.
- International ASTM D 6433-07. (n.d.). *Standard Practice for Road and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*.
- Julaniya, C., Thakre, V., & Tare, V. (2021). Methodology for performance evaluation of cold mix technology of rural road: A review. *Scielo*, 49.
- Limay, T. (2021). *Análisis del Índice de Rugosidad Internacional de la superficie del pavimento flexible de la vía Cajamarca - Baños del Inka utilizando el rugosímetro de Merlín* [Tesis de Licenciatura]. Universidad Nacional de Cajamarca.
- López, C. (2018). *Influencia del índice de rugosidad internacional (IRI) en el comportamiento funcional y toma de decisiones de gestión vial en el tramo comprendido entre Silvania (pr 78+600) y Fusagasugá (pr 64+000) de la doble calzada Bogotá – Girardot*. [Tesis de Licenciatura]. Universidad Militar Nueva Granada.
- Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada. *Dialnet*, 3.
- Magalhães, M., de Oliveira, A., & Mayor, J. (2020). NÁLISE DE VIABILIDADE DA MANUTENÇÃO DE ESTRADAS COM SOFTWARE PARA GERENCIAMENTO DE PISO: APLICAÇÃO DO HDM-4 NA RODOVIA BR 010 / MA. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 6(3), 76.
- Medina, I., Oblitas, B., & Paredes, C. (2022). Índice de regularidad internacional e índice de condición de pavimento para definir niveles de serviciabilidad de pavimentos. *Scielo*, 18(2).
- Ministerio de Transporte y comunicaciones provias nacional. (2011). *ESTUDIO DE DEMANDA DE CARGA Y PASAJEROS 2010*.
- Oblitas, B., Medina, I., & Paredes, C. (2021). Índice de regularidad internacional e índice de condición de pavimento para definir niveles de serviciabilidad de pavimentos. *Scielo*, 18.

- Oreto, C., Massotti, L., Biancardo, S., Verapalumbo, P., Viscione, N., & Russo, F. (2021). BIM-Based Pavement Management Tool for Scheduling Urban Road Maintenance. *Infrastructures*, 6(148).
- Ortiz, E., & Zapata, L. (2022). *Determinar Causas y Nivel de Deterioro del Pavimento Flexible de la Calle Pariñas del AA. HH 9 de octubre, Provincia de Sullana, Departamento de Piura*. [Proyecto de Trabajo de Investigación]. Universidad Nacional de Piura.
- Pérez, L., Tamayo, B., Fuentes, D., Mijenes, C., & Alonso, A. (2022). Empleo de adoquines de concreto en la construcción de pavimentos. *Redalyc*, 16.
- Ramírez, D., & Valenzuela, L. (2023). Plan de mantenimiento periódico del pavimento en el tramo Paradero Las Retamas – Puente Los Ángeles. *Scielo*, 25.
- Reyes, J. (2020). Consideraciones acerca del cumplimiento de los principios éticos en la investigación científica. *Conrado*, 8.
- Ríos, N., Bacca, B., Caicedo, E., & Orobio, A. (2020). Revisión de métodos para la clasificación de fallas superficiales en pavimentos flexibles. *Scielo*, 30.
- Sabando, C. (2019). *Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la carretera puerto-aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de Manabí*. [Tesis de licenciatura]. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.
- Sampsp. (2019). *Protocolo para la monitorización de la bioseguridad ambiental*.
- Sepúlveda, N. (2019). *Evaluación de deterioro en un pavimento flexible, reporte de caso: Desde la avenida Francisco Fernández de Contreras, calle 7 hasta la carrera 10, Ocaña agua de la Virgen*. [Proyecto de Trabajo de Investigación]. Universidad Pontificia bolivariana.
- Shukla, S. (2020). CONCEPT OF POPULATION AND SAMPLE. *ResearchGate*.
- Sigueñas, J. (2022). *Análisis de estado estructural y funcional del pavimento flexible en la avenida Coronel Portillo, distrito de Huara, 2021*. [Tesis de licenciatura]. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.
- Valles, G., & Pulache, J. (2021). *Evaluación del estado superficial del pavimento flexible, mediante el método del Índice de Condición del Pavimento, en la vía Lamas - cruce con la vía Fernando Belaunde Terry, en la provincia de Lamas, región San Martín – 2019* [Tesis de Licenciatura]. Universidad Científica del Perú.

Vargas, C. (2018). *Análisis comparativo de la inspección visual de un pavimento flexible, por los métodos tradicional y por sensores remotos en un kilómetro de calle séptima en el Municipio de Cajica Cundimarca* [Programa de Ingeniería Civil]. Universidad Militar Nueva Granada.



Vasquez, L. (2002). PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI). *Ingeniería de Pavimentos*.

## **ANEXOS**

## Anexo 01: Matriz de consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS	HIPOTESIS GENERAL	OPERACIONALIZACIÓN		METODOLOGÍA
			VARIABLES	INDICADORES	MATERIALES Y MÉTODOS
¿En qué medida la aplicación de los métodos del Índice de Condición de Pavimentos e Índice Internacional de rugosidad permitirán una evaluación superficial del estado actual del pavimento de la carretera Nueva Cajamarca - Yuracyacu?	<p>OBJETIVO GENERAL:</p> <p>Aplicar los métodos de Índice de Condición de Pavimentos y el Índice Internacional de rugosidad para evaluar el pavimento de la carretera Nueva Cajamarca – Yuracyacu.</p> <p>OBJETIVOS ESPECIFICOS:</p> <p>O1.- Evaluar el Índice medio diario (IMD) de la vía SM 113 Km 0 +000 (Emp.PE-5N) al Km 9+ 000 (Dv. Yuracyacu).</p> <p>O2.- Determinar el estado del pavimento de la vía SM 113 Km 0 +000 (Emp.PE-5N) al Km 9+ 000 (Dv. Yuracyacu) mediante el Índice de condición de pavimento (PCI).</p> <p>O3.- Determinar el estado del pavimento de la vía SM 113 Km 0 +000 (Emp.PE-5N) al Km 9+ 000 (Dv. Yuracyacu) mediante el Índice internacional de Rugosidad (IRI) usando el rugosímetro de Merlín.</p> <p>O4.- Determinar el grado de serviciabilidad de la vía para la selección de la técnica adecuada de rehabilitación, reparación o reconstrucción del pavimento.</p>	<p>La aplicación de métodos de Índice de Condición de Pavimentos y el Índice Internacional de rugosidad fundación permitirán una evaluación superficial del estado actual del pavimento para determinar el grado de serviciabilidad.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> <p>Uso de los métodos del Índice de Condición de Pavimento (PCI) e Índice Internacional de Rugosidad (IRI).</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <p>Condición de serviciabilidad del pavimento del camino vecinal SM 113 Km 0 +000 (Emp.PE-5N) al Km 9+ 000 Emp.PE-5N (Dv. Yuracyacu).</p>	<p>Para la Variable Independiente:</p> <p>PCI e IRI</p> <p>Para la Variable Dependiente:</p> <p>Estado actual del pavimento del vecinal SM 113 Km 0 +000 (Emp.PE-5N) al Km 9+ 000 (Dv. Yuracyacu).</p>	<p><b>OPERACIONALIZACION POR OE:</b></p> <p>TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tipo de la Investigación: APLICADA.</li> <li>➤ Nivel de la Investigación: DESCRIPTIVA</li> </ul> <p>DISEÑO DE LA INVESTIGACION: El diseño es transversal.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Población:</i> pavimento de la vía 113 Km 0 +000 (Emp.PE-5N) al Km 9+ 000 (Dv. Yuracyacu).</li> <li>➤ <i>Muestra:</i> <i>PCI:</i> 158 unidades de muestra <i>IRI:</i> 14 segmentos con 400 observaciones cada uno.</li> </ul>


**Anexo 02:** Carta de autorización para investigación en la vía.

	<b>MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE NUEVA CAJAMARCA</b> <i>Gerencia de Infraestructura y Desarrollo Urbano y Rural – GIDUR</i>	
<i>"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"</i>		
<b><u>CARTA N° 0227-2024-GDTI/MDNC</u></b>		
<b>A</b>	<b>: BACH. ING. ALLEN EDUARDO ESPINOZA SÁNCHEZ</b> Egresado – Universidad Nacional de San Martín.	
<b>ASUNTO</b>	<b>: AUTORIZACIÓN PARA LA INTERVENCIÓN EN LA CARRETERA NUEVA CAJAMARCA – YURACYACU</b>	
<b>REF.</b>	<b>: (1) CARTA N° 001-2024-AEES/NC</b>	
<b>FECHA</b>	<b>: Nueva Cajamarca, 06 de setiembre del 2024</b>	

---

Es grato dirigirme a usted expresándole mi cordial saludo, asimismo, en atención al documento de la referencia (1) hago llegar la Opinión Favorable para la Autorización del permiso para la intervención en la Carretera de Nueva Cajamarca - Yuracyacu, con la Finalidad de llevar a cabo el Estudio de **"Evaluación Superficial del Pavimento de la Carretera, Nueva Cajamarca – Yuracyacu"**, mediante los Métodos de PCI e IRI; el cual es un estudio principal para la realización de su trabajo de Investigación – TESIS. Que se tome medidas de precaución necesarias (colocación de cintas, conos de señalización) para evitar algún tipo de accidente e inconvenientes al Tránsito Vehicular.

Es todo cuanto Informo a usted para los trámites correspondientes, salvo mejor parezca.



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE NUEVA CAJAMARCA  
**Ing. Estalin Ysaac Pinchi**  
GERENTE DE DESARROLLO TERRITORIAL E INFRAESTRUCTURA

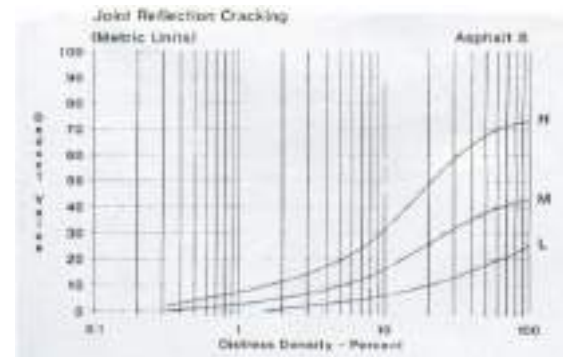
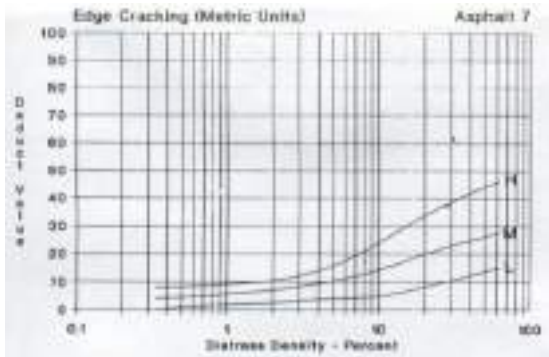
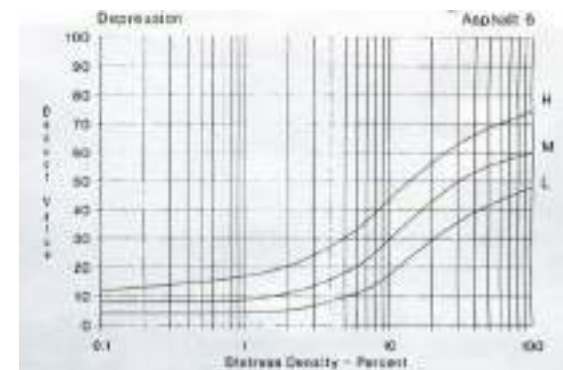
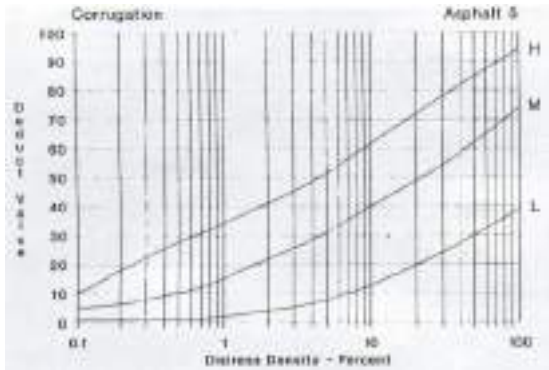
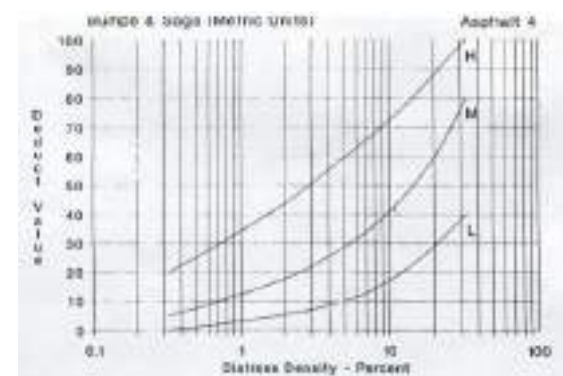
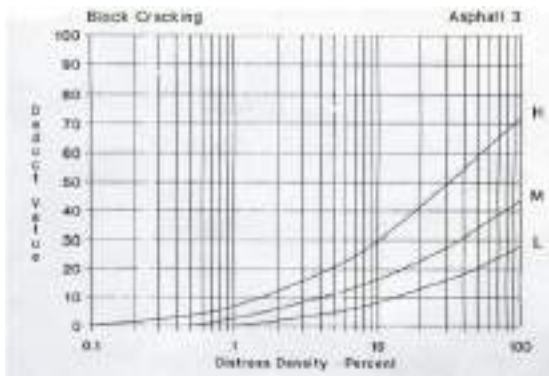
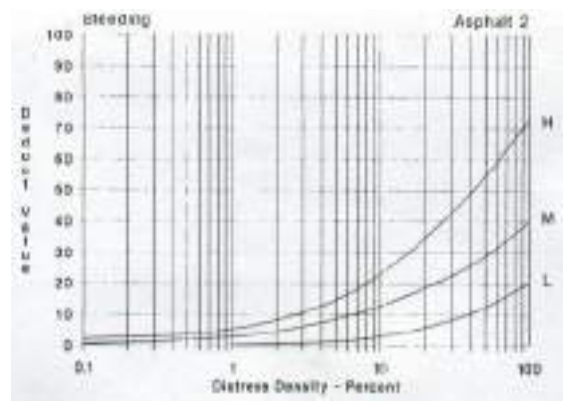
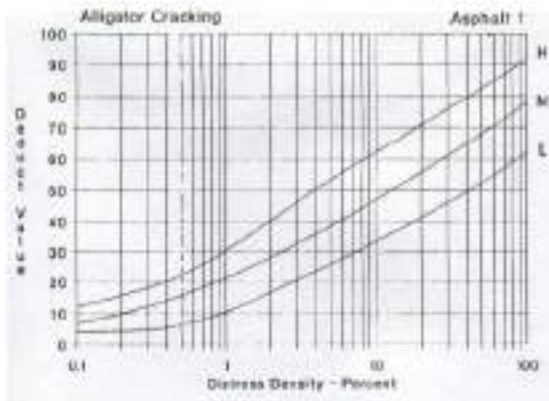
**ANEXO:**  
• INFORME N° 036-2024-SGCyP-GDTI/MDNC (4 folios) - REG. 3750  
Cc. ARCHIVO

**Anexo 03:** Censo poblacional y tasa de crecimiento poblacional 2007 y 2017.

<b>CUADRO N° 2.2</b> <b>SAN MARTÍN: POBLACIÓN CENSADA Y TASA DE CRECIMIENTO PROMEDIO ANUAL, SEGÚN</b> <b>PROVINCIA, 2007 – 2017</b> (Absoluto y porcentaje)							
Provincia	2007 <sup>(1)</sup>		2017 <sup>(1)</sup>		Variación intercensal 2007-2017		Tasa de crecimiento promedio anual
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%	
<b>Total</b>	<b>728 808</b>	<b>100,0</b>	<b>813 381</b>	<b>100,0</b>	<b>84 573</b>	<b>11,6</b>	<b>1,1</b>
Moyobamba	115 389	15,8	122 365	15,0	6 976	6,0	0,6
Bellavista	49 293	6,8	55 033	6,8	5 740	11,6	1,1
El Dorado	33 638	4,6	36 752	4,5	3 114	9,3	0,9
Huallaga	24 448	3,4	27 506	3,4	3 058	12,5	1,2
Lamas	79 075	10,8	81 521	10,0	2 446	3,1	0,3
Mariscal Cáceres	50 884	7,0	64 626	8,0	13 742	27,0	2,4
Picota	37 721	5,2	40 545	5,0	2 824	7,5	0,7
Rioja	104 882	14,4	122 544	15,1	17 662	16,8	1,6
San Martín	161 132	22,1	193 095	23,7	31 963	19,8	1,8
Tocache	72 346	9,9	69 394	8,5	- 2 952	-4,1	-0,4

Fuente: INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda 2007 y 2017.

**Anexo 04:** Curvas Valor deducido del daño.



El resto de curvas se encuentran en el enlace a continuación:

<https://drive.google.com/file/d/1mCY46PGI3uH4hKsUutw7-OexhXbdNukZ/view?usp=sharing>

## Anexo 05: Conteo vehicular por día.

FORMULARIO Nº 1												
TRAMO DE LA CARRETERA:				UCRANIA - YURACYACU				ESTACION		E-02		
SENTIDO:				AMBOS				DIA		LUNES		
UBICACIÓN:				Km 5+800; E249824 N9342463				FECHA		24/06/2024		
ENCUESTADOR				ALLEN EDUARDO ESPINOZA SÁNCHEZ								
HORA	SENTIDO	MOTOS	AUTO	CAMIONETAS		CAMION			SEMI TRAYLER			TOTAL
				PICK UP	RURAL Combi	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S3	
05:00 - 06:00	E-O →	95	5	8	2	2	1	0	1	1	0	115
	O-E ←	120	8	7	1	0	1	0	0	0	0	137
06:00 - 07:00	E-O →	88	8	6	0	0	0	0	0	0	0	102
	O-E ←	102	6	9	0	2	0	0	0	0	0	119
07:00 - 08:00	E-O →	108	8	5	0	2	2	0	1	0	0	126
	O-E ←	114	7	4	1	0	2	0	0	0	0	128
08:00 - 09:00	E-O →	152	2	3	3	2	1	0	0	0	0	163
	O-E ←	119	4	6	2	1	4	0	0	0	0	136
09:00 - 10:00	E-O →	100	5	5	1	2	2	0	1	0	0	116
	O-E ←	100	3	1	2	0	1	0	1	2	0	110
10:00 - 11:00	E-O →	100	6	4	2	1	0	0	0	1	0	114
	O-E ←	96	4	2	1	1	1	0	1	0	0	106
11:00 - 12:00	E-O →	110	5	1	3	0	1	0	0	0	0	120
	O-E ←	135	8	8	2	1	2	0	0	0	1	157
12:00 - 13:00	E-O →	123	10	5	0	1	0	0	0	0	0	139
	O-E ←	96	8	8	0	2	2	0	0	0	0	116
13:00 - 14:00	E-O →	110	10	4	0	0	0	1	0	0	0	125
	O-E ←	139	11	9	0	1	1	1	0	0	0	162
14:00 - 15:00	E-O →	108	8	5	0	2	1	0	0	0	0	124
	O-E ←	99	6	4	2	1	1	0	2	0	0	115
15:00 - 16:00	E-O →	72	7	3	1	2	0	0	1	0	0	86
	O-E ←	99	8	1	3	3	1	2	0	1	0	118
16:00 - 17:00	E-O →	98	7	2	2	1	0	1	1	0	0	112
	O-E ←	120	5	8	1	2	0	0	0	0	0	136
17:00 - 18:00	E-O →	145	7	4	2	2	1	0	0	0	0	161
	O-E ←	100	8	2	2	1	1	2	2	0	1	119
18:00 - 19:00	E-O →	100	8	8	1	1	0	1	0	0	0	119
	O-E ←	255	15	9	1	1	0	2	0	2	1	286
<b>TOTALES</b>		<b>3203</b>	<b>197</b>	<b>141</b>	<b>35</b>	<b>34</b>	<b>26</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>3667</b>

Los demás formularios se encuentran en el enlace presentado a continuación:

[https://drive.google.com/file/d/1212pasWT398r2\\_UidCovnfQ7Mdc4Q8pE/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1212pasWT398r2_UidCovnfQ7Mdc4Q8pE/view?usp=sharing)

Anexo 06: Estudio de Trafico por Consorcio Selcas.

CUADRO N° 7.4.2  
 TRAFICO TOTAL  
 TRAMO: EMP. PE-5N (NUEVA CAJAMARCA) - UCRANIA

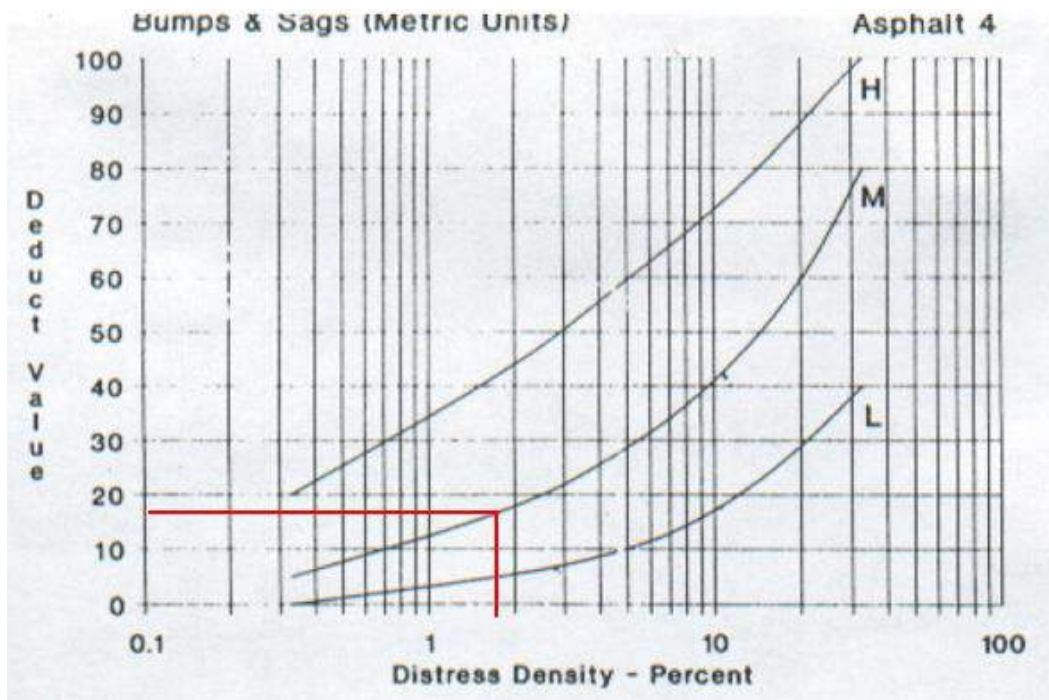
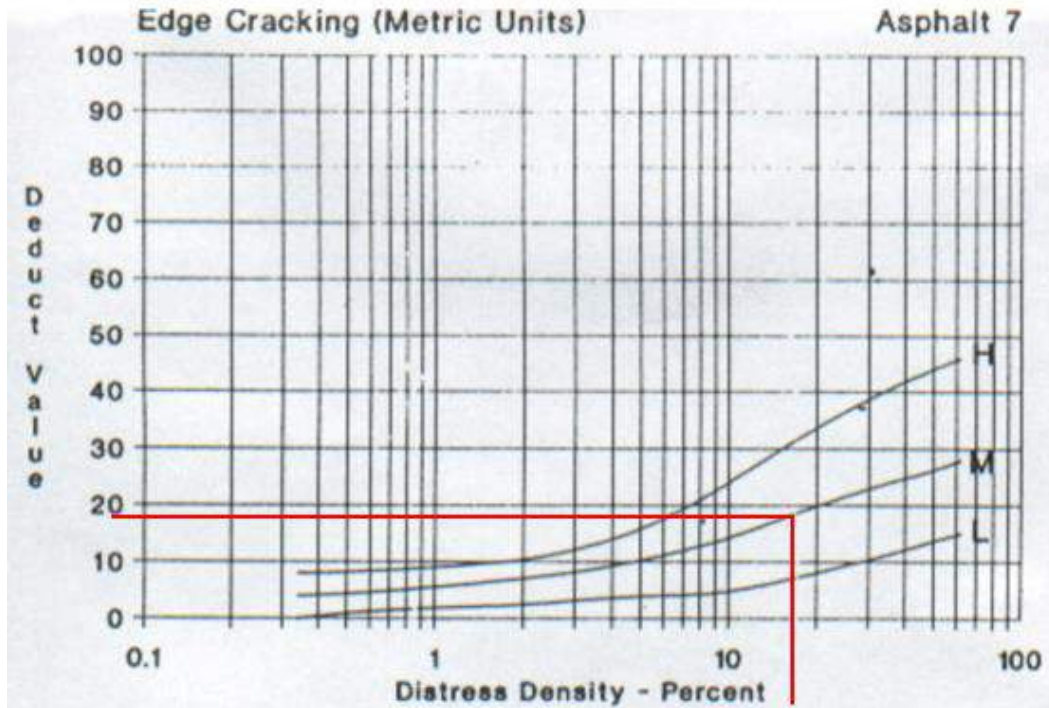
AÑO	Autos	S. Wagon	Camionetas			Micro	Omnibus			Camion			Semitraylers					Traylers				Total Veh. Livianos	Total Veh. Pesados	TOTAL	
			Pick Up	Panel	Rural		2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S 1	2S 2	2S 3	3S 1	3S 2	>=3S 3	2T2	2T3	3T2				>=3T3
2014	22	56	64	3	20	1	0	0	0	23	4	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	166	33	199
2015	23	58	66	3	21	1	0	0	0	24	4	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	171	34	205
2016	28	72	81	4	25	1	0	0	0	30	5	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	210	42	252
2017	28	74	84	4	26	1	0	0	0	31	5	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	217	43	260
2018	29	76	87	4	27	1	0	0	0	32	5	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	224	45	268
2019	30	79	89	4	28	1	0	0	0	33	5	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	231	46	277
2020	31	81	92	4	28	1	0	0	0	34	5	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	239	47	286
2021	32	84	95	4	29	1	0	0	0	35	6	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	246	49	295
2022	33	87	98	4	30	1	0	0	0	36	6	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	254	51	305
2023	34	90	101	4	31	1	0	0	0	37	6	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	263	52	315
2024	35	92	105	5	32	2	0	0	0	39	6	2	0	2	2	2	2	2	0	0	0	0	271	54	325

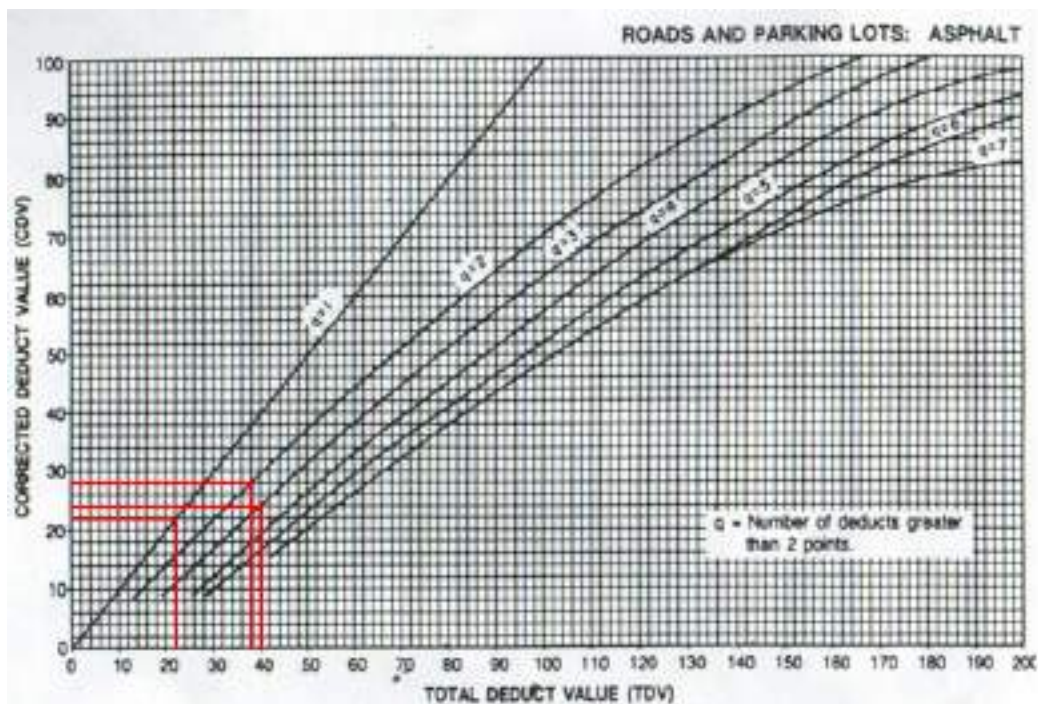
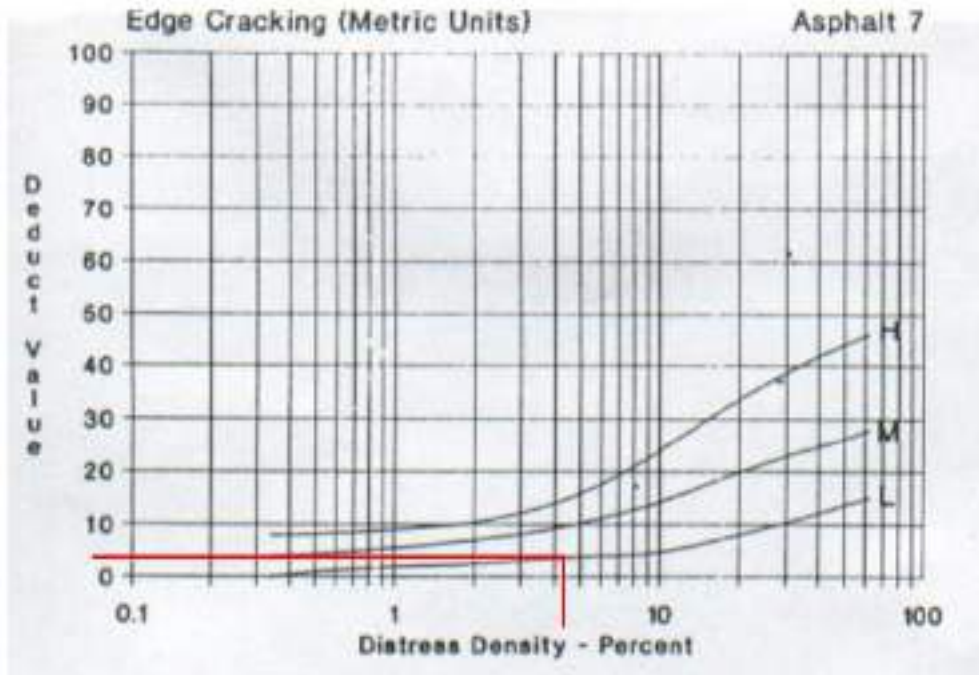
CUADRO N° 7.4.3  
 TRÁFICO TOTAL  
 TRAMO: UCRANIA - YURACYACU

AÑO	Autos	S. Wagon	Camionetas			Micro	Omnibus			Camion			Semitraylers					Traylers				Total Veh. Livianos	Total Veh. Pesados	TOTAL	
			Pick Up	Panel	Rural		2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S 1	2S 2	2S 3	3S 1	3S 2	>=3S 3	2T2	2T3	3T2				>=3T3
2014	3	17	47	0	42	1	17	0	0	6	3	12	7	0	1	1	0	1	1	1	0	0	110	50	160
2015	3	18	49	0	43	1	18	0	0	6	3	12	7	0	1	1	0	1	1	1	0	0	114	52	165
2016	4	22	60	0	54	1	22	0	0	7	4	15	8	0	1	1	0	1	1	1	0	0	140	62	202
2017	4	22	62	0	55	1	22	0	0	7	4	16	9	0	1	1	0	1	1	1	0	0	144	64	208
2018	4	23	64	0	57	1	23	0	0	8	4	17	9	0	1	1	0	1	1	1	0	0	149	66	215
2019	4	24	66	0	59	1	24	0	0	8	4	17	9	0	1	1	0	1	1	1	0	0	154	68	222
2020	4	24	68	0	61	1	24	0	0	8	4	18	9	0	1	1	0	1	1	1	0	0	159	71	229
2021	4	25	70	0	63	1	25	0	0	8	4	18	10	0	1	1	0	1	1	1	0	0	164	73	237
2022	4	26	72	0	65	1	26	0	0	9	4	19	10	0	1	1	0	1	1	1	0	0	169	75	244
2023	4	27	75	0	67	1	27	0	0	9	4	19	10	0	1	1	0	1	1	1	0	0	175	78	252
2024	5	28	77	0	69	2	28	0	0	9	5	20	11	0	2	2	0	2	2	2	0	0	180	80	260

El estudio completo se ve en el siguiente enlace: <https://drive.google.com/file/d/1XG7tcrqnY09kdC773eoBBowdvwLeTnZ2/view?usp=sharing>

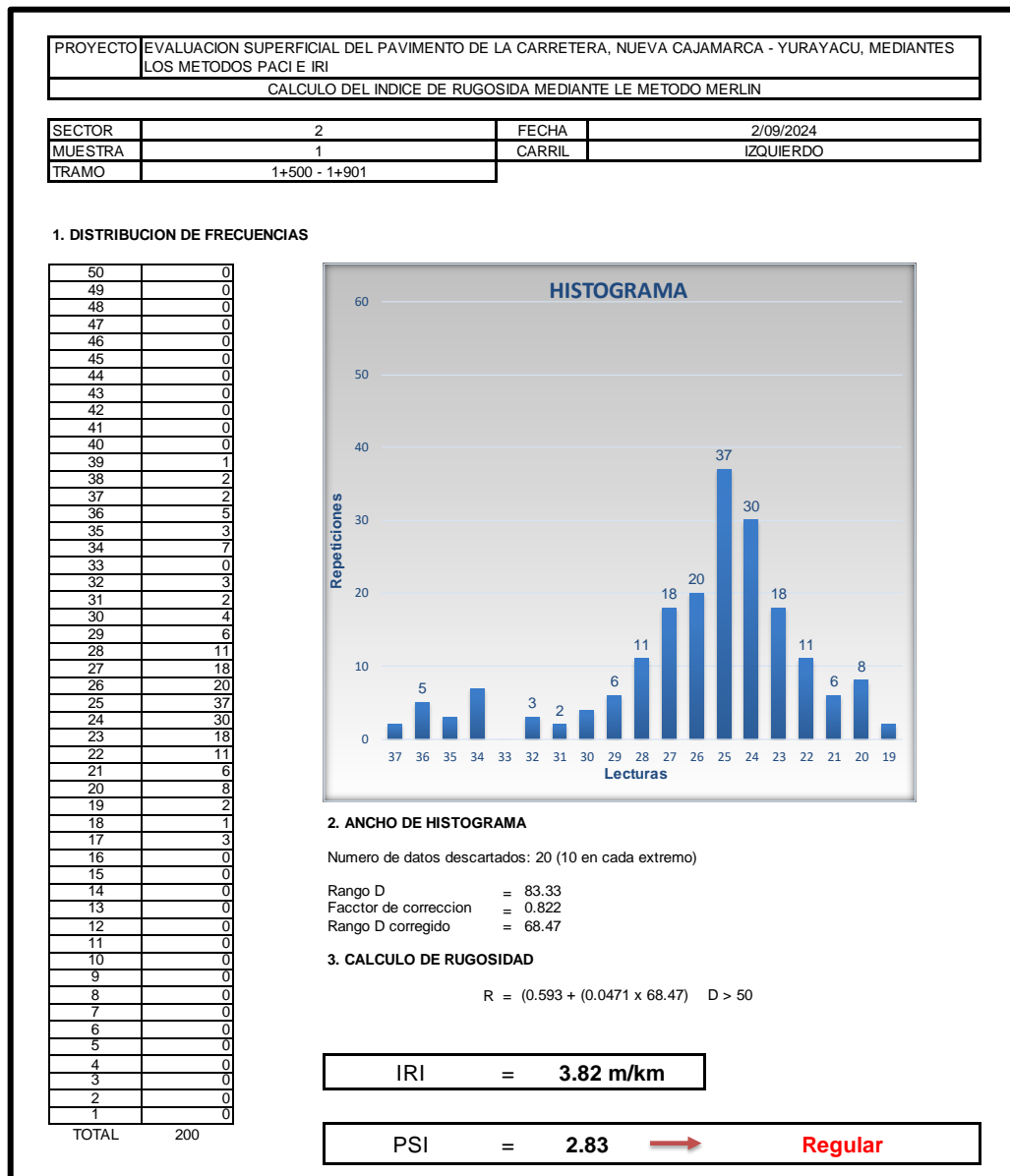






Se muestra el resultado para la muestra 01 del sector 02, los demás resultados se muestran en el siguiente enlace: <https://drive.google.com/file/d/1NnGsQ-l1AoV5P3Ms8xPlzYooKelTrig1/view?usp=sharing>

**Anexo 08:** Recolección de datos para el estudio IRI.



Se muestra el resultado del carril izquierdo de la muestra 01 del sector, los demás resultados se muestran en el siguiente enlace: <https://drive.google.com/file/d/1MVjakHIWo80M-xhE8NJCvQuBG6xg0J7s/view?usp=sharing>

**Anexo 9:** Panel Fotográfico.



**Foto 1:** Vehículo en circulación T2S3



**Foto 2:** Vehículo en circulación Camión 2E



**Foto 3:** *Falla Piel de cocodrilo de baja severidad*



**Foto 4:** *Medición de falla Piel de cocodrilo*



**Foto 6:** *Falla de corrugación de baja severidad*



**Foto 5:** *Falla de Depresión de severidad media*



**Foto 7:** *Falla de grieta de borde de alta severidad*



**Foto 8:** *Falla de grieta longitudinal de baja severidad*



**Foto 9:** *Falla de Parcheo de baja severidad*



**Foto 10:** *Falla de Huevo de severidad media*



**Foto 11:** *Falla de desprendimiento de agregados de alta severidad*



**Foto 12:** *Estudio IRI en el km 1+600*



**Foto 14:** Estudio IRI en el km 4+980



**Foto 13:** Sector 10 sin rastro de pavimento



**Foto 15:** Inspección visual de la vía en estudio en la progresiva km 0+000



**Foto 16:** Inspección visual de la vía en estudio en la progresiva km 3+200



**Foto 17:** Inspección visual de la vía en estudio en la progresiva km 5+000



**Foto 18:** Inspección visual de la vía en estudio en la progresiva km 7+650



**Foto 19:** Ejecución del método de Rugosímetro de Merlín.



**Foto 20:** Calibración de rugosímetro de Merlín.

# Evaluación superficial del pavimento en la carretera Nueva Cajamarca - Yuracyacu, mediante los métodos de PCI e IRI

*por Allen Espinoza*

---

**Fecha de entrega:** 20-jun-2025 06:30p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2703120410

**Nombre del archivo:** TESIS\_-\_ALLEN\_E.\_ESPINOZA\_SANCHEZ\_-\_20-06-2025.docx (18.54M)

**Total de palabras:** 20560

**Total de caracteres:** 107459

# Evaluación superficial del pavimento en la carretera Nueva Cajamarca - Yuracyacu, mediante los métodos de PCI e IRI

## INFORME DE ORIGINALIDAD

**22%**  
INDICE DE SIMILITUD

**21%**  
FUENTES DE INTERNET

**4%**  
PUBLICACIONES

**13%**  
TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	5%
2	<b>repositorio.unsm.edu.pe</b> Fuente de Internet	3%
3	<b>tesis.unsm.edu.pe</b> Fuente de Internet	2%
4	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	1%
5	<b>repositorio.upt.edu.pe</b> Fuente de Internet	1%
6	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	1%
7	<b>tesis.unap.edu.pe</b> Fuente de Internet	1%
8	<b>Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego</b> Trabajo del estudiante	<1%