



**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**ANÁLISIS DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL CAMINO  
VECINAL BOCA SAN GABÁN – ORILLA RÍO INAMBARI  
DEL DISTRITO DE SAN GABÁN REGIÓN PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

**Bach. KEVIN BRAYAN VARGAS MAYTA**

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**

**ANÁLISIS DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL CAMINO  
VECINAL BOCA SAN GABÁN – ORILLA RÍO INAMBARI  
DEL DISTRITO DE SAN GABÁN REGIÓN PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

**Bach. KEVIN BRAYAN VARGAS MAYTA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

**PRESIDENTE**

:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

**PRIMER MIEMBRO**

:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

**SEGUNDO MIEMBRO**

:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

**ASESOR DE TESIS**

:

  
\_\_\_\_\_  
M. Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



# UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

## RESOLUCIÓN DECANAL N° 216-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 09 de abril del 2025

**VISTO:** El expediente N° 2025- CU-748 presentado por el (la) Bachiller: KEVIN BRAYAN VARGAS MAYTA 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. KEVIN BRAYAN VARGAS MAYTA, quien solicita NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN de la Tesis Titulado: ANÁLISIS DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL CAMINO VECINAL BOCA SAN GABÁN - ORILLA RÍO INAMBARI DEL DISTRITO DE SAN GABÁN 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. MILTHON QUISPE HUANCA
- \* **1er Miembro** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- \* **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 la) docente, M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA.

**ARTICULO TERCERO.** - APROBAR, la FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS de el (la) bachiller: KEVIN BRAYAN VARGAS MAYTA; del informe final de la investigación (tesis) titulado: ANÁLISIS DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL CAMINO VECINAL BOCA SAN GABÁN - ORILLA RÍO INAMBARI DEL DISTRITO DE SAN GABÁN REGIÓN PUNO para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : Miércoles 16 de abril del 2025
- \* **HORA** : 11:00 horas
- \* **LUGAR** : Aula 306 - 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 ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

M<sup>g</sup> WALTER J. LIZÁRRAGA ARMAZA  
DECANO (e)  
CIP. 70808



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

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc: Archivo  
uancv@uancv.edu.pe



# "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

## RESOLUCIÓN DECANAL N° 1499-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 15 de noviembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU - 16176 por el señor (a): **KEVIN BRAYAN VARGAS MAYTA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 1345 - 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS) formato N° 263- 2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el señor (a): **KEVIN BRAYAN VARGAS MAYTA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ANÁLISIS DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL CAMINO VECINAL BOCA SAN GABÁN - ORILLA RÍO INAMBARI DEL DISTRITO DE SAN GABÁN 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° 263- 2024 **aprobandolo** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL CAMINO VECINAL BOCA SAN GABÁN - ORILLA RÍO INAMBARI DEL DISTRITO DE SAN GABÁN 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): **KEVIN BRAYAN VARGAS MAYTA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL CAMINO VECINAL BOCA SAN GABÁN - ORILLA RÍO INAMBARI DEL DISTRITO DE SAN GABÁN 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 ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTRON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



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

Dr. Efraín Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (a)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1136-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 27 de setiembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU- 13545, presentado el señor (a) KEVIN BRAYAN VARGAS MAYTA solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 1073 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 319-2024 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): KEVIN BRAYAN VARGAS MAYTA ha presentado su propuesta de investigación Titulado: ANÁLISIS DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL CAMINO VECINAL BOCA SAN GABÁN - ORILLA RÍO INAMBARI DEL DISTRITO DE SAN GABÁN 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° 319-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: ANÁLISIS DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL CAMINO VECINAL BOCA SAN GABÁN - ORILLA RÍO INAMBARI DEL DISTRITO DE SAN GABÁN 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): KEVIN BRAYAN VARGAS MAYTA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: ANÁLISIS DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL CAMINO VECINAL BOCA SAN GABÁN - ORILLA RÍO INAMBARI DEL DISTRITO DE SAN GABÁN 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.



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

MILTON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



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

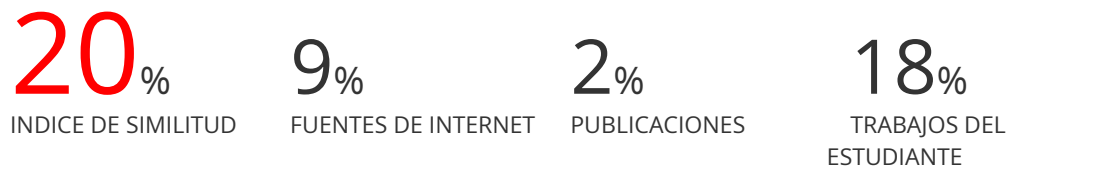
Dr. Efraín Payillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo 2024  
Interesado (a)



### ANÁLISIS DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL CAMINO VECINAL BOCA SAN GABÁN – ORILLA RÍO INAMBARI DEL DISTRITO DE SAN GABÁN REGIÓN PUNO

#### INFORME DE ORIGINALIDAD



#### FUENTES PRIMARIAS


<b>1</b>	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<b>13%</b>
<b>2</b>	Submitted to Superior Science Higher Secondary School Trabajo del estudiante	<b>3%</b>
<b>3</b>	Submitted to Prairie View A&M University Trabajo del estudiante	<b>2%</b>
<b>4</b>	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	Vallenas Gaona, María Isabel. "Evaluación y sistematización de la diversidad de la familia Orchidaceae por gradiente altitudinal en el valle de San Gabán - Puno - Perú.", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru) Publicación	<b>1%</b>
<b>6</b>	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	dspace.unach.edu.ec Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	tesis.unap.edu.pe	



### Metadatos Complementarios

<b>Título de la Tesis</b>	
<b>ANÁLISIS DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL CAMINO VECINAL BOCA SAN GABÁN – ORILLA RÍO INAMBARI DEL DISTRITO DE SAN GABÁN REGIÓN PUNO</b>	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	KEVIN BRAYAN VARGAS MAYTA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	73990081
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0001-9269-2555">https://orcid.org/0009-0001-9269-2555</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	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	24245280
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
<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> Carabaya  <b>Distrito:</b> San Gabán  <b>ORILLA RÍO INAMBARI DEL DISTRITO DE SAN GABÁN</b>  <b>Coordenadas:</b>  <b>Latitud:</b> -13.06888  <b>Longitud:</b> -70.39112  <b>URL Maps</b></p>  <p><a href="https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1_cJjx_0yywgtJa8YFpFgtAT4PXdTj7o&amp;usp=sharing">https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1_cJjx_0yywgtJa8YFpFgtAT4PXdTj7o&amp;usp=sharing</a></p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Setiembre 2024 – Abril 2025
URL de disciplinas OCDE <a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</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 "NÉSTOR CÉSAR VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS  
 Dr. Fritz Willy Mamani Apaza  
 DIRECTOR  
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo KEVIN BRAYAN VARGAS MAYTA, identificado con DNI  
Nro. 73990081, 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:

ANÁLISIS DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL CAMINO VECINAL BOCA  
SAN GABÁN – ORILLA RÍO INAMBARI DEL DISTRITO DE SAN GABÁN 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.

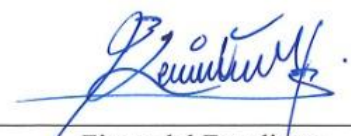
Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

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 19 de setiembre del 2025

  
Firma del Asesor  
(obligatoria)

  
Firma del Estudiante  
(obligatoria)



Huella



## ÍNDICE

ÍNDICE.....	i
ÍNDICE DE TABLAS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
INTRODUCCIÓN.....	viii

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Formulación del problema.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3. Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación del estudio.....	3
1.4.1. Justificación técnica.....	3
1.4.2. Justificación económica.....	4
1.4.3. Justificación social.....	4
1.4.4. Justificación ambiental.....	4
1.5. Hipótesis del estudio.....	4



1.5.1. Hipótesis general .....4

1.5.2. Hipótesis específica .....5

1.5.3. Variables .....5

**CAPÍTULO II**

**MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes del proyecto .....6

    2.1.1. Antecedentes internacionales .....6

    2.1.2. Antecedentes nacionales .....8

    2.1.3. Antecedentes locales ..... 10

2.2. Marco teórico ..... 10

    2.2.1. Carretera ..... 10

    2.2.2. Definición de carreteras no pavimentadas ..... 14

    2.2.3. Serviciabilidad .....29

**CAPÍTULO III**

**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1. Tipo y nivel de investigación .....31

    3.1.1. Nivel .....31

    3.1.2. Tipo .....31

3.2. Diseño de la investigación .....32

3.3. Descripción del ámbito de estudio .....32

    3.3.1. Ubicación .....32

3.4. Población y muestra .....35



3.4.1. Población .....35

3.4.2. Muestra .....36

3.5. Fuentes, instrumentos y equipos de estudio para la obtención de valores .....36

3.6. Autenticidad y confianza en el equipo .....37

3.7. Esquema de obtención y desarrollo de valores .....37

3.7.1. Estado superficial .....37

3.7.2. Relación entre el IRI y el PSI .....39

3.8. Tabulación y evaluación de datos .....40

**CAPÍTULO IV**

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Resultados .....41

4.1.1. A nivel de la variable X/I. disposición vial .....41

4.2. Discusión.....46

CONCLUSIONES ..... 50

RECOMENDACIONES ..... 51

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 52

ANEXOS ..... 54



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Operacionalización de variables .....	5
<b>Tabla 2.</b> La condición del afirmado, evaluada por la regularidad en vías afirmadas. ....	22
<b>Tabla 3.</b> Escala de PSI .....	30
<b>Tabla 4.</b> Ubicación geográfica del camino vecinal.....	33
<b>Tabla 5.</b> Elevación de las localidades .....	33
<b>Tabla 6.</b> Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	36
<b>Tabla 7.</b> IRI.....	41
<b>Tabla 8.</b> Datos Conseguídos IRI.....	42
<b>Tabla 9.</b> PSI .....	44
<b>Tabla 10.</b> Datos Conseguídos del PSI.....	44
<b>Tabla 11.</b> Exploración última de la condición superficial de la vía.....	47
<b>Tabla 12.</b> Exploración última de la vía. ....	48



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Tipos de vías no pavimentadas. ....	15
<b>Figura 2.</b> Diseño de cuarto de carro. ....	19
<b>Figura 3.</b> Escala IRI.....	20
<b>Figura 4.</b> Escala para hallar la rugosidad.....	21
<b>Figura 5.</b> Equipo Bicicleta de Merlín .....	23
<b>Figura 6.</b> Partes de la Bicicleta Merlín .....	24
<b>Figura 7.</b> El cambio en el suelo del pavimento en conexión con la línea media.....	25
<b>Figura 8.</b> Ilustración de distribución de frecuencias.....	26
<b>Figura 9.</b> Instrumento empleado para juntar información. ....	27
<b>Figura 10.</b> Mapa del Perú. ....	34
<b>Figura 11.</b> Mapa de Puno. ....	34
<b>Figura 12.</b> Mapa de Carabaya.....	35
<b>Figura 13.</b> Mapa del Camino vecinal .....	35
<b>Figura 14.</b> Formato de recopilación de datos para el IRI .....	38
<b>Figura 15.</b> Datos Conseguídos del IRI – Variaciones .....	42
<b>Figura 16.</b> Valores Hallados del IRI – tramos.....	43
<b>Figura 17.</b> Valores Hallados del IRI – % .....	43
<b>Figura 18.</b> Valores Hallados del PSI – Variaciones .....	45
<b>Figura 19.</b> Datos Conseguídos del PSI – tramos .....	45
<b>Figura 20.</b> Valores Hallados del PSI – % .....	46
<b>Figura 21.</b> Valor Hallado del Estado superficial .....	48



## RESUMEN

La ruta sin pavimentar entre Boca San Gaban y Orilla Rio Inambari no se conoce si los vehículos motorizados pueden utilizarla. La provincia de Carabaya, Puno tiene esta ruta. Esta investigación se está realizando para evaluar el estado actual y el estándar del suelo de la vía local, como se indicó anteriormente.

Se emplearon evaluaciones de tráfico para el objetivo del estudio. Este método utilizó exploraciones in situ no experimentales en tiempo real después y durante el examen. Estas evaluaciones siguieron a la evaluación inmediatamente. Este proyecto analizó caminos sin pavimentar utilizando el IRI y un PSI. El objetivo era comprobar si los caminos cumplían con los límites iniciales, algo bastante simple. No se realizaron pruebas, ya que se trataba de un estudio puramente cuantitativo.

La carretera local muestra un IRI de 7,394 (bastante promedio). El PSI alcanza 1,33. De hecho, está por debajo de los estándares. Sin embargo, ambos valores indican condiciones normales de la carretera. La información está en la sección "Resultados".

El análisis realizado determinó que la vía es ordinaria e insuficiente, lo que pone en peligro a los usuarios. De igual forma, abogamos por un mantenimiento frecuente de la vía para restablecer su transitabilidad óptima y aceptable.

**Palabras claves:** Rugosidad, Serviciabilidad, Camino vecinal, Deterioro, Afirmado.



## ABSTRACT

The unpaved road between Boca San Gaban and Orilla Rio Inambari is not known to be usable by motorized vehicles. This road is located in the province of Carabaya, Puno. This investigation is being conducted to assess the current condition and standard of the local road surface, as previously stated.

Traffic assessments were used for the study's purpose. This method used non-experimental, real-time in-situ explorations after and during the examination. These assessments immediately followed the assessment. This project analyzed unpaved roads using the IRI and a PSI. The objective was to verify whether the roads met the initial limits, which was quite simple. No tests were conducted, as this was a purely quantitative study.

The local road shows an IRI of 7.394 (fairly average). The PSI reaches 1.33. In fact, it is below standards. However, both values indicate normal road conditions. The information is in the "Results" section.

The analysis determined that the road is ordinary and inadequate, endangering users. We also advocate for frequent maintenance of the road to restore its optimal and acceptable passability.

**Keywords:** Roughness, Serviceability, Local road, Deterioration, Asphalt.



## INTRODUCCIÓN

Las dificultades que se están encontrando actualmente en todo el mundo, específicamente a los que concierne al estándar de la infraestructura vial, son significativamente insuficientes. Estas dificultades son particularmente frecuentes en América Latina. Además, el estado de las carreteras se ha deteriorado como consecuencia de los esfuerzos de mantenimiento insuficientes, lo que ha llevado a la terrible situación actual. El éxito de la nación se ve afectado directa y significativamente por los grandes costos en los que incurre, lo que afecta el progreso que el país está logrando.

De acuerdo con los resultados de este estudio, se realizó una evaluación sobre el estado de la superficie de la carretera local que se extiende desde Boca San Gaban hasta Orilla Rio Inambari en la provincia de Carabaya. Una carretera sin pavimentar es la que se está disputando en esta situación. En consecuencia, el mayor énfasis de nuestra investigación está en examinar la rugosidad de la superficie y la capacidad de servicio de la superficie. Esto se debe al impacto que esto tiene. Se ha utilizado el siguiente marco para este estudio: Los detalles de la problemática, las metas, la justificación, la vitalidad, los parámetros del estudio y la formulación de la hipótesis, junto con las variables que se asocian a ella para la investigación, son los temas principales que se cubren en el primer capítulo.

Vamos a estudiar el marco teórico que es relevante para los contextos internacional, nacional y de barrio en el segundo capítulo de este libro. Tanto los métodos de hacer investigación como la interpretación de los hallazgos se verían mejorados si se utilizara este marco.

Exactamente lo que acaba de leer está incluido dentro del tercer capítulo. La población y la muestra, así como el nivel, tipo y modelo de la investigación, se discutirán en esta sección del ensayo. Además, analizaremos el marco metodológico del estudio, que incluirá la población y la muestra. En el proceso de conseguir valores in situ y cálculo de los valores IRI y PSI, seguidamente se describen los procedimientos y equipos que se utilizaron.



Con esto, se cierra el cuarto capítulo del ensayo en general. La meta de este capítulo es mostrar la evaluación de los resultados, que serán evaluados en colaboración con los autores para llegar a una conclusión sobre la credibilidad de la investigación realizada. Para ello, se compararán con los datos recopilados, que incluirán el IRI, el PSI y la relación entre ambos. Las metas que se plantearon iniciado el proyecto de estudio coinciden con todos y cada uno de estos componentes.



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Formulación del problema

De acuerdo con Badilla (2014), la evaluación vial aporta conocimientos y datos que pueden ser aprovechados en el proceso de diseño y administración de la infraestructura, lo que a su vez hace más eficientes las tareas de mantenimiento, reparación o reconstrucción en sus respectivos niveles. La evaluación de las carreteras se denomina procedimiento de evaluación vial.

En lo que respecta a la planificación, construcción y conservación de las vías y caminos municipales en el país, el MTC es el organismo encargado de regular y estandarizar estos componentes del proceso de diseño y construcción, lo que incluye el modelo, ejecución y conservación de dichas vías y caminos municipales. Para lograr este fin, es deber de las diferentes dependencias de Provías Nacional, así como de los gobiernos de las distintas localidades, supervisar el manejo de los fondos que son destinados para tal fin, con el fin de mejorar y mantener las vías dentro de sus distintas zonas regulatorias. A la hora de determinar si una vía es apta o no para el tránsito vehicular, el autor opina que el IRI es uno de los instrumentos más importantes que se pueden utilizar. Esto se debe a que establece una



conexión entre el estado de la infraestructura vial y la aptitud de la vía para ser utilizada. Una de las razones por las que esto es algo que resulta importante es por esto. Cabanillas J. (2019) ha propuesto que la alternativa en Perú sería ofrecer contratos viales a contratistas con la finalidad de mejorar la infraestructura vial del país. Esta es la alternativa que se ha recomendado. Los contratistas están obligados a ceñirse a estándares de calidad y servicios que son monitoreados, y también están sujetos a la posibilidad de incurrir en sanciones si no cumplen con estos requisitos. Además, están sujetos a la posibilidad de incurrir en multas.

## **1.2. Planteamiento del problema**

El camino vecinal Boca San Gaban – Orilla de Río Inambari, se encuentra en un estado regular debido al tránsito de esta carretera, el afirmado presenta daños estructurales e inexistencia de señalización adecuada a lo largo del eje, lo que dificulta el tránsito normal por esta vía y la seguridad de los usuarios.

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo será la condición del afirmado mediante el cálculo del IRI y PSI del camino vecinal Boca San Gaban la orilla de Río Inambari del distrito de San Gaban, provincia de Carabaya, Región Puno?

### **1.2.2. Problemas específicos**

1. ¿Cuál será el valor del Índice Internacional de Rugosidad del afirmado del camino vecinal Boca San Gaban la orilla de Río Inambari del distrito de San Gaban?
2. ¿Cuál es el valor del Índice de Serviciabilidad Presente del afirmado del camino vecinal Boca San Gaban la orilla de Río Inambari del distrito de San Gaban?
3. ¿Cuál será el estado situacional del camino vecinal Boca San Gaban la orilla de Río Inambari del distrito de San Gaban?



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

### **1.3.1. Objetivo general**

Analizar la serviciabilidad del afirmado en términos del IRI y PSI del camino vecinal Boca San Gaban la orilla de Rio Inambari del distrito de San Gaban, provincia de Carabaya, región Puno.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

1. Cuantificar el valor del Índice Internacional de Rugosidad del afirmado del camino vecinal Boca San Gaban la orilla de Rio Inambari del distrito de San Gaban.
2. Determinar el valor del Índice de Serviciabilidad Presente del afirmado del camino vecinal Boca San Gaban la orilla de Rio Inambari del distrito de San Gaban.
3. Explicar la situación actual del camino vecinal Boca San Gaban la Orilla de Rio Inambari del distrito de San Gaban.

## **1.4. Justificación del estudio**

Se examinan los fundamentos teóricos y conceptos esenciales de los procedimientos de pruebas no destructivas, como los rugosímetros IRI, PSI y Merlín. Según los manuales de Mantenimiento Vial del MTC, estos métodos ayudarán a analizar la rugosidad y el estado de la carretera local Boca San Gaban la Orilla de Rio Inambari. Se evalúan los niveles de servicio del suelo de la carretera debido al incremento del tránsito vehicular, que degrada las superficies de la carretera.

### **1.4.1. Justificación técnica**

Este estudio determinará el (IRI) y el (PSI) de la superficie de la carretera local para ayudar a encontrar soluciones de rugosidad.



## ***1.4.2. Justificación económica***

La experiencia técnica para establecer estándares de mantenimiento de carreteras pavimentadas respalda la base económica de esta investigación. Alienta a las autoridades estatales, de las regiones y del municipio a seguir los reglamentos viales para conservar las redes viales de Puno. Esto mejorará la asignación de recursos al mejorar el servicio, reducir los tiempos y costes de movilización y dejar el desarrollo y distribución de insumos agrícolas, confirmando la accesibilidad de las carreteras durante las crisis.

## ***1.4.3. Justificación social***

Dado que los taxis y las furgonetas causan daños considerables a la transitabilidad de la carretera, el estudio es socialmente justificable. Estos vehículos suelen evitar las averías en la carretera maniobrando. Por ello, se está estudiando la ruta local Boca San Gaban – Orilla de Rio Inambari, ya que las mejoras beneficiarían a los usuarios y a las personas adyacentes. El deterioro de la carretera puede comprometer la seguridad, la comodidad y la eficiencia.

## ***1.4.4. Justificación ambiental***

Esta investigación con motivaciones ambientales tiene como objetivo mejorar la ruta sin pavimentar Boca San Gaban-Orilla de Rio Inambari. Los vehículos generan gases de efecto invernadero que contaminan el aire, dañando a la vida humana, la vegetación. La pésima conservación de las vías provoca erosión de la superficie y pérdida de biodiversidad, lo que perturba los hábitats de la fauna. Tanto los usuarios como el medio ambiente se benefician de las mejoras de la infraestructura vial.

## **1.5. Hipótesis del estudio**

### ***1.5.1. Hipótesis general***

Los valores del IRI son inferiores a 10 y del PSI son inferiores a 2 en el afirmado del camino vecinal Boca San Gaban hacia la Orilla de Rio Inambari del distrito de San Gaban, provincia Carabaya, Región Puno.



### 1.5.2. Hipótesis específica

1. El Índice Internacional de Rugosidad en el afirmado del camino vecinal que conecta la Boca San Gaban hacia la orilla de Rio Inambari del distrito de San Gaban, es inferior a 10.
2. El Índice de Serviciabilidad Presente en el afirmado del camino vecinal Boca San Gaban hacia la Orilla de Rio Inambari del distrito de San Gaban, está por de debajo de 2.
3. El estado situacional del camino vecinal Boca San Gaban la orilla de Rio Inambari del distrito de San Gaban, es bueno.

### 1.5.3. Variables

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables*

Variables	Dimensiones	Operacionalización		Técnicas e instrumentos
		Indicadores		
<b>Variable independiente</b>				
<b>Estado superficial del afirmado</b>	<b>IRI</b>	Índice de Rugosidad Internacional (IRI)		Bicicleta de Merlín Formato MTC, ver ANEXO 3)
<b>Análisis del PSI en Relación al IRI</b>	<b>PSI</b>	PSI		Formato MTC



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del proyecto

##### 2.1.1. *Antecedentes internacionales*

**Cadenas (2023).** El estudio tuvo lugar en forma de investigación transversal y no hubo partes experimentales añadidos en el estudio. El propósito de la investigación fue calcular el IRI de la ruta que une Los Ángeles y Andil, Jipijapa. Esta meta se alcanzó mediante el uso del medidor de regularidad Merlín, que es capaz de tomar mediciones directamente desde el pavimento, así como la aplicación móvil ROADROID, que es capaz de recopilar datos mediante la utilización del acelerómetro de un teléfono inteligente. Los resultados que se pretendían se lograron mediante el uso de ambos enfoques. Se alcanzó un estudio y optimización exhaustiva de los valores recogidos mediante el uso de estadísticas descriptivas. Por otro lado, el valor de rugosidad que registró el medidor de rugosidad Merlin fue de 1,90 metros por kilómetro, aunque el ROADROID informó que la calificación de rugosidad fue de 1,60 metros por kilómetro. Esto se puede ver en la comparación entre las dos mediciones. Realizando el uso del medidor de regularidad, se dio con que la serviciabilidad del tránsito de la vía poseía un valor de estándar de 3,37, lo que señala que la vía poseía condiciones óptimas.



Una vez que se ha completado la investigación de los hechos, es posible llegar a la conclusión de que la ruta entre Ángeles y Andil ofrece una transitabilidad y una transitabilidad excelentes y aceptables.

**López (2018).** La meta primaria del proyecto fue evaluar el efecto que posee el IRI en el tiempo y la energía que se necesita a la gestión de un tramo de carretera específico. El Índice de Servidumbre de Pavimento (PSI) analiza muchos aspectos de las carreteras, pero se centra principalmente en el grado de irregularidad de la superficie. El análisis del PSI lo expuso con bastante claridad. El estudio afirma que el IRI influye significativamente en la facilidad o fluidez con la que los conductores encuentran un viaje. Básicamente, si se reduce el IRI, los valores del PSI aumentan (algo positivo), lo que significa que la conducción se siente mejor y el tráfico fluye con fluidez, tanto en coche como en camión. Esta fue la conclusión a la que se llegó. De acuerdo con los factores que se investigaron, este estudio revela que existe un vínculo constante entre los valores hallados del PSI e IRI en la ruta que se evaluó. Además, este estudio se ajusta a los parámetros que se exploraron. Lo que resulta en una optimización en la confiabilidad de los descubrimientos, así como en la utilidad de esos descubrimientos para realizar una gestión efectiva de la infraestructura de la carreta con la finalidad de maximizar la eficiencia. Como conclusión, el estudio enfatiza la relevancia de abordar la regularidad del pavimento como un factor vital para optimizar el estándar y la eficiencia de la carretera. Por lo tanto, esto tendría un efecto positivo en la experiencia del usuario y la gestión del tráfico dada la situación.

**Álvarez (2021).** Se realizó un estudio integral con la finalidad de analizar el estado operativo actual de una vía ubicada en Jipijapa, Manabí, Ecuador. En la evaluación se tuvieron en cuenta diversos criterios, entre ellos el índice de regularidad MERLIN, el IRI, la micro y la macrotextura. Para llevar a cabo la evaluación se utilizó un diseño de campo que no fue experimental. Una vez finalizada la investigación, se hizo evidente que es esencial realizar pruebas para hallar el IRI antes del desarrollo de la infraestructura vial. Todas estas



pruebas se llevaron a cabo con la meta de optimizar la manera en que se establecieron los pasos de construcción. Estos materiales también deben minimizar la cantidad de agua que se proyecta durante la lluvia. El resultado final de esto será una disminución en la cantidad de gasolina que se utiliza. A este resultado se llegó cuando se estableció que la capa superficial debe fabricarse utilizando materiales que sean capaces de satisfacer estos criterios. Al mismo tiempo, la macrotextura omnipresente y la irregularidad del suelo del pavimento tenían un efecto perjudicial sobre el nivel de confort que experimentaban los automóviles, además de los costos que implicaba el mantenimiento de estos vehículos. Teniendo en cuenta esta conclusión, se sugiere que se realicen más investigaciones utilizando una variedad de experimentos que tienen lugar en una gran gama de capas de pavimento para ofrecer pruebas de los hallazgos que se lograron.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

**Tingal (2021).** El investigador utilizó el Rugosímetro Merlin revisé el IRI del pavimento en la carretera Cajamarca-Baños del Inca. Observé la facilidad de conducción, la resistencia de la superficie y la comodidad del viaje para evaluar realmente el estado de la carretera. Empecé por salir a observar la carretera de cerca (en persona). Después, medí el tráfico y la pendiente del terreno en ambas carreteras. El dispositivo Merlin midió las anomalías. Estos hallazgos respaldaron la investigación, los diseños y la construcción de pavimento asfáltico para superar las deficiencias de construcción. Los valores de rugosidad en unidades IRI se determinaron a partir de los resultados: 1,08 m/km para la ruta de ida (Cajamarca – Baños del Inca) y 1,10 m/km para la ruta de regreso. Por lo tanto, el Rugosímetro Merlin es eficaz, fácil de usar y asequible.

**Chevarria (2019).** Su tesis examinó la conexión del Índice IRI y el Índice del MTC. Las rutas con pavimento principalmente nivelado y recto tuvieron una correlación débil de  $r = -0,429$ . De manera similar, los caminos no pavimentados con características similares presentan conexiones inadecuadas ( $r = -0,274$  y  $-0,316$ ). Esto significa que la comparación de



valores no aplica a caminos pavimentados moderadamente dañados o muy reparados. La relación es más fuerte en ambientes degradados. Dado que ni los caminos pavimentados ni los no pavimentados mostraron una conexión significativa, la hipótesis del estudio fue rechazada. Dado que el IRI y el Índice del MTC no son comparables, el orden de magnitud calculado puede ser engañoso en ciertos casos

**Anaya (2020).** En Huari, Ancash, se utilizó la bicicleta de Merlín para definir las situaciones de tránsito del pavimento flexible para optimizar la rehabilitación y el conservamiento de las carreteras. Se empleó una investigación cualitativa, prospectiva, transversal, no experimental. Alrededor del 62,50% del eje de la vía poseía una transitabilidad muy pobre, por otro lado, el 37,51% tenía un nivel pobre. La serviciabilidad era mala en el pavimento, con valores IRI<sub>p</sub> e IRI<sub>c</sub> de 9,62 y 11,31 m/km y PSI de 0,87 para la ruta. La desorción superficial, las deformaciones por desconchado, los baches, los surcos y las irregularidades estructurales plagaron la carretera. La guía de mantenimiento vial de MTC de 2018 recomendó un mantenimiento frecuente y el fresado de asfalto frío para optimizar la conservación de la carretera. Además, el estándar del servicio de la ruta se ve influida por la falta de mantenimiento preventivo.

**Matto (2019).** Se estudió el PSI de los pavimentos de hormigón hidráulico en la zona centro de Huánuco. El IRI de los pavimentos de la ciudad estuvo entre 4,72 y 7,65 m/km, indicando una serviciabilidad deficiente, con más del 68% de la superficie del pavimento fallando debido a grietas, baches y fisuras en los bordes. El Índice de Serviciabilidad (PSI) medio fue de 2,01, indicando una serviciabilidad modesta. Los modelos para cada vía mostraron una fuerte correlación con tenderse a negativo, indicando que a medida que sube el IRI, el PSI baja, y de manera similar, un aumento en el coeficiente de agrietamiento disminuye el PSI, confirmando la relación inversa entre los aspectos funcionales y estructurales y el PSI, igual que lo que se ve en el suelo. El PSI promedio de la Zona B es de 1.05. El de la Zona C es de 1.10, lo que implica problemas de transitabilidad, ya que las



carreteras son bastante irregulares. El diseño del pavimento debe coincidir con la cimentación subyacente.

### **2.1.3. Antecedentes locales**

**De La Cruz (2022).** Se realizó un estudio sobre la capacidad de carga de un pavimento flexible en el tramo Azángaro-Salinas en Puno, Perú. Se cubrió el kilómetro 0+000 al 3+000. Merlín reportó un PSI de 3.41 para este punto, lo que significa que el pavimento se mantiene bien. Las pruebas de laboratorio también verificaron la capacidad de carga de las capas de pavimento. Se utilizaron los puntajes principales del Índice de Carga de California (CBR) y los valores de espesor de campo para configurar una estructura de pavimento que cumple con las normas de diseño. El IRI promedio se situó en 2.15 con un PSI de 3.41. Ambos valores indican que este pavimento es adecuado para las necesidades del lugar (alta capacidad de servicio).

**GOBIERNO REGIONAL DE PUNO (2016).** Esta investigación recopiló datos de incidentes de tránsito y realizó estudios de campo para evaluar las condiciones físicas de la carretera e identificar posibles factores de seguridad vial. Siga el Manual del CCM al colocar las señales de tránsito. Autos y camiones. Clima inestable. El mantenimiento nunca se realiza. La carretera tiene curvas y giros donde no debería. Aparecen senderos extraños. Grietas y desniveles. Los arcenes casi desaparecen. Cruces por donde los animales y la gente salen corriendo (un verdadero peligro). Las paradas de autobús son difíciles de ver. No hay señalización adecuada. El proyecto posee como meta optimizar la seguridad de la vía en la ruta PU 135 Checca - Mazocruz mediante la utilización de un diseño y una señalización adecuados para reducir los peligros y promover la conducción segura.

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. Carretera**

Una vía destinada a servir como vía de comunicación para vehículos automotores debe contar con un mínimo de dos ejes y cumplir con los requisitos geométricos que han sido



establecidos por los criterios técnicos vigentes del MTC. Además, la vía debe cumplir con ciertas normas geométricas. Entre los componentes que se incluyen en estas características están el suelo de rodadura, la sección transversal, la pendiente de rodadura, la pendiente longitudinal y la pendiente transversal.

### **2.2.1.1. Clasificación por jerarquía**

En concreto, el Reglamento de Jerarquía Vial para la nación peruana fue aprobado mediante el D. S. N° 017-2007-MTC, del 27/05/2007. De acuerdo con el Reglamento que se describió anteriormente, la Red Vial se define como un grupo de vías que se agrupan de acuerdo con una misma categoría funcional. Esta definición es acorde con la Red Vial. Es posible que esta categorización incorpore clasificaciones a nivel nacional, departamental, regional, local o rural. Una definición de ruta es la de un camino diseñado con el propósito de unir dos lugares distintos, articulando de manera clara y concisa el origen, el itinerario y el destino.

El clasificador de rutas, estará integrado por tres categorías: la Red Vial Nacional, Departamental o Regional y Vecinal o Rural. Estas son las tres categorías que se incluirán en el clasificador de rutas. El MTC es el encargado de publicarlo e incluye tanto las carreteras que se encuentran en operación como las que se prevé construir en el futuro cercano.

#### **2.2.1.1.1. Red Vial Nacional**

Los ejes de una vía longitudinal y transversal fundamentales, que en conjunto integran la base del SINAC. En concreto, se trata de las carreteras que cumplen un papel esencial en la infraestructura de transporte del país. En el informe que el MTC ha elaborado para el año 2015 se incluye la siguiente afirmación:

No sólo las carreteras integran como componente receptor de una vía en el ámbito departamental, sino que también sirven como componente receptor de las vías que se ubican en zonas rurales o barriales. En este relevamiento participan aquellas



que son de carácter longitudinal. Además de los estándares que se establecen para la Costa, Sierra y Selva, se deben cumplir las siguientes condiciones adicionales:

- De manera longitudinal o transversal, la integración nacional tiene como finalidad simplificar el proceso de establecer conexiones con los países que se encuentran en su proximidad.
- La finalidad de este estudio es ayudar a la vinculación de las capitales departamentales y brindar asistencia confiable para la conducción de personas y/o productos a larga distancia a través de las fronteras nacionales o internacionales.
- Para definir los ferrocarriles nacionales, así como los puertos y/o aeropuertos nacionales, independientemente de que estén o no vinculados a otras redes nacionales o internacionales, esta definición tiene como finalidad definir el gobierno nacional.
- Para construir un vínculo entre los centros clave de consumo y las concentraciones primarias de producción, es necesario.

#### ***2.2.1.1.2. Red Vial Regional o Departamental***

Estas rutas se incluyen en esta publicación porque representan un componente de la red vial que se encuentra bajo la autoridad de una determinada organización regional. La Red Vial Nacional y Rural o Local se vinculan a ella a través de esta conexión, que sirve como el propósito principal de esta conexión.

El MTC en su informe correspondiente al año 2015 señala lo siguiente: Para que las carreteras sean reconocidas como vías secundarias o alimentadoras dentro de la Red Vial Nacional, se requiere que cumplan con los estándares antes mencionados. Además, cumplen la función de componente receptor de las vías que forman parte de la Red Vial Rural o Vecinal, lo que constituye un propósito adicional a su función:



- De manera longitudinal o transversal, la integración del país tiene como objetivo simplificar el proceso de establecimiento de conexiones con los países que se encuentran en su proximidad.
- Promover la creación de vínculos entre las sedes departamentales y las capitales de provincia o entre las capitales mismas; estimular el establecimiento de vínculos entre las capitales.
- La dinámica económica del área en estudio está influenciada por ambos elementos con distintos grados de intensidad. Ya sea con el objetivo de facilitar la formación de circuitos con otras vías departamentales o nacionales, o con el propósito de brindar conexión entre capitales de distrito que abarcan varias provincias.
- La finalidad del estudio es normar una escala regional para la definición de aeropuertos y/o puertos.

### **2.2.1.1.3. Red Vial Vecinal o Rural**

El MTC señala que está compuesta por las rutas que se incluyen en la red vial local. Mediante el establecimiento de conexiones entre las provincias y los distritos, la facilitación de los vínculos entre estas capitales, la incorporación de centros populosos o lugares de significación local y el establecimiento de conexiones con las redes viales nacionales, departamentales o regionales, el objetivo de esta red vial es completar todos estos objetivos particulares.

El objetivo fundamental de esta red es facilitar la formación de uniones y la comunicación entre las comunidades más pobladas, los centros de desarrollo de la región, intercentros y con el país en su conjunto. A través del establecimiento de una conexión con la Red Vial Regional o Departamental, así como con la Red Nacional Vial, se cumplirá con este objetivo.



### 2.2.2. *Definición de carreteras no pavimentadas*

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) afirma que los caminos sin pavimentar son básicamente senderos de tierra, grava o piedras. Sí, esa es la definición. Generalmente se encuentran en zonas montañosas o rurales, construidos para conectar lugares bastante alejados de todo. Para mantener su transportabilidad, suelen necesitar reparaciones periódicas. Esto es así sobre todo después de estar expuestas a condiciones especialmente duras en cuanto a climatología. No sólo son necesarias para la conexión, sino que también tienen el potencial de generar diversos problemas, como un mayor riesgo de accidentes y dificultades en caso de lluvia o diversas circunstancias contraproducentes meteorológicas.

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

**Vía de tierra:** Este tipo de caminos sin pavimentar son los más básicos y se construyen en su mayoría a partir de tierra natural que se ha ido compactando durante el proceso de construcción. En épocas del año en las que hay muchas precipitaciones, son propensos a la erosión y degradación en cierto grado. Esto se debe a que suelen encontrarse en zonas rurales, lo que los hace sensibles a estos procesos.

**Carretera de grava:** Es necesario añadir una capa de grava consolidada sobre una base de tierra para proceder a la construcción de estas vías. El uso de grava, en lugar de tierra natural, da como resultado una superficie más duradera y resistente que la tierra natural. No solo mejora la eficiencia del drenaje, sino que también reduce la posibilidad de deterioro causado por las precipitaciones.

**Carretera de piedra triturada:** Esta carretera está construida de manera similar a la de las carreteras de grava; sin embargo, se utilizan piedras trituradas en su construcción en lugar de grava. Esto tiene el potencial de proporcionar una superficie que es superior en términos de resistencia y durabilidad, particularmente en áreas propensas a mucho tráfico o condiciones climáticas severas. Esto es especialmente cierto en regiones que se encuentran en tales áreas.

**Carretera de tierra estabilizada:** Se utilizan estabilizadores químicos o geotextiles para reforzar estos caminos y reducir el polvo. Funciona mejor en zonas con poco tránsito, y se busca mantener los costos bajos a la vez que se asegura la durabilidad del camino.

**Carretera de tierra mejorado con revestimiento superficial:** Este tipo de carretera se define por su aspecto distintivo, que se logra mediante la aplicación de un tratamiento de superficie que implica extender un nivel de emulsión asfáltico sobre una base de tierra consolidada. La utilización de este método no sólo se representa en el desarrollo de un suelo más seguro y agradable para los usuarios, sino que también aumenta la resistencia y durabilidad de la vía. Además, conlleva una disminución de la cantidad de emisiones de polvo que se generan.

### 2.2.2.2. Clases de desgastes/fallas y grados de severidad en vías no pavimentadas

**Figura 1**

*Tipos de vías no pavimentadas.*





### 2.2.2.3. Elementos que componen las carreteras no pavimentadas

**La plataforma:** Las carreteras serpentean por las colinas y se extienden para el paso de vehículos. Ambos factores son fundamentales para su construcción. Los constructores añaden una suave pendiente en el centro (algo bastante básico) para que el agua pueda escurrir en lugar de acumularse. Esta inclinación cumple varias funciones: ayuda a que la carretera dure más, distribuye el peso, permite que el agua drene y mantiene la firmeza de la superficie. En definitiva, la pendiente ayuda a que la carretera dure más.

**Las obras de drenaje:** Estas instalaciones ayudan a evitar que el agua se acumule en el suelo bajo la carretera, ya que esto podría volverse peligroso rápidamente. Hay sistemas de drenaje que funcionan sobre el suelo y bajo tierra. Piense en canaletas, filtros y bombas de sumidero. Con estas piezas funcionando correctamente, la carretera sigue funcionando correctamente incluso cuando llueve a cántaros.

### 2.2.2.4. Desgaste en vías no pavimentadas

La tasa de desgaste de las vías que no están pavimentadas es mucho más alta que la tasa de desgaste de las vías que están pavimentadas por varias razones diferentes. Cuando los pequeños trozos se mezclan con el agua, se amontonan en pedazos más grandes. Luego, se deshacen solos. El aire queda atrapado cuando los neumáticos ruedan presionando con fuerza. Los pequeños trozos se dispersan, lo que permite fugas. Con el tiempo, la carretera se desgasta, principalmente porque las rocas más grandes se rompen antes de que los autos o camiones las golpeen.

**Sección transversal impropia:** Los problemas de drenaje y tráfico no son los únicos que desgastan una carretera. También surgen problemas por otras causas. Para que el agua de lluvia se escurra rápidamente del pavimento, la carretera necesita una pendiente transversal bastante pronunciada. Conseguir una pendiente adecuada es fundamental.

**Inestabilidad en curvas y pendientes:** El mal mantenimiento arruina la forma de la carretera. Podrías encontrarte con curvas más cerradas o cuestas empinadas.



**Ondulaciones:** Se refiere a anomalías en la superficie de la carretera que son perpendiculares a la ruta que siguen varios vehículos y que ocurren a intervalos regulares. Estas irregularidades se conocen como ondulaciones de la calzada. Varios factores, incluidos, entre otros, el tráfico vehicular frecuente, el soporte inadecuado, la pendiente insuficiente y el uso de materiales de mala calidad sin cumplir con las especificaciones mínimas en las capas granulares de la estructura de un pavimento, que podrían causar la erosión del insumo fino granular, pueden ser responsables de estos problemas. Estos desafíos pueden ser creados por una variedad de escenarios diferentes.

**Formación de baches:** Es posible que el tráfico uniforme sea el centro de la causa de socavones y baches, más comúnmente en zonas donde la superficie es muy blanda o no está lo necesariamente compactada.

**Formación de Ahuellamientos:** La formación de surcos deja zonas hundidas a lo largo del eje de la carretera. Una cimentación débil y un pavimento que no soporta suficiente peso suelen provocar este problema. A veces, ambos problemas se combinan y empeoran la situación.

**Desgaste superficial:** Es posible que el nivel superficial de la vía se disuelva como resultado de la fricción continua que crean los neumáticos y el movimiento de los automóviles. Esto daría como resultado la exposición de materiales más blandos que son susceptibles de deterioro. En caso de que esto sucediera, la carretera se degradaría gradualmente en un grado considerablemente mayor.

Este tipo de desgastes son característicos de las carreteras sin pavimentar, ya que son más vulnerables a los impactos del clima y el uso de automóviles. Por esta razón, las carreteras sin pavimentar tienen más probabilidades de necesitar mantenimiento. Por lo tanto, es necesario mantener un trabajo vial regular y sólido si se quieren calles que realmente



funcionen y no pongan a la gente en peligro. Ninguna otra cosa realmente hace el trabajo, esto es muy vital. La tasa de deterioro o mal funcionamiento de las vías de tierra, la curvatura del recorrido que siguen los vehículos como consecuencia de los daños en las vías son los elementos que se emplean para explorar el estándar de estas vías. Estos factores se utilizarán para determinar la calidad global de estas vías:

### **2.2.2.5. IRI**

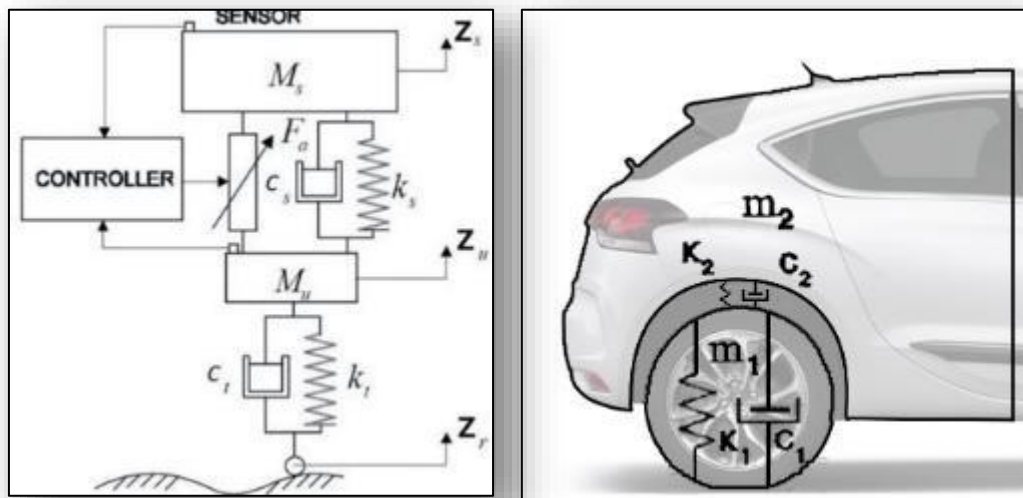
El hace un seguimiento de las imperfecciones de la carretera. El término implica "rugosidad". Los ingenieros de carreteras lo utilizan para evaluar el pavimento y la comodidad de conducción. La uniformidad del suelo de la vía es posible cuantificarla, ya que el IRI suele expresarse en longitud por km (por ejemplo, metros por kilómetro).

Un IRI alto indica una superficie de la carretera irregular, lo que hace que la conducción sea desagradable. Las carreteras son cada vez más irregulares. Una superficie más lisa con un IRI bajo hace que la conducción sea más agradable. Una superficie más lisa ayuda a conducir. Para el mantenimiento y las mejoras de la infraestructura vial, esta evaluación es importante.

### **2.2.2.6. Modelo de cuarto de carro**

La rugosidad de la carretera se mide utilizando la metodología de control de calidad "Quarter Car". Este paradigma tiene numerosos enfoques. El dispositivo de medición de la rugosidad se monta en la parte trasera de un vehículo y se conduce de forma constante. El enfoque captura los movimientos vibratorios y los movimientos del automóvil en relación con la regularidad de la vía. Los datos se utilizan para construir el IRI u otras mediciones de regularidad para el estado del pavimento y la planificación de la reparación de la carretera. Estas señales hacen un seguimiento del mantenimiento del pavimento. Este enfoque mide la regularidad significativa del suelo de la vía de forma rápida y sencilla.

Figura 2

*Diseño de cuarto de carro.*

Divido a los deslizamientos de manera vertical total entre el extremo superior e inferior del modelo desarrollado de la góndola por las longitudes de la vía en km, m o mi. El procedimiento termina aquí. El cálculo del IRI inicia el proceso. Esta técnica calcula la rugosidad del suelo de la vía. Esta estrategia ayuda.

El IRI mide la comodidad de conducción y la calidad de la superficie. Una puntuación de IRI más alta indica una superficie de la carretera más rugosa, lo que hace que la conducción sea menos agradable y más difícil. Esto se debe a que la carretera tiene más baches. Esta estadística determina el mantenimiento y las mejoras de la infraestructura de la carretera.

#### 2.2.2.7. Valores del IRI.

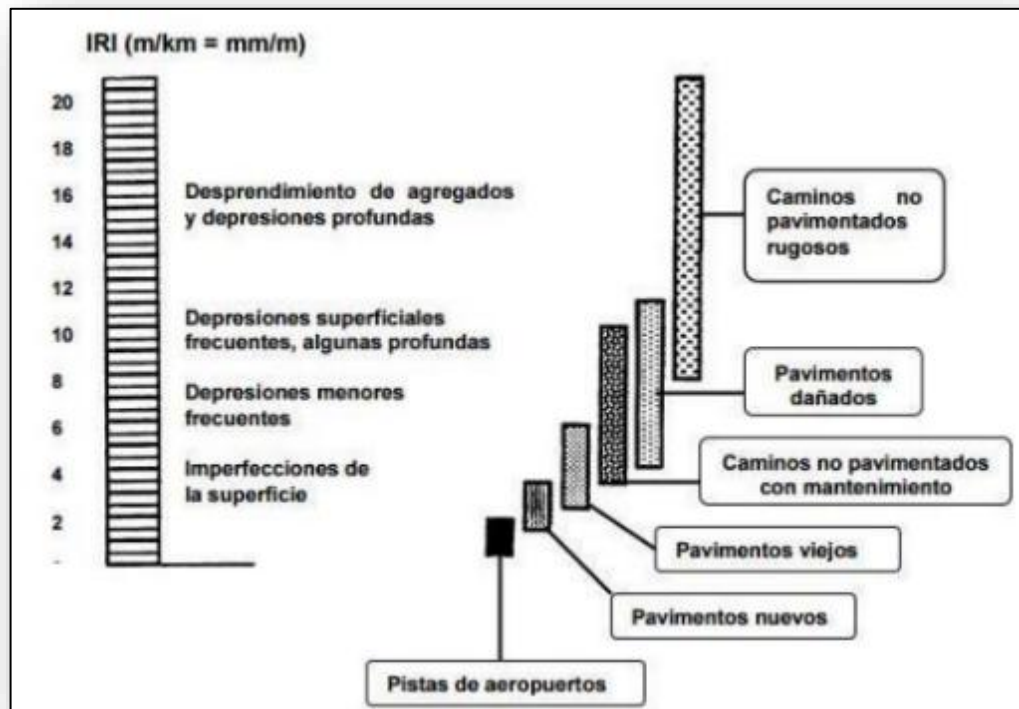
Los diferentes valores de IRI miden la rugosidad de la carretera. Los rangos utilizan las escalas del Banco Mundial y ASTM E, 1926-98. Estas escalas definen el rango. Ambos rangos se describen en detalle a continuación:

**IRI de 0 a 12 m/km:** Una calificación de 0 indica una carretera lisa, mientras que 12 indica una carretera irregular transitable. La rugosidad de esta calificación afecta el confort y la protección de la conducción.

**IRI de 0 a 20 m/km:** La rugosidad máxima de la carretera sin pavimentar es veinte. Se puede conducir por un camino de tierra con calificación 20, a pesar de su desnivel. Una calificación de cero es una superficie universalmente apropiada.

**Figura 3**

*Escala IRI*

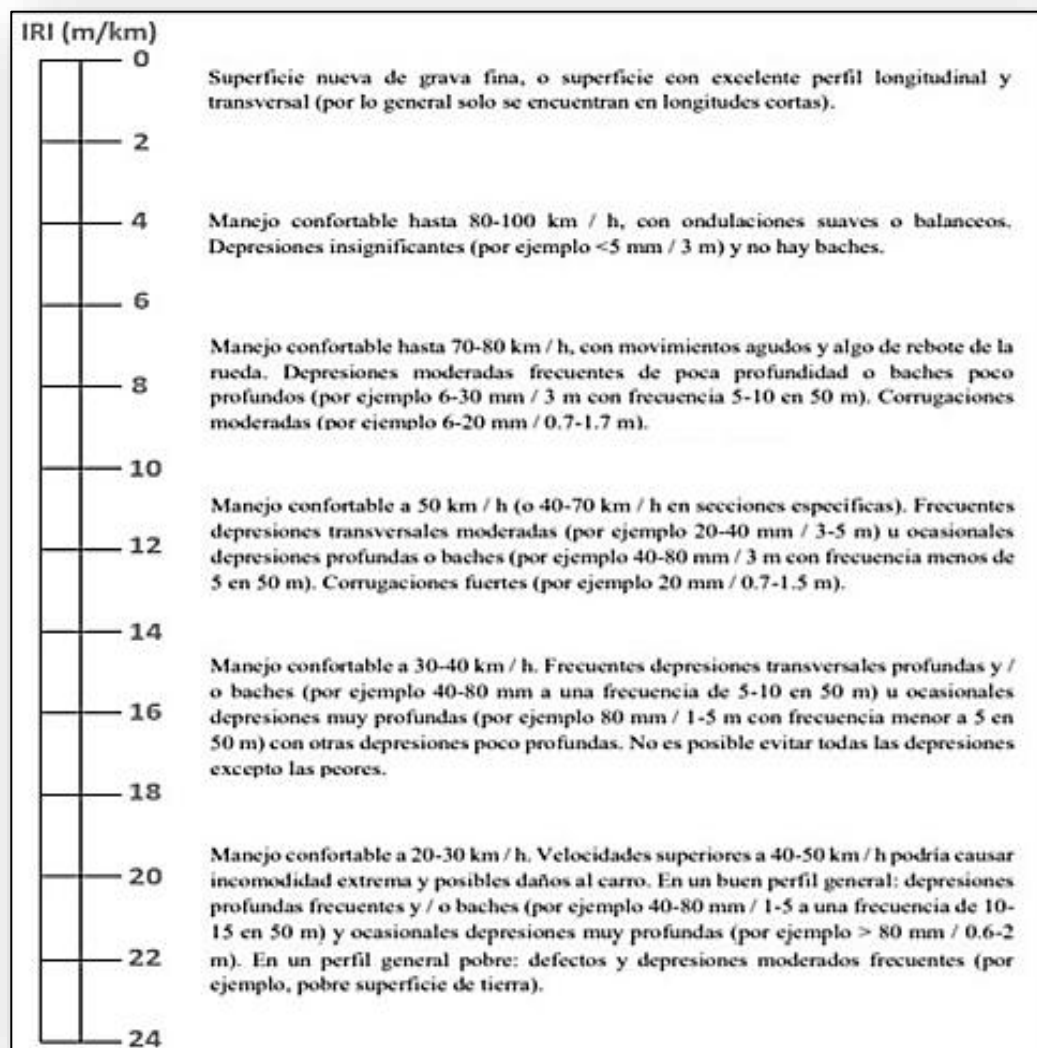


*Nota:* Escala de regularidad del (Banco Mundial ) que caracteriza la superficie de la carretera según los valores de IRI. (Murillo Solorio. R)

La norma ASTM E 1926-98 divide el IRI en dos escalas. Una escala mide caminos pavimentados y otra, caminos de tierra. Ambas escalas cuantifican la rugosidad del camino. Las escalas específicas para cada tipo de ruta brindan informes descriptivos y cifras numéricas. La Ilustración 3 respalda esto.

**Figura 4**

*Escala para hallar la rugosidad.*



*Nota:* (ASTM E 1926 - 98), (Reapproved, 2015)

#### **2.2.2.8. Escala según valores del IRI en nuestro país**

El IRI de 2007 de las Especificaciones del MTC de Perú fue nuestra principal referencia durante toda la investigación. El índice de 2007 fue publicado.

Los valores peruanos del IRI se encuentran en las Especificaciones Técnicas General del MTC. Necesitábamos estas cifras para evaluar este estudio. Las normas nacionales evalúan la calidad de los caminos. Tales situaciones ocurren.



Nuestro estudio y evaluación de la rugosidad de los caminos utilizarán los datos del IRI en la Tabla 2. Se analiza la rugosidad de los caminos. Validamos nuestros hallazgos en el sistema vial peruano.

**Tabla 2**

*La condición del afirmado, evaluada por la regularidad en vías afirmadas.*

ESTADO	RUGOSIDAD
Bueno	$IRI \leq 6$
Regular	$6 < IRI \leq 8$
Malo	$8 < IRI \leq 10$
Muy malo	$10 \leq IRI$

*Nota:* Reglamentos técnicos para la conservación vial según el MTC.

### **2.2.2.9. Equipos empleados para dimensionar el IRI**

Perera y Kohn (2002) enumeran cinco tipos de equipos de análisis de IRI. Las categorías varían en calidad de datos, velocidad de adquisición y complejidad del plan de gestión.

### **2.2.2.10. Organización de instrumentos para la medición del IRI**

Muchos documentos técnicos ayudan a encontrar soluciones para la evaluación de la superficie de las carreteras. Entre ellos se incluyen el Documento 46 del Banco Mundial y la ASTM E-95098. Estos documentos describen el almacenamiento de información y la resolución del dimensionamiento, lo que mejora las comparaciones de clase. La Tabla 4 compara la arquitectura organizativa del Banco Mundial con la de la ASTM.

### 2.2.2.11. Equipo principal para la investigación

#### 2.2.2.11.1. La Bicicleta de Merlín

##### Figura 5

*Equipo Bicicleta de Merlín*



*Nota:* (Oficina de apoyo tecnológico MTC)

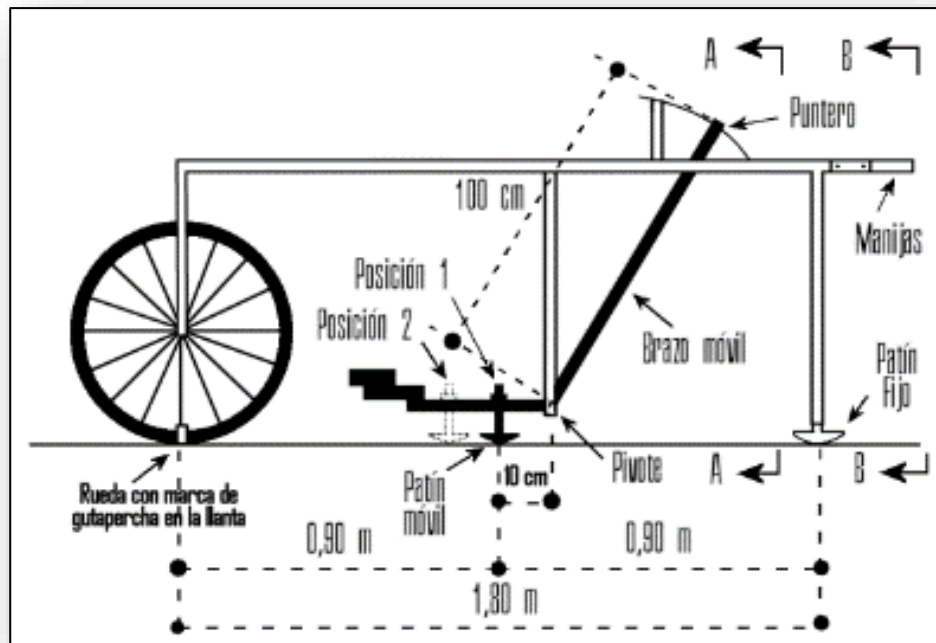
#### 2.2.2.11.2. Conformantes de la Bicicleta de Merlín

Los bastidores del rugosímetro MERLIN incluyen dos secciones principales. Los elementos verticales y horizontales componen esta construcción. Desde atrás, el componente vertical tiene dos soportes inclinables, uno en cada pata, pero dos ruedas desde el frente. Un soporte derecho y otro izquierdo aseguran la unidad al suelo. Las manijas modifican la barra central vertical de la estructura horizontal. Hace que los componentes sean más utilizables. Las manijas amortiguan el componente horizontal. Su amortiguación ajustable y su brazo flexible hacen que esta barra sea adecuada para terrenos difíciles. La base de la barra está cerca de este brazo. Al mover una aguja del brazo superior a lo largo del patín se mide la rugosidad de la superficie. El diseño innovador del rugosímetro MERLIN permite lecturas confiables en diversas condiciones del suelo, lo que aumenta la calificación del estándar de

la vía. Su estabilidad y disposición de adaptarse a diversos terrenos brindan datos confiables sobre la regularidad del suelo de la vía.

**Figura 6**

*Partes de la Bicicleta Merlín*



*Nota:* Diagrama del perfilómetro estático MERLIN (Del aguila, 1999)

El tablero para la medición de rugosidad del equipo MERLIN tiene 50 separaciones: 25 en la parte de abajo y 25 en la parte de arriba. Donde cada división tiene un grosor de cinco mm. Este dispositivo registra los puntos de los bordes para medir y registrar el movimiento visualmente. También realiza un seguimiento del movimiento.

Según Del Águila (1999), el borde menor de la bisagra del patín y el puntero giratorio tienen una conexión de uno a diez durante el funcionamiento. En funcionamiento, un deslizamiento vertical de 1mm en el borde móvil del patín = un deslizamiento del puntero de 1cm. Este método es necesario para el dimensionamiento y el registro de la regularidad del suelo de la vía.

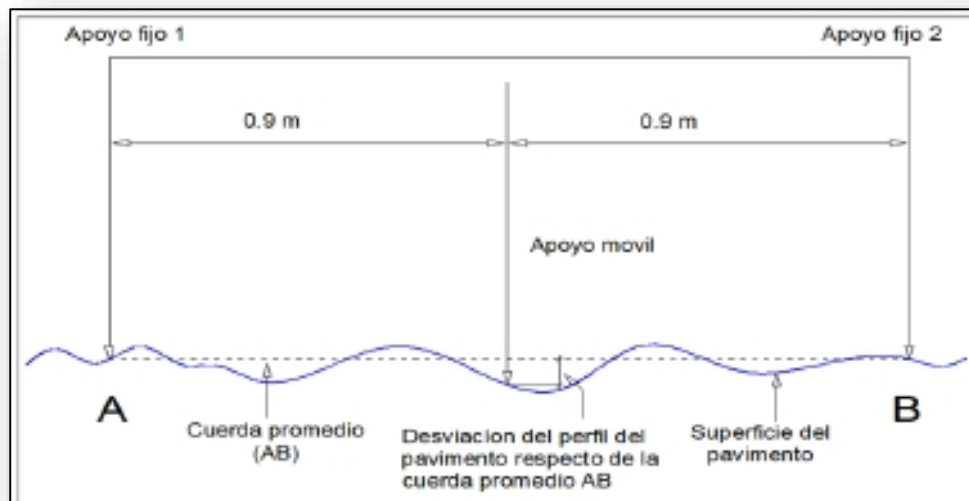
### 2.2.2.11.3. Metodología aplicada para hallar la regularidad.

La desviación cordal media debe documentarse a lo largo del trayecto de la bicicleta para que los datos sean confiables. Esta tarea requiere 200 mediciones precisas y consistentes. Esta técnica captura con precisión las fluctuaciones de la superficie de la carretera.

En 1999, Del Águila descubrió que la regularidad del suelo de la vía aumentaba la variabilidad de las mediciones de desplazamiento del dispositivo. Para recopilar estadísticas fiables, los estados de la vía deben analizarse de manera frecuente.

#### Figura 7

*El cambio en el suelo del pavimento en conexión con la línea media.*



*Nota:* (Merliner, 1999)

Para realizar la ilustración de la distribución de frecuencias, es necesario anotar seguidamente 200 variaciones de valores. Para que la ilustración sea exacta, es necesario el dimensionamiento. Los medidores de rugosidad miden la rugosidad de la capa superficial y el estandar estadístico "D". Se mide la rugosidad de la superficie.

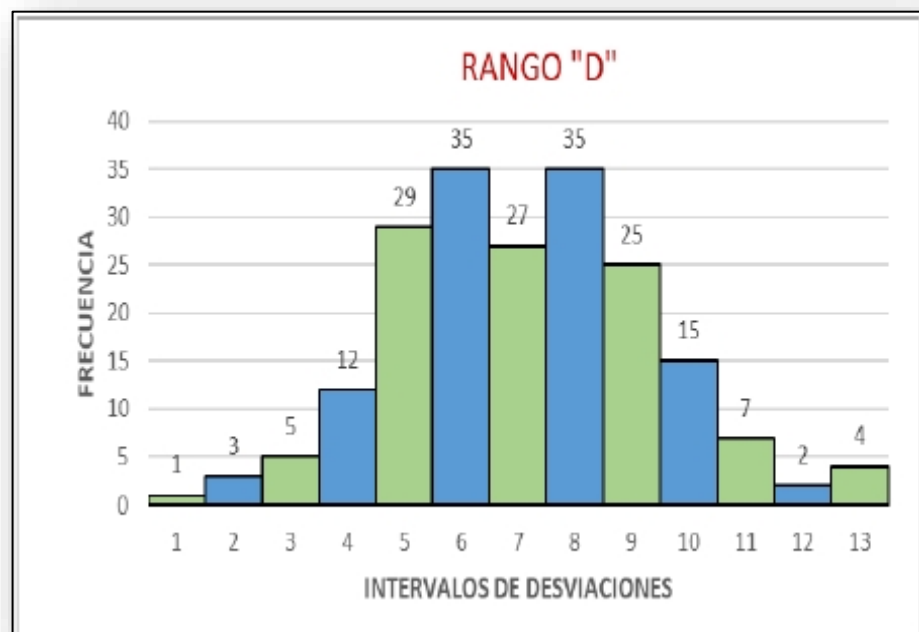
El "rango D" se transforma a valores de IRI empleando una fórmula para la correlación que explica los dos parámetros luego de haber obtenido los valores. Los datos se transformarán después de la recolección. Esto es necesario para comparar y analizar la regularidad de la superficie de una vía. El análisis del estándar del pavimento ahora puede

representar la regularidad del suelo con mayor frecuencia. Ayudas para ajustar la unidad IRI.

Solo la conversión permitió esta modificación.

### Figura 8

*Ilustración de distribución de frecuencias.*



*Nota:* Adaptada del manual (Merliner, 1999)

#### 2.2.2.11.4. Forma de sondeo

El Banco Mundial utiliza cuatro categorías de rugosidad de la carretera. Los rugosímetros MERLIN utilizan el método de clase 1. Este método produce un rugosímetro estático. Este método es notable por su precisión de 0,98.

Del Águila (1999) afirma que los fabricantes avalan este método de calibración de equipos de evaluación de la rugosidad, ya que es preciso y puede examinar superficies del suelo con los ojos y el equipo de nivelación al mismo tiempo.

**Protocolo de ensayo.** El examen lo realizan dos personas. La figura 8 muestra al operador recopilando entre 1 y 50 datos con el dispositivo. El asistente los ingresa en una cuadrícula de 20 x 10. Para medir la rugosidad de la superficie, el operador y el asistente recopilan datos exactos.

**Figura 9**

*Instrumento empleado para juntar información.*

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

Establece un carril especial para el trabajo de campo si trabajas a 400 metros de distancia. Las bicicletas MERLIN detectan cosas raras en 200 puntos para determinar si la carretera está nivelada o no. Anotan estos puntos extraños en una tabla y realizan ajustes posteriormente. El dimensionamiento tiene lugar cada 2m a lo largo del trayecto. El dispositivo que cuenta la circunferencia de la rueda MERLIN determina las dimensiones. Luego de dar una completa vuelta, donde se marca la llanta para tener una mayor exactitud más alta. Se comprueba la precisión de la llanta. Donde tres puntos fijos calibran el alineamiento del dispositivo en la vía para el registro de los datos. Se suministran ruedas delanteras, un soporte trasero resistente y un estabilizador.

#### ***2.2.2.11.5. Demostración de las correlaciones***

Para normar una conexión entre mediciones determinadas con la bicicleta y el IRI, se continúa con la siguiente secuencia de pasos.

Si el IRI determinado se halla entre 2.5 a 15.8

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



En el caso cuando el valor del IRI sea  $< 2.4$

$$IRI = 0.0485 \times D_c$$

### ***2.2.2.11.6. Cálculo de regularidad***

Los cálculos del rango D deben incorporar la variabilidad del medidor de rugosidad MERLIN. Los descubrimientos de esta investigación se expresan en un histograma de frecuencia. Se elimina el 10 % de los valores, el 5 % del lado izquierdo y del derecho del histograma para bajar los datos no comunes. Los datos caen dentro de la banda de frecuencia D. Las calificaciones de alrededor de 25 implican suavidad de la superficie. Las calificaciones de la superficie son de 1 a 50 para superficies más rugosas. Los valores del gráfico de frecuencia se obtienen en milímetros multiplicando cada unidad por 500 mm. La escala MERLIN mide la rugosidad. La escala IRI también analiza la rugosidad de la carretera. Esta utiliza criterios establecidos para evaluar el estado de la superficie de la carretera.

La relación brazo-escala del medidor de rugosidad, generalmente de uno a 10, determina la capacidad de ajuste del factor D. Esta relación calcula el ajuste. Para ajustar, coloque el dispositivo sobre una superficie nivelada y pueda registrar una medida primaria (por ejemplo, 24) con la ubicación de la plataforma móvil tocando la superficie. Dos elevaciones y descensos alinean el puntero del gráfico.

Cuando el puntero no alcanza el campo 12, el cálculo permite realizar el ajuste del factor "D".

Es importante destacar que el probador de rugosidad tiene dos configuraciones de colocación de patines en el brazo pivotante. No pase por alto este aspecto vital. Estos componentes pueden afectar el desarrollo de la medición, por lo que deben elegirse con cuidado para conseguir valores de regularidad de alto estándar.

**CASO 1:** Los ejes del probador de rugosidad están calibrados a 10 cm para establecer la condición de referencia. Este estudio revisará pavimentos nuevos. Esta manera optimiza



las evaluaciones de regularidad para suelos recién creados y brinda una referencia analítica uniforme empleando una conexión de apalancamiento de 1 a 10.

**CASO 2:** Las vías perjudicadas pueden emplear ejes de 2cm. Esto permite la posibilidad de estimar la regularidad en este diseño.

Las dos muestras representan cómo emplear el probador de rugosidad MERLIN y dan énfasis en la necesidad de ajustar la configuración del equipo para las condiciones de la vía. Los atributos de la superficie se pueden evaluar con mayor precisión en el caso de pavimentos nuevos o rutas antiguas.

Las expresiones (1) y (2) mejoran y armonizan la evaluación de la superficie con los criterios de IRI. Las evaluaciones globales del estado del pavimento simplifican y comparan las evaluaciones.

**Determinación de la regularidad en la escala IRI.** El IRI necesita que se realice la conversión de los valores de MERLÍN a valores en unidades de IRI. Esto permite asegurar la precisión de los cálculos. La clase de pavimento se obtiene mediante una fórmula (1) o (2). Se pueden vincular las dimensiones de regularidad de las bicicletas MERLÍN con los productos IRI mediante estas fórmulas. Este escenario ofrece un análisis mucho más profundo de la parte superficial de la vía.

### **2.2.3. *Serviciabilidad***

La facilidad de servicio, un factor de rendimiento de la superficie de la vía, puede afectar la seguridad del usuario. El alto vínculo entre ellos hace que esta relación sea notable. El marco incluye cinco componentes principales: mejora de la comodidad de la vía, evaluación del confort del usuario, calificaciones de los beneficiarios esperados de la vía, la relación entre las características físicas del pavimento y los análisis de manera subjetiva, y el rendimiento de la carretera a través del historial de uso. Todos son esenciales para la estructura. El marco falla sin ellos.



La calidad de la conducción depende de la parte superficial de la vía, lo que puede afectar la seguridad del usuario. El PSI, que ofrezca una conducción segura y agradable para el conductor y los pasajeros, refleja esta característica.

### 2.2.3.1. PSI

La AASHTO desarrolló una técnica objetiva de evaluación de la degradación del pavimento, que conectaba los aspectos estructurales y operativos de la ruta.

El índice de capacidad de servicio varía de 0 (caminos intransitables) a 5 (condiciones de superficie perfectas). Este índice verifica qué tan bien funciona el pavimento con los automóviles y camiones para los que fue construido. La gente lo usa para administrar y cuidar las carreteras.

**Tabla 3**

*Escala de PSI*

PSI	TRANSITABILIDAD
1 – 0	Pésimo
2 – 1	Inadecuado
3 - 2	Regular
4 - 3	Bueno
5 - 4	Muy Bueno

*Nota:* (guía AASHTO)

El estado del pavimento se evalúa visualmente mediante el PSI. Muestra el estado del pavimento y su calidad y nivel de servicio. Además, proporciona datos cruciales sobre la calidad del servicio. La seguridad a los usuarios de la vía debe ser lo primero en la evaluación y el mantenimiento de las carreteras.

#### 2.2.3.1.1. Enlace entre PSI e IRI

Los científicos Dujisin y Arroyo hicieron rugosas las ecuaciones AASHO. Los investigadores crearon esta ecuación. Dado que la rugosidad afecta la transitabilidad del servicio, nuestro estudio destacó su relevancia.



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Tipo y nivel de investigación

La manipulación de factores no está permitida en la investigación cuantitativa y aplicada. La investigación es cuantitativa. Esta estrategia de investigación sigue la metodología "Enfoque de investigación" de Hernández, Baptista y Fernández de 2015. Este estudio analizó las propiedades del suelo de las carreteras pavimentadas locales. El IRI reconoció y describió varias señales.

##### 3.1.1. NIVEL

DESCRIPTIVO: Esta técnica prioriza las evaluaciones de las carreteras por encima de los marcos teóricos. Hernández, Sampieri, Fernández, Collado y Baptista (2014) enfatizan la investigación empírica y pragmática para comprender y predecir eventos. Los autores enfatizan la investigación.

##### 3.1.2. TIPO

CUANTITATIVO: Este método utiliza la recolección y evaluación de valores para responder las interrogantes de la investigación y validar hipótesis. Este método describe adecuadamente el comportamiento de la comunidad utilizando análisis cuantitativos, enumeración y estadísticas.



## 3.2. Diseño de la investigación

En esta situación concreta, se ha utilizado un modelo que no ha supuesto ningún tipo de ensayo. El estudio se ha llevado a cabo utilizando una variedad de metodologías, incluyendo enfoques observacionales y transversales. Esto se ha producido como resultado de que no se han producido cambios en los factores que se estaban considerando. Además, las mediciones se han llevado a cabo en un único momento del tiempo, es decir, en un único instante. Como han demostrado Hernández Sampieri y Fernández Collado, esta estrategia requiere la observación de los fenómenos en sus hábitats naturales antes de proceder a su investigación. Este es un requisito previo para continuar con su investigación.

- Como resultado del examen se proporcionará una descripción exhaustiva de las anomalías y fallos que se presentan en las condiciones de las superficies de la carretera.
- Los cálculos necesarios se realizarán haciendo uso de la información obtenida.
- Para hallar la condición del suelo, se utilizarán los datos que se calcularon en la primera fase.
- Durante el proceso de formulación de conclusiones, se tendrán en cuenta los resultados del estudio. Tomaremos en cuenta el estado de la superficie de la vía pavimentada para realizar mejoras y brindaremos sugerencias en función de nuestros hallazgos.

## 3.3. Descripción del ámbito de estudio

### 3.3.1. Ubicación

#### 3.3.1.1. Ubicación geográfica

El tramo no asfaltado lo encontrarás en el sur del Perú, precisamente en la localidad de Puno, Carabaya, San Gabán. Es ahí donde la descubrirás. Esta ruta rústica se encuentra en el municipio de Boca San Gabán, y se encuentra en dirección a las riberas del río Inambari.



Situada en el centro de la cordillera, la cual es caracteriza por una altura media de 3853 m.s.n.m., la localidad donde se está realizando la investigación se distingue por su ubicación.

**3.3.1.2. Coordenadas geográficas**

El proceso de recolección de coordenadas necesita de una serie de procesos distintos, el primero de ellos es el procesamiento de las coordenadas UTM, las cuales luego son convertidas a ubicaciones de coordenadas geográficas. Este es el primer paso del proceso.

**Tabla 4**

*Ubicación geográfica del camino vecinal*

Localidad	Latitud	
	Sur	Oeste
<b>Inicio (Yuncamayo)</b>	70°25'37"	13°46'30"
<b>final (Pumachaca)</b>	70°23'26"	13°46'36"

**3.3.1.3. Altitud**

En particular, es una ubicación muy beneficiosa para una localidad que se encuentra dentro del parque nacional de los Andes:

**Tabla 5**

*Elevación de las localidades*

Localidad	Altura (m.s.n.m.)
<b>Inicio (Antajahua)</b>	3844
<b>final (Huanutuyo)</b>	4012

**3.3.1.4. Ubicación**

La zona de análisis está en:

Distrito: Ayapata  
 Provincia: Carabaya  
 Departamento: Puno

**Figura 10.**

*Mapa del Perú.*



**Figura 11.**

*Mapa de Puno.*



**Figura 12.**

*Mapa de Carabaya.*



**Figura 13.**

*Mapa del Camino vecinal*



### 3.4. Población y muestra

#### 3.4.1. Población

En el contexto de este proyecto, el pavimento, es decir, la porción de pavimento que se encuentra sobre las vías no pavimentadas que comunican Boca San Gaban con Orilla de Rio Inambari, será el foco del análisis.



**3.4.2. Muestra**

Para efectos de esta investigación, la muestra que se está utilizando es la vía rural Boca San Gaban, esta se halla en San Gaban, Carabaya, Puno, y va desde el km 00+000 hasta el km 05+000.

**3.5. Fuentes, instrumentos y equipos de estudio para la obtención de valores**

Esta investigación analiza las evaluaciones de la calidad de las vías por grados de servicio y explora formas de mejorar la seguridad vial desde Boca San Gaban hasta Orilla de Rio Inambari. Esto se logrará mediante la recopilación de valores en el sitio y la exploración comparativa de acuerdo con los términos de referencia. Las hojas de cálculo enumerarán los pros y los contras de la ruta, identificando el rendimiento ideal y los problemas de las condiciones de la carretera. Este enfoque evaluará la condición de la carretera y ofrecerá mejoras para optimizar la seguridad y la utilidad.

Este estudio categorizará los vehículos y evaluará el nivel de la calidad de la superficie de rodadura de la vía utilizando bicicletas Merlín, formato MTC y hojas de evaluación de Excel. Estos dispositivos se utilizan para evaluar los estándares de la carretera, recopilar datos precisos, analizar las condiciones de la carretera y brindar soluciones de calidad y seguridad.

**Tabla 6**

*Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

Método	Técnica	Instrumentos
Deductivo	Observación de campo	Bicicleta de Merlín (Instrumento de levantamiento de datos)
		Formato MTC (Instrumento de registro de datos)



### 3.6. Autenticidad y confianza en el equipo

El cuadro 9 enumera los dispositivos mecánicos como la rueda Merlin y los formularios MTC utilizados en esta investigación. Dado que las regulaciones gubernamentales autorizan estos dispositivos para las mediciones de IRI, no es necesario verificar su confiabilidad y validez.

### 3.7. Esquema de obtención y desarrollo de valores

#### 3.7.1. Estado superficial

Se descubrieron dos procedimientos para calcular los datos del IRI. En la etapa 1 se destacó el cálculo del IRI mediante la adquisición de valores in situ y el procesamiento de los datos. Hicimos esto para evitar errores. En la segunda fase, se hizo hincapié en el PSI, utilizando datos del IRI para calcular los valores.

#### **ETAPA 1:** Recopilación de información de campo para el IRI

**Preparación y planificación:** Se procedió con una importante preparación antes del inicio del proceso de recopilación de datos. Esta planificación incluyó la selección de rutas o áreas de interés.

**Equipamiento y calibración:** Se procedió a verificar que cada dispositivo de medición estuviera en condiciones óptimas y se calibrara lo que permite la precisión.

Obtenga datos empíricos:

Las anomalías en ciertas regiones de la parte superficial de la vía se documentaron utilizando el método que se describe a continuación. Antes de que la aguja se estabilice, se permite un tiempo específico. Este método evalúa la posición de la aguja en relación con la escala del tablero de instrumentos, que es necesaria para la lectura.

**Figura 14.**

*Formato de recopilación de datos para el IRI*

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

A continuación, se realizaron mediciones en ambos lados de la calzada en una ubicación separada. Se evaluaron los resultados. Los datos se recopilaban secuencialmente en secciones de 400 metros para proporcionar 200 mediciones por lado.

**Tratamiento de datos:** Se utilizó una muestra medida en el campo con una variación de 50 para construir un histograma. Se creó una tabla a partir de los datos.

Para verificar los datos, se calcularon intervalos y se categorizaron en un intervalo de frecuencia D. Donde en seguida, se realizó el cálculo. Se procedió a filtrar el histograma de los extremos del lado izquierdo y derecho para excluir el 5 % de los datos. Esto aceleró el análisis.

El método del siguiente párrafo calculó el intervalo corregido (DC):

$$D_c = FC \times 5 \times D \times RB$$



Dónde:  $FC = 0.95385$

$D = 30.667$

*RB: Relación de brazo = 1*

El IRI se determinó utilizando la siguiente ecuación después de ensamblar el rango actualizado (Dc):

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

En conclusión, se informaron los resultados del IRI para cada uno de los elementos estudiados durante esta etapa.

**FASE 2:** En el segundo paso del enfoque, se ajustó la fórmula presentada por Sayers, Gillespie y Queiroz para acomodar el procedimiento. La sustitución de cada valor promedio de IRI que se asoció con cada sector de 400 metros fue el método que se empleó para conseguir estos valores. Los valores del PSI para cada sector se calcularon después de este procedimiento. Los datos se utilizaron para calcular la media del PSI. Los valores de este procedimiento se observan en la "Tabla N.º 11" para su presentación:

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

Obtuve los valores de IRI para ambas bandas, derecha e izquierda. Los junté y calculé el promedio simple. Quería que el valor final de IRI mostrara ambas rugosidades de la banda de rodadura de forma precisa.

### 3.7.2. *Relación entre el IRI y el PSI*

Se necesita una investigación estadística de la covarianza del IRI y el PSI para determinar su asociación. Construya esta relación por completo:

**Identificación de fuentes de valores:** Las bases de valores de la agencia de transporte, los registros de conservación de vías, los valores de inspección in situ y el equipo de monitoreo del pavimento pueden alimentar el IRI y el PSI. Estos recursos iluminan la relación entre los dos criterios.



**Medición del IRI:** Un perfilómetro vial verifica el IRI en ciertos tramos de la vía.

Debe seguir las normas y los pasos cuidadosamente para obtener cifras precisas.

**Medición del PSI:** Verifique el PSI del tramo de ruta. Las vías aprobadas son las más adecuadas. Intente buscar, realice pruebas estructurales y revise el estado del pavimento siguiendo las normas. Para tener una buena idea de cómo se mantiene el pavimento, siga estos pasos.

**Desarrollo de Valores:** Posteriormente a realizar la recopilación de los datos, fíltrelos y depúrelos para poder realizar una eliminación de errores y valores incongruentes para su análisis.

### **3.8. Tabulación y evaluación de datos**

Usé Excel para ordenar y revisar los datos. Los diagramas de cada sección de muestra facilitaron la visualización y el análisis de la irregularidad de la pista.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados

##### 4.1.1. A nivel de la variable X/I. disposición vial

Tabla 7.

IRI

Tramo	IRI(m/km)			Transitabilidad
	Huella Izq.	Huella Der.	Promedio	
0+000 KM - 0+400 KM	6.25	7.69	6.97	Regular
0+400 KM - 0+800 KM	7.15	8.45	7.80	Regular
0+800 KM - 1+200 KM	6.37	6.79	6.58	Regular
1+200 KM - 1+600 KM	8.1	8.25	8.18	Inadecuado
1+600 KM - 2+000 KM	8.75	8.56	8.66	Inadecuado
2+000 KM - 2+400KM	9.13	8.32	8.73	Inadecuado
2+400 KM - 2+800 KM	6.33	7.11	6.72	Regular
2+800 KM - 3+200 KM	8.43	7.73	8.08	Inadecuado
3+200 KM - 3+600 KM	5.98	6.45	6.22	Regular
3+600 KM - 4+000 KM	8.32	7.88	8.10	Inadecuado
4+000 KM - 4+400 KM	9.23	8.57	8.90	Inadecuado
4+400 KM - 4+800 KM	5.36	5.96	5.66	Bueno
4+800 KM - 5+000 KM	5.64	5.44	5.54	Bueno
<b>PROMEDIO =</b>			<b>7.394</b>	<b>Regular</b>

El cuadro 8 especifica el (IRI) para las huellas de los extremos derecha e izquierda, promediando los valores para su empleo en ilustraciones subsiguientes.

**Tabla 8.**

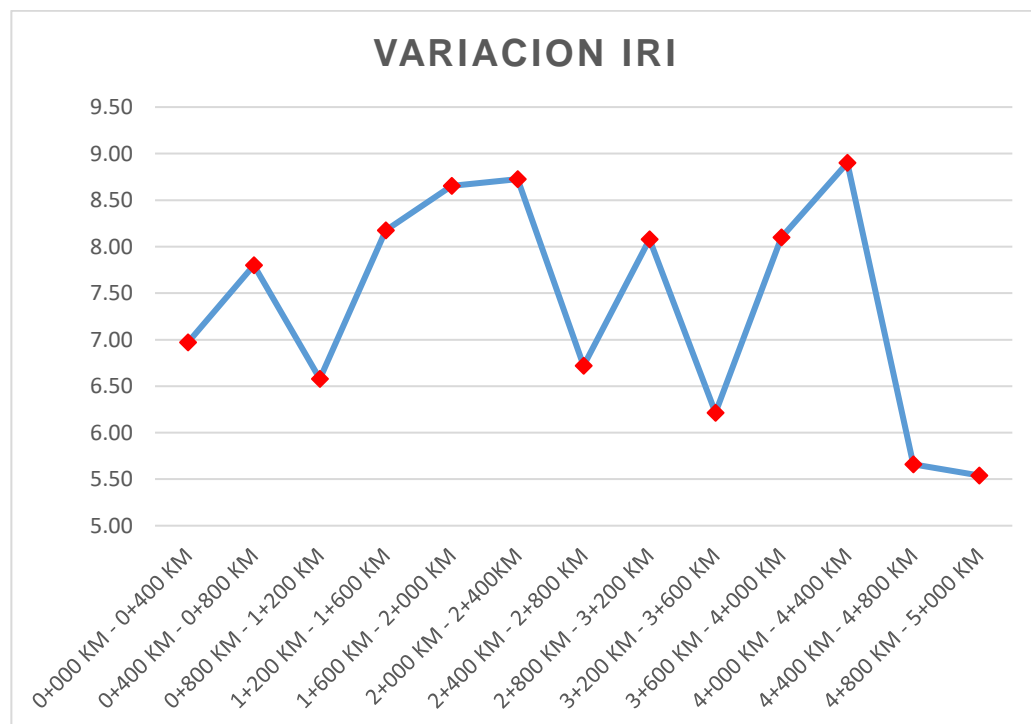
*Datos Conseguídos IRI*

IRI	N° DE TRAMOS	% DE PROPORCIÓN
Bueno	2	15%
Regular	5	38%
Inadecuado	6	46%
Pésimo	0	0%
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>100%</b>

La Tabla 8 destaca la transitabilidad de las innovaciones operativas y su etapa funcional o de rendimiento en función de la implementación.

**Figura 15.**

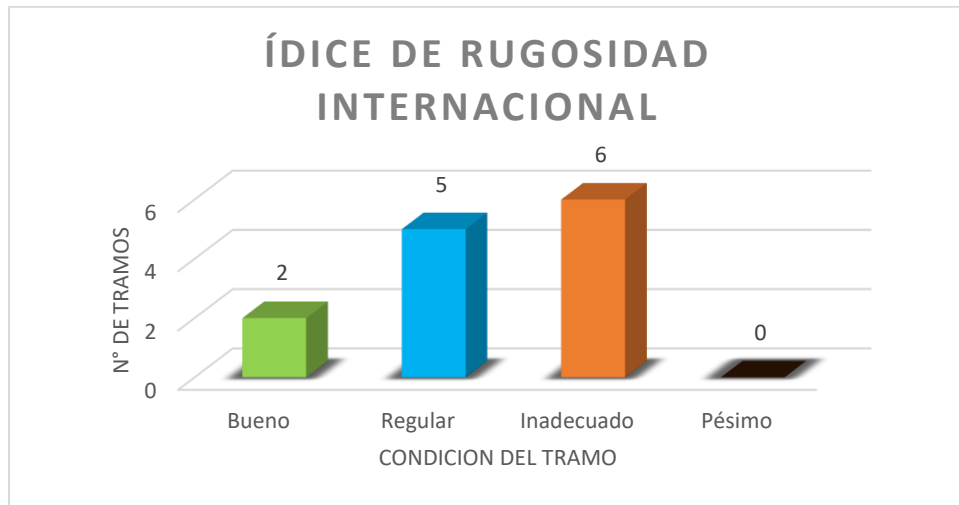
*Datos Conseguídos del IRI – Variaciones*



Conforme a la ilustración 15, se logra visualizar una fluctuación en los valores hallados del IRI. Primeramente, el gran número presenta una regularidad, conservándose entre 5 y 10 en varias progresivas, como en la progresiva del kilómetro 0+800 al kilómetro 3+200.

**Figura 16.**

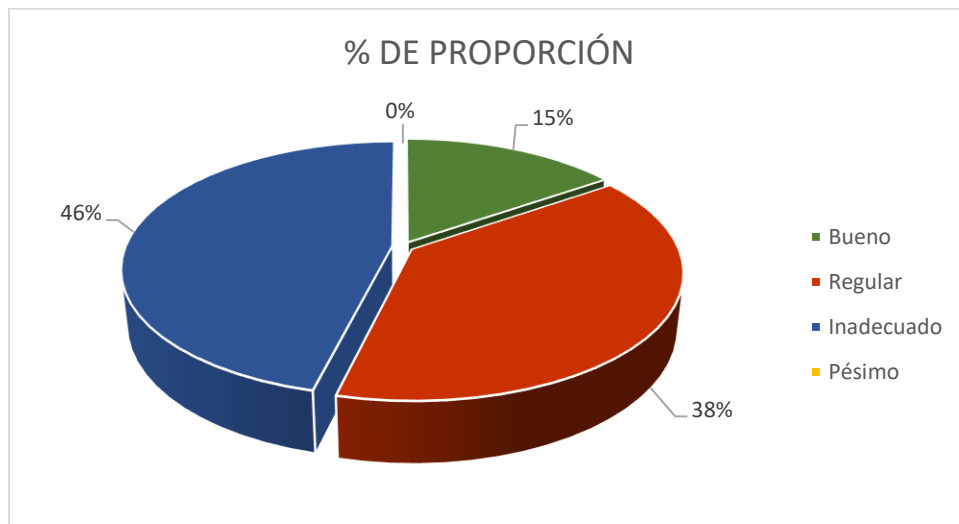
*Valores Hallados del IRI – tramos*



Existen seis tramos de la carretera nacional que presentan un grado insuficiente de rugosidad, cinco tramos tienen una clasificación estándar y dos zonas tienen una combinación excepcional. Esta información se observa en la ilustración 16.

**Figura 17.**

*Valores Hallados del IRI – %*



El cuarenta y seis por ciento de los componentes estudiados presentaban una rugosidad de la carretera considerada inaceptable, el treinta y ocho por ciento se encuentran en una condición considerada intermedia y el quince por ciento presentan una combinación considerada como deseable en general. Esta información se muestra en la ilustración 17.



**Tabla 9.**

*PSI*

<b>Tramo: BOCA SAN GABAN - ORILLA RIO INAMBARI</b>			
Tramo	IRI Prom. (m/km)	PSI	
0+000 KM - 0+400 KM	6.97	1.41	Inadecuado
0+400 KM - 0+800 KM	7.8	1.21	Inadecuado
0+800 KM - 1+200 KM	6.58	1.51	Inadecuado
1+200 KM - 1+600 KM	8.175	1.13	Inadecuado
1+600 KM - 2+000 KM	8.655	1.04	Inadecuado
2+000 KM - 2+400KM	8.725	1.02	Inadecuado
2+400 KM - 2+800 KM	6.72	1.47	Inadecuado
2+800 KM - 3+200 KM	8.08	1.15	Inadecuado
3+200 KM - 3+600 KM	6.215	1.62	Inadecuado
3+600 KM - 4+000 KM	8.1	1.15	Inadecuado
4+000 KM - 4+400 KM	8.9	0.99	Pésimo
4+400 KM - 4+800 KM	5.66	1.79	Inadecuado
4+800 KM - 5+000 KM	5.54	1.83	Inadecuado
<b>PROMEDIO = 1.33</b>			<b>Inadecuado</b>

El cuadro 9, contiene un estudio en profundidad del PSI. Este análisis se presenta en la tabla. Para definir la categorización de las estadísticas, se utiliza la escala. Además, se realiza un contraste entre el PSI e IRI que se muestra en la presentación.

**Tabla 10.**

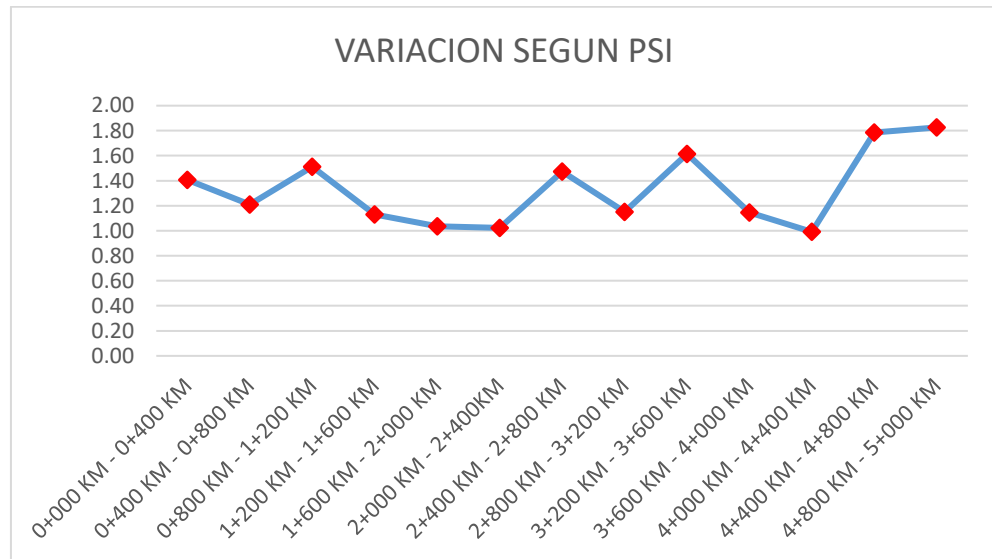
*Datos Conseguidos del PSI.*

PSI	Nº DE TRAMOS	% DE PROPORCIÓN
Muy bueno	0	0%
Bueno	0	0%
Regular	0	0%
Inadecuado	12	92%
Pésimo	1	8%
Total	13	100%

La transitabilidad actual de los progresivos que se establecieron de acuerdo con el PSI se muestra en la Tabla 10, junto con una descripción de su estado de acuerdo con este índice. Este índice fue utilizado para generar los progresivos.

**Figura 18.**

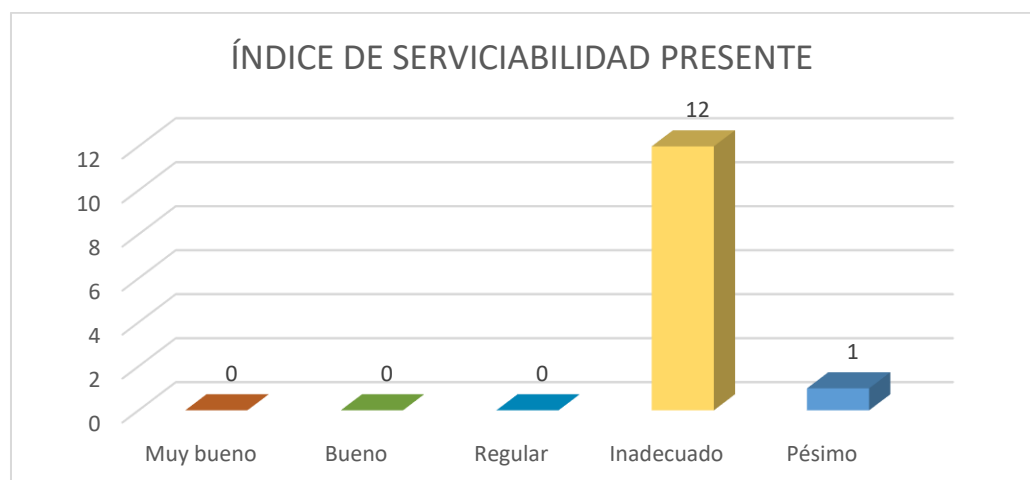
*Valores Hallados del PSI – Variaciones*



Según la mayoría de los datos, una condición incómoda se clasifica como "insatisfactoria" en una escala que va de 1 a 2. Esto se ve en la ilustración 18, que ilustra que el índice de transitabilidad es propenso a variaciones. Para ilustrarlo, observe el tramo que empieza en el kilómetro 0+800 y continua hasta el kilómetro 4+000.

**Figura 19.**

*Datos Conseguidos del PSI – tramos*

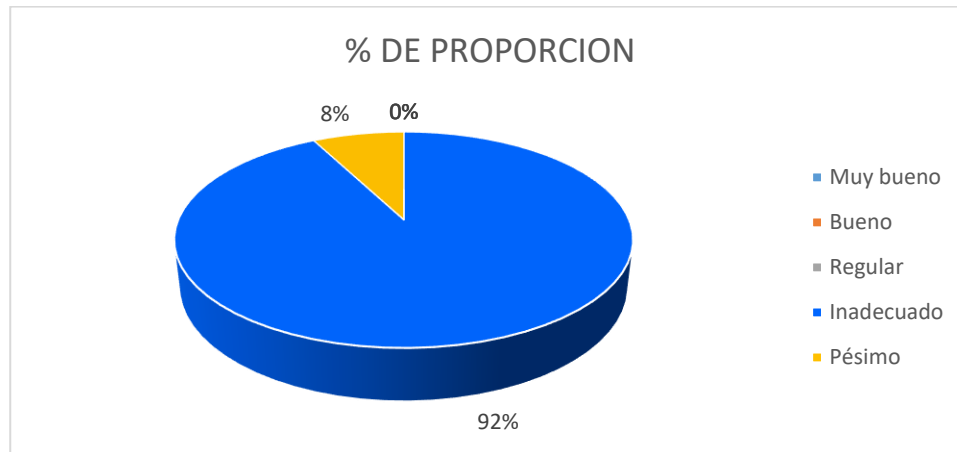


Como resultado de los hallazgos mostrados en la Figura 19, se ha determinado que doce partes diferentes de la carretera local se consideran "inadecuadas". Esto es algo que el

espectador puede percibir y comprender gracias a la representación. Por otro lado, teniendo en cuenta el estado actual de una de las carreteras de la zona, se ha determinado que se encuentra en un estado "malo".

**Figura 20.**

*Valores Hallados del PSI – %*



Sin embargo, sólo el ocho por ciento de los componentes estudiados reflejan un estado de transitabilidad “malo”, como se puede observar en la Figura 20. Esto es así a pesar de que el 92 por ciento de los elementos que se revisaron indican un estado de transitabilidad “malo” o “inadecuado”.

#### 4.2. Discusión

El sesenta y nueve por ciento de la carretera sin pavimentar que se extiende desde Boca San Gaban hasta la ribera del río Inambari tiene condiciones de superficie inadecuadas o malas, como lo muestran los datos. Esto plantea inquietudes sobre la durabilidad y la seguridad de la carretera a largo plazo. Por otro lado, el PSI se formó con un límite de 2, mientras que el IRI se estableció con un máximo de 10. Nuestra experiencia, además de los resultados de investigaciones anteriores, se tuvo en cuenta al llegar a esta conclusión. Según nuestra teoría, las condiciones mejoradas de la superficie dentro de estas restricciones reducirían los problemas de seguridad y durabilidad.

Para el IRI;



Hipótesis de trabajo

H1  $X < 10$  (media de los datos del IRI  $<$  que 10)

Hipótesis nula

H0  $X > 10$  (media de los datos del IRI  $>$  que 10)

Hipótesis alterna

Ha  $X = 10$  (media de los datos del IRI = que 10)

Para el PSI;

H1  $Y < 2$  (media de los datos del PSI  $<$  que 2)

Hipótesis nula

H0  $Y > 2$  (media de los datos del PSI  $>$  que 2)

Hipótesis alterna

Ha  $Y = 2$  (media de los datos del PSI = que 2)

Las comparaciones de los valores estimados de nuestra hipótesis con los promedios de IRI y PSI de nuestra investigación respaldan ambas hipótesis. Se verificarán los números estimados. Black y Champion (1976) dicen que muchos académicos denominan hipótesis de diferencia a las hipótesis de estimación estadística. Una evaluación compara los valores teóricos con los reales.

**Tabla 11.**

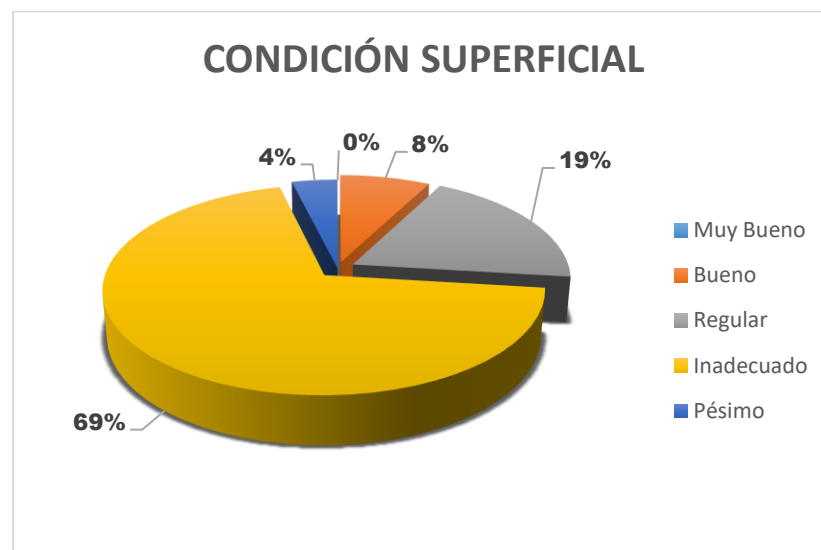
*Exploración última de la condición superficial de la vía*

Condición Superficial	Muy Bueno	Bueno	Regular	Inadecuado	Pésimo
IRI	0	2	5	6	0
PSI	0	0	0	12	1
Total	0	2	5	18	1
Total %	0%	8%	19%	69%	4%

La Tabla 11 muestra la superficie (estado). Incluye PSI, IRI y desgaste del suelo. Una evaluación completa de la carretera encuentra dos tramos excepcionales, cinco medianos, dieciocho malos y uno terrible. Esta información cubre la ruta por completo.

**Figura 21.**

*Valor Hallado del Estado superficial*



Según la Figura 21, el cuatro por ciento de la carretera rural se encuentra en un estado muy pésimo, el sesenta y nueve por ciento está en un estado inadecuado, el diecinueve por ciento está en un estado aceptable y el ocho por ciento está en un estado excelente. Además, el ocho por ciento de la carretera está en un estado sobresaliente.

**Tabla 12.**

*Exploración última de la vía.*

Progresiva		Tipo de Terreno	Pendiente (%)		Ancho Superf. Rodadura
Del Km	Al Km		Mín.	Máx.	
0+000	0+400	1	4.8	6.1	2.8
0+400	0+800	2	3.8	3.6	3.1
0+800	1+200	2	2.6	3.0	2.6
1+200	1+600	3	1.7	2.1	3.1
1+600	2+000	2	2.5	2.6	3.9
2+000	2+400	2	1.7	2.2	3.7



2+400	2+800	4	3.3	4.4	4.1
2+800	3+200	4	3.1	3.9	4.1
3+200	3+600	2	2.2	2.4	4.4
3+600	4+000	2	1.8	2.6	3.6
4+000	4+400	1	1.7	2.4	3.6
4+400	4+800	1	2.7	2.8	5.8
4+800	5+000	3	2.7	3.8	4.5

**CLASE DE SUELO**

Plano (Clase 1)

Ondulado (Clase 2)

Accidentado (Clase 3)

Escarpado (Clase 4)

Pen. Long.

p% &lt; 3%

3% &gt; p% &lt; 6%

6% &gt; p% &lt; 8%

p% &lt; 8%

El cuadro 12, que contiene información como la clase de suelo, el grado de pendiente y el ancho del suelo ondulado que se extiende a lo largo del paisaje, proporciona un desglose detallado de cada fase. Este desglose se proporciona en forma de tabla. Esta descripción mejora nuestra comprensión al proporcionar más detalles sobre las características individuales que son peculiares de cada tramo de carretera. También nos facilita el análisis y nos prepara para cualquier mejora o mantenimiento que pueda ser factible.



## CONCLUSIONES

**PRIMERO.** Para calcular las características de la superficie del pavimento para el año 2024 se ha utilizado el IRI. Dicho trabajo se ofrece una visión general de dichas cualidades. La lista abarca todo el departamento, comenzando en Boca San Gaban (km 0+000) y terminando en la ribera del río Inambari (km 5+000). El estado Regular se denota por el valor IRI de 7,394.

**Los datos límites del IRI conseguidos son:**

En caso de que el IRI sea 8,90, esto indica que la situación no es satisfactoria. Existe un requisito mínimo de IRI de 5,54, lo que implica que el estado se considera Regular.

**SEGUNDO.** En la enumeración adjunta, que se basa en el PSI del año 2024, se proporciona una descripción detallada del estado de la superficie del pavimento. La enumeración comienza desde Boca San Gaban, que se encuentra en el kilómetro 0 000, y llega hasta la ribera del río Inambari, que se encuentra en el kilómetro 5 000, dentro del departamento. El índice de permeabilidad del pavimento (PSI) es de 1,33, lo que señala que es insuficiente la transitabilidad del pavimento o indeseable.

**Los datos límites del PSI conseguidos son:**

El PSI más alto que se puede alcanzar es 1,83, lo que implica que la transitabilidad es insuficiente o está por debajo del umbral requerido.

Cuando el PSI es tan bajo como 0,99, indica que la transitabilidad no es muy buena.

**TERCERO.** El pavimento de la vía vecinal Boca San Gabán (Km 0+000) hasta el río Inambari (Km 5+000) en Puno necesita ser desbastecido y apto para el tránsito. Concluimos que el camino vecinal es inadecuado.



## RECOMENDACIONES

- PRIMERO.** Luego del análisis y caracterización de la vía, se sugieren técnicas de mantenimiento preventivo y correctivo para mejorar la condición de la estructura en lugares con altos valores del IRI. La rehabilitación del pavimento, la reparación de baches y la nivelación de la superficie pueden minimizar la regularidad y mejorar el confort y bienestar de los que la usan la autopista. Para detectar y reparar rápidamente los imperfectos del suelo de la autopista, se deben realizar inspecciones y evaluaciones frecuentes.
- SEGUNDO.** El mantenimiento, especialmente la nivelación de la superficie de la vía, mejora la comodidad y seguridad del tránsito. La velocidad del tránsito y la frecuencia de accidentes se deben incluir en futuras investigaciones para determinar cómo se relacionan el IRI, el PSI y el comportamiento de conducción en la vía local.
- TERCERO.** La carretera local Boca San Gaban (Km 0+000) hacia Orilla Rio Inambari (Km 5+000) debe ser tratada con PROES para mejorar su rugosidad y transitabilidad debido a su mal estado.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (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. (s.f.).*
- Badilla Vargas, G. (2009). *Determinación de la regularidad superficial del pavimento, mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI):*
- 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*
- Adaptado de Work bank Technical Paper Number 46 y Norma ASTM E - 950 – 98. (s.f.).
- Guirguis M. (2018) *"Design and performance assessment of chip seal applications"* (Tesis de posgrado) Universidad del Estado de Iowa, Estados Unidos
- Alejos Perez, M. & Caceres Vidal, J. C. (2016). *"Alternativas para la transitabilidad al anexo Huacacorral del distrito de Guadalupe –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".*
- 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.
- 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
- Del Águila R, P. (1999). *Manual de Usuario merliner: Merlin equipo para rugosidad. Lima: Camineros S.A.C.*
- Gobierno regional de puno. (2016). *estudio definitivo para el mejoramiento de la carretera PU 135 checca - Mazocruz. Puno.*
- 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).
- Salto Zavala, E. L. (2023). *Determinación del índice de rugosidad internacional de la vía los Ángeles-Andil* (Bachelor's thesis, Jipijapa-Unesum).
- Tingal Limay, H. (2021). *Análisis de índice de rugosidad internacional (IRI) de la superficie del pavimento flexible de la vía Cajamarca-Baños del Inca, utilizando el rugosímetro de Merlin.*
- Tovar, G. L. (1986). *El asentamiento y la segregación de los Blancos y Mestizos.* Bogotá: Cengage.



# ANEXOS



### ANEXO I

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA							
PROBLEMA	OBEJTIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	
G E N E R A L	¿Cuál es la condición del afirmado mediante el cálculo del IRI y PSI del camino vecinal Boca San Gaban la orilla de Río Inambari del distrito de San Gaban, provincia de Carabaya, Región Puno?	Exponer la serviciabilidad del afirmado en términos del IRI y PSI del camino vecinal Boca San Gaban la orilla de Río Inambari del distrito de San Gaban, provincia de Carabaya, Región Puno	Los valores promedio del IRI son inferiores a 10 y del PSI son inferiores a 2 en el afirmado del camino vecinal Boca San Gaban la orilla de Río Inambari del distrito de San Gaban, provincia de Carabaya, Región Puno	Condición superficial del afirmado	IRI	Índice de Rugosidad Internacional (IRI)	Rugosímetro de Merlín (Instrumento de levantamiento de datos) Formato MTC (Instrumento de registro de datos, ver ANEXO 3)
	¿Cuál será el valor del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) del afirmado del camino vecinal Boca San Gaban la orilla de Río Inambari del distrito de San Gaban, provincia de Carabaya, Región Puno?	Cuantificar el valor del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) del afirmado del camino vecinal Boca San Gaban la orilla de Río Inambari del distrito de San Gaban, provincia de Carabaya, Región Puno	El Índice Internacional de Rugosidad (IRI) en el afirmado del camino vecinal Boca San Gaban la orilla de Río Inambari del distrito de San Gaban, provincia de Carabaya, Región Puno, es inferior a 10				
E S P E C I F I C O S	¿Cuál es el valor del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) del afirmado del camino vecinal Boca San Gaban la orilla de Río Inambari del distrito de San Gaban, provincia de Carabaya, Región Puno?	Calcular el valor del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) del afirmado del camino vecinal Boca San Gaban la orilla de Río Inambari del distrito de San Gaban, provincia de Carabaya, Región Puno	El Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) en el afirmado del camino vecinal Boca San Gaban la orilla de Río Inambari del distrito de San Gaban, provincia de Carabaya, Región Puno, está por de debajo de 2	Análisis del PSI en Relación al IRI	PSI	Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)	Formato MTC
	¿Cuál será el estado situacional del camino vecinal Boca San Gaban la orilla de Río Inambari del distrito de San Gaban, provincia de Carabaya, Región Puno?	Explicar la situación actual del camino vecinal Boca San Gaban la orilla de Río Inambari del distrito de San Gaban, provincia de Carabaya, Región Puno	El estado situacional del camino vecinal Boca San Gaban la orilla de Río Inambari del distrito de San Gaban, provincia de Carabaya, Región Puno es bueno				



**ANEXO 2**

**INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

**Formato de la condición superficial - Índice Internacional de Rugosidad**

**TESIS**

**ANÁLISIS DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL CAMINO VECINAL BOCA SAN GABÁN – ORILLA RÍO INAMBARI DEL DISTRITO DE SAN GABÁN REGIÓN PUNO**

**Índice Internacional de Rugosidad**

ESTADO	RUGOSIDAD
Bueno	$IRI \leq 6$
Regular	$6 < IRI \leq 8$
Inadecuado	$8 < IRI \leq 10$
Pésimo	$10 \leq IRI$

**Tramo: BOCA SAN GABAN - ORILLA RIO INAMBARI**

Progresiva	IRI(m/km)			Transitabilidad
	Huella Izquierda	Huella Derecha	Promedio	
0+000 KM - 0+400 KM	6.25	7.69	6.97	Regular
0+400 KM - 0+800 KM	7.15	8.45	7.80	Regular
0+800 KM - 1+200 KM	6.37	6.79	6.58	Regular
1+200 KM - 1+600 KM	8.1	8.25	8.18	Inadecuado
1+600 KM - 2+000 KM	8.75	8.56	8.66	Inadecuado
2+000 KM - 2+400KM	9.13	8.32	8.73	Inadecuado
2+400 KM - 2+800 KM	6.33	7.11	6.72	Regular
2+800 KM - 3+200 KM	8.43	7.73	8.08	Inadecuado
3+200 KM - 3+600 KM	5.98	6.45	6.22	Regular
3+600 KM - 4+000 KM	8.32	7.88	8.10	Inadecuado
4+000 KM - 4+400 KM	9.23	8.57	8.90	Inadecuado
4+400 KM - 4+800 KM	5.36	5.96	5.66	Bueno
4+800 KM - 5+000 KM	5.64	5.44	5.54	Bueno
<b>PROMEDIO =</b>			<b>7.394</b>	<b>Regular</b>



**ANEXO 3**

**INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

**Formato de la condición superficial - Índice de Serviciabilidad Presente**

**TESIS**

**ANÁLISIS DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL CAMINO VECINAL BOCA SAN GABÁN – ORILLA RÍO INAMBARI DEL DISTRITO DE SAN GABÁN REGIÓN PUNO**

**Índice de Serviciabilidad Presente**

PSI	TRANSITABILIDAD
0 - 1	Pésimo
1 - 2	Inadecuado
2 - 3	Regular
3 - 4	Buena
4 - 5	Muy buena

**Tramo: BOCA SAN GABAN - ORILLA RIO INAMBARI**

Progresiva	IRI Prom. (m/km)	PSI	
0+000 KM - 0+400 KM	6.97	1.41	Inadecuado
0+400 KM - 0+800 KM	7.8	1.21	Inadecuado
0+800 KM - 1+200 KM	6.58	1.51	Inadecuado
1+200 KM - 1+600 KM	8.175	1.13	Inadecuado
1+600 KM - 2+000 KM	8.655	1.04	Inadecuado
2+000 KM - 2+400KM	8.725	1.02	Inadecuado
2+400 KM - 2+800 KM	6.72	1.47	Inadecuado
2+800 KM - 3+200 KM	8.08	1.15	Inadecuado
3+200 KM - 3+600 KM	6.215	1.62	Inadecuado
3+600 KM - 4+000 KM	8.1	1.15	Inadecuado
4+000 KM - 4+400 KM	8.9	0.99	Pésimo
4+400 KM - 4+800 KM	5.66	1.79	Inadecuado
4+800 KM - 5+000 KM	5.54	1.83	Inadecuado
<b>PROMEDIO =</b>		<b>1.33</b>	<b>Inadecuado</b>



**ANEXO 4**

**INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

**Ancho y tipo de calzada**

*ANÁLISIS DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL CAMINO VECINAL BOCA SAN GABÁN – ORILLA RÍO INAMBARI DEL DISTRITO DE SAN GABÁN REGIÓN PUNO*

**RESUMEN RERESENTATIVO DE CALZADA**

Progresiva		Tipo de Terreno	Pendiente (%)		Ancho Superf. Rodadura
Del Km	Al Km		Mín.	Máx.	
0+000	0+400	1	4.8	6.1	2.8
0+400	0+800	2	3.8	3.6	3.1
0+800	1+200	2	2.6	3.0	2.6
1+200	1+600	3	1.7	2.1	3.1
1+600	2+000	2	2.5	2.6	3.9
2+000	2+400	2	1.7	2.2	3.7
2+400	2+800	4	3.3	4.4	4.1
2+800	3+200	4	3.1	3.9	4.1
3+200	3+600	2	2.2	2.4	4.4
3+600	4+000	2	1.8	2.6	3.6
4+000	4+400	1	1.7	2.4	3.6
4+400	4+800	1	2.7	2.8	5.8
4+800	5+000	3	2.7	3.8	4.5

TIPO DE TERRENO	Plano (Tipo 1)	Ondulado (Tipo 2)	Accidentado (Tipo 3)	Escarpado (Tipo 4)
Pendiente longitudinal	p% < 3%	3% > p% < 6%	6% > p% < 8%	p% < 8%

## ANEXO 5

### PANEL FOTOGRÁFICO

**Fotografía 1.** Inicio del tramo progresivo km 0+000



**Fotografía 2.** Tramo progresiva km 0+100



**Fotografía 3.** Tramo progresiva km 01+200



**Fotografía 4.** Tramo progresiva km 01+900



**Fotografía 5.** Tramo progresiva km 02+300



**Fotografía 6.** Tramo progresiva km 0+700



**Fotografía 7.** Tramo progresiva km 1+100



**Fotografía 8.** Tramo progresiva km 01+800



**Fotografía 9.** Tramo progresiva km 02+100



**Fotografía 10.** Tramo progresiva km 02+400



**Fotografía 11.** Tramo progresiva km 02+700



**Fotografía 12.** Tramo progresiva km 3+150



**Fotografía 13.** La fotografía muestra un deterioro de ahuellamiento mayor a 10 cm



**Fotografía 14.** La fotografía muestra un deterioro de ahuellamiento mayor a 5 cm





**ANEXO 1**  
**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN**

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

Formato digital

Fecha de entrega: 19/09/2023

**1. Datos del autor (es):**

Nombres y Apellidos: KEVIN BRAYAN VARGAS MAYTA

Dirección: Av. Maracana Nro 512 - Puno

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 73990081

Teléfono: 981345952 email: kevinbvargasm20@gmail.com

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

Dirección: \_\_\_\_\_

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

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

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

Escuela Profesional o Mención: 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: ANÁLISIS DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL CAMINO VECINAL BOCA SAN GABÁN – ORILLA RÍO INAMBARI DEL DISTRITO DE SAN GABÁN REGIÓN PUNO

Palabras claves, (3 a 5 términos): Rugosidad, Serviciabilidad, Camino vecinal, Deterioro, Afirmado.

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

2

<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  Titulo  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

19 de setiembre del 2025

Fecha