



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL ESTADO DE LA  
CARRETERA AFIRMADA OCUVIRI – PARINA  
EN LA PROVINCIA DE LAMPA  
REGIÓN PUNO**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. CARLOS MARX BALDARRAGO MACHACA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**JULIACA - PERÚ**

**2025**



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL ESTADO DE LA  
CARRETERA AFIRMADA OCUVIRI – PARINA  
EN LA PROVINCIA DE LAMPA  
REGIÓN PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

**Bach. CARLOS MARX BALDARRAGO MACHACA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

**PRESIDENTE**

:   
Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA

**PRIMER MIEMBRO**

:   
Dr. ARNALDO YANA TORRES

**SEGUNDO MIEMBRO**

:   
Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

**ASESOR DE TESIS**

:   
M. Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1336-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 20 de octubre del 2025

**VISTO:** El expediente N° 2025 - CU-9792 presentado por el (la) Bachiller: **CARLOS MARX BALDARRAGO MACHACA** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bach. **CARLOS MARX BALDARRAGO MACHACA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL ESTADO DE LA CARRETERA AFIRMADA OCUVIRI - PARINA EN LA PROVINCIA DE LAMPA REGIÓN PUNO**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- \* **Presidente** : Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
- \* **1er Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES
- \* **2do Miembro** : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

**ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a) docente, **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

**ARTICULO TERCERO . - APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **CARLOS MARX BALDARRAGO MACHACA**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL ESTADO DE LA CARRETERA AFIRMADA OCUVIRI - PARINA EN LA PROVINCIA DE LAMPA REGIÓN PUNO** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**. de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : martes 28 de octubre del 2025
- \* **HORA** : 15:30 horas
- \* **LUGAR** : Aula 406 - FICP

**ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDAHUAYLAS "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS



Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA  
DECANO (e)  
CIP. 32730



UNIVERSIDAD ANDAHUAYLAS "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS



Dr. Fritz Willy Mamani Apaza  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc. Archivo



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 161-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 27 de marzo del 2025

**VISTO:** El expediente N° 2025-CU - 703 por el señor (a): **CARLOS MARX BALDARRAGO MACHACA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 080 - 2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 017 - 2025 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el señor (a): **CARLOS MARX BALDARRAGO MACHACA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) **Titulado: EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL ESTADO DE LA CARRETERA AFIRMADA OCUVIRI - PARINA EN LA PROVINCIA DE LAMPA REGIÓN PUNO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 017 - 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) **titulado: EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL ESTADO DE LA CARRETERA AFIRMADA OCUVIRI - PARINA EN LA PROVINCIA DE LAMPA REGIÓN PUNO**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **CARLOS MARX BALDARRAGO MACHACA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema **Titulado: EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL ESTADO DE LA CARRETERA AFIRMADA OCUVIRI - PARINA EN LA PROVINCIA DE LAMPA REGIÓN PUNO** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **la)**, M.Sc. **JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDAHUAYLAS "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS  
  
Mgtr. **WALTER J. LIZARRAGA ARMAZA**  
**DECANO (e)**  
CIP. 70808

UNIVERSIDAD ANDAHUAYLAS "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
  
**Dr. Fritz Willy Mamani Apaza**  
**DIRECTOR**  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc:  
Archivo  
interesado (u)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1918-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 30 de diciembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU- 18508, presentado el señor (a) **CARLOS MARX BALDARRAGO MACHACA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 1532 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 395-2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el señor (a): **CARLOS MARX BALDARRAGO MACHACA** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL ESTADO DE LA CARRETERA AFIRMADA OCUVIRI - PARINA EN LA PROVINCIA DE LAMPA REGIÓN PUNO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Dr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 395-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL ESTADO DE LA CARRETERA AFIRMADA OCUVIRI - PARINA EN LA PROVINCIA DE LAMPA REGIÓN PUNO**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **CARLOS MARX BALDARRAGO MACHACA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL ESTADO DE LA CARRETERA AFIRMADA OCUVIRI - PARINA EN LA PROVINCIA DE LAMPA REGIÓN PUNO** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente M.Sc. **JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

  
  
JUAN QUISPE HUANCA  
DECANO  
C.R. 47790

  
  
Dr. Eirais Parillo Soto  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc:  
Archivo 8321  
Interesado (a)



# 18% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

## Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

## Fuentes principales

- 10% Fuentes de Internet
- 3% Publicaciones
- 16% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.


Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



## Metadatos Complementarios

<b>Título de la Tesis</b>	
<b>EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL ESTADO DE LA CARRETERA AFIRMADA OCUVIRI – PARINA EN LA PROVINCIA DE LAMPA REGIÓN PUNO</b>	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	CARLOS MARX BALDARRAGO MACHACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02446761
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0000-1991-4361">https://orcid.org/0009-0000-1991-4361</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01323821
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0003-4595-7589">https://orcid.org/0000-0003-4595-7589</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659



<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p><b>País:</b> Perú  <b>Departamento:</b> Puno  <b>Provincia:</b> Lampa  <b>Distrito:</b> Ocuvi  <b>CARRETERA OCUVIRI – PARINA</b>  <b>Coordenadas:</b>  <b>Latitud:</b> -15.2655610  <b>Longitud:</b> -70.9058427  <b>URL Maps:</b></p>  <p><a href="https://maps.app.goo.gl/HqRRfW9hvCwh9REs7">https://maps.app.goo.gl/HqRRfW9hvCwh9REs7</a></p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Diciembre 2024 – Octubre 2025
URL de disciplinas OCDE <a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.htm">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.htm</a>  - Librería	<p><b>Ingeniería Civil</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</a></p> <p><b>Ingeniería de la construcción</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</a></p>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

**DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD**

Yo CARLOS MARX BALDARRAGO MACHACA, identificado con DNI  
Nro. 02446761, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional**  
 **Programa de Segunda Especialidad,**  
 **Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la  **Tesis** o  **Trabajo de Investigación,**  **Trabajo Académico**  
denominada:

EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL ESTADO DE LA CARRETERA AFIRMADA  
OCUVIRI – PARINA EN LA PROVINCIA DE LAMPA REGIÓN PUNO

Asesorado por: M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 29 de OCTUBRE del 2025

  
Firma del Asesor  
(obligatoria)

  
Firma del Estudiante  
(obligatoria)



Huella



## DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a dios, quien ha iluminado mi camino y me ha dado las fuerzas, la claridad mental y la determinación que necesité para llegar hasta este momento tan importante en mi formación profesional.



## AGRADECIMIENTO

Mi gratitud profunda a Dios por haberme dado salud, entendimiento y la tenacidad necesaria para completar exitosamente esta etapa fundamental en mi desarrollo profesional.

A la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez", institución que me abrió sus puertas y me permitió crecer tanto en lo académico como en lo profesional, y especialmente a la Facultad de Ciencias Contables y Financieras, espacio donde se cultivó en mí el pensamiento analítico y el espíritu investigador.



## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE GENERAL .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
INTRODUCCIÓN .....	xii

### CAPITULO I

#### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

<b>1.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
1.2.1. Problema general .....	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
<b>1.3. OBJETIVOS.....</b>	<b>2</b>
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
<b>1.4. HIPÓTESIS .....</b>	<b>3</b>
1.4.1. Hipótesis general .....	3
1.4.2. Hipótesis específica .....	3
<b>1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>4</b>
1.5.1. Justificación teórica .....	4
1.5.2. Justificación práctica.....	4
1.5.3. Justificación metodológica.....	4



<b>1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>5</b>
1.6.1. Variable independiente .....	5
1.6.2. Variable dependiente .....	5
<b>1.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....</b>	<b>5</b>

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>7</b>
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	7
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	8
2.1.3. Antecedentes regionales .....	10
<b>2.2. BASE TEÓRICA .....</b>	<b>12</b>
2.2.1. CARRETERA.....	12
2.2.2. Carreteras no pavimentadas .....	12
2.2.3. Clases de las vías no pavimentadas .....	13
2.2.4. Factores que conforman las vías carentes de pavimento.....	14
2.2.5. Desgaste en vías con falta de pavimento .....	14
2.2.6. IRI.....	16
2.2.7. Escalas y Rasgos del IRI.....	17
2.2.8. Equipos empleados para el desarrollo del dimensionamiento del IRI .....	19
2.2.9. Equipos para la determinación del nivel del IRI.....	20
2.2.10. Rugosímetro de Merlin .....	21
2.2.11. Representación y esquema de los conformantes de un equipo Merlin .....	22
2.2.12. Evaluación del PSI.....	24



2.2.13. Metodología aplicada para calcular la regularidad.....	24
2.2.14. Enfoque del método de sondeo .....	26
2.2.15. Determinación de la regularidad de la superficie .....	28
<b>2.3. MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>30</b>
2.3.1. Vías Principales.....	30
2.3.2. Rugosidad Superficial.....	30
2.3.3. Desempeño de una Vía .....	30
2.3.4. Nivel de Servicio .....	31
2.3.5. PSI.....	31
3. Capítulo iii .....	32
metodología de la investigación .....	32
<b>3.1. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>32</b>
<b>3.2. ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>32</b>
<b>3.3. DEFINICIÓN DEL DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>33</b>
<b>3.4. UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN.....</b>	<b>33</b>
3.4.1. Localización política.....	33
3.4.2. Ubicación geográfica .....	34
<b>3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA.....</b>	<b>34</b>
3.5.1. Definición de la Población .....	34
3.5.2. Definición de la Muestra .....	34
<b>3.6. INSTRUMENTOS, FUENTES Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN ...</b>	<b>34</b>
<b>3.7. PROCEDIMIENTO DE RECOPIACIÓN Y PROCESAMIENTO DE</b>	
<b>DATOS.....</b>	<b>35</b>
3.7.1. Estado Superficial.....	35
3.7.2. Tratamiento de datos .....	36



3.7.3. Análisis y validación:.....	37
<b>3.8. RELACIÓN ENTRE LOS VALORES DEL IRI Y EL PSI.....</b>	<b>38</b>
<b>3.9. TABULACIÓN Y EVALUACIÓN DE VALORES .....</b>	<b>39</b>
<b>CAPITULO IV</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
<b>4.1. RESULTADOS DEL ESTUDIO .....</b>	<b>40</b>
<b>4.2. DISCUSIÓN .....</b>	<b>46</b>
Conclusiones.....	49
Recomendaciones.....	50
referencias Bibliograficas .....	51
Anexos .....	54



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Clases de vías no pavimentadas. ....	14
Figura 2 Dinámico producto de la parte de un cuarto del vehículo y el IRI .....	17
Figura 3 Escala según la cuantificación del IRI para clases distintas de carreteras .....	19
Figura 4 Equipos para dimensionar la superficial regularidad de pavimentos..	20
Figura 5 Clasificación de Instrumentos según normativas para medir IRI.....	21
Figura 6 Muestra del Rugosímetro Merlín. ....	22
Figura 7 Diagrama del Equipo de Medición Merlín (bicicleta) .....	23
Figura 8 Variación en la superficie del suelo en relación con la línea media....	25
Figura 9 Nivel de la frecuencia por intervalos para cada desviación.....	26
Figura 10 Instrumento empleado para recopilar información .....	27
Figura 13 Resultados del IRI – Variaciones.....	41
Figura 14 Productos de los resultados obtenidos del valor del IRI de la vía en estudio.....	42
Figura 15 Resultados del producto obtenido del IRI de la vía en % .....	42
Figura 16 Productos del PSI – Variaciones .....	44
Figura 17 Resultados obtenidos del PSI de la vía en estudio .....	45
Figura 18 Resultados obtenidos del PSI en % de la vía en estudio .....	45
Figura 19 Resultado de la evaluación del estado superficial.....	48



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Desarrollo de la operacionalización de variables .....	6
Tabla 2 Localización en coordenadas geográficas .....	34
Tabla 3 Índice de Regularidad Internacional .....	40
Tabla 4 Resultados de la determinación del IRI .....	41
Tabla 5 Valores obtenidos del PSI de la vía en estudio .....	43
Tabla 6 Productos obtenidos del PSI de la vía en estudio .....	44
Tabla 7 Evaluación final del superficial estado .....	48



## RESUMEN

Utilizando el rugosímetro Merlín, el IRI realizó un análisis del pavimento flexible en la ruta Ocuvi - Parina. Esta tesis de investigación resume los hallazgos de dicha investigación. El fin de este proyecto es calcular si la zona es cómoda, transitable y regular. El objetivo es obtener datos que, al compararse entre sí, ofrezcan valores y, en consecuencia, proporcionen una evaluación precisa de la condición del suelo de la vía.

El análisis comenzó con una inspección visual en ambas direcciones. A continuación, se midieron las irregularidades de la superficie con el equipo Merlín distribuidos en tramos de 400 m. La información se evaluó y los resultados arrojaron hallazgos que pueden servir de base para estudios futuros y como fuente de apoyo para futuras investigaciones, diseños y mantenimiento de caminos rurales. Estos esfuerzos están dirigidos a corregir diversas fallas estructurales. Según los resultados, los valores de regularidad en unidades IRI fueron los siguientes: el valor de IRI para la calzada de vía izquierda (Ocuvi - Parina) fue de 7,749 metros por kilómetro, y el de la calzada de vía derecha (Ocuvi - Parina) fue de 8,025 metros por kilómetro. El tramo se encontraba en buen estado, con una velocidad promedio de 7,898 metros por kilómetro.

Así, podemos afirmar que, con base en las mediciones realizadas con la bicicleta MERLIN, los datos y las conclusiones que ofrece este equipo son eficaces, fáciles de usar y rentables, lo que nos permite determinar el estado de la serviciabilidad de una carretera en su estado actual.

**Palabras Claves:** Superficie rugosa, IRI, serviciabilidad del afirmado, camino afirmado, regularidad.



## ABSTRACT

Using the Merlin roughness meter, the IRI conducted an analysis of the flexible pavement on the Ocuvi-Parina route. This research thesis summarizes the findings of that investigation. The purpose of this project is to calculate whether the area is comfortable, passable, and regular. The objective is to obtain data that, when compared with each other, provide values and, consequently, an accurate assessment of the condition of the road surface.

The analysis began with a visual inspection in both directions. Next, surface irregularities were measured with Merlin equipment distributed in 400-meter sections. The information was evaluated, and the results yielded findings that can serve as a basis for future studies and as a source of support for future research, design, and maintenance of rural roads. These efforts are aimed at correcting various structural failures. According to the results, the regularity values in IRI units were as follows: the IRI value for the left lane (Ocuvi - Parina) was 7.749 meters per kilometer, and that of the right lane (Ocuvi - Parina) was 8.025 meters per kilometer. The section was in good condition, with an average speed of 7.898 meters per kilometer.

Thus, based on measurements taken with the MERLIN bicycle, we can confirm that the data and conclusions provided by this equipment are effective, easy to use, and cost-effective, allowing us to determine the serviceability of a road in its current condition.

**Keywords:** Rough surface, IRI, pavement serviceability, paved road, regularity.



## INTRODUCCIÓN

El objetivo de mejorar las vías de los caminos afirmados es impulsar el desarrollo social mediante el fortalecimiento de la red de transporte terrestre. Esto se traducirá en tiempos de viaje más cortos, mayor comodidad y mayor seguridad para quienes utilizan el pavimento. Para alcanzar la meta, es requerido que las carreteras cumplan con los criterios básicos de calidad en cada capa. La capa superficial, que es la que entra en directo contacto con el tráfico vehicular, se ve especialmente afectada por estos requisitos. Para ello, además de un diseño y una construcción eficientes, el pavimento debe recibir el mantenimiento adecuado de forma regular durante su vida útil. Esto garantizará que la superficie sea lisa y uniforme a lo largo de toda la vía.

Según la Sociedad Peruana de Comercio Exterior (2020), existe una deficiencia significativa en la calidad de las vías terrestres en Perú. Esto se debe a que numerosos gobiernos locales no implementan programas de mantenimiento para las carreteras bajo su jurisdicción. Esto es especialmente cierto en las carreteras con vías afirmadas, que requieren un mayor mantenimiento debido a sus características inherentes. Esto pone de relieve la insuficiente disposición de manejo de las autoridades locales y, sobre todo, la falta de estrategias nacionales de inversión en infraestructura vial. En 2019, los gobiernos regionales aportaron tan solo el 48,1% del presupuesto asignado para la ejecución y el mantenimiento de vías.

La meta de este proyecto fue evaluar la condición del suelo de la vía rural sin pavimentar, con especial atención a su rugosidad y capacidad de servicio. Para facilitar esta evaluación, se organizaron los siguientes capítulos: donde el primero, que detalla el tema del trabajo de investigación, se plantean los



objetivos, la motivación, la relevancia y las limitaciones del estudio; el segundo, que concluye con la formulación de hipótesis y las variables vinculadas a ellas; el segundo, que considera los contextos global, nacional y local, presenta el marco teórico, sentando las bases para el posterior análisis de los logros; y la parte del tercer capítulo, que detalla el desarrollo metodológico del estudio, que contiene la muestra y la población, así como el grado, la naturaleza y el diseño del estudio. Seguidamente, se describen los procedimientos y herramientas utilizados para la obtención de valores in situ y la evaluación de los productos del IRI y el PSI. En el cap. IV se presentan y interpretan los productos, seguidos de una discusión y evaluación de la validez externa e interna de nuestro proyecto. Los resultados del IRI, el PSI y su conexión difieren de los hallazgos iniciales; sin embargo, se ajustan a los objetivos del proyecto definidos al inicio del proceso de la investigación.



## CAPITULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Las actuales condiciones de las vías afirmadas en nuestra región no tienen un permanente programa de mantenimiento, lo que conlleva a que este tipo de vías debido a sus características superficiales son susceptibles a deteriorarse rápidamente por efectos de transitabilidad de vehículos con distintas características y los efectos medioambientales ya está están con contacto directo hacia la intemperie, en nuestra región debido a este problema, es necesario realizar una evaluación rápida de la integridad de este tipo de vías que tienen en su conformación suelo sin tratamiento superficial, además de ello se debe evaluar su funcionamiento. Esto reducirá el número de pruebas necesarias, las cuales podrían resultar en costos significativos. Esto facilitará el suministro de una solución adecuada, dado que el deterioro del pavimento afecta a los usuarios de las vías y aumenta los costos de mantenimiento. Por lo tanto, para determinar las características estructurales y de servicio del pavimento flexible a lo largo del camino rural que va del distrito de Ocuwiri al centro urbano de Parina, en la provincia de Lampa, se utilizó una metodología de cálculo. Esta metodología se basó en deflectometría no destructiva y evaluaciones de



rugosidad realizadas en vías pavimentadas. Se utilizaron el MTC (2014) y estudios como los de Al-Omari y Darter (1994).

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es el impacto del análisis de la funcionalidad en la transitabilidad vehicular aplicando el Rugosímetro de Merlín en camino vecinal desde el distrito de Ocuwiri hacia el Centro Poblado Parina en la, provincia de Lampa, Región Puno?

### **1.2.2. Problemas específicos**

PE 1: ¿Cuál es el impacto que tendrá el análisis funcional en la transitabilidad vehicular aplicando el Rugosímetro de Merlín en camino vecinal desde el distrito de Ocuwiri hacia el Centro Poblado Parina en la, provincia de Lampa?

PE 2: ¿Cuál es el valor del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) del afirmado del camino vecinal desde el distrito de Ocuwiri hacia el Centro Poblado Parina, en la provincia de Lampa?

PE 3: ¿Cuál será el estado situacional camino vecinal desde el distrito de Ocuwiri hacia el Centro Poblado Parina, en la provincia de Lampa?

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. Objetivo general**

Estudiar la funcionalidad en la transitabilidad vehicular aplicando el Rugosímetro de Merlín en el camino vecinal desde el distrito de Ocuwiri hacia el Centro Poblado Parina, en la provincia de Lampa.



### 1.3.2. Objetivos específicos

OE 1: Desarrollar el valor del Índice Internacional de Rugosidad del camino con superficie afirmada desde el distrito de Ocuviro hacia el Centro Poblado Parina, en la provincia de Lampa.

OE 2: Desarrollar el valor del Índice de Serviciabilidad Presente del camino con superficie afirmada desde el distrito de Ocuviro hacia el Centro Poblado Parina, en la provincia de Lampa.

OE 3: Demostrar la situación actual del camino vecinal desde el distrito de Ocuviro hacia el Centro Poblado Parina, en la provincia de Lampa.

### 1.4. HIPÓTESIS

#### 1.4.1. Hipótesis general

Los valores del IRI se encuentran por debajo del valor de 10 y del PSI están por debajo de 2 en la vía afirmada desde el distrito de Ocuviro hacia el Centro Poblado Parina, en la provincia de Lampa.

#### 1.4.2. Hipótesis específica

HE 1: El Índice Internacional de Rugosidad en la vía afirmada desde el distrito de Ocuviro hacia el Centro Poblado Parina, en la provincia de Lampa, es inferior a 10.

HE 2: El PSI en el afirmado camino vecinal desde el distrito de Ocuviro hacia el Centro Poblado Parina, en la provincia de Lampa, está por debajo de 2.

HE 3: El estado situacional del camino vecinal desde el distrito de Ocuviro hacia el Centro Poblado Parina, en la provincia de Lampa es bueno



## **1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. Justificación teórica**

El proyecto se realizó con el objetivo de abordar un problema crítico relacionado con la integridad estructural de las vías rurales. Como caso de estudio, se seleccionó la ruta rural Ocuvirí-Parina, en la provincia de Lampa, para esta investigación. Hasta que finalice la reparación, esto permitirá un estudio rápido de la superficie del pavimento sin causar interrupciones graves en el flujo vehicular.

### **1.5.2. Justificación práctica**

Este proyecto contiene una teórica justificación, ya que su propósito fue generar nuevos conocimientos, específicamente el modelo de retrocálculo derivado de los datos de deflexión obtenidos mediante la viga Benkelman. Esto se debe a que, según la literatura existente, los únicos modelos de retrocálculo disponibles son aquellos que utilizan datos de deflectómetros de impacto. En consecuencia, se amplía el alcance de los modelos de retrocálculo.

### **1.5.3. Justificación metodológica**

Los hallazgos de este análisis condujeron al desarrollo de un modelo de retrocálculo que deja analizar la estructural disposición del pavimento a través del empleo de datos de deflectometría. Este paradigma permite realizar intervenciones en caminos rurales de forma voluntaria y es esencial para llegar a la toma de las decisiones sobre el estado de conservación, el mantenimiento o la reconstrucción de los sistemas de transporte.



## 1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.6.1. Variable independiente

Rugosidad superficial

Se refiere a la desviación de un particular suelo con relación a un suelo plano ideal, cuyas dimensiones influyen la dinámica del vehículo y su manejo.

### 1.6.2. Variable dependiente

IRI y PSI

La rugosidad o irregularidad de una superficie vial se evalúa cuantitativamente mediante el IRI. Esta herramienta permite analizar la condición del pavimento y su efecto en la comodidad de conducción de los vehículos.

Para determinar si el pavimento es capaz de proporcionar un servicio funcional adecuado, el PSI realiza una evaluación general del estado. En su cálculo se consideran diversos factores funcionales y estructurales, como la rugosidad, las deformaciones, las fracturas, entre otros.

## 1.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

En la presente investigación se ha considerado plantear las variables de acuerdo al tipo y nivel de investigación donde se ha considerado los indicadores que no permitirán el desarrollo de la investigación en la etapa de campo y los procedimientos en la etapa de gabinete.



**Tabla 1**

*Desarrollo de la operacionalización de variables*

Variable	Indicadores	Nivel	Fuente	Unidad	Instrumento
Independiente: Rugosidad superficial	Serviciabilidad	Deterioro	Análisis	–	Observación
		10 ≤ IRI			
		Pésimo			
		8 < IRI ≤ 10			
	Unidades IRI	Inadecuado		m/km	
		6 < IRI ≤ 8			
Dependiente: IRI y PSI		Regular	Evaluación de la superficie de rodadura		Rugosímetro de Merlín
		IRI ≤ 6			
		Bueno			
		0-1: Muy Mala			
		1-2: Mala			
	Unidades PSI	2-3: Regular		–	
		3-4: Buena			
		4-5: Muy Buena			

*Nota.* Desarrollo realizado por el autor.



## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Según lo manifestado por López (2019). La finalidad de este proyecto fue evaluar el efecto del IRI en el rendimiento y la gestión de las carreteras en un tramo específico. El PSI, que examina una amplia gama de componentes estructurales y funcionales, prioriza la rugosidad de la carretera. Según los hallazgos de la investigación, el IRI tiene un impacto estadísticamente significativo en cómo los conductores perciben la suavidad de la carretera mientras conducen. Se demostró que reducir el IRI resulta en un aumento en el PSI, lo que a su vez mejora la experiencia del que la usa, el flujo de tránsito y la duración de viaje ya sea para realizar el transporte de todo tipo de mercancías como también de pasajeros. Este estudio concuerda con los parámetros investigados y revela un nexo consistente entre los productos del IRI y el PSI en la ruta evaluada. En consecuencia, se refuerza la validez de los hallazgos y la relevancia de estos para la gestión eficaz de la vial infraestructura. El estudio destaca la relevancia de reducir la regularidad del pavimento como un factor esencial para mejorar la calidad y la eficiencia de las vías, esto beneficia tanto la experiencia del que la usa como la gestión del tránsito.



Álvarez (2021). Mediante un diseño de campo no experimental, esta investigación evaluó el funcionamiento del pavimento vial en Jipijapa, ubicada en la región de Manabí, Ecuador. Los criterios evaluados fueron el IRI, el Rugosímetro Integrado (IRI), la Microtextura Integrada (IRI) y la Macrotextura (IRI). Para mejorar las operaciones de construcción, los hallazgos destacaron la necesidad de realizar pruebas para determinar el IRI antes de la elaboración de la vial infraestructura. Esto se realizó con la intención de optimizar el proceso de construcción. En la ejecución del nivel superficial se requieren insumos que garanticen una fuerte adhesión entre las llantas y la superficie de rodadura de la vía, una menor reflexión de la iluminación de la luz, una alta macrotextura, una absorción correcta de ruido, una mínima proyección de agua en las lluvias y un desgaste limitado de los neumáticos. Esto resultará en una reducción del consumo de combustible. Además, se observaron los efectos negativos de la macrotextura elevada y la inadecuada uniformidad del suelo del pavimento en la comodidad de los vehículos y los costes de conservación. Esto resalta la necesidad de realizar más investigaciones utilizando diversos ensayos en diferentes capas de pavimento para validar las conclusiones obtenidas.

## **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Chevarria (2019). La asociación entre el Índice IRI y el PSI proporcionado por el MTC fue objeto de una investigación realizada por Chevarria (2019) para su tesis. Se encontró un coeficiente de  $-0,429$ , lo que indica una escasa conexión en carreteras mayoritariamente planos y rectos, como lo demuestra el estudio. De igual manera, la conexión se evaluó como débil en vías carentes de pavimento con rasgos comparables, con valores de  $r = -0,274$  y  $-0,316$ , de manera respectiva. Este hecho indica que las confrontaciones de datos no son



relevantes para vías pavimentadas con daños menores o en proceso de reparación. En el caso de regiones con deterioro severo, la conexión suele ser más evidente. Debido a que la correlación fue deficiente tanto en caminos pavimentados como en caminos de tierra, se rechazó el supuesto subyacente del estudio. Como consecuencia de esto, el IRI y el PSI no pueden compararse entre sí, lo que sugiere que el orden que tiene la magnitud que se produce puede ser diferente en algunos casos.

Anaya (2020) realizó un estudio en la provincia de Huari, Ancash, con el propósito de calcular las condiciones de tránsito de un flexible pavimento mediante el empleo de la bicicleta Merlín. La investigación tuvo lugar con el fin de optimizar los trabajos de la conservación y el mantenimiento de las carreteras. La investigación se realizó utilizando una técnica cualitativa y un modelo prospectivo transversal que no incluyó ningún experimento. Los productos del estudio mostraron que se encuentran alrededor de un 63,51% de la distancia de la carretera examinada se llegó a un valor muy mala el nivel de transitabilidad, por otra parte, el 38,51% de la distancia de la carretera mostró solo mala de esta. Los índices IRIp e IRlc para la longitud fueron de 9,62 m/km y 11,31 m/km, de manera respectiva, mientras que el PSI para el tramo fue de 0,87. Esto indica que el pavimento flexible no es apto para el tráfico. La desorción superficial fue un problema frecuente en la carretera, caracterizada por diversos defectos y degradaciones, como deformaciones por desconchado, baches, surcos e irregularidades estructurales. Conforme con las definidas normas en el manual de vial mantenimiento del MTC de 2018, se recomendó el uso de procedimientos como el regular mantenimiento y los trabajos del fresado de asfalto en frío para lograr la optimización de la carretera. También se enfatizó que la falta de



preventivo mantenimiento impacta de manera negativa en la calidad del servicio prestado a lo largo de la ruta investigada.

Matto (2019) realizó una investigación para calcular el PSI de los pavimentos de hidráulico concreto en la región central de Huánuco. Los datos indicaron un grado de serviciabilidad deficiente, que reveló que el nivel del IRI de los hidráulicos componentes del pavimento de la localidad oscilaba entre 4,72 y 7,67 m/km. Además, más del sesenta y ocho por ciento del pavimentado suelo presentó fallas, como bache, etc. Según la escala PSI, la media fue de 2.01, lo que indica que las condiciones de servicio se consideran bastante satisfactorias. Se observó una fuerte correlación estadística con una tendencia menor entre los matemáticos modelos para cada calle. Esto reveló que el PSI disminuye a medida que incrementa el IRI, y que un incremento en el coef. de agrietamiento se corresponde con una reducción del PSI. Esto confirmó la relación inversa entre los aspectos funcionales y estructurales y el PSI, lo cual se evidencia por el hecho de que el PSI disminuye a medida que aumenta el IRI. Finalmente, se determinó que el tipo de suelo para la cimentación tiene un impacto mínimo en la evaluación del pavimento. Esto se determinó por el hecho de que el PSI promedio en la Zona B que es de 1.06 y en la Zona C que es de 1.12, los cuales se clasifican como de mala servidumbre.

### **2.1.3. Antecedentes regionales**

Año 2022, Donde de la Cruz. Tuvo lugar un estudio para determinar la confiabilidad y serviciabilidad del flexible pavimento en el tramo Azángaro-Salinas, ubicado en Puno, desde el kilómetro 0+000 hasta el kilómetro 3+000. Según el método Merlin, los productos sugieren que el PSI para el tramo estudiado es de 3,41, lo que indica una clasificación de serviciabilidad favorable



para el área analizada. Además, se realizaron investigaciones de laboratorio para evaluar la robustez de la base, la subrasante y la subbase. Utilizando los importantes valores de la Relación de Rodamiento de California (CBR) obtenidos para cada capa del pavimento, junto con los espesores medidos in situ, se logró un diseño que cumple con los estándares establecidos. Los resultados indican una serviciabilidad adecuada, con un IRI medio de 2,15 y un PSI medio de 3,41. Estas cifras sugieren un nivel general aceptable de transitabilidad en la región investigada.

El diagnóstico del GOBIERNO REGIONAL DE PUNO, en el año 2016, realizó el "Estudio Definitivo para el Mejoramiento de la Vía PU 135 Checca-Mazocruz" para mejorar la seguridad vial de la región. Se alcanzó a través de la obtención de valores sobre accidentes de tránsito y la realización de análisis in situ para analizar la condición física de la vía y reconocer las posibles variantes que podrían afectar la defensa del proyecto vial. La instalación de vial señalización, conforme a las especificaciones del "Manual de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras", publicado por el MTC, tiene mayor importancia que otros requisitos. La vía actual se encuentra en un estado de deterioro debido al tráfico vehicular, las condiciones climáticas adversas y el mantenimiento inadecuado. Esto ha generado diversos problemas, como desalineación, acceso irregular, deformaciones en la vía, condiciones inadecuadas de los arcenes, cruces peligrosos para la fauna y peatones, y paradas de transporte público mal señalizadas. Mediante el uso de estrategias adecuadas de diseño y señalización, la meta primaria del estudio es optimizar la vial seguridad en la ruta PU 135 Checca-Mazocruz. Esto se logrará reduciendo los peligros potenciales y fomentando la conducción segura en la región.



## **2.2. BASE TEÓRICA**

### **2.2.1. CARRETERA**

Durante décadas, los ingenieros de carreteras se han centrado en garantizar que el sistema del pavimento pueda aguantar los pesos del tráfico. Por lo tanto, se priorizaron las capacidades de la subrasante y la evaluación de materiales. Este concepto ha enseñado a generaciones de ingenieros que la resistencia del pavimento es más importante que la rugosidad de la superficie. Esta rugosidad se descuidó durante mucho tiempo, lo que impidió detectar problemas importantes que podrían haberse evitado en las primeras etapas de los proyectos.

Por lo tanto, muchas carreteras, incluso las de nueva construcción o renovadas, no cumplen con los criterios de calidad del suelo del pavimento compuesto de asfalto y hormigón.

Mejorar la geometría del suelo del componente del pavimento y mantenerla en la vida útil de la vía es tan nuevo que no todos los proyectos lo requieren. Sin embargo, la falta de conocimientos de los ingenieros dificulta su preparación, y las empresas aún no han adaptado los equipos y procesos de construcción estándar para cumplir con este requisito, que es difícil de cumplir. La capacitación de expertos, los equipos para mezclar y depositar materiales y los requisitos actuales son insuficientes para mejorar este componente vital de la construcción de carreteras.

### **2.2.2. Carreteras no pavimentadas**

El MTC define las carreteras sin pavimentar como vías de comunicación hechas de tierra, grava o piedras. Conectan aldeas remotas en zonas rurales o montañosas. Tras condiciones meteorológicas adversas, requieren reparaciones



frecuentes para su navegación. Son esenciales para la comunicación, pero con mal tiempo, pueden causar accidentes y problemas.

### **2.2.3. Clases de las vías no pavimentadas**

**Camino de tierra:** El camino sin pavimentar más sencillo es el de tierra natural compactada. Las zonas rurales pueden ser propensas a la erosión y a sufrir daños tras fuertes lluvias.

**Camino de grava:** La grava compactada cubre una base de tierra. La grava es más duradera que el suelo natural, lo que mejora el drenaje y reduce el deterioro por las precipitaciones.

Similar a un camino de grava, pero hecho de piedra triturada. Esto puede proporcionar una superficie más duradera, especialmente en zonas de alto tráfico o lluviosas.

Los estabilizadores químicos o geotextiles refuerzan y reducen el polvo en los caminos de tierra estabilizada. Esto es útil en zonas de tráfico moderado donde se busca asequibilidad y durabilidad.

**Camino de tierra con tratamiento superficial mejorado:** Se aplica alquitrán o emulsión asfáltica a una base de compactada tierra. Este método optimiza la estructural integridad y la durabilidad de la vía, a la vez que reduce las emisiones de polvo, haciéndola más agradable y segura para los usuarios.

**Figura 1**

*Clases de vías no pavimentadas.*



*Nota.* Guirguis M. (2019) "Design and performance assessment"

#### **2.2.4. Factores que conforman las vías carentes de pavimento**

Plataforma: Las superficies transitables y las rutas vehiculares son esenciales en las carreteras. Su tarea es transportar pesos, optimizar el drenaje y garantizar la vida útil, con una pendiente moderada media.

Los sistemas de drenaje previenen daños en las carreteras por acumulación de agua. Las canaletas superficiales y subterráneas, los sumideros y los filtros aseguran el nivel de rendimiento que poseen y la duración de la vida útil de la carretera.

#### **2.2.5. Desgaste en vías con falta de pavimento**

Muchas variantes aceleran la degradación de las vías carentes de pavimento. La humedad hace que los sedimentos finos se amalgamen y se fracturen al contacto con los neumáticos, destruyéndolos. También pueden perderse partículas finas en suspensión. Esto provoca que el material grueso se



separe antes del efecto del tránsito, lo que ralentiza la degradación del suelo de la vía.

El deterioro común de las carreteras de tierra incluye:

**Sección transversal insuficiente:** El tráfico y el drenaje pueden causar este deterioro. La plataforma debe tener una transversal pendiente correcta para drenar velozmente el agua en la superficie.

**Inestabilidad en curvas y pendientes:** Un mantenimiento deficiente puede deteriorar la geometría de la carretera, haciendo que las curvas sean más pronunciadas y las pendientes más pronunciadas, lo que sube el riesgo de incidentes.

Un drenaje insuficiente provoca la acumulación de agua superficial, generando charcos y encharcamientos, lo que aumenta la erosión y los daños a las edificaciones.

Las ondulaciones de la vía son imperfecciones que se desarrollan a regulares intervalos y son perpendiculares al movimiento del vehículo. El material granular fino puede erosionarse por la actividad constante del vehículo, el soporte insuficiente, la pendiente inadecuada y la mala calidad de la capa granular.

**Formación de Baches:** En suelos blandos o poco compactados, el tráfico vehicular continuo puede causar baches y hundimientos en la carretera.

La formación de surcos se caracteriza por depresiones en el eje central de la carretera. Esto puede deberse a problemas en la cimentación o el pavimento, o a una capacidad de carga insuficiente.



Degradación de la superficie: El contacto con los neumáticos y la actividad vehicular pueden degradar la superficie de la carretera, dejando al descubierto materiales más débiles y defectuosos.

Las carreteras sin pavimentar se degradan debido a factores ambientales y al tráfico, por lo que requieren una conservación regular para asegurar la seguridad y el funcionamiento.

### **2.2.6. IRI**

La irregularidad del suelo de la vía se mide mediante el IRI. Los valores del IRI pueden utilizarse para medir la regularidad del pavimento con cualquier dispositivo.

Esto permite que una única escala de dimensionamiento determine las propiedades del suelo del pavimento y detecte anomalías en zonas específicas. El Índice Internacional de Rugosidad (IRI) ayuda a crear rangos de tolerancia para nuevos tramos de carreteras y autopistas, un indicador de la calidad de la superficie.

El IRI monitoriza el rendimiento de la carretera a lo largo del tiempo y establece niveles de alerta para la evaluación de daños o reparaciones según la importancia de la ruta.

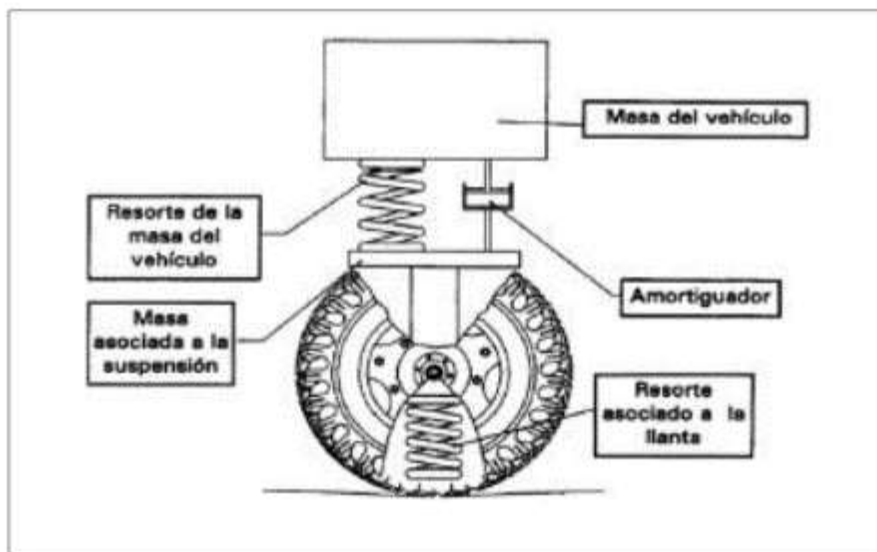
El vertical desliz acumulado de la suspensión de una rueda ( $Q_c$ ) a 80 km/h es el IRI.

El  $Q_c$  de vehículo consta de una rueda con un dispositivo de resorte vertical, una masa de eje apoyada por neumáticos, una parte que consta de un resorte de suspensión, con un amortiguador y un peso del vehículo apoyada por la parte de la suspensión de la rueda.

Según su definición, la rugosidad del IRI es la adición de las deflexiones de la carretera dividida por la distancia horizontal, donde lo que muestra como resultado es un perfil del terreno donde se puede apreciar las fallas que presenta la vía.

## Figura 2

*Dinámico producto de la parte de un cuarto del vehículo y el IRI*



*Nota.* Guirguis M. (2018) "Design and performance assessment"

### 2.2.7. Escalas y Rasgos del IRI

Para realizar la medición del IRI se puede utilizar las unidades que están en mm/m, m/km o pulgadas por milla. El reglamento Técnico Peruano CE.010 y la MTC (Norma Técnica Mecánica para la Construcción de Carreteras), que guiará nuestra investigación, definen la categorización del pavimento según la rugosidad del IRI que estas presentan, en manual que incorpora el reglamento del MTC, da a conocer los valores del IRI según la clasificación de la carretera, para ello en el manual da dichos valores según las condiciones del estado de la vía para ser calificados y de esta manera definir su regularidad.



Sayers y Karamihas (1998) estandarizan el IRI para numerosos tipos de carreteras (Figura 5). El rango de la escala del IRI varía según la categoría de la carretera:

IRI de 12 a 0: Carreteras asfaltadas

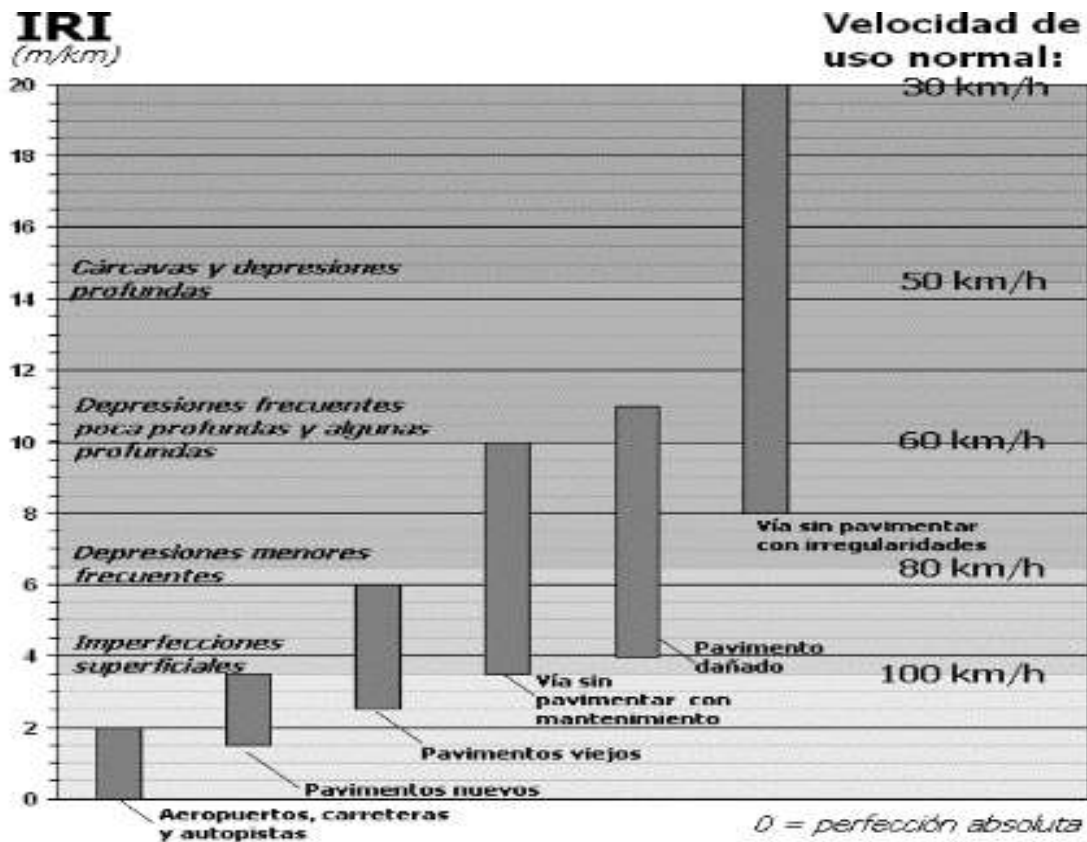
IRI de 20 a 0: Carreteras sin pavimentar

Donde 0 m/km es una carretera perfecta y 12 o 20 es imposible.

En 1998, se ha podido tener información del Departamento de Transporte de la Universidad de Michigan creó la siguiente tabla para poder determinar la velocidad límite en función de la rugosidad de la vía, tras varios exámenes de diversos tipos de pavimento. Esta tabla establece los márgenes de regularidad para los proyectos en función de la restricción de velocidad máxima, lo que la hace crucial. Las autopistas en Perú deben tener un IRI límite de 2,5 m/km y un límite de velocidad que se encuentra entre el 80 a 100 km/h.

**Figura 3**

*Escala según la cuantificación del IRI para clases distintas de carreteras*



*Nota.* Badilla A. "Determinación de la regularidad superficial de pavimentos mediante el cálculo del índice de regularidad internacional".

**2.2.8. Equipos empleados para el desarrollo del dimensionamiento del IRI**

Según lo que manifiesta, Perera y Kohn (2022) dividen los instrumentos de dimensionamiento del IRI en cinco grupos según su precisión, velocidad de recopilación de datos y complejidad del sistema de control.

Figura 4

*Equipos para dimensionar la superficial regularidad de pavimentos*

Equipo	Grado de precisión	Implementación	Complejidad del Equipo	Observaciones
Perfilografos	Medio	Control de calidad y recepción de obras	Simple	No son prácticos para evaluar la condición a nivel de red.
Equipos tipo respuesta (RTRRMS)	Medio	Monitoreo de carreteras a nivel de red	Compleja	Los resultados no son transportables ni estables en el tiempo, pues dependen de la dinámica particular del movimiento del vehículo.
Nivel y Mira	Muy alto	Mediciones de perfil y calibración de equipos más complejos	Simple	Poco práctico y costos muy elevados para proyectos largos.
Dipstick	Muy alto	Mediciones de perfil y calibración de equipos más complejos	Muy simple	Poco práctico y costos elevados para proyectos largos.
Perfilómetro inercial	Muy alto	Monitoreo de carreteras a nivel de red y recepción de proyectos viales	Muy Compleja	Equipo de alta precisión, cuyos resultados son transportables y estables en el tiempo. Su principal uso es la evaluación de redes viales grandes.

Nota. (Perera) y (Kohn, 2022)

**2.2.9. Equipos para la determinación del nivel del IRI**

Según las disposiciones de las Normas técnicas como la del N.º 46 que dispone el Banco Mundial y la disposición de la norma ASTM E-95098 clasifican las herramientas de medición de la superficie vial. Estos artículos establecen criterios de almacenamiento de valores y resolución de las mediciones para la comparación de la categorización. La Tabla 4 compara las clasificaciones de la ASTM y el Banco Mundial.

**Figura 5**

*Clasificación de Instrumentos según normativas para medir IRI.*

Clasificación del equipo	Clasificación según el Banco Mundial Documento técnico N°46 (Sayers et al., 1986)	Clasificación según ASTM E950-98	
		Intervalos de almacenamiento	Resolución de las medidas verticales
CLASE 1	Perfílmetros de precisión. Requiere que el perfil longitudinal sea medido como una serie de puntos de elevación equidistantes a través de la huella de la vía para calcular el IRI. Esta medida no debe sobrepasar los 0.25 m y la precisión de medición de la elevación debe ser superior 0.5 mm para pavimentos con IRI entre 1 y 3 m/km y de 3 mm para valores del IRI entre 10 y 20 m/km.	Menor o igual a 25 mm	Menor o igual a 0.1 mm
CLASE 2	Otros métodos. Requieren una frecuencia de puntos del perfil no superior a 0.5 m y una precisión en la medida de elevación de 1 mm para IRI entre 1 y 3 m/km y 6 mm para valores de IRI entre 10 y 20 m/km.	Mayor que 150 mm hasta 300 mm	Mayor que 0.1 mm hasta 0.2 mm
CLASE 3	IRI estimado mediante ecuaciones de correlación. La obtención del perfil longitudinal se hace mediante equipo tipo respuesta (RTRRM), los cuales han sido previamente calibrados con perfílmetros de precisión mediante ecuaciones de correlación.	Mayor que 25 mm hasta 150 mm	Mayor que 0.2 mm hasta 0.5 mm
CLASE 4	Estimaciones subjetivas y mediciones no calibradas. Incluyen mediciones realizadas con equipos no calibrados, estimaciones subjetivas con base en la experiencia en la calidad del viaje o inspecciones visuales a las vías.	Mayor que 300	Mayor que 0.5 mm

*Nota.* Guirguis M. (2018) "Design and performance assessment"

### 2.2.10. Rugosímetro de Merlin

La bicicleta MERLIN fue desarrollada por los ingenieros del Laboratorio Británico de Investigación de Transporte y Carreteras. Este dispositivo utiliza el concepto de estático perfílmetro para ofrecer un equipo económico y fácil de usar, con un enfoque analítico simple y resultados fiables para pavimentos en condiciones críticas. Se creó simulando mediciones del perfil de la carretera durante el Experimento Internacional de Rugosidad de Carreteras (Sayers, 1986).

### 2.2.11. Representación y esquema de los conformantes de un equipo

#### Merlín

Su construcción consta de dos partes verticales y una horizontal.

El componente en la dirección vertical en su parte delantera es una rueda, y el componente posterior cuenta con dos apoyos que se encuentran inclinados en la parte lateral: uno en la posición derecha para estabilizar el equipo durante las pruebas y el otro en su lado contrario para su reposo.

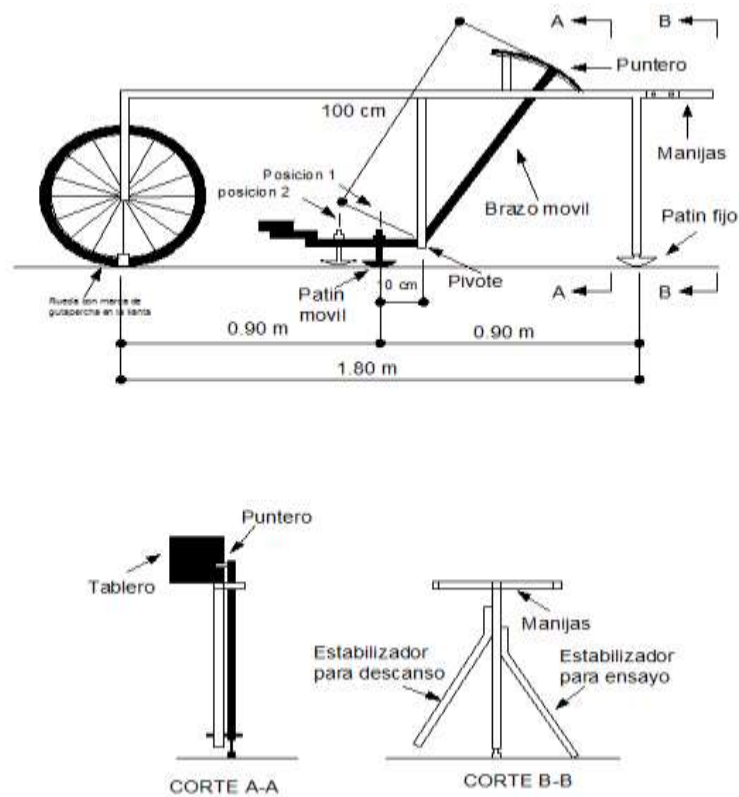
El componente que se encuentra en la posición horizontal se extiende hacia atrás e incluye dos manijas para levantarlo y moverlo, lo que le permite rodar como una carretilla, lo posteriormente permite registrar los datos que revela la superficie de la carretera, logrando obtener así datos para determinar el IRI.

#### Figura 6

*Muestra del Rugosímetro Merlín.*



*Nota.* MONTOYA, J. (2019). Análisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú.

**Figura 7***Diagrama del Equipo de Medición Merlín (bicicleta)*

*Nota.* Del Águila Rodríguez, Pablo, 2019.

Una barra vertical descende desde el centro del elemento horizontal sin tocar el suelo. Los brazos móviles giran sobre sus bases.

Un patín fijo y ajustable toca el suelo en el inferior extremo del móvil brazo, adaptándose a las imperfecciones del terreno. Según el punto de contacto del extremo inferior del patín móvil con el pavimento, el superior extremo termina en un indicador o puntero que se desliza a lo largo de una tabla.

Dado que un movimiento vertical que realiza es de 1 mm en la parte inferior del móvil patín que resulta en un desliz de aproximadamente un 1 cm del pivote-puntero, la relación del brazo es de 1:10.

Una escala visual con 50 separaciones de 5 mm se fija al borde de la tabla donde se mueve el puntero para registrar sus movimientos.



## 2.2.12. Evaluación del PSI

La El mejor método de evaluación es el PSI, que va de 0 (intransitable vía) a 5 (perfecta vía). La filosofía de modelo enfatiza la utilidad y el rendimiento, lo que permite que el modelo del pavimento cumpla con un volumen de tránsito establecido y una utilidad mínima más allá del período de diseño. Un indicador basado en los resultados de las pruebas AASHO y en diversas actualizaciones y revisiones realizadas durante los últimos 30 años mide la capacidad de servicio del pavimento.

En los cuadros 5 y 6 se muestran la escala de análisis y su detalle, que contine la literatura de la información para la calificación del PSI desde una calidad muy buena donde la vía se encuentra en buen estado de conservación hasta una calificación muy mala donde la vía se encuentra en una condición deplorable.

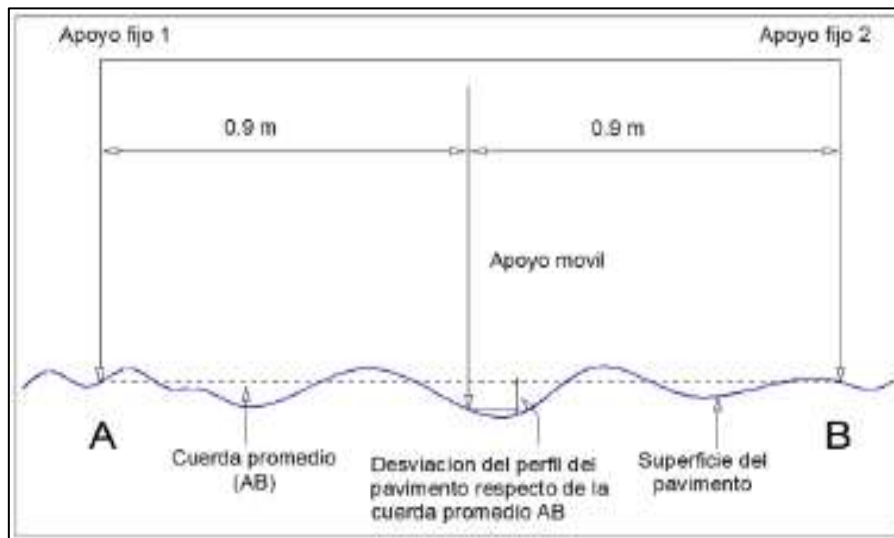
## 2.2.13. Metodología aplicada para calcular la regularidad

La bicicleta Merlin compara las imperfecciones de la carretera con una línea central imaginaria. Se mide una "desviación cordal media" entre el suelo de la carretera y el punto ubicado en el medio de una distancia determinada para cuantificar la regularidad.

La desviación cordal media debe medirse cada 200 mediciones durante la trayectoria del rugosímetro para garantizar resultados precisos. Del Águila (1999) descubrió que la regularidad del suelo de la vía incrementa la variabilidad del desplazamiento del dispositivo.

**Figura 8**

*Variación en la superficie del suelo en relación con la línea media.*



Nota. Merliner, (2019).

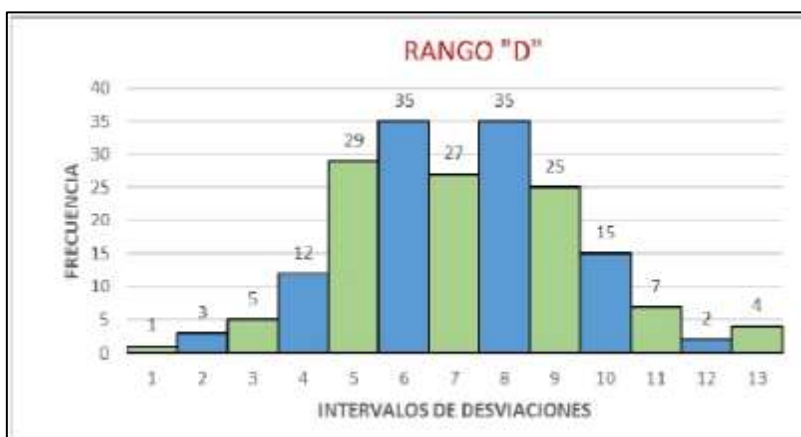
Se necesitan observaciones de manera continua de 200 divergencias para el gráfico de distribución de frecuencias.

Tras un ajuste del 10 %, del coeficiente estadístico "D", que denota la regularidad de la parte superficial de la capa de la vía, se llega a realizar la cuantificación en unidad del medidor de rugosidad con 10 puntos de valores en cada extremo de la ilustración.

Una ecuación de correlación entre estos dos factores convierte el "rango D" en unidades IRI. Este cambio deja connotar la regularidad en IRI, una medida empleada en gran margen para analizar la calidad del suelo de la carretera donde se obtiene el perfil del terreno revelando así las fallas que estas puedan presentar con distintos grados de deterioro, esto puede afectar el nivel de servicio que ofrece una vía, para la transitabilidad del transporte de vehículos de servicio público y privado, garantizar el transporte de mercaderías materiales y todo aquello que requiere del transporte por el medio de comunicación.

**Figura 9**

*Nivel de la frecuencia por intervalos para cada desviación.*



*Nota.* Merliner, (2019)

#### **2.2.14. Enfoque del método de sondeo**

Se presenta una clasificación de rugosidad de cuatro categorías del Banco Mundial.

El método de Clase 1 emplea el medidor de rugosidad MERLÍN como perfilómetro estático. Este método presenta una alta precisión de 0,98. Según Del Águila (1999), este método es preciso y relevante para mediciones de la superficie del suelo mediante rieles y niveles, por lo que varios fabricantes lo recomiendan para equipos de medición de rugosidad.

Método de prueba. Dos personas participan activamente en el ensayo. Un operador manipula este instrumento para lograr obtener valores del 1 al 50, mientras que un asistente registra los datos en una cuadrícula con dimensiones de 20 x 10, tal cual se visualiza en la octava ilustración. Esta mezcla de operador y asistencia garantiza la precisión en la recopilación de valores obtenidos en campo, con el que se podrá determinar por medio de un análisis de la rugosidad el IRI de la vía.

**Figura 10**

*Instrumento empleado para recopilar información*

ENSAYOS PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN												
Carretera:					Ensayo N°:							
Sector:					Progresiva:							
Huella:					Fecha:							
Inspector:												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tipo de Pavimento	
1											Afirmado	<input checked="" type="checkbox"/>
2											Base granular	<input type="checkbox"/>
3											Base imprimada	<input type="checkbox"/>
4											Tratamiento bicapa	<input type="checkbox"/>
5											Carpeta en frio	<input type="checkbox"/>
6											Carpeta en caliente	<input type="checkbox"/>
7											Recapeo asfáltico	<input type="checkbox"/>
8											Sello	<input type="checkbox"/>
9											Otros	<input type="checkbox"/>
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
Observaciones:												

*Nota.* MONTOYA, J. (2019). Análisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú.

La selección de un tramo de carretera de 400 metros es crucial para el trabajo de campo. El rugosímetro MERLIN registra 200 imperfecciones de la carretera en una tabla para evaluar la rugosidad. Se tiene en cuenta el diámetro de la rueda MERLIN después de una vuelta completa al realizar observaciones cada 2 metros a lo largo del segmento. La llanta debe estar marcada para mayor precisión. Cada observación se realiza en la calle con el equipo apoyado sobre las delanteras ruedas, la base trasera sujeta y el estabilizador de ensayo a 2 km/h. Con todas estas recomendaciones consideradas se obtiene los datos de



campo que será la información para entrar a la etapa de gabinete donde se determinará el IRI.

### 2.2.15. Determinación de la regularidad de la superficie

El rango D se determina evaluando la variabilidad de los datos de la bicicleta MERLIN, proporcionados por un histograma de frecuencias de las lecturas de la aguja. Se obtiene una categorización del rango de frecuencias (D) de los valores relacionados eliminando el 10% de los valores, incluyendo el 5% mínimo y el máximo del histograma contemplados no correctos o no representativos. En el panel, la flecha alrededor de 25 señala un suelo liso, por otra parte, los valores alrededor de 1 o 50 representan regularidad. Al multiplicar el valor de la ilustración de frecuencias por 5 mm, se obtiene la regularidad mediante la aplicación del equipo MERLIN en esta escala. Luego, se lleva a cabo los cálculos de conversión de la escala IRI. La corrección del factor "D" tiene una vinculación a la relación del brazo del equipo del rugosímetro, generalmente de 1 a 10. Donde para calcular esta variante, el equipo del rugosímetro se coloca sobre un nivelado suelo y la primera medición (p. ej., lectura = 25) se toma mientras la plataforma se mueve sobre el suelo. Al elevar y descender la plataforma se obtiene otra medición. Calibración del puntero del gráfico a una relación del brazo de 1:10.

La siguiente ecuación modifica "D". Si la aguja se desvía del valor esperado (aproximadamente dentro del rango 12:

$$F. C. = \frac{EP \times 10}{[(LI - LF) \times 5]}$$

Donde:

LF: final posición

C.F.: factor de corrección de la modificación D



Al operar la variante de corrección (C.F.) por el rango "D", se obtiene la regularidad en unidades MERLIN.

Esta expresión determina el valor:

$$D_c = D \times F.C. \times RB$$

Donde:

D: rango D calculado

Coefficiente de correlación

Relación del brazo de 45 grados

DC corregido por el rango D

Recuerde que el rugosímetro tiene dos configuraciones según la ubicación del brazo pivotante de la pastilla. Estas modificaciones pueden alterar las mediciones de la rugosidad de la carretera y deben tenerse en cuenta.

SITUACIÓN 1: Como punto de referencia, los ejes del rugosímetro están separados por 10 cm. Este método se emplea habitualmente para evaluar nuevos pavimentos. Esta relación de apalancamiento es de 1:10.

SITUACIÓN 2: El eje de 20 cm sustituye a las carreteras degradadas. Para esta medición de rugosidad, se utiliza una relación de apalancamiento de 1:5 y el valor D se multiplica por 2.

Las ecuaciones (1) o (2) se utilizan según el tipo de pavimento para calcular la regularidad del IRI. Estas fórmulas simplifican el análisis de la calidad del suelo de la vía al realizar la conversión de la rugosidad hecho en el equipo MERLIN a una escala que establece para determinar el valor del IRI.

Evaluación de la rugosidad a escala IRI. Las ecuaciones (1) o (2) convierten las mediciones de rugosidad MERLIN a la escala (IRI), conforme al tipo de pavimento. Estas fórmulas relacionan los datos del rugosímetro MERLIN



con los valores del IRI, lo que permite evaluaciones más precisas de la condición del suelo de la vía.

## **2.3. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.3.1. Vías Principales**

La cantidad de vehículos circulan por las carreteras. A diferencia de las calles de un solo sentido, las vías principales y las avenidas permiten el tráfico bidireccional. Estas vías urbanas tienen un alto nivel de tráfico y conectan varios barrios de la ciudad donde convergen vías auxiliares.

### **2.3.2. Rugosidad Superficial**

Las imperfecciones del pavimento provocan el deterioro de la carretera y la experiencia del usuario, lo que reduce el nivel de la calidad que ofrece la conducción, la protección y los costes de operación del vehículo que circulan en una determinada vía. El Banco Mundial creó el IRI, que va de 0 (pavimento perfecto) a 12 (vía inaccesible). Una de las métricas más utilizadas para la regularidad del suelo de la vía es la cantidad absoluta de verticales desplazamientos a lo largo de un segmento separado entre su longitud.

### **2.3.3. Desempeño de una Vía**

El rendimiento del pavimento se refiere a sus funcionales capacidades o estructurales medibles a lo largo de su vida útil. Los que la usan lo evalúan subjetivamente en función de su calidad de conducción, seguridad, estética y comodidad.

La funcional capacidad contempla:

- Apariencia (Estética).
- Geometría apropiada para la seguridad vial.
- Calidad aceptable de rodadura



### **2.3.4. Nivel de Servicio**

Las cualidades operativas de un flujo vehicular y las percepciones de los conductores sobre velocidad, frenado, maniobrabilidad, seguridad, comodidad y economía se miden mediante el grado de servicio.

### **2.3.5. PSI**

Realiza la medición de la comodidad y la protección de los usuarios beneficiarios de la carretera. Diversos métodos han cuantificado este indicador. La prueba subjetiva inicial consistía en conducir sobre el pavimento varias veces y calificar la comodidad de 0 (deficiente) a 5 (excelente). Por lo tanto, este método de medición ahora incluye criterios cuantitativos.



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Este proyecto planteado define como el enfoque de la investigación como cuantitativa de nivel descriptivo con una investigación, según la definición de Hernández, Baptista y Fernández, sin variables controladas. En este estudio se emplearon IRI y PSI para analizar el suelo del pavimento de una carretera rural. Se aclararon estos indicadores.

Esta estrategia evalúa las carreteras directamente para comprender los fenómenos, en lugar de utilizar marcos teóricos. Hernández y Sampieri, Fernández y Collado, y Baptista (2014) enfatizan las evaluaciones prácticas y empíricas para describir, aclarar y anticipar eventos.

#### 3.2. ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

Cuantitativo y de tipo aplicado: Esta estrategia emplea la obtención y la revisión de valores para responder a las interrogantes de estudio y comprobar hipótesis. Se requieren herramientas de medición, enumeración y estadísticas para comprender el comportamiento de los aspectos de los fenómenos que afectan la serviciabilidad de la vía en estudio.



### 3.3. DEFINICIÓN DEL DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Se adoptó un modelo no estadístico, observacional, sin cambios de variables y con evaluaciones en un único punto temporal. Hernández Sampieri y Fernández Collado explican que este modo implica visualizar eventos en su entorno natural y analizarlos.

- Se detallarán las fallas y anomalías de la superficie de la carretera.
- Los datos juntados se emplearán para llevar a cabo cálculos.
- Se determinará la condición de la superficie a partir de datos aproximados.
- Se extraerán conclusiones de los productos del estudio.
- Se sugerirán mejoras en la superficie del pavimento.

### 3.4. UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se ha considerado la ubicación de la vía afirmada en la zona de estudio según su ubicación que a continuación se detalla:

#### 3.4.1. Localización política

Se considera los siguientes datos de manera específica para la zona de estudio de la carretera:

Región : Puno

Departamento: Puno

Provincia : Lampa

Distrito : Ocuvi

Localidad : Ocuvi – Parina

### 3.4.2. Ubicación geográfica

Se considera los siguientes datos para la ubicación geográfica que se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 2**

*Localización en coordenadas geográficas*

Localidad	Latitud		Altura (m.s.n.m.)
	Sur	Oeste	
Inicio (Ocuviari)	15°10'24"	70°51'34"	4,435
Final (Parina)	15°15'58"	70°54'14"	4,669

*Nota.* Desarrollo realizado por el autor.

## 3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

### 3.5.1. Definición de la Población

Se estudiará la población de suelos a lo largo de la ruta rural sin pavimentar Ocuviari-Parina en la provincia de Lampa.

### 3.5.2. Definición de la Muestra

Esta incluye la carretera rural Ocuviari desde el kilómetro 00+000 hasta el kilómetro 05+000 en dirección a la localidad de Parina en la provincia de Lampa, región Puno.

## 3.6. INSTRUMENTOS, FUENTES Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Específicamente, esta investigación examina las calificaciones del estado de la vía según el nivel de servicio y las soluciones de seguridad alternativas para la ruta sin pavimentar Ocuviari-Parina. Conforme con los términos de referencia, la recopilación de valores in situ y el comparativo análisis lograrán este propósito. El objetivo es utilizar hojas de cálculo con datos detallados sobre las ventajas y desventajas de la carretera para identificar las áreas de rendimiento óptimo y los problemas de calidad vial. Esta estrategia ayudará a



comprender el estado de la carretera y a recomendar maneras de mejorar su protección y funcionalidad.

En este estudio se utilizarán el equipo del rugosímetro, el formulario establecido por el MTC y las hojas de revelamiento de evaluación en formato para la extensión Excel para realizar la clasificación de la cantidad de los vehículos y la determinación de la calidad de la superficie de la carretera. Estos dispositivos se utilizan ampliamente en la evaluación del estado de la carretera para recopilar datos precisos y útiles. Esto garantiza un exhaustivo análisis del estado de la vía y ayuda a desarrollar soluciones viables para la calidad y seguridad vial. Donde estas estrategias y herramientas son el instrumento del rugosímetro de Merlín y los formatos para el registro de datos y los procedimientos de calculo que ofrece la literatura del manual de mantenimiento de vías del MTC.

### **3.7. PROCEDIMIENTO DE RECOPIACIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS**

Se realizo la ejecución de los trabajos en función a los objetivos planteados para el desarrollo de los trabajos de campo y de gabinete que a continuación se detallan:

#### **3.7.1. Estado Superficial**

El proceso de adquisición de valores IRI y PSI están compuestos de dos partes. La primera fase priorizó el cálculo del IRI, comenzando con la obtención y el desarrollo de valores de campo. La segunda fase se centró en el PSI, correlacionando los resultados del PSI con los datos IRI. Fase 1: Adquisición de valores de campo para IRI.

Preparación y estrategia: La planificación previa a la recolección de datos añadió la elección de rutas o ubicaciones de interés, el reconocimiento de equipos y dispositivos, y la capacitación de los recolectores de valores.

Equipo y calibración: Todos los equipos de medición estaban en buen estado y calibrados para garantizar la precisión.

Los datos se recopilaron en carreteras seleccionadas utilizando equipos de medición de rugosidad. La siguiente estructura documentó las anomalías en la superficie de la carretera en ciertas áreas.

Tras dejar que el puntero se estabilizara, se observó su ubicación con respecto a la escala de medición del tablero.

## Figura 11

*Condición del estado de la vía afirmada*



*Nota.* Desarrollo realizado por el autor.

### 3.7.2. Tratamiento de datos

Se utilizó un espécimen de 50 desviaciones de datos medidas en campo para crear una tabla y un histograma.

### 3.7.3. Análisis y validación:

Al calcular los intervalos de valores, estos se organizaron en un rango de frecuencia (F). El histograma se filtró para excluir el 5% de la izquierda y el 5% de la derecha. Por lo tanto, para el análisis, se eliminaron los 10 puntos de valores mínimos y los 10 máximos.

A continuación, se calculó el intervalo corregido ( $D_c$ ) utilizando esta fórmula:

$$D_c = D \times F.C. \times RB \times 5$$

Tras conseguir el corregido rango ( $D_c$ ), se operó el IRI empleando esta ecuación:

$$IRI = 0.593 + 0.0471 \times DC$$

#### Figura 12

*Preparación del equipo para realizar la prueba de campo*



*Nota.* Desarrollo realizado por el autor.

Elaboración de informes: Finalmente, los informes proporcionaron los valores del IRI para las secciones evaluadas durante esta fase.

Paso 2: Medición del PSI

Los autores utilizaron el método de aproximación de Sayers, Gillespie y Queiroz para calcular los valores del PSI en base al IRI. Esta es la fórmula:

$$PSI = \frac{5.0}{\exp\left(\frac{IRI}{5.5}\right)}$$

Tras obtener los valores de IRI de la vía derecha e izquierda, se calculó la media. El objetivo era obtener una puntuación de IRI promedio que reflejara adecuadamente la rugosidad de ambas vías.

En la segunda etapa, se pudo actualizar la expresión matemática de Sayers, Gillespie y Queiroz con el ajuste del valor de IRI promedio de cada segmento de 400 m. Se determinaron las cantidades de PSI para cada uno de los segmentos. A continuación, se calculó la media de PSI. Los resultados de este desarrollo se tabularon.

### 3.8. RELACIÓN ENTRE LOS VALORES DEL IRI Y EL PSI

Hallar el nexo entre los valores del IRI y el PSI se necesita la aplicación de un estadístico de análisis de su covarianza respectiva. Establecer este nexo exhaustivamente implica:

Reconocimiento de la fuente de los datos: Las bases definidas de los valores de los registros ejecutados de la vía en mantenimiento, las agencias de transporte, los valores de inspección in situ realizado y los equipos de supervisión de la superficie del pavimento pueden alimentar el valor del IRI y el PSI. Estos recursos ilustran la relación entre ambos criterios.

Utilice un perfilómetro vial en ciertos segmentos de la carretera para medir el IRI. Mida estos elementos según los procesos especificados para garantizar la precisión y la consistencia.

Evaluación del PSI: Utilice métodos estándar para evaluar el PSI del segmento de ruta. Esto puede implicar inspecciones visuales, evaluaciones



estructurales y evaluaciones del estado del pavimento según criterios establecidos. Estos métodos son esenciales para una evaluación precisa del estado del pavimento.

Tras adquirir los datos, procese y depure los datos para eliminar errores y valores atípicos antes de analizarlos. Este paso asegura la precisión y confianza de los valores hallados.

### **3.9. TABULACIÓN Y EVALUACIÓN DE VALORES**

Los valores se organizaron y analizaron en Excel. Se procesaron utilizando el método y se calcularon para obtener los resultados deseados. Los diagramas de cada sección de muestra ayudaron a explicar y analizar los datos de rugosidad superficial.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS DEL ESTUDIO

En la presente investigación de los trabajos ejecutados según los objetivos planteados se logró obtener los siguientes resultados para cada uno de los objetivos específicos, estos se pueden apreciar en las tablas siguientes que a continuación se muestran:

**Tabla 3**

*Índice de Regularidad Internacional*

Progresiva	IRI(m/km)			Transitabilidad
	Izq. Huella	Der. Huella	Media	
0+000 - 0+400 Km	6.27	7.69	6.98	Regular
0+400 - 0+800 Km	7.35	7.65	7.50	Regular
0+800 - 1+200 Km	6.87	8.99	7.93	Regular
1+200 - 1+600 Km	8.45	9.35	8.90	Inadecuado
1+600 - 2+000 Km	8.74	9.86	9.30	Inadecuado
2+000 - 2+400 Km	7.53	7.12	7.33	Regular
2+400 - 2+800 Km	7.69	7.29	7.49	Regular
2+800 - 3+200 Km	9.23	7.96	8.60	Inadecuado
3+200 - 3+600 Km	5.83	6.04	5.94	Bueno
3+600 - 4+000 Km	7.98	8.44	8.21	Inadecuado
4+000 - 4+400 Km	9.52	9.65	9.59	Inadecuado
4+400 - 4+800 Km	7.53	6.26	6.90	Regular
4+800 - 5+000 Km	7.93	8.14	8.04	Inadecuado
<b>PROMEDIO =</b>			<b>7.898</b>	<b>Regular</b>

*Nota.* Desarrollo realizado por el autor.

La Tabla 3, muestra el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) de las bandas de rodadura izquierda y derecha y calcula su promedio para los gráficos:

**Tabla 4**

*Resultados de la determinación del IRI*

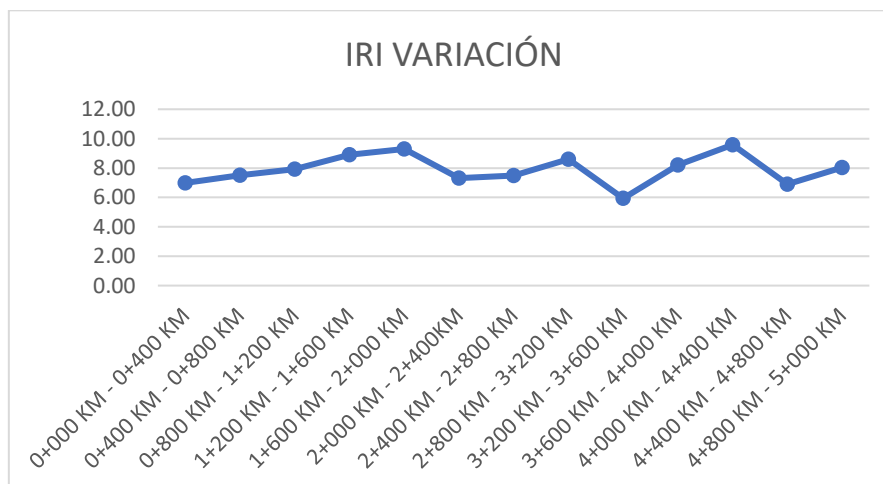
IRI	# DE TRAMOS	% DE PROPORCIÓN
Condición Pésimo	0	0%
Condición Inadecuado	6	46%
Condición Regular	6	46%
Condición Bueno	1	8%
<b>Final</b>	<b>13</b>	<b>100%</b>

*Nota.* Desarrollo realizado por el autor.

La Tabla 4 resume los datos de la consulta.

**Figura 13**

*Resultados del IRI – Variaciones*

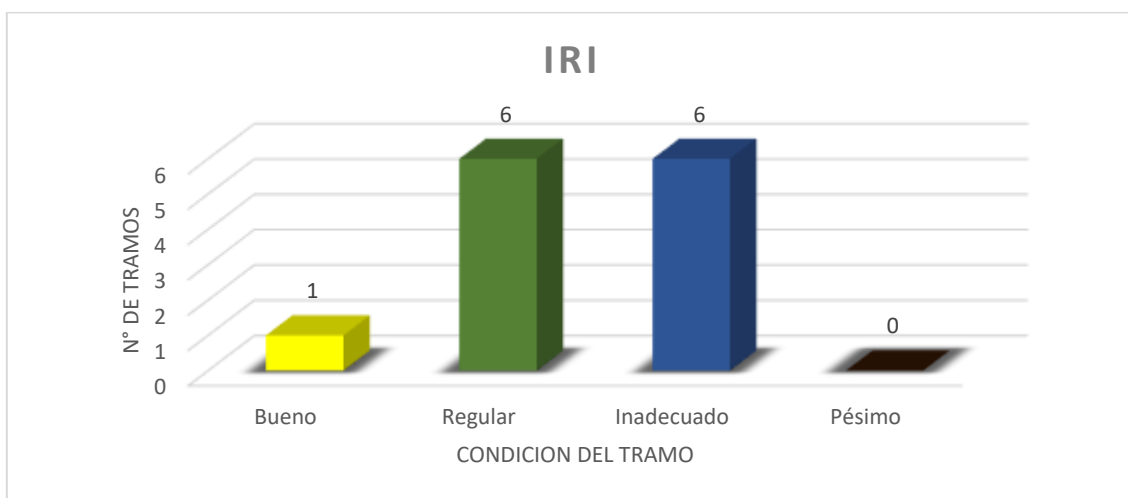


*Nota.* Desarrollo realizado por el autor.

Los resultados del IRI varían, como se observa en la ilustración 11. La mayoría son consistentes, manteniéndose entre 6 y 10 en intervalos como el km 0+800 y el km 3+200.

**Figura 14**

*Productos de los resultados obtenidos del valor del IRI de la vía en estudio*

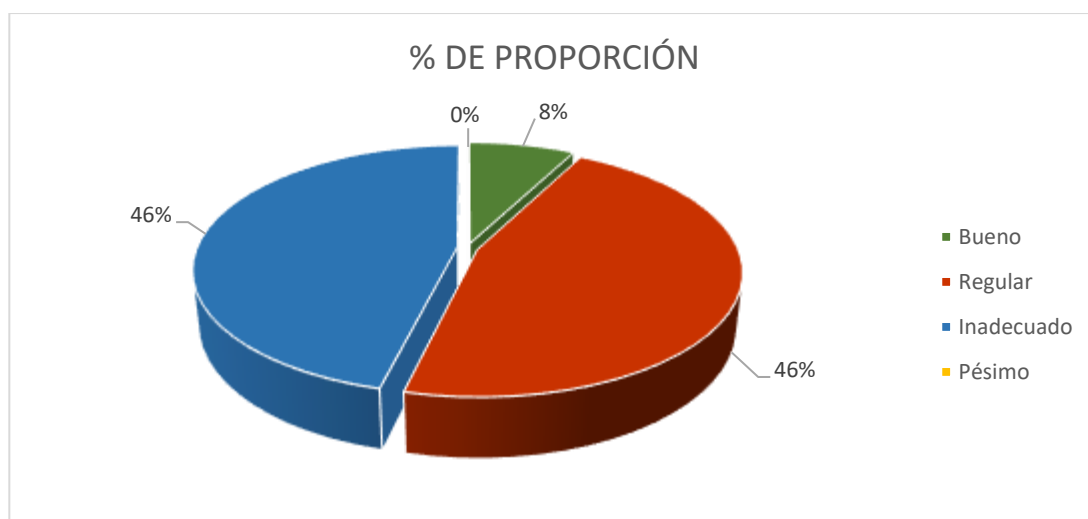


*Nota.* Desarrollo realizado por el autor.

La ilustración 14 muestra que seis tramos de caminos rurales presentan un estado muy irregular, seis son moderados y uno es excepcional.

**Figura 15**

*Resultados del producto obtenido del IRI de la vía en %*



*Nota.* Desarrollo realizado por el autor.

La Figura 15 detalla que el 46% de los factores cuentan con una rugosidad mala, el 46% es aceptable y el 8% es buena.

**Tabla 5***Valores obtenidos del PSI de la vía en estudio*

<b>Tramo: OCUVIRI - PARINA</b>			
<b>Progresiva</b>	<b>IRI Prom. (m/km)</b>	<b>PSI</b>	<b>Estado</b>
0+000 - 0+400 Km	6.98	1.41	Pésimo
0+400 - 0+800 Km	7.50	1.28	Pésimo
0+800 - 1+200 Km	7.93	1.18	Pésimo
1+200 - 1+600 Km	8.90	0.99	Inadecuado
1+600 - 2+000 Km	9.30	0.92	Inadecuado
2+000 - 2+400Km	7.33	1.32	Pésimo
2+400 - 2+800 Km	7.49	1.28	Pésimo
2+800 - 3+200 Km	8.60	1.05	Pésimo
3+200 - 3+600 Km	5.94	1.70	Pésimo
3+600 - 4+000 Km	8.21	1.12	Pésimo
4+000 - 4+400 Km	9.59	0.88	Inadecuado
4+400 - 4+800 Km	6.90	1.43	Pésimo
4+800 - 5+000 Km	8.04	1.16	Pésimo
<b>PROMEDIO =</b>		<b>1.21</b>	<b>Inadecuado</b>

*Nota.* Desarrollo realizado por el autor.

La Tabla 5, resume los resultados del PSI en una escala de 0 a 1 (Deficiente), 1 a 2 (Deficiente), 2 a 3 (Moderada), 3 a 4 (Óptima) y 4 a 5 (Muy buena). Los datos del IRI muestran los resultados de transitabilidad (PSI).

**Tabla 6**

*Productos obtenidos del PSI de la vía en estudio.*

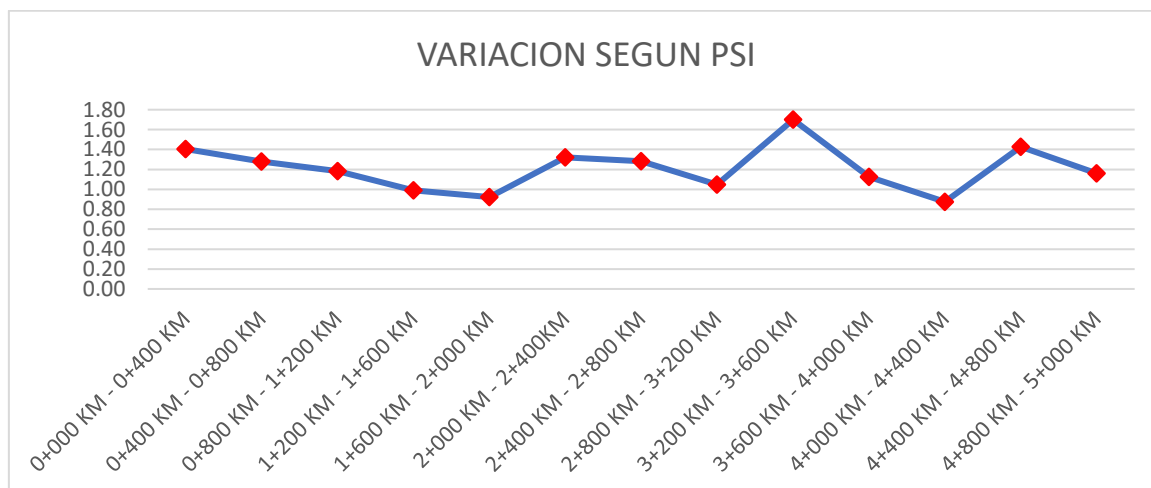
PSI	# DE TRAMOS	% DE PROPORCIÓN
Muy bueno	0	0%
Bueno	0	0%
Regular	0	0%
Inadecuado	3	23%
Pésimo	10	77%
Total	13	100%

*Nota.* Desarrollo realizado por el autor.

Con base en la categorización del PSI, la Tabla 9 muestra la transitabilidad de las calificaciones finales.

**Figura 16**

*Productos del PSI – Variaciones*

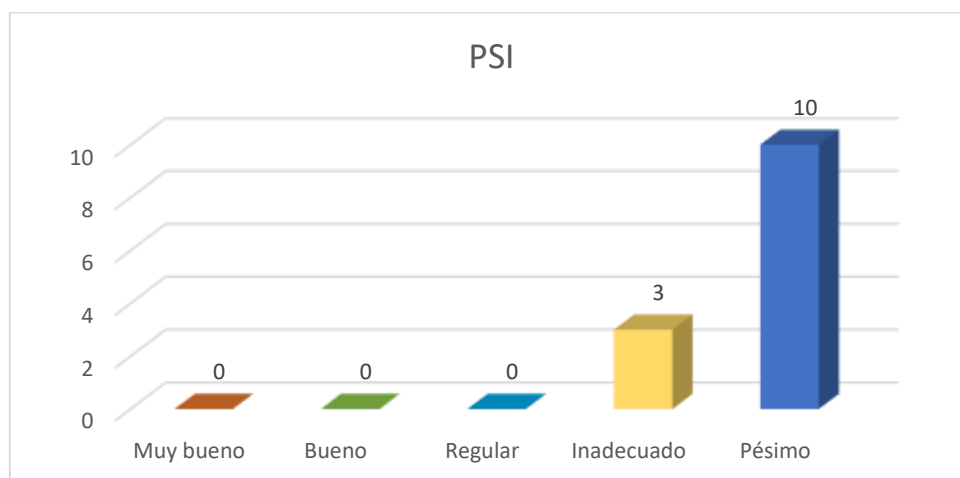


*Nota.* Desarrollo realizado por el autor.

La Figura 16 muestra la fluctuación del índice de transitabilidad, indicando principalmente un estado "deficiente" en una escala de 1 a 2. Considere el km 0+800 al km 4+000.

**Figura 17**

*Resultados obtenidos del PSI de la vía en estudio*



*Nota.* Desarrollo realizado por el autor.

La Figura 17, muestra que once tramos de caminos rurales son "terribles" y tres son "inadecuados". Como se puede apreciar la mayor cantidad de tramos se encuentran en un estado pésimo, lo que indica que la vía tiene un nivel de serviciabilidad muy bajo, lo que requiere que se ejecute un mantenimiento para la rehabilitación de la vía.

**Figura 18**

*Resultados obtenidos del PSI en % de la vía en estudio*



*Nota.* Desarrollo realizado por el autor.

La Figura 18, detalla que el 77% de las partes cuentan con una mala transitabilidad y el 23% se encuentra en malas condiciones o inadecuadas, estos resultados obtenidos son una clara evidencia que en condiciones donde aumente la cantidad de vehículos que transitan por la vía esto podría generar mayores daños, ya que la superficie de la vía no presenta una adecuada resistencia a la intemperie, lo que también se generan los daños por los efectos medioambientales como las precipitaciones los vientos y otros que son agresivos para la superficie de la carretera que se realizó la evaluación.

#### 4.2. DISCUSIÓN

Los datos muestran que el 58% de la vía sin pavimentar entre el centro de Parina y Ocuwiri presenta un estado de superficie deficiente, lo que representa riesgos para la seguridad y la durabilidad. Con base en investigaciones previas y nuestro conocimiento, establecimos límites de IRI de 10 y umbrales de PSI de 2. Nuestra premisa es que mejorar la calidad de la superficie según estos criterios mejorará la durabilidad y la defensa.

##### **Para la condición del IRI;**

Hipótesis de trabajo

H1  $X < 10$  (media de los productos del índice de regularidad  $< a$  10)

Hipótesis nula

H0  $X > 10$  (media de los productos del índice de regularidad  $> a$  10)

Hipótesis alterna

Ha  $X = 10$  (media de los productos del índice de regularidad  $= a$  10)

##### **Para la condición del PSI;**

H1  $Y < 2$  (media de los productos del PSI  $< a$  2)



Hipótesis nula

$H_0 Y > 2$  (media de los productos del PSI  $> a$  2)

Hipótesis alterna

$H_a Y = 2$  (media de los productos del PSI  $= a$  2)

Ambas hipótesis de trabajo se sustentan al comparar nuestras cifras de hipótesis con los promedios de IRI y PSI. Debido a la comparación final entre un valor hipotético y uno real, algunos investigadores denominan hipótesis de diferencia de hipótesis de estimación estadística (Black y Champion, 1976).

Huanca (2023) determinó que la Av. Las Malvinas tiene un IRI de 4,52 m/km y un PSI de 1,55, lo que señala una mala transitabilidad por la estudiada. En un estudio descriptivo-exploratorio de 16 evaluaciones con el rugosímetro Merlin en Tacna, Flores (2020) encontró un IRI de 5,05 m/km y un PSI de 1,988. Estos datos muestran que la superficie de la carretera se está degradando y no es apto para vehículos, alcanzando un IRI de 5,06 m/km y un PSI de 1,988. En general, la disminución de la rugosidad superficial mejora la transitabilidad vehicular. Esto significa que el pavimento es mejor que el de Tacna.

**Tabla 7**

*Evaluación final del superficial estado*

SUPERFICIAL ESTADO	Muy Bueno	Bueno	Regular	Inadecuado	Pésimo
IRI	0	1	6	6	0
Índice de Serviciabilidad Presente	0	0	0	3	10
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Total %</b>	<b>0%</b>	<b>4%</b>	<b>23%</b>	<b>35%</b>	<b>38%</b>

*Nota.* Desarrollo realizado por el autor.

La Tabla 7, muestra los datos de degradación superficial de la carretera afirmada, IRI y PSI. Un tramo es excelente, seis son aceptables, nueve son inadecuados y diez son pésimos, lo que proporciona una calificación completa del camino de tierra.

**Figura 19**

*Resultado de la evaluación del estado superficial*



*Nota.* Desarrollo realizado por el autor.

La ilustración 19, detalla que el 4% de los caminos rurales son buenos, el 23% regulares, el 35% malos y el 38% pésimos.



## CONCLUSIONES

**PRIMERA.** Desde Ocuvi (Km 0+000) hasta el centro urbano de Parina (Km 5+000) en Lampa, las características del suelo del pavimento según el IRI son:

IRI = 7,898, bueno.

Los valores máx. y mín. de IRI son:

El IRI más elevado es 9,59, insuficiente.

El IRI mínimo es 5,94, que indica bueno.

**SEGUNDA.** Características superficiales del pavimento en Ocuvi (Km 0+000) – Centro Poblado Parina (Km 5+000) en Lampa, incluyendo el IRI:  
La transitabilidad es deficiente con un PSI de 1,21.

Los valores de PSI máximo y mínimo fueron:

PSI máximo = 0,88, lo que indica mala transitabilidad.

PSI mínimo = 1,70, lo que indica mala transitabilidad.

**TERCERA.** La carretera rural Ocuvi (km 0+000) – Centro de Parina (km 5+000) de la provincia de Lampa necesita renovación para optimizar su regularidad y transitabilidad. Un nexo inverso cuantitativo entre el IRI y el PSI enfatiza la vitalidad de superficies lisas para el estándar de la vía.



## RECOMENDACIONES

**PRIMERA.** En zonas con altos valores del IRI, se debe realizar mantenimiento preventivo y correctivo después del análisis de los rasgos de la vía. La rehabilitación del suelo, el reparamiento de baches y la nivelación pueden minimizar la irregularidad y optimizar el confort y protección de los usuarios de la vía. Para detectar y solucionar problemas rápidamente, se deben realizar inspecciones y evaluaciones frecuentes de la superficie.

**SEGUNDA.** Las reparaciones y el mantenimiento de la carretera deben centrarse en la nivelación del suelo para optimizar la comodidad y seguridad del tráfico. Para evaluar el nexo entre el IRI, el PSI y el comportamiento de conducción en carreteras rurales, se debe estudiar la velocidad del tráfico y la frecuencia de accidentes.

**TERCERA.** La vía rural de Ocuwiri (km 0+000) al Centro de Parina (km 5+000) en Lampa debe ser tratada con PROES para mejorar su rugosidad y transitabilidad.

**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- Alejos Perez, M. & Caceres Vidal, J. C. (2016). "Alternativas para la transitabilidad al anexo Huacacorral del distrito de Guadalupito –Viru – La Libertad. La libertad, Perú".
- Alvarado Mariño R. A. (2012). "Evaluación de la gestión de mantenimiento rutinario de la carretera afirmada Aija – La Merced Km. 0+000 AL Km. 08+800 Aija – Áncash 2010- 2011.Ancash, Perú".
- Adaptado de Work bank Technical Paper Number 46 y Norma ASTM E - 950 – 98. (s.f.).
- ASTM E867-06, "Terminology Relating to Traveled Surface Characteristics", (2012).
- Especificaciones Técnicas Generales para la conservación de carreteras aprobado por Resolución Directoral N°051-2007-MTC
- Badilla Vargas, G. (2009). Determinación de la regularidad superficial del pavimento, mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI):
- BADILLA, GUSTAVO: Determinación de la regularidad superficial del pavimento, mediante el cálculo del índice de regularidad internacional. (IRI), San José. Costa Rica, 2008.
- Cordero Huanca, L. A. (2019). Serviciabilidad del pavimento flexible y transitabilidad vehicular - Avenida Carlos Izaguirre intersección Avenida 12 de Octubre, distrito San Martín de Porres, Lima en el 2018
- Guirguis M. (2018) "Design and performance assessment of chip seal applications" (Tesis de posgrado) Universidad del Estado de Iowa, Estados Unidos



- Colque C. (2023) "Análisis de la Capacidad vial y nivel de servicio de la vía afirmada Jarpaña – Orduña del Distrito de Paratia Provincia de Lampa Región Puno. (Tesis de posgrado) - Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Puno, Perú
- Banco Mundial y la American Society for Testing and Materials ASTM E. (1926-98).
- Black, J. A. y Champion, D.J. (1976). "Methods and issues in social research, Nueva York, pág. 56 (citado por Roberto Hernández Sampieri, et al. (2003) Metodología de la Investigación, México".
- Chevarría B, E. (2019). "Correlación entre el índice de regularidad internacional y el índice del inventario de condición del Ministerio de Transportes y Comunicaciones". Tesis de Pregrado, Universidad San Martín de Porres. Lima – Perú.
- Cordero H, L. (2019). "Análisis del índice de Serviciabilidad del pavimento flexible en la Avenida Túpac Amaru km 11, Comas-Lima 2018". Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo.
- DEL AGUILA, PABLO: Desarrollo de la Ecuación de Correlación para la determinación del IRI en pavimentos asfálticos nuevos, utilizando el Rugosímetro MERLIN. Sevilla, 1999.
- Gobierno regional de puno. (2016). estudio definitivo para el mejoramiento de la carretera PU 135 checca - Mazocruz. Puno.
- DEL AGUILA, PABLO: Estado del Arte sobre la Medición de la Rugosidad de Pavimentos en el Perú. Lima, 1998.
- Del Águila R, P. (1999). Manual de Usuario merliner: Merlin equipo para rugosidad.



Lima: Camineros S.A.C.

Muñoz, L (2018) "Evaluación Superficial del Pavimento Flexible del Tramo 3 de la

Carretera Interoceánica Norte Perú - Brasil Aplicando el Método PCI" (Tesis de pregrado) Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú

Justo Casaretto, M.A. (2013). "Experiencia de medición de niveles de servicio en carreteras asfaltadas en la zona de Selva. Lima, Perú".

Manual de capacidad de carreteras 2000 highway capacity manual HCM. (2000).

Manual de carreteras conservación vial MTC. (2013).

Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas. (2005).

Manual de seguridad vial (MSV) R.D n°05 – 2017 – MTC. (2014).

Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC, pág. 157. (2014).

Tovar, G. L. (1986). El asentamiento y la segregación de los Blancos y Mestizos. Bogotá: Cengage.

MTC, Registro Nacional de Carreteras (RENAC), 2012.

MONTOYA, J. (2013). Análisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú. Tesis de Master en Ingeniería Civil con Mención en Ingeniería Vial. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Lima, Perú.

HIRPAHUANCA LAURA, D. (2016). Tesis. Determinación y comparación superficial del pavimento de la carretera Cusco – Urcos, usando teléfonos inteligentes y el rugosímetro de Merlin.

Rodríguez Zelaya, Edgar; Torres Mayorga, Luis; Villeda Alvarenga, Miguel (2019). Desarrollo de metodología para la medición de IRI mediante el uso de un Rugosímetro basado en el Merlin, para evaluación de pavimentos



flexibles y rígidos en el Salvador. Universidad de El Salvador. Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Sayers, M.W. y Karamihas, S.M. "The Little Book of Profiling" University of Michigan Transportation Research Institute (UMTRI), USA, 1997, 100 p.

Pablo del Águila Rodríguez. Manual de Equipo Merlin para medir la Rugosidad en Pavimentos (pág. 4-10), Camineros S.A.C.

American Association of State Highway and Transportation Officials.- AASHTO Guide for Design of Pavement Structures.- American Association of State Highway and Transportation Officials.- Washington, D.C., USA, 1993.

Martínez Naranjo, S., & Tobón García, J. A. (2012). Análisis de la problemática actual para el cumplimiento de la regularidad superficial en proyectos viales.

## ANEXOS

## ANEXO 1

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TITULO:** EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL ESTADO DE LA CARRETERA AFIRMADA OCUVIRI – PARINA EN LA PROVINCIA DE LAMPA REGIÓN PUNO

	PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
<b>GENERAL</b>	¿Cuál es el impacto del análisis funcional en la transitabilidad vehicular aplicando el Rugosímetro de Merlín en camino vecinal desde el distrito de Ocuvi hacia el Centro Poblado Parina en la, provincia de Lampa, Región Puno?	Estudiar la funcionalidad en la transitabilidad vehicular aplicando el Rugosímetro de Merlín en el camino vecinal desde el distrito de Ocuvi hacia el Centro Poblado Parina, en la provincia de Lampa.	Los valores promedio del IRI son inferiores a 10 y del PSI son inferiores a 2 en el afirmado del camino vecinal desde el distrito de Ocuvi hacia el Centro Poblado Parina, en la provincia de Lampa	<b>INDEPENDIENTE</b>	<b>Rugosidad superficial</b>	Deterioro	Serviciabilidad	Observación
					Es la desviación de una determinada superficie respecto a una superficie plana teórica, con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo y la calidad de manejo.			
<b>ESPECÍFICOS</b>	¿Cuál es el impacto del análisis funcional en la transitabilidad vehicular aplicando el Rugosímetro de Merlín en camino vecinal desde el distrito de Ocuvi hacia el Centro Poblado Parina en la, provincia de Lampa, Región Puno?	OE 1: Desarrollar el valor del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) del afirmado del camino vecinal desde el distrito de Ocuvi hacia el Centro Poblado Parina, en la provincia de Lampa.	El Índice Internacional de Rugosidad (IRI) en el afirmado del camino vecinal desde el distrito de Ocuvi hacia el Centro Poblado Parina, en la provincia de Lampa, es inferior a 10	<b>DEPENDIENTE</b>	<b>IRI y PSI</b>	IRI ≤ 6    Bueno 6 < IRI ≤ 8    Regular 8 < IRI ≤ 10    Inadecuado 10 ≤ IRI    Pésimo	Unidades IRI	Rugosímetro de Merlín
				El IRI es una medida cuantitativa de la rugosidad o irregularidad de la superficie de una carretera. Se utiliza para evaluar la calidad del pavimento y su impacto en la comodidad de conducción de los vehículos.				



	¿Cuál es el valor del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) del afirmado del camino vecinal desde el distrito de Ocuvi hacia el Centro Poblado Parina, en la provincia de Lampa?	Desarrollar el valor del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) del afirmado del camino vecinal desde el distrito de Ocuvi hacia el Centro Poblado Parina, en la provincia de Lampa	: El Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) en el afirmado camino vecinal desde el distrito de Ocuvi hacia el Centro Poblado Parina, en la provincia de Lampa, está por debajo de 2.		El PSI es una medida que evalúa el estado general del pavimento de una carretera en términos de su capacidad para proporcionar un servicio funcional adecuado. Se basa en diversos criterios funcionales y estructurales, como la rugosidad, las deformaciones, las grietas, entre otros	0-1 Muy Mala 1-2 Mala 2-3 Regular 3-4 Buena 4-5 Muy Buena	Unidades PSI	
	¿Cuál será el estado situacional camino vecinal desde el distrito de Ocuvi hacia el Centro Poblado Parina, en la provincia de Lampa?	Demostrar la situación actual del camino vecinal desde el distrito de Ocuvi hacia el Centro Poblado Parina, en la provincia de Lampa	El estado situacional del camino vecinal desde el distrito de Ocuvi hacia el Centro Poblado Parina, en la provincia de Lampa es bueno					

**LINEA DE INVESTIGACION:** TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

**RESPONSABLE:** CARLOS MARX BALDARRAGO MACHACA



ANEXO 2

ESCALA PARA DETERMINAR LA DISPERSIÓN DE LAS DESVIACIONES  
DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO RESPECTO DEL NIVEL DE  
REFERENCIA O CUERDA PROMEDIO

<b>RUGOSIMETRO MERLIN</b>		
1 Division = 5 mm		
<b>DEPRESIONES</b>	↑	50
		49
		48
		47
		46
		45
		44
		43
		42
		41
		40
		39
		38
		37
		36
		35
		34
		33
		32
		31
		30
		29
		28
		27
	<b>ELEVACIONES</b>	↓
		25
		24
		23
		22
		21
		20
		19
		18
		17
		16
		15
		14
		13
		12
		11
		10
		9
		8
		7
		6
		5
		4
		3
		2
	1	



## ANEXO 4

### PANEL FOTOGRÁFICO

**Fotografía 1.** Vista de la carretera afirmada Ocuvirí – Parina



**Fotografía 2.** Progresiva del Km 0+000 de vía en estudio.



**Fotografía 3.** Registro de datos del carril derecho de la vía.



**Fotografía 4.** Recorrido con el equipo del tramo en estudio.



**Fotografía 5.** Vista del registro de datos en el recorrido del tramo analizado.



**Fotografía 6.** Secuencia del recorrido aplicando el equipo de Merlín.



**Fotografía 7.** Secuencia de continuación del registro de datos obtenidos con el equipo.



**Fotografía 8.** Progresiva del Km 5+000 del tramo en estudio.



**Fotografía 9.** Recorrido con el equipo Merlín sobre el tramo en estudio.



**Fotografía 10.** Estado superficial de la vía afirmada.



**Fotografía 11.** Puntos de medición de desviaciones verticales (irregularidades).



**Fotografía 12.** Medición de deflexiones y depresiones encontradas en la vía.





















ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS  
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN  
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 02-12-2025

Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: CARLOS MARX BALDARRAGO MACHACA

Dirección: JR.CAHUIDE 345

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 02446761

Teléfono: 928858385 email: idatserver25@gmail.com

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ email: \_\_\_\_\_

Facultad y/o Escuela de Posgrado: FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: DE INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO CIVIL

Asesor: M. Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL ESTADO DE LA CARRETERA AFIRMADA

OCUVIRI - PARINA EN LA PROVINCIA DE LAMPA REGIÓN PUNO

Palabras claves, (3 a 5 términos): Superficie rugosa, IRI, serviciabilidad del afirmado

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1,2</sup>?

1

<sup>1</sup> Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

<sup>2</sup> Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

Bachiller  Título  2da Especialidad  Maestría  Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.  
 Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): \_\_\_\_\_  
 No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

Sí autorizo  
 No autorizo



**Jurisdicción de su Licencia**

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

Firma de Autor



huella digital

02 - 12 - 2025

Fecha