



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



**EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL  
PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSIDAD Y  
NIVEL DE SERVICIO DE LA AVENIDA MANCO  
CAPAC DE LA CIUDAD DE JULIACA**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. YURI LIZANDRO MONTES MENDOZA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**JULIACA – PERÚ  
2024**



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL  
PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSIDAD Y  
NIVEL DE SERVICIO DE LA AVENIDA MANCO  
CAPAC DE LA CIUDAD DE JULIACA**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. YURI LIZANDRO MONTES MENDOZA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR:**

**PRESIDENTE**

:   
Dr. EFRAÍN PARILLO SOSA


**PRIMER MIEMBRO**

:   
Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

**SEGUNDO MIEMBRO**

:   
Dr. ARNALDO YANA TORRES

**ASESOR DE TESIS**

:   
Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 495-2024-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 04 de noviembre de 2024

**VISTOS:**

El **INFORME N° 111-2024-D-EPIC-FICP-UANCV-J** del Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y Resolución Decanal N°410-2024 de fecha 27 de agosto de 2024 sobre la aprobación del Informe Final del trabajo de Investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA RUGOSIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA AVENIDA MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DE JULIACA**; y el trámite solicitado por el Bachiller en Ingeniería Civil y;

**CONSIDERANDO:**

Que, el Bachiller: **YURI LIZANDRO MONTES MENDOZA**; ha solicitado fecha y hora para efectuar la sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA RUGOSIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA AVENIDA MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DE JULIACA**, para rendir el examen de sustentación del trabajo de Investigación (tesis) y optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, y;

Que, los Jurados designados por el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la FICP, están integrados por los siguientes Docentes;

- \* **Presidente** : **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**
- \* **1er Miembro** : **Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
- \* **2do Miembro** : **Dr. ARNALDO YANA TORRES**
- \* **Asesor** : **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**

De conformidad al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras 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 de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTICULO PRIMERO.** - **APROBAR** Lugar, Día y Hora para que el (la) bachiller: **YURI LIZANDRO MONTES MENDOZA**; rendirá el Examen de Sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA RUGOSIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA AVENIDA MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil** de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : miércoles 06 de noviembre de 2024
- \* **HORA** : 10:00
- \* **LUGAR** : Aula 406 - FICP

**ARTICULO SEGUNDO.** - La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil**, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

Cc  
Arch 2024  
Interesado  
Escuela Profesional



Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



Dr. EFRAIN PARILLO SOSA  
SECRETARÍA ACADÉMICA  
CIP 95531



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 410-2024-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 27 de agosto de 2024

**VISTOS:**

El **INFORME N° 152-2024-D-EPIC-FICP-UANCV-J**, del Director Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Ingeniero Civil, **INFORME N° 088-2024-UI-CI-EPIC-FICP-UANCV** del Presidente del Sub Comité de Evaluación de la Escuela Profesional de Ingeniero Civil, **RESOLUCIÓN DECANAL N° 989-2023-D-FICP-UANCV** que aprueba el Proyecto de Investigación el **19 de setiembre de 2023** y el acta de revisión y calificación del Trabajo de Investigación (tesis) de fecha **09 de agosto de 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniería Civil, con el tema titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA RUGOSIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA AVENIDA MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DE JULIACA.**

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bachiller: **YURI LIZANDRO MONTES MENDOZA**, ha presentado su Trabajo de Investigación (tesis) Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA RUGOSIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA AVENIDA MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DE JULIACA.**

Que, habiendo procedido de acuerdo al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajo de Investigación, con fines de la obtención de Grados Académicos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniero Civil, nominó a la sub comisión de evaluación de trabajo de investigación, a los siguientes Docentes:

- \* **Presidente** : **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**
- \* **1er Miembro** : **Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
- \* **2do Miembro** : **Dr. ARNALDO YANA TORRES**

Que, el Sub Comité de evaluación ha aprobado en su integridad el Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA RUGOSIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA AVENIDA MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DE JULIACA.**

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen N° 820-2024, la originalidad del trabajo de investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA RUGOSIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA AVENIDA MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DE JULIACA.**

Estando, conforme a la **RESOLUCIÓN DECANAL N°064-2019-CF-FICP-UANCV** de fecha 02 de octubre de 2019 donde aprueba el reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales a la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, que consta de XI capítulos y 71 artículos, y;

**Estando**, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, 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 de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTICULO PRIMERO.- APROBAR**, el informe final de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Tesis)**, del Bachiller: **YURI LIZANDRO MONTES MENDOZA**, para optar el Título Profesional de Ingeniería Civil, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA RUGOSIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA AVENIDA MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DE JULIACA.**

La misma que deberá proceder a la impresión de su borrador de Trabajo de Investigación en limpio, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras - Escuela Profesional de Ingeniero Civil.

**ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER**, como asesor del Trabajo de Investigación (tesis) al docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniero Civil, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, al **Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.**

**ARTICULO TERCERO.-** La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniero Civil, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese,

C.c.  
archivo 2024  
interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA  
SECRETARIO ACADÉMICO  
CIP. 84503



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 989-2023-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 19 de setiembre 2023

**VISTOS:**

El, **INFORME N° 571-2023-D-UI-FICP.UANCV** del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **INFORME DE OPINIÓN TÉCNICA N° 168-2023-UI-CI-EPIC-FICP-UANCV** del responsable del Comité de Investigación, la **opinión técnica N° 095-2023-UANCV-FICP-UI-CI-EPIC** del presidente del sub comité de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil y el **ACTA DE REGISTRO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN** según reglamento interno de aseguramiento de la calidad de trabajos de investigación de fecha **05 de setiembre de 2023**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el tema titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA RUGOSIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA AVENIDA MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DE JULIACA.**

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bachiller: **YURI LIZANDRO MONTES MENDOZA**, ha presentado su Proyecto de Investigación Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA RUGOSIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA AVENIDA MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras; el responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil**, Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, nominó a la sub comisión de evaluación de Proyecto de Investigación, a los siguientes Docentes:

- \* **Presidente** : **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**
- \* **1er Miembro** : **Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
- \* **2do Miembro** : **Mgtr. ARNALDO YANA TORRES**

Que, la sub comisión de evaluación ha concluido aprobar sin observación el Proyecto de Investigación titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA RUGOSIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA AVENIDA MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DE JULIACA**, y;

Que, es requisito indispensable contar con un Docente Ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de magister y experiencia en la línea a investigar, que será el asesor de Proyecto de Investigación, y;

**Estando**, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, 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 de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el (la) Bachiller: **YURI LIZANDRO MONTES MENDOZA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA RUGOSIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA AVENIDA MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DE JULIACA.**

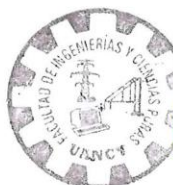
La misma que deberá proceder con la ejecución del Proyecto de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente ordinario, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.**

**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.

cc.  
archivo 2023  
interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Mgtr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA  
SECRETARIO ACADÉMICO  
CIP. 95531



## EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA AVENIDA MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DE JULIACA

### INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	4%
2	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	4%
3	<a href="http://repositorio.uandina.edu.pe">repositorio.uandina.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
4	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://repositorio.upt.edu.pe">repositorio.upt.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://fddocuments.es">fddocuments.es</a> Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1%




### Metadatos Complementarios



<b>Título de la tesis</b>	
EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA AVENIDA MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DE JULIACA	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	YURI LIZANDRO MONTES MENDOZA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	46873452
URL de ORCID	<a href="http://orcid.org/0009-0005-8768-500X">http://orcid.org/0009-0005-8768-500X</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01847262
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0001-8509-7224">https://orcid.org/0000-0001-8509-7224</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
<b>Miembro del jurado 2</b>	



Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P 17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Recursos propios
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú  Departamento: Puno  Provincia: San Román  Distrito: Juliaca:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Latitud: -15.479121°</li> <li>- Longitud: -70.130690°</li> <li>- <a href="https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1vD6UBt3PgxsymFI5yC5mlOOZ79pix1c&amp;usp=sharing">https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1vD6UBt3PgxsymFI5yC5mlOOZ79pix1c&amp;usp=sharing</a></li> </ul> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Setiembre 2023 – Setiembre 2024
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>Ingeniería de la construcción  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</a></p> <p>Ingeniería civil  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</a></p>





**DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD**

Yo YURI LIZANDRO MONTES MENDOZA, identificado con DNI Nro. 46873452 en mi condición de egresado de:

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

INGENIERIA CIVIL

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación,  Trabajo Académico denominada:  
“EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA RUGOSIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA AVENIDA MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DE JULIACA”

Asesorado por: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

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 21 de enero del 2025

  
\_\_\_\_\_  
FIRMA DEL ASESOR (obligatoria)

  
\_\_\_\_\_  
FIRMA (obligatoria)



Huella



## DEDICATORIA

A mis padres, Rodi Montes Quispe y Jesusa Mendoza Larico dedico este logro a mis padres quienes han sido los pilares fundamentales de mi vida su amor incondicional sacrificio y apoyo constante han sido el motor que me ha impulsado a alcanzar esta meta gracias por creer en mí incluso en los momentos en que yo dudaba de mí mismo por inculcarme el valor del esfuerzo y por hacer posible este sueño de ser ingeniero civil sus palabras de aliento y su ejemplo de vida han sido mi mayor fuente de inspiración

A mis hermanos, compañeros de vida y cómplices de sueños, por su respaldo incondicional, por alegrar mis días difíciles y celebrar cada uno de mis logros como si fueran suyos. Su presencia ha sido fundamental en este camino.



## AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios por dirigir cada una de mis acciones, darme la fuerza para triunfar sobre los retos y permitirme alcanzar esta meta tan esperada en mi formación profesional como Ingeniero Civil.

Quiero aprovechar esta oportunidad para mostrar mi agradecimiento a los profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil. Ellos me han proporcionado información vital que va más allá de los límites del aula en virtud de su habilidad, experiencia y devoción constante. Han demostrado un compromiso inquebrantable con el rendimiento académico, que ha sido un componente crucial en mi desarrollo profesional.

Quisiera aprovechar esta oportunidad para transmitir mi agradecimiento a mis compañeros de clase, con los que he pasado incontables horas aprendiendo, así como trabajando en proyectos, en el campo y en el laboratorio. He comprobado que las experiencias que he vivido, los retos que he superado y la camaradería que he experimentado con mis compañeros han contribuido significativamente a enriquecer mi vida mientras estudiaba en la universidad.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA ..... i

AGRADECIMIENTO ..... ii

ÍNDICE DE CONTENIDO ..... iii

ÍNDICE DE FIGURAS..... vii

ÍNDICE DE TABLAS ..... viii

RESUMEN..... ix

ABSTRACT ..... x

INTRODUCCIÓN..... xi

### CAPITULO I

#### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Exposición de la situación problemática ..... 1

1.2. Planteamiento del problema ..... 2

    1.2.1. Interrogante General..... 2

    1.2.2. Interrogantes específicos..... 2

1.3. Justificación de la investigación ..... 2

    1.3.1. Justificación técnica..... 2

    1.3.2. Justificación económica..... 3

    1.3.3. Justificación Social ..... 3

    1.3.4. Justificación ambiental..... 4

1.4. Objetivos de la investigación ..... 4

    1.4.1. Objetivo general ..... 4

    1.4.2. Objetivos específicos..... 4

1.5. Hipótesis..... 5

    1.5.1. Hipótesis general..... 5



- 1.5.2. Hipótesis específicas .....5
- 1.6. Variables e indicadores.....5
- 1.7. Operacionalización de las variables.....6

**CAPÍTULO II**

**MARCO TEÓRICO REFERENCIAL**

- 2.1. Antecedentes de la investigación.....7
  - 2.1.1. Antecedentes Internacionales.....7
  - 2.1.2. Antecedentes Nacionales .....8
  - 2.1.3. Antecedentes Locales .....9
- 2.2. Marco Teórico.....10
  - 2.2.1. Pavimento .....10
  - 2.2.2. Funciones de un pavimento.....12
  - 2.2.3. Pavimento Flexible .....14
  - 2.2.4. Capa de rodadura en pavimentos.....15
  - 2.2.5. Ciclo de vida de un pavimento .....16
  - 2.2.6. Elementos que integran un pavimento flexible .....17
  - 2.2.7. Comportamiento estructural de los pavimentos. ....18
  - 2.2.8. Fallas en los pavimentos. ....19
  - 2.2.9. Tipos de fallas en pavimentos flexibles.....20
  - 2.2.10. Evaluación de pavimentos.....20
  - 2.2.11. Evaluación superficial .....22
  - 2.2.12. Evaluación estructural .....22
  - 2.2.13. Evaluación Funcional de Pavimentos .....22
  - 2.2.14. Regularidad superficial del pavimento .....23
  - 2.2.15. Condición de serviciabilidad de pavimento .....23
  - 2.2.16. Causas de degradación del pavimento.....24



- 2.2.17. Índice de Rugosidad Internacional (IRI) .....25
- 2.2.18. Regularidad superficial de un pavimento .....28
- 2.2.19. Rugosímetro MERLIN.....29
- 2.2.20. Serviciabilidad de los pavimentos .....33
- 2.2.21. Índice de serviciabilidad presente (PSI) .....34
- 2.3. Marco conceptual .....35

**CAPÍTULO III**

**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

- 3.1. Diseño de investigación .....36
  - 3.1.1. Enfoque cuantitativo .....36
  - 3.1.2. Nivel .....37
  - 3.1.3. Tipo de investigación .....37
- 3.2. Metodología de la investigación .....37
- 3.3. Población y muestra .....37
  - 3.3.1. Población.....37
  - 3.3.2. Muestra .....37
- 3.4. Técnicas E Instrumentos De La Investigación .....37
  - 3.4.1. Técnicas .....37
  - 3.4.2. instrumentos .....38
  - 3.4.3. Índice de condición del pavimento .....44
- 3.5. Procedimiento de Investigación mediante el Método de PCI .....45
  - 3.5.1. Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento .....46
  - 3.5.2. Relación entre IRI y PSI .....48
  - 3.5.3. Unidades de muestro para el pavimento de la av manco capac .....50
  - 3.5.4. Índice de Condición del Pavimento Avenida Manco Cápac .....51
- 3.6. Procedimiento de Investigación .....51



3.6.1. Índice de Serviabilidad Presente (PSI) .....52

3.6.2. Cálculo del Índice de Serviabilidad del Pavimento .....52

3.7. Validez Y Confiabilidad Del Instrumento .....52

**CAPÍTULO IV**

**ANÁLISIS DE RESULTADOS**

4.1. Resultados del índice de regularidad internacional tramo I progresiva 0+000 al 0+200..... 53

4.1.1. Nivel de servicio av manco capac prog. 0+000 al 0+200 .....56

4.1.2. Evaluación del pavimento prog 0+000 al 0+200 margen derecho.....56

4.2. Resultados del índice de regularidad internacional prog 0+200 al 0+400 margen derecho .....57

4.2.1. Nivel de servicio Av Manco Capac prog. 0+200 al 0+400 .....59

4.2.2. Evaluación del pavimento prog 0+200 al 0+400 margen derecho.....59

4.3. Evaluación del pavimento prog 0+400 al 0+600 margen derecho .....60

4.3.1. Nivel de servicio av manco capac prog. 0+400 al 0+600 .....62

4.3.2. Evaluación del pavimento prog 0+400 al 0+600 margen derecho.....62

4.4. Evaluación del pavimento prog 0+600 al 0+800 margen derecho .....63

4.4.1. Evaluación del pavimento prog 0+600 al 0+800 margen derecho.....65

4.4.2. Nivel de servicio prog 0+600 al 0+800 margen derecho .....65

4.5. Análisis de resultado del índice de condición del pavimento de la avenida manco capac..... 66

4.6. Técnicas para mantenimiento vial.....67

CONCLUSIONES ..... 69

RECOMENDACIONES .....71

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 93

ANEXOS.....95

Anexo 1. Matriz de consistencia .....96

Anexo 2. Ensayos de laboratorio .....96



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Partes de un pavimento .....	11
<b>Figura 2</b> Propiedades generales de los pavimentos .....	13
<b>Figura 3</b> partes de un pavimento flexible.....	15
<b>Figura 4</b> Requerimiento de información para la evaluación de un pavimento.....	20
<b>Figura 5</b> Situaciones de degradación del pavimento .....	24
<b>Figura 6</b> IRI en pavimentos .....	26
<b>Figura 7</b> medida del IRI.....	27
<b>Figura 8</b> Perfil de una carretera.....	28
<b>Figura 9</b> Esquema de merlín .....	29
<b>Figura 10</b> Medición rugosímetro merlín .....	31
<b>Figura 11</b> desplazamientos promedio .....	32
<b>Figura 12</b> Histograma de distribución de frecuencias.....	33
<b>Figura 13</b> formato de trabajo rugosímetro Merlin.....	40
<b>Figura 14</b> Nivelación de Merlin.....	43
<b>Figura 15</b> Evaluación del índice de condición del pavimento – superficie asfáltica.....	49
<b>Figura 16</b> Fotografía de la identificación de defectos en la ruta de análisis .....	50
<b>Figura 17</b> Histograma de frecuencias.....	55
<b>Figura 18</b> Histograma de frecuencias prog 0+200 al 0+400 .....	58
<b>Figura 19</b> Histograma de frecuencias.....	61
<b>Figura 20</b> Histograma de frecuencias.....	64



## ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1** Operacionalización de las variables.....6

**Tabla 2** Causas de falla de un pavimento.....25

**Tabla 3** valores de PSI .....34

**Tabla 4** Clasificación cualitativa del PCI .....46

**Tabla 5** Resultado de PCI Avenida Manco Cápac.....51

**Tabla 6** conteo de datos prog 0+000 al 0+200 – margen derecho.....54

**Tabla 7** Intervalo de datos prog 0+000 al 0+200.....55

**Tabla 8** Nivel de servicio 0+000 al 0+200 .....56

**Tabla 9** Evaluación del pavimento prog 0+000 al 0+200 margen derecho.....56

**Tabla 10** conteo de datos prog 0+200 al 0+400 – margen derecho .....57

**Tabla 11** Intervalo de datos 0+200 al 0+400 margen derecho .....57

**Tabla 12** Nivel de servicio 0+200 al 0+400 .....59

**Tabla 13** Evaluación del pavimento prog 0+200 al 0+400 margen derecho.....59

**Tabla 14** conteo de datos prog 0+400 al 0+600 – margen derecho .....60

**Tabla 15** Intervalo de datos prog 0+400 al 0+600.....61

**Tabla 16** Nivel de servicio av manco capac prog. 0+400 al 0+600 .....62

**Tabla 17** Evaluación del pavimento prog 0+400 al 0+600 margen derecho.....62

**Tabla 18** Nivel de servicio 0+600 al 0+800 .....63

**Tabla 19** Intervalo de datos prog 0+600 al 0+800 margen derecho .....64

**Tabla 20** Evaluación del pavimento prog 0+600 al 0+800 margen derecho.....65

**Tabla 21** Evaluación del pavimento prog 0+600 al 0+800 margen derecho.....65



## RESUMEN

El proyecto de investigación denominado Evaluación del estado superficial del pavimento flexible a través de la rugosidad y nivel de servicio de la Avenida Manco Capac de la ciudad de Juliaca, tuvo como objetivo principal realizar un análisis del estado del pavimento a fin de determinar su rugosidad y nivel de servicio, la investigación tuvo como objetivo identificar las áreas críticas que requieren intervención y proponer estrategias para prolongar su vida útil y mejorar las condiciones de transitabilidad. Es importante señalar que esta investigación, que se realizó en una de las principales vías de Juliaca, es pertinente por la influencia directa que tiene en la seguridad, comodidad y eficiencia del tránsito vehicular.

Fue posible realizar una evaluación exhaustiva e imparcial del estado del firme gracias a la técnica cuantitativa que se utilizó. Para calcular indicadores importantes, como el Índice Internacional de Rugosidad (IRI), el Índice de Capacidad de Servicio Actual (PSI) y el Índice de Estado del Pavimento (PCI), se utilizaron equipos y metodologías normalizados. Un ejemplo de este tipo de tecnología es el rugosímetro Merlin. Basándose en los resultados, se determinó que ambos carriles del pavimento se encuentran en un estado que puede clasificarse como «regular». Con respecto al arcén derecho, el PSI se midió en 2,79, y el PCI en 42,3., mientras que el margen izquierdo obtuvo un PSI de 2.91 y un PCI de 35.6. Estas cifras evidencian deterioros moderados que, aunque no críticos, impactan negativamente en la comodidad y seguridad de los usuarios, además de incrementar los costos operativos vehiculares y los riesgos de accidentes. Este plan debe incluir intervenciones correctivas en los tramos críticos para reparar baches y grietas significativas, junto con un mantenimiento preventivo en áreas menos deterioradas para evitar el agravamiento de las fallas existentes, contribuyendo a mejorar la transitabilidad, reducir riesgos y optimizar los recursos destinados a la conservación de esta infraestructura vial clave en Juliaca.

**Palabras claves:** índice de regularidad internacional, evaluación de pavimento flexible, mantenimiento vial



## ABSTRACT

The research project titled \*Evaluation of the Surface Condition of Flexible Pavement through Roughness and Service Level of Avenida Manco Capac in the City of Juliaca\* aimed to analyze the pavement's condition to determine its roughness and service level. The research sought to identify critical areas requiring intervention and propose strategies to extend its lifespan and improve traffic flow conditions. This study, conducted on one of Juliaca's main thoroughfares, is highly relevant due to its direct impact on vehicle traffic safety, comfort, and efficiency.

A thorough and unbiased assessment of the pavement's condition was achieved through the use of quantitative techniques. Standardized equipment and methodologies were employed to calculate key indicators such as the International Roughness Index (IRI), the Present Serviceability Index (PSI), and the Pavement Condition Index (PCI). One example of this technology is the Merlin Roughness Meter. Based on the results, both pavement lanes were classified as being in a "fair" condition. The right shoulder recorded a PSI of 2.79 and a PCI of 42.3, while the left margin obtained a PSI of 2.91 and a PCI of 35.6. These figures indicate moderate deterioration which, although not critical, negatively affects user comfort and safety, increases vehicle operating costs, and raises accident risks.

To address these issues, a plan should be implemented that includes corrective interventions in critical sections to repair significant potholes and cracks, alongside preventive maintenance in less deteriorated areas to prevent the worsening of existing defects. This approach will enhance traffic flow, reduce risks, and optimize the resources allocated to maintaining this vital road infrastructure in Juliaca.

**Keywords:** International Roughness Index, flexible pavement evaluation, road maintenance.



## INTRODUCCIÓN

El desarrollo y prosperidad de una región están estrechamente vinculados a su red de carreteras. La calidad de los pavimentos resulta esencial para garantizar un transporte efectivo, seguro y cómodo. En este contexto, la avenida Manco Cápac se destaca como una arteria principal de Juliaca, caracterizada por su elevado flujo vehicular que incluye tanto automóviles particulares como vehículos de carga pesada. El estado de conservación de esta importante vía tiene repercusiones que van más allá de la comodidad al conducir, pues afecta directamente los costos de mantenimiento vehicular, la duración de los trayectos y, fundamentalmente, la integridad física de quienes la transitan.

El objetivo de esta investigación es realizar una investigación exhaustiva del estado actual del pavimento de la Avenida Manco Capac. Este examen se llevará a cabo utilizando esta investigación. Se mejorará la calidad del pavimento, se extenderá su vida útil y se maximizarán los recursos destinados a su mantenimiento se logrará mediante la utilización de equipos y técnicas especializadas de renombre mundial. Los datos adquiridos servirán de base para la elaboración de planes de mantenimiento y sugerencias durante el proceso, el trabajo realizado no sólo contribuirá positivamente al bienestar de los habitantes de Juliaca, sino que también proporcionará un modelo de evaluación que podrá ser utilizado en otras vías urbanas con características comparables a las de Juliaca.



## CAPITULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Exposición de la situación problemática

La Avenida Manco Cápac en Juliaca viene siendo una vía de fácil acceso para conectar los extremos de circulación para salir de la ciudad de Juliaca, sin embargo con el pasar de su vida útil viene teniendo fallas a nivel de carpeta asfáltica y su nivel de servicio se ve deformado a nivel del tiempo de uso.

A la vista del estado actual del pavimento, hay que superar una serie de retos. La rugosidad de la superficie ha aumentado, lo que influye negativamente en la comodidad y seguridad de conductores y pasajeros. Cuando aumenta la rugosidad superficial, la superficie se vuelve más irregular, lo que puede causar daños a los automóviles, aumentar los gastos de funcionamiento y mantenimiento del vehículo y reducir la cantidad de combustible que se consume. La presencia de irregularidades en el pavimento puede provocar un aumento de la probabilidad de accidentes, lo que pone en peligro la seguridad personal de las personas que utilizan las carreteras. También ha habido una reducción en la calidad del servicio que se presta en la Avenida Manco Capac. El nivel de servicio que se proporciona a las personas que utilizan el pavimento ha experimentado una tendencia negativa en el transcurso de los años. Una experiencia de manejo que no es buena es el resultado de una calidad de servicio inadecuada. Esto incluye tiempos de viaje más largos, incomodidad y una mayor probabilidad de verse involucrado en un accidente.



La necesidad de una evaluación integral del estado superficial del pavimento flexible de la Avenida Manco Cápac se evidencia en el escenario en el que se desarrolla esta discusión con este estudio se pretende proporcionar datos concretos y procesables que permitan planificar y ejecutar de manera más eficiente las intervenciones de mantenimiento y rehabilitación, estas intervenciones mejorarán la calidad del pavimento, garantizarán una mejor experiencia al usuario y contribuirán al desarrollo sostenible de la ciudad de Juliaca.

## **1.2. Planteamiento del problema**

### **1.2.1. Interrogante general**

¿Cuál será la condición superficial del pavimento flexible mediante rugosidad y nivel de servicio de la avenida manco Cápac de la ciudad de Juliaca?

### **1.2.2. Interrogantes específicos**

1 ¿Cuál es el nivel de rugosidad actual del pavimento de la Avenida Manco Cápac?

2 ¿Cuál es el nivel de servicio que actualmente ofrece el pavimento flexible en la Avenida Manco Cápac?

3 ¿Cuál será el nivel de mantenimiento y nivel de intervención en la Avenida Manco Cápac?

## **1.3. Justificación de la investigación**

### **1.3.1. Justificación técnica**

Se requiere una inspección del estado superficial del pavimento flexible de la Avenida Manco Capac en Juliaca para garantizar la seguridad del tránsito, la comodidad de los conductores y la efectividad de la vía, como parte de este examen, se debe determinar el nivel de rugosidad y serviciabilidad en el interior del pavimento, el curso de este análisis, se pueden identificar con precisión las imperfecciones del pavimento, lo que



permite optimizar los recursos que se destinan al cuidado de la superficie. y prolongar el periodo efectivo de utilización de la infraestructura. El aumento de la seguridad vial es una de las ventajas, ya que disminuye la probabilidad de que se produzcan accidentes, lo que a su vez tiene un efecto beneficioso en la economía de la zona circundante. Además, facilita el transporte eficaz de personas y mercancías, lo que a su vez repercute positivamente en la economía de la zona.

### **1.3.2. Justificación económica**

El examen del estado de la superficie del pavimento flexible de la avenida Manco Cápac en Juliaca ofrece una justificación sólida desde el punto de vista económico. degradación sustancial que requiere intervenciones costosas, mantener el pavimento en condiciones óptimas se traduce en una reducción considerable de los costes asociados al mantenimiento y reparación a largo plazo, una superficie pavimentada consistente reduce el desgaste de los vehículos, lo que a su vez reduce los costes de reparación y mantenimiento para los usuarios la mejora de la eficiencia del tráfico se traduce en tiempos de viaje más cortos, lo que en última instancia conduce a una mayor productividad e impulsa el comercio local.

### **1.3.3. Justificación Social**

La evaluación de la condición superficial del pavimento flexible en la Avenida Manco Capac de la ciudad de Juliaca representa un aporte significativo para el bienestar de la población que transita diariamente por esta importante vía urbana.

El impacto social de esta investigación se refleja directamente en la calidad de vida de los usuarios, ya que al identificar el estado actual de la superficie del pavimento y su nivel de servicio, se pueden proponer soluciones que beneficien a conductores, pasajeros y peatones que utilizan esta avenida.



La mejora en las condiciones de transitabilidad contribuirá a la reducción de tiempos de viaje, disminución del desgaste vehicular y optimización del confort durante los desplazamientos, factores que impactan positivamente en la economía familiar de los usuarios.

#### **1.3.4. Justificación ambiental**

La justificación medioambiental para evaluar el estado de la superficie del pavimento flexible de la Avenida Manco Cápac de Juliaca. Un pavimento en buen estado reduce la frecuencia de las reparaciones, lo que a su vez reduce la cantidad de materiales de construcción utilizados y la cantidad de residuos generados, lo que a su vez ayuda a conservar los recursos naturales. Además, una superficie consistente aumenta el ahorro de combustible de los vehículos, lo que a su vez reduce las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes. Esto, a su vez, contribuye a la mejora de la calidad del aire y mitiga el efecto medioambiental del tráfico urbano.

### **1.4. Objetivos de la investigación**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar la condición superficial del pavimento flexible de la Avenida Manco Cápac en la ciudad de Juliaca mediante la medición de la rugosidad y el análisis del nivel de servicio

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

1. Medir la rugosidad del pavimento de la Avenida Manco Cápac, para cuantificar las irregularidades superficiales.
2. Analizar el nivel de servicio del pavimento flexible en la Avenida Manco Cápac, evaluando parámetros como la capacidad,



3. Proponer un plan de mantenimiento y mejora basado en los resultados de la medición de rugosidad y el análisis del nivel de servicio en la Avenida Manco Cápac.

## 1.5. Hipótesis

### 1.5.1. Hipótesis general

La condición superficial del pavimento flexible de la Avenida Manco Cápac en la ciudad de Juliaca, evaluada mediante rugosidad y nivel de servicio, afecta a la viabilidad.

### 1.5.2. Hipótesis específicas

1. La rugosidad del pavimento de la Avenida Manco Cápac es significativamente alta en varias secciones, lo que afecta negativamente la comodidad de los usuarios y aumenta los tiempos de viaje y los costos de mantenimiento vehicular.
2. El nivel de servicio del pavimento flexible en la Avenida Manco Cápac está por debajo de los estándares óptimos, debido a la alta rugosidad y al deterioro de la superficie, lo que reduce la capacidad de la vía y la velocidad de operación segura.
3. La implementación de un plan de mantenimiento y mejora basado en la evaluación de la rugosidad y el nivel de servicio del pavimento resultará en una reducción significativa de las irregularidades superficiales y una mejora sustancial en el nivel de servicio, optimizando así la seguridad y eficiencia del tránsito en la Avenida Manco Cápac.

## 1.6. Variables e indicadores

### VARIABLE DEPENDIENTE:

NIVEL DE SERVICIO DEL PAVIMENTO AV. MANCO CAPAC.



### Indicadores:

- REGULARIDAD DEL PAVIMENTO
- ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

### VARIABLE INDEPENDIENTE:

NIVEL DE SERVICIO DEL PAVIMENTO

### Indicadores:

- Relación confort
- Seguridad del pavimento
- Análisis situacional y actual de la superficie del pavimento
- Capacidad de rozamiento superficial como medida de seguridad vial

## 1.7. Operacionalización de las variables

Tabla 1

Operacionalización de las variables

VARIABLES	ÍNDICES / INDICADORES	METODOLOGÍA
VARIABLE	Rugosímetro	Enfoque:
DEPENDIENTE:	Índice	Regularidad
PAVIMENTO	Internacional IRI	Cuantitativo.
	Tipos de fallas	Nivel: Explicativo.
		Tipo: Analítico
		INSTRUMENTOS
VARIABLE	Análisis situacional y actual de la	Índice de Rugosidad
INDEPENDIENTE:	superficie del pavimento	Internacional IRI.
	Capacidad de rozamiento	Medidor de
	superficial como medida de	Rugosidad Circulo de
	seguridad vial	Arena

Nota: elaboración propia



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Según **Garnica Anguas (2018)**. Menciona que el transporte por carretera es el principal motor de la actividad nacional en nuestro país, lo que pone de relieve la importancia crucial de la eficiencia, la red de carreteras permite el paso del 80% de las mercancías y del 98% de las personas, posibilitando el crecimiento económico, social e industrial. El mantenimiento de esta infraestructura requiere un calendario de mantenimiento adaptado a las demandas y a los recursos disponibles, así como un proceso continuo de filtrado de la información pertinente para las opciones de mantenimiento de la red.

**Mauricio Pradena (2016)**. explora el concepto de rugosidad como uno de los aspectos más importantes de las carreteras sin asfaltar, teniendo en cuenta su influencia tanto en los gastos de explotación como en las percepciones de los usuarios. Numerosas carreteras fueron objeto de estudios topográficos para determinar si existe o no relación entre la rugosidad de la calzada y las características del trazado. Con el fin de establecer una base empírica para la propuesta de un nuevo método de contratación de conservación basado en mediciones de la rugosidad, se utilizó el rugosímetro MIS II para medir sistemáticamente la rugosidad de forma objetiva.



González Muñoz (2019) explica que el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), propuesto por el Banco Mundial en 1982, se ha convertido en un estándar para medir la calidad de las carreteras. Aunque inicialmente utilizado en carreteras, su aplicación se ha extendido a vías urbanas, que presentan características particulares como intersecciones, accesos y variaciones en el tránsito.

## 2.1.2. Antecedentes Nacionales

**Lluncor Gallo y Salcedo Barrios (2018)**, Como parte de su estudio, se debe proponer una alternativa de gestión que garantice el mantenimiento de los niveles de servicio de los firmes a lo largo de todo el estado de conservación de las carreteras, lo que redundará en una reducción de los gastos totales en el futuro. Destacan el hecho de que la ausencia de un plan de mantenimiento efectivo conduce a un deterioro temprano del pavimento, lo que a su vez resulta en un círculo vicioso de construcción, abandono, destrucción y reconstrucción de las redes viales concesionadas. Los datos que utilizan proceden de los años 2010 a 2015.

Varas Navas (2021) investiga el estado superficial del pavimento flexible en las cuadras 5, 6 y 7 de la calle Pablo Rossell en Iquitos, utilizando el rugosímetro de Merlín como herramienta principal. El estudio, de naturaleza descriptiva-aplicativa y diseño no experimental con enfoque cualitativo, reveló que el pavimento en estas cuadras exhibe niveles de rugosidad que superan los límites aceptables. Según el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), los valores oscilan entre 7.24 y 8.75 metros por kilómetro, indicando un deterioro significativo del pavimento, especialmente notable en la cuadra 5 según el método PCI.

Sangay Cusquisibán (2019) busca determinar el Nivel de Servicio en la Avenida Hoyos Rubio, Cajamarca, utilizando el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) medido con el equipo Merlín. La vía, parte de la Red Nacional (Ruta 3N) y con un IMD de 7218 vehículos, fue estudiada mediante inspección visual, levantamiento topográfico y medición



de irregularidades cada 2 metros en muestras de 400 metros. También se midió el tráfico conforme a las normas del MTC. Finalmente, se calculó el IRI para los cuatro carriles.

Carhuapoma Carlos (2019) señala que, si bien los pasajeros han reportado descontento con la calidad del viaje, sigue siendo incierto el grado de efectividad con que se atiende la ruta entre Cerro de Pasco y Yanahuanca. Debido a que esta ruta es crucial para la expansión de la región, es importante realizar una evaluación de su estado actual. Para efectos de esta investigación, se utilizará el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) y el Índice de Servicio Actual (ISP) con el fin de conocer el nivel de serviciabilidad que posee el pavimento flexible de esta vía en el año 2019. Para obtener los valores del IRI y del ISP, primero se recogieron los datos mediante el rugosímetro MERLIN, y después se procesaron mediante el uso de técnicas metodológicas matemáticas y estadísticas.

### **2.1.3. Antecedentes Locales**

Rivera Huayhua (2023) mediante su investigación fue en la avenida héroes de la guerra del pacífico de la ciudad de Juliaca, a nivel de los 3.8km de recorrido encontrándose la vía con deficiencias a nivel de estructura del pavimento, estas fallas producen un daño considerable a la funcionalidad de la vía, como resultado se tiene que la vía presenta una variación en el diseño geométrico y el nivel de desplazamiento bajo, como solución se propuso el nivel de mantenimiento vial de emergencia para mejorar la entrada a la ciudad de Juliaca

Capia Mamani (2020) Se menciona que el diseño de las carreteras asfaltadas está orientado principalmente a acomodar un nivel de tráfico de vehículos pesados superior a la media, como indican los resultados de su investigación. Durante la construcción de la carretera asfaltada que une Puno, Tiquillaca y Vilque se tuvo en cuenta un bajo flujo de vehículos. Ha estado sometida a un importante tráfico de vehículos, lo que ha contribuido a su rápida degradación. Sin embargo, debido a su posición favorable, ha estado sometida



a este tráfico. Estos vehículos de gran tamaño transportan mercancías desde la zona sur de Puno hasta Arequipa. Esta investigación se centra en un análisis exhaustivo de las razones que han contribuido a este deterioro en el año 2018. Definir las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de la base de la carretera, así como evaluar las características del tránsito vehicular en la vía, son los objetivos específicos que se cumplirán.

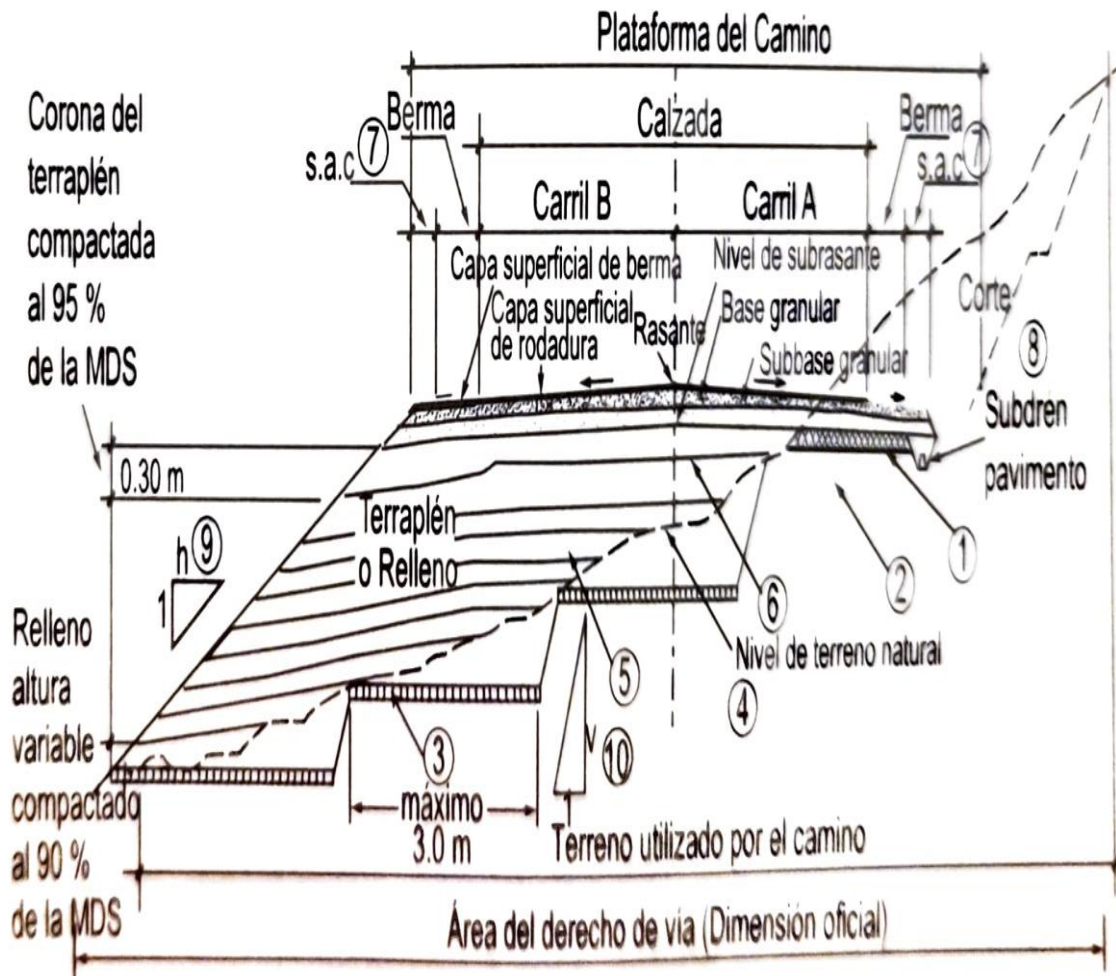
## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. Pavimento**

Montejo (2022) dice que un pavimento se compone de numerosas capas apiladas de forma ordenada, que se construye con materiales adecuados y que se compacta para transferir eficazmente las cargas provocadas por el tráfico de automóviles. Mediante la adición de una capa de material, se cumple el objetivo de mantener y optimizar la superficie, proteger la base de los impactos del clima y el medio ambiente, y proporcionar una superficie duradera y resistente. Es posible que los pavimentos estén compuestos por capas como una base de grava, una subbase de piedra triturada y una base de grava. Los pavimentos se utilizan en carreteras, aparcamientos, aeropuertos y explanadas., una base de asfalto y una capa superior de asfalto u otro material, independientemente de la finalidad para la que se utilicen.

Figura 1

Partes de un pavimento



Nota: manual de la construcción ICG

Según el MTC (2014), En una década, las vías que experimentan menor volumen de tráfico y presentan texturas más ásperas tendrán la capacidad de soportar una carga de 300.000 EE. La clasificación de estas vías es diversa y comprende diferentes categorías: encontramos desde caminos rurales mejorados mediante la aplicación de grava, hasta vías que incorporan pavimentos elaborados con derivados petroleros naturales. También se incluyen rutas sin asfaltar que utilizan materiales extraídos de canteras para su acondicionamiento, así como aquellas que han sido tratadas con productos de origen industrial.



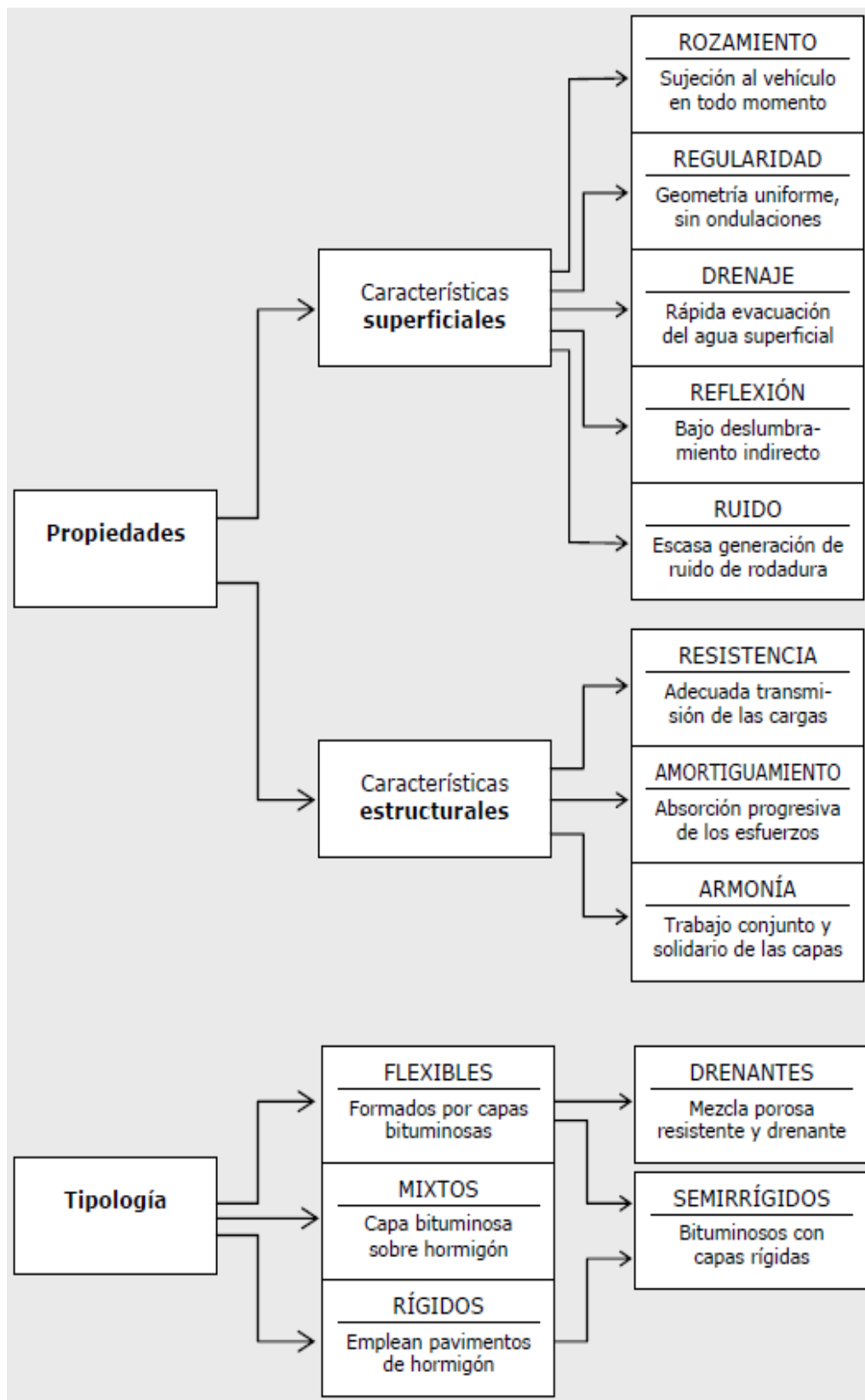
## 2.2.2. Funciones de un pavimento

**Corros (2017).** Describe que en su mayor parte, las funciones de un pavimento están orientadas a proporcionar una superficie de carretera uniforme, segura y cómoda tanto para el tráfico de vehículos como para el de peatones. Esta estructura debe ser capaz de soportar las cargas que impone el tráfico y distribuirlas adecuadamente a las capas inferiores sin sufrir deformaciones significativas. Además, debe ser capaz de proteger la subrasante de los efectos adversos de la climatología, como la lluvia y los cambios de temperatura, al tiempo que garantiza la evacuación eficaz del agua superficial y mantiene unas condiciones de fricción óptimas para la seguridad vial. Todo ello contribuirá a una circulación cómoda y rentable para los usuarios.

**Bañon Blazquez (2018).** el diseño óptimo y mantenimiento adecuado de un pavimento trasciende más allá del ahorro en costos de conservación vial, pues constituye un elemento fundamental para asegurar la durabilidad y funcionamiento sostenible de toda la infraestructura vial, donde estas características se traducen directamente en beneficios socioeconómicos tangibles para la población, al proporcionar vías confiables y resistentes que satisfacen las demandas del tráfico actual, garantizando así la conectividad segura y eficiente que impulsa el progreso de las comunidades a través de una red de transporte resiliente y funcional.

**Figura 2**

*Propiedades generales de los pavimentos*



Nota: (Bañon Blazquez, 2018)



### 2.2.3. Pavimento Flexible

Para Montejo (2002), Un pavimento flexible es una construcción que se compone de capas de recubrimiento y está destinado a transportar las cargas que se generan por el tráfico de automóviles a la subrasante de una manera que es a la vez uniforme y eficiente. Este tipo de pavimento se denomina «flexible» desde un punto de vista técnico debido a su capacidad para dispersar las cargas que recibe mediante deformaciones elásticas. Como resultado, es capaz de absorber las tensiones provocadas por las ruedas de los coches. En general, las capas consisten en una superficie de rodadura compuesta de mezcla asfáltica, una base granular y una subbase.

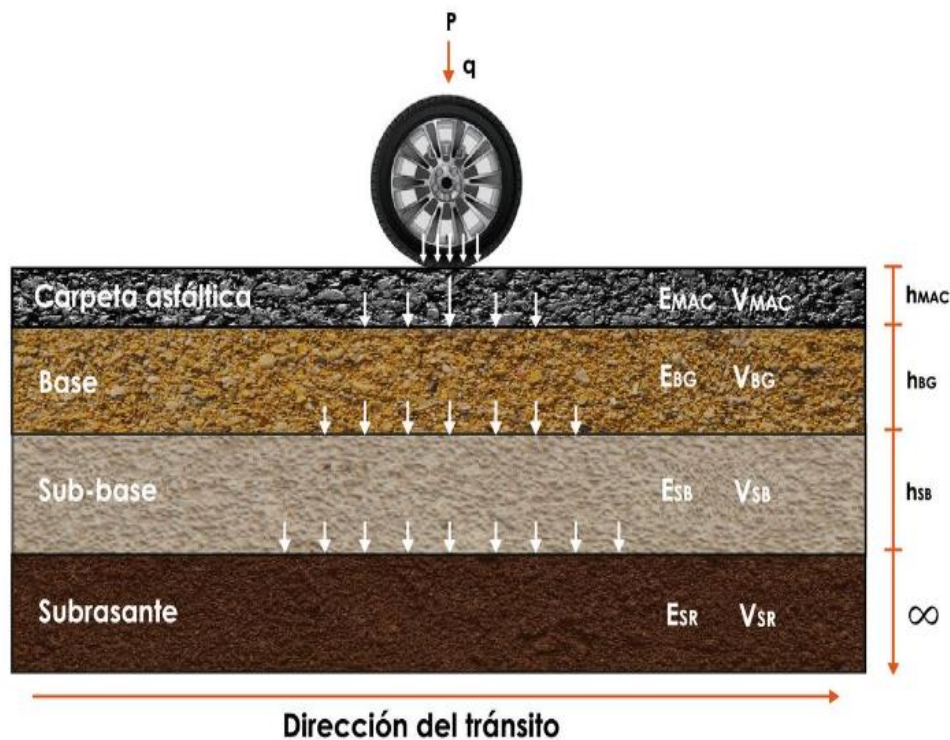
Las cualidades viscoelásticas del pavimento flexible son el resultado de su composición, en particular de la mezcla asfáltica, que se compone de agregados pétreos unidos al asfalto, esta es la propiedad más importante del pavimento flexible, desde el punto de vista de la ingeniería, esta combinación permite una extraordinaria flexibilidad ante las cargas recurrentes que genera el tráfico, así como ante las fluctuaciones de temperatura y las condiciones ambientales, un rendimiento óptimo a largo plazo, resistencia al agrietamiento y resistencia a deformaciones permanentes como el ahuellamiento, es vital realizar una selección adecuada de los materiales y una ejecución precisa del diseño estructural utilizando técnicas como el método racional o la American Society of Highway Transportation Officials (ASHTO).

Finalmente, desde la perspectiva práctica del ingeniero civil, los pavimentos flexibles presentan ventajas significativas en cuanto a facilidad constructiva, mantenimiento y rehabilitación. La colocación y compactación de las mezclas asfálticas se realizan generalmente con maquinaria especializada como pavimentadoras, rodillos compactadores, entre otro, el mantenimiento de estos pavimentos suele ser relativamente rápido y económico, permitiendo intervenciones puntuales que prolongan su vida útil. No obstante, es crucial efectuar controles técnicos estrictos durante la construcción y adoptar

prácticas constantes de mantenimiento preventivo para asegurar la integridad estructural y funcional del pavimento. (Montejo Fonseca, 2002)

**Figura 3**

*partes de un pavimento flexible*



Nota: Soria Salazar 2019

#### 2.2.4. Capa de rodadura en pavimentos

La superficie superior de un pavimento que está inmediatamente en contacto con el tráfico producido por los vehículos se denomina capa de rodadura. Su principal objetivo es proporcionar a los automóviles una superficie de rodadura que no sólo sea lisa, sino también segura y duradera. Para poder sobrevivir a los efectos de la fricción, las cargas del tráfico y el clima, la capa debe ser lo suficientemente resistente. Cuando se trata de la capa de rodadura, las mezclas asfálticas son el componente principal. Sin embargo, dependiendo del diseño del pavimento y de las condiciones en las que se utilice, la capa de rodadura también puede estar formada por hormigón o componentes de otros materiales. (2002) Según Montejo Fonseca.



Es necesario que la capa de rodadura cumpla una serie de requisitos técnicos para que sea eficaz desde el punto de vista teórico. Para empezar, es esencial que tenga una alta resistencia al deslizamiento con el fin de proporcionar la fricción necesaria para la seguridad del vehículo, especialmente en tiempo de lluvia. Para minimizar la probabilidad de colisiones, la textura de la superficie debe crearse de forma que maximice el contacto entre el neumático y la carretera.

## 2.2.5. Ciclo de vida de un pavimento

Menéndez (2003) El ciclo de vida de un pavimento flexible comprende cuatro fases principales que marcan su evolución desde la construcción hasta el deterioro total. Inicia con la fase de construcción, caracterizada por excelentes condiciones estructurales y funcionales, con una superficie uniforme y resistente que cumple todas las especificaciones técnicas. Continúa con la fase de deterioro lento y poco visible, que dura aproximadamente 2-3 años, donde se presenta un desgaste gradual y progresivo con pequeñas fallas superficiales imperceptibles para los usuarios, manteniendo aún una buena serviciabilidad. La tercera fase corresponde al deterioro acelerado, con una duración aproximada de 2-5 años, donde aparecen fallas visibles, deformaciones y agrietamientos que reducen significativamente la serviciabilidad, constituyendo un período crítico para la intervención. Finalmente, la fase de deterioro total se caracteriza por una pérdida severa de serviciabilidad, daños estructurales evidentes, reducción drástica de la velocidad operacional e incremento en costos de operación vehicular, requiriendo acciones de reconstrucción para restablecer las condiciones de seguridad y funcionamiento adecuadas.

Período inicial con excelentes condiciones

Máxima capacidad estructural y funcional

Superficie uniforme y resistente

Cumplimiento de especificaciones técnicas

Fase de Deterioro Lento y Poco Visible



## 2.2.6. Elementos que integran un pavimento flexible

Para (Coronado, 2002) Un pavimento flexible se compone de varias capas de materiales diseñados para trabajar en conjunto y distribuir eficazmente las cargas de tráfico hacia la subrasante. Cada capa tiene funciones específicas que contribuyen a la durabilidad y funcionalidad del pavimento.

### 2.2.6.1. Sub-rasante:

El terreno de fundación que es la primera capa de la estructura del pavimento, se tiene por un terreno natural en caso a material orgánico. El terreno de la subrasante es donde se estabiliza la estructura del pavimento, capa que es mas de material no estable (Coronado, 2002, pág. 77).

### 2.2.6.2. Subbase:

Coronado (2002) Una capa que se coloca entre la subrasante, que es el suelo natural, y la base del pavimento se denomina subbase del pavimento. Esta capa se clasifica como capa intermedia. Su función principal es proporcionar un soporte adicional y aumentar la capacidad de carga del pavimento. Esto se consigue distribuyendo las cargas de tráfico más uniformemente hacia la subrasante con la ayuda de esta característica. En la mayoría de los casos, se compone de materiales granulares, como grava o piedra triturada, que se compactan para crear una estructura robusta y resistente. (p. 77).

### 2.2.6.3. Base granular:

Coronado (2002) menciona que la capa situada entre la subbase y la capa de rodadura se conoce como la base de un pavimento, es esencial para la estabilidad y durabilidad del pavimento que la capa esté compuesta por materiales granulares La base granular es una capa intermedia dentro de la estructura de un pavimento flexible conformada por materiales pétreos seleccionados que tienen alta capacidad de soporte su función principal consiste en distribuir y transferir eficientemente las cargas aplicadas desde la capa superficial hacia las capas inferiores reduciendo las tensiones sobre la



subrasante este material generalmente se compone de agregados gruesos y finos cuya adecuada gradación garantiza estabilidad y resistencia frente al tránsito vehicular

Además la base granular proporciona drenaje adecuado evitando acumulación de agua en la estructura del pavimento lo que ayuda a prevenir daños como la pérdida de soporte o deformaciones permanentes por humedad excesiva es fundamental asegurar una adecuada compactación durante su construcción utilizando maquinaria especializada para incrementar su resistencia y reducir asentamientos futuros esta capa también mejora la resistencia a fatiga y prolonga significativamente la vida útil del pavimento. (p. 78).

#### **2.2.6.4. Superficie de rodadura o carpeta asfáltica:**

(Coronado, 2002) La carpeta asfáltica constituye la capa superior de la estructura de un pavimento flexible, diseñada específicamente para proporcionar una superficie de rodadura segura, cómoda y durable para el tránsito vehicular, esta capa está compuesta por una mezcla de materiales pétreos graduados y ligante asfáltico, sometida a un proceso de compactación que le confiere propiedades estructurales y funcionales específicas. Soportar directamente las cargas del tráfico, los impactos abrasivos de los neumáticos y las duras condiciones meteorológicas, transmitiendo al mismo tiempo las tensiones a las capas inferiores, es la función principal de este componente estructural.. Además, debe garantizar características superficiales adecuadas como rugosidad, resistencia al deslizamiento y drenaje superficial, al tiempo que proporciona impermeabilidad a la estructura del pavimento para proteger las capas subyacentes de la infiltración de agua, contribuyendo así a la durabilidad y funcionalidad integral del sistema vial. (p.78).

#### **2.2.7. Comportamiento estructural de los pavimentos.**

Para Leguía y Pacheco, (2016) menciona que el comportamiento estructural de los pavimentos se caracteriza por la compleja interacción entre sus diferentes capas y su respuesta ante las sollicitaciones de carga y factores ambientales el sistema distribuye y disipa los esfuerzos generados por el tránsito vehicular experimentando deformaciones tanto elásticas como permanentes que dependen de las propiedades de los materiales la



intensidad del tráfico y las condiciones climáticas debe trabajar de manera integral con cada capa cumpliendo funciones específicas de transferencia y distribución de cargas mientras mantiene la adherencia entre superficies para garantizar un comportamiento eficiente

## **2.2.8. Fallas en los pavimentos.**

### **5. Hundimientos y Deformaciones Plásticas**

Descripción: Áreas del pavimento que se han hundido o deformado debido a una subrasante inestable o una base mal compactada.

Impacto: Pueden causar molestias a los conductores, aumentar el riesgo de daños a los vehículos y reducir la vida útil del pavimento.

### **6. Exudación (Sangrado)**

Descripción: Ocurre cuando el asfalto sube a la superficie del pavimento, formando una capa resbaladiza.

Causas: Puede ser el resultado de temperaturas altas, exceso de asfalto en la mezcla o una base inadecuada.

Impacto: Reduce la fricción y puede causar condiciones peligrosas para la conducción.

### **7. Ondulaciones y Baches**

Ondulaciones: Son deformaciones en forma de ondas en la superficie del pavimento causadas por la compactación insuficiente o materiales de baja calidad.

Baches: Son depresiones o agujeros en el pavimento causados por el desgaste y la desintegración del material, generalmente exacerbados por la infiltración de agua y el tráfico pesado.. (Leguía y Pacheco, 2016, pág. 66).

## 2.2.9. Tipos de fallas en pavimentos flexibles

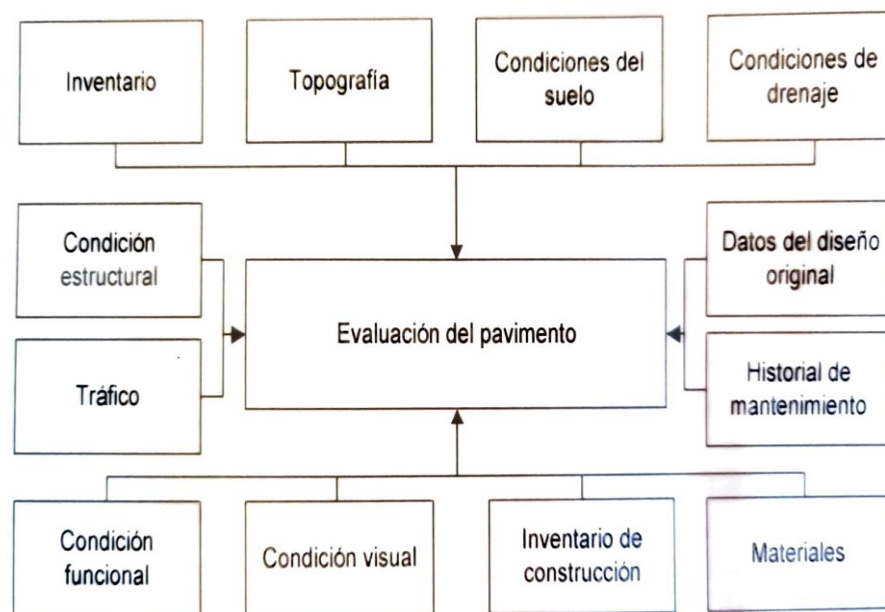
Causadas por cargas repetidas. Las deformaciones plásticas, como los ahuellamientos, resultan del paso constante de vehículos pesados. Los baches, originados por la pérdida de material, generalmente son consecuencia de la acción del agua y el tráfico. Las fracturas térmicas están causadas por las fluctuaciones de temperatura, mientras que el deslizamiento de la superficie se debe a la pérdida de adherencia de la capa desgastada. La vida útil del pavimento se ve afectada, además de la seguridad y la comodidad de quienes utilizan la carretera, como consecuencia de estos problemas.

## 2.2.10. Evaluación de pavimentos

Menendez (2016) La evaluación periódica de un firme proporciona información crítica sobre su estado actual, necesaria para planificar y mantener adecuadamente su rehabilitación. El proceso de evaluación permite identificar los problemas emergentes antes de que se conviertan en fallos graves, garantizando así que el firme siga siendo funcional y seguro para los usuarios.

**Figura 4**

*Requerimiento de información para la evaluación de un pavimento*



*Nota: (Menendez Acurio, 2016)*



Tananta (2016) subraya la importancia de la objetividad a la hora de evaluar las carreteras, haciendo hincapié en que el evaluador debe estar debidamente formado, para garantizar una evaluación verdaderamente objetiva, es crucial utilizar muestras de evaluación categorizadas significa que la persona encargada de la evaluación debe aplicar criterios estándar y metodologías sistemáticas, eliminando así cualquier sesgo personal, la formación adecuada del evaluador y el uso de métodos categorizados garantizan que los resultados reflejen con exactitud las condiciones de la carretera, lo que es fundamental para tomar decisiones informadas sobre su mantenimiento y rehabilitación.

### **2.2.10.1. comportamiento de los pavimentos**

Tananta (2016). El inicio del desarrollo que se representa mediante la curva de comportamiento del firme es un período de tiempo durante el cual el firme presenta unas condiciones de servicio óptimas y pocos defectos el proceso de deterioro gradual de la infraestructura vial a lo largo del tiempo está representado por esta curva, que refleja los cambios en la capacidad estructural y funcional de la infraestructura vial a lo largo del tiempo a efectos de diseñar actuaciones que mantengan niveles adecuados de serviciabilidad, es muy necesario tener una sólida comprensión de esta curva. Su forma sigmoideal revela que hay un momento inicial de estabilidad, al que sigue una fase de rápida degradación y, finalmente, hay una etapa en la que el ritmo de deterioro se estabiliza, lo que pone de relieve la importancia del mantenimiento y la rehabilitación para prolongar su capacidad de servicio. Su forma sigmoideal demuestra que hay un primer momento de estabilidad, al que sigue una fase de mayor deterioro y, por último, hay una etapa en la que el ritmo de deterioro se estabiliza pone de relieve la importancia del mantenimiento y la rehabilitación para prolongar el número de años que puede utilizarse. Estas reparaciones son necesarias para evitar reconstrucciones más frecuentes y costosas, necesarias para garantizar la seguridad y la durabilidad de las infraestructuras viarias.



### **2.2.11. Evaluación superficial**

Montejo (2002). explica que las condiciones de la superficie de una carretera y su entorno en relación con el pavimento influyen en la comodidad y seguridad de conductores y peatones la evaluación del pavimento resulta fundamental para su mantenimiento reparación o rehabilitación y se realiza a través de un análisis visual utilizando herramientas como cámaras drones o equipos de medición la inspección permite identificar defectos como grietas agujeros y deformaciones en el pavimento Gracias a la información adquirida, es posible establecer el grado de las dificultades y organizar las medidas que se adoptarán para el mantenimiento.,

### **2.2.12. Evaluación estructural**

La evaluación estructural de un pavimento es un proceso técnico que se lleva a cabo para determinar el estado general y la capacidad de carga de una vía. En el pasado, esta evaluación implicaba una serie de análisis exhaustivos que permitían conocer a profundidad las características del pavimento, se utilizaban métodos tanto destructivos como no destructivos, los primeros implicaban la extracción de muestras de las diferentes capas del pavimento para su estudio en laboratorio, mientras que los segundos se basaban en la medición de variables como la deflexión de la superficie bajo cargas aplicadas. A través de estos análisis, se obtenía información valiosa sobre la resistencia de los materiales, la presencia de deterioros, la capacidad de la estructura para soportar el tráfico y la vida útil restante del pavimento.

### **2.2.13. Evaluación Funcional de Pavimentos**

Corros B. (2017) menciona que los pavimento tienen una funcionalidad importante en el desplazamiento de los vehículos, el desplazamiento está ligado a la funcionalidad operacional de un pavimento. (p.123).

- Resistencia al deslizamiento (seguridad)



- Regularidad superficial (comodidad)
- Costo usuario (economía)
- Impacto

#### **2.2.14. Regularidad superficial del pavimento**

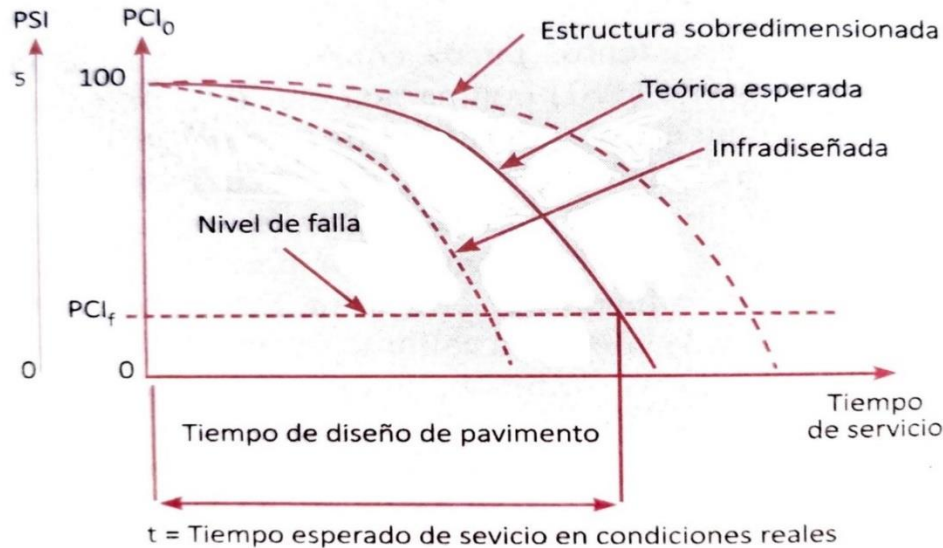
Para Vivar (1998) La palabra «uniformidad» de un pavimento es un criterio que no está relacionado con la textura, el aspecto o el acabado superficial de la carretera. Se describe en el artículo. Existe una relación que se establece entre la capacidad de soporte de peso de la carretera y la medición del tamaño y la frecuencia de los baches, y este parámetro es el que forma esa conexión este concepto, las deformaciones como las ondulaciones, los baches y las roderas son ejemplos de lo que se incluye en el concepto. El perfil del talud se altera como resultado de estas deformaciones, las grietas, en cambio, tienen un efecto bastante insignificante en la regularidad de la superficie. En el contexto de las superficies de carreteras, el término «regularidad del firme» se refiere al grado en que una superficie de carretera se desvía de una superficie perfectamente nivelada en una cantidad específica. Esta desviación se calcula analizando los perfiles longitudinales y transversales, que repercuten en la dinámica del vehículo, la comodidad del conductor, la carga dinámica y el rendimiento del drenaje. (p. 532).

#### **2.2.15. Condición de serviciabilidad de pavimento**

Gutierrez (2018) Se establece que la condición de servicio de un pavimento es la capacidad del mismo para proporcionar un servicio adecuado a los usuarios, teniendo en cuenta aspectos como el confort, la seguridad y la funcionalidad por lo cual esta condición se evalúa mediante indicadores técnicos que reflejan el estado físico del pavimento y su capacidad para cumplir con los requerimientos del tránsito.

**Figura 5**

*Situaciones de degradación del pavimento*



*Nota: (Gutierrez Lázares, 2018)*

### **2.2.16. Causas de degradación del pavimento**

Gutierrez (2018) indica que los elementos que contribuyen al deterioro del pavimento son variados y en su mayoría están asociados a factores tanto internos como externos que repercuten en su durabilidad. El tráfico constante y elevado hace que las capas del pavimento experimenten esfuerzos repetidos, lo que a su vez provoca fatiga y un rápido desgaste, que a su vez merma la capacidad de las capas del pavimento para soportar cargas la infiltración de agua puede debilitar la base y la subbase, provocando la pérdida de soporte y aumentando la posibilidad de agrietamiento y hundimiento, la filtración de agua en las capas inferiores del pavimento también desempeña un papel clave. Esto se debe a que la infiltración de agua provoca la pérdida de soporte las fluctuaciones de calor hacen que los materiales se expandan y contraigan, lo que, con el paso del tiempo, da lugar a la producción de tensiones que contribuyen a la degradación de la superficie expuesta. Los baches, grietas y otros problemas estructurales que merman la integridad del pavimento y limitan su vida útil se deben a la mala calidad de los materiales empleados, que acelera el proceso de deterioro.



**Tabla 2**

*Causas de falla de un pavimento*

CAUSA	EFEECTO
TRAFICO	INFRADISEÑO
PROCESO CONSTRUCTIVO	ESTRUCTURA DEBIL
DEFICIENCIAS DE PROYECTO	ANTIECONOMIA
FACTORES AMBIENTALES	MENOR VISA UTIL
DEFICIENTE MANTENIMIENTO	PRONTA REHABILITACION

*Nota: (Gutierrez Lázares, 2018, pág. 47)*

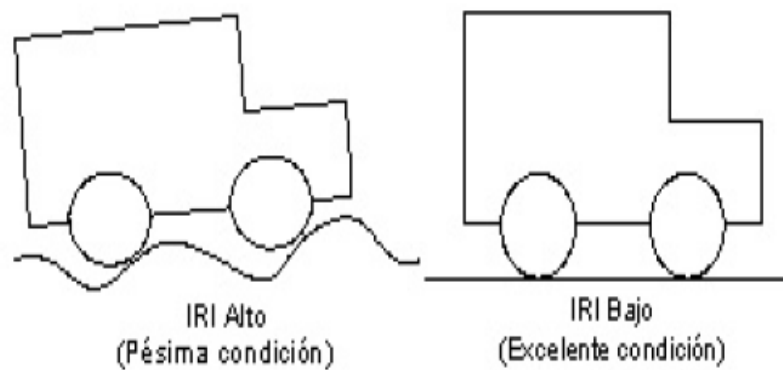
### **2.2.17. Índice de Rugosidad Internacional (IRI)**

(Corros B., 2017) Es un parámetro que se utiliza para evaluar la calidad de la superficie de un pavimento en términos de suavidad y uniformidad, evaluando el desnivel de la carretera. Así se indica en la información que se facilita. Dado que se obtiene a partir de mediciones precisas de las diferencias de altura que se producen a lo largo de un tramo de carretera, este índice es capaz de reflejar con exactitud el grado de confort y seguridad que experimentan quienes utilizan la carretera. Dado que un IRI alto implica un mayor nivel de rugosidad, puede hacer que la conducción sea más desagradable y aumentar la cantidad de desgaste que experimentan los coches. Los ingenieros son capaces de identificar las secciones de la infraestructura vial que requieren atención y diseñar actividades correctoras para mejorar el estado de la infraestructura vial, ampliando así su

vida útil y mejorando la seguridad vial. El IRI se utiliza para evaluar si el pavimento requiere o no tratamientos de mantenimiento o rehabilitación.

**Figura 6**

*IRI en pavimentos*



*Nota: (Corros B., 2017)*

Una métrica muy utilizada para evaluar el estado de los firmes de las carreteras es el llamado Índice Internacional de Rugosidad (IRI). Su objetivo es cuantificar la rugosidad del pavimento, que repercute en el nivel de confort experimentado por los usuarios de la carretera, así como en la longevidad del vehículo. A continuación se exponen algunos de sus aspectos más importantes:

Características del Índice de Regularidad Internacional (IRI):

Unidad de Medida:

Se expresa en metros por kilómetro (m/km). Un IRI de 2 m/km indica que, en promedio, hay 2 metros de irregularidades verticales acumuladas por cada kilómetro de carretera.

Base de Cálculo:

El IRI se calcula a partir de mediciones de las variaciones verticales de la superficie del pavimento, generalmente utilizando vehículos instrumentados o equipos especializados como profilómetros láser.

Rango de Valores:

Los valores típicos del IRI varían desde 0 (una superficie perfectamente lisa) hasta valores mayores que indican superficies más rugosas. En términos prácticos:

0 - 2 m/km: Muy buena condición.

2 - 4 m/km: Buena condición.

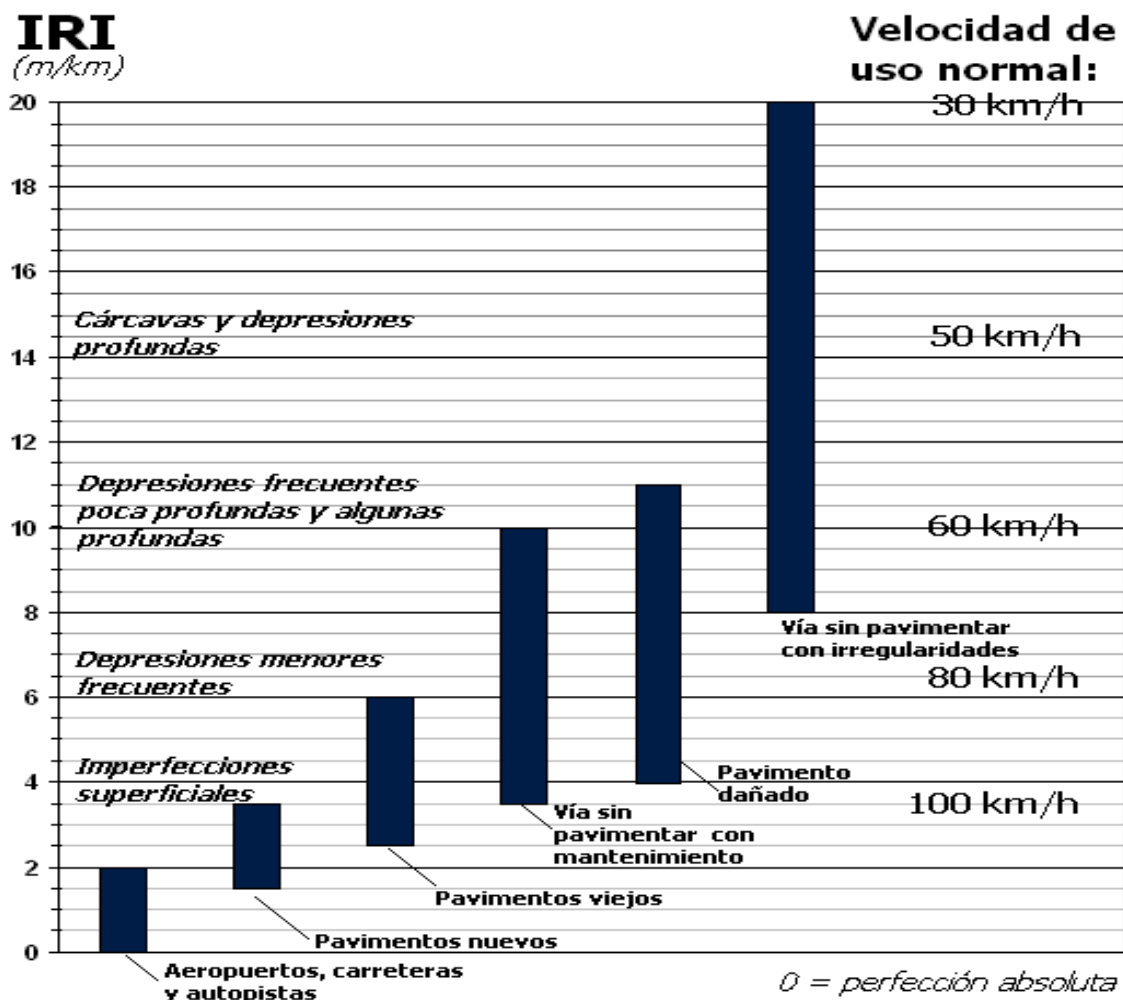
4 - 6 m/km: Condición regular.

Más de 6 m/km: Mala condición.

Aplicaciones:

**Figura 7**

*medida del IRI*



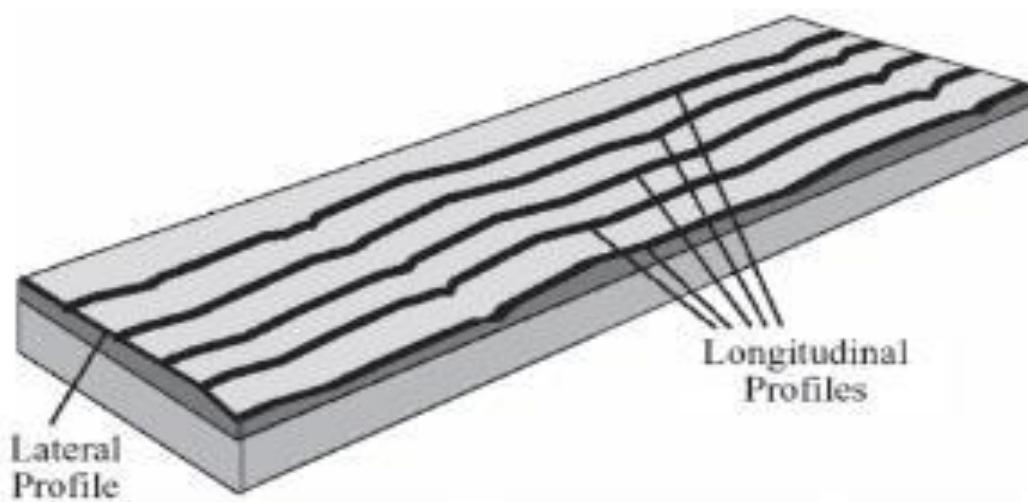
*Nota:* Escala estándar empleada por el Banco Mundial para la cuantificación del IRI para diferentes tipos de vías.

### 2.2.18. Regularidad superficial de un pavimento

**Vivar (1998).** La regularidad superficial de un pavimento se refiere a la consistencia y suavidad de su superficie, determinada por las variaciones de elevación a lo largo de su longitud propiedad es crucial para garantizar la calidad de la infraestructura viaria, ya que una superficie bien nivelada minimiza el desgaste de los vehículos, para mejorar la vía de los aspectos fundamentales de la funcionalidad eficiencia del combustible y proporciona una experiencia de conducción más segura y confortable, para evaluar esta característica se utilizan herramientas como el Índice Internacional de Rugosidad (IRI), que mide las irregularidades verticales a lo largo de un tramo concreto de carretera. Este índice proporciona información detallada que facilita una gestión y un mantenimiento más eficientes de las infraestructuras viarias.

**Figura 8**

*Perfil de una carretera*



*Nota: elaboración propia*

Según Ramos Vilca (2017), los efectos dinámicos, que se reflejan en cambios de tensión y deformación de las estructuras del pavimento, pueden aumentar los costos

asociados con medidas de conservación como el mantenimiento, la restauración o la rehabilitación del pavimento.

### **2.2.19. Rugosímetro MERLIN**

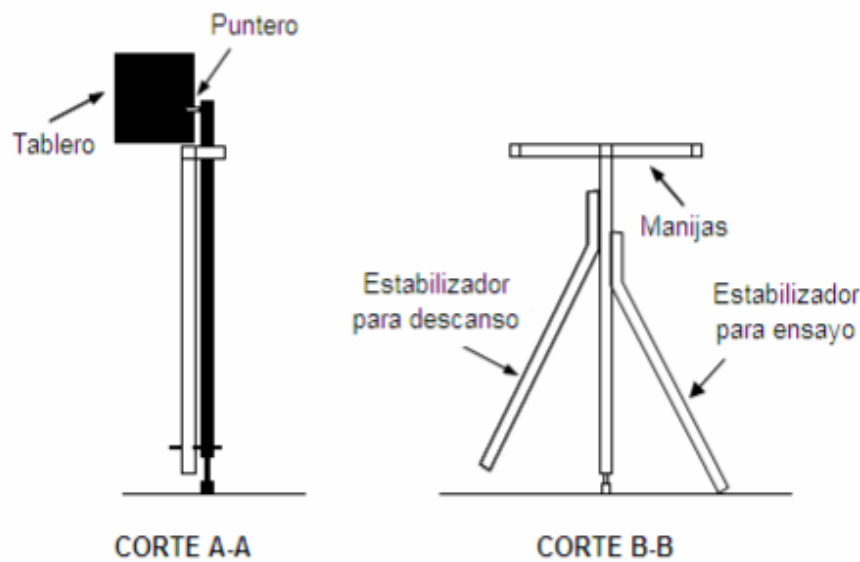
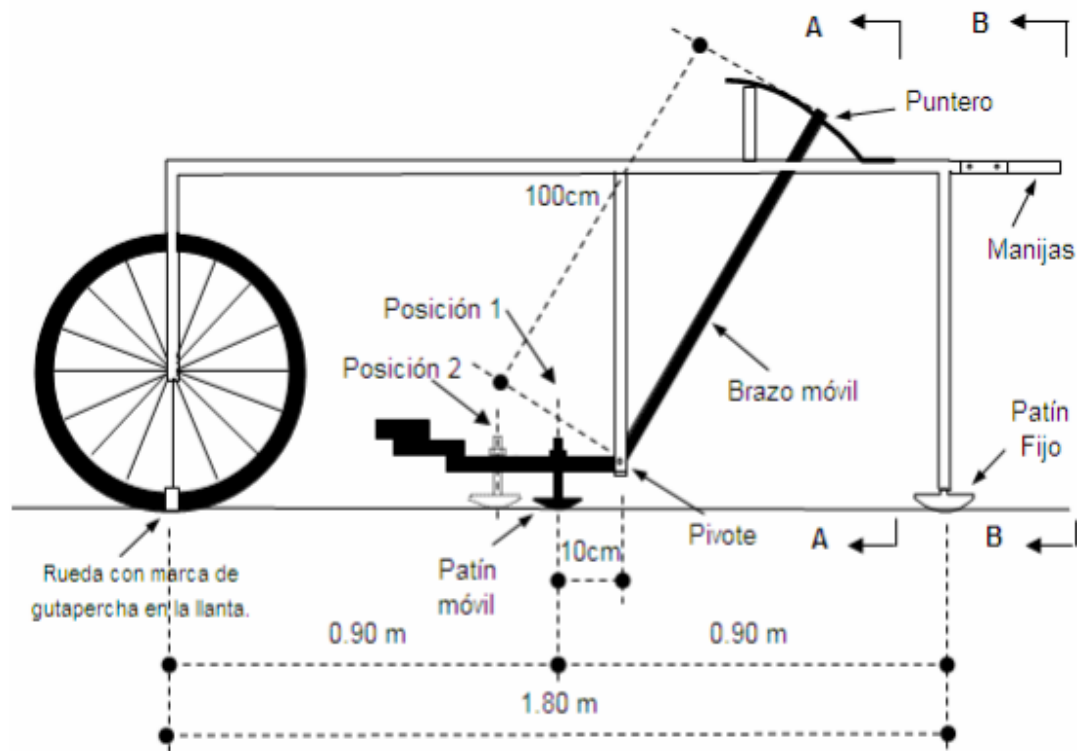
Montejo Fonseca (2002) describe que con el fin de evaluar la superficie de un pavimento, se da a conocer un aparato económico y sencillo de manejar. Los valores del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) pueden obtenerse con el uso de este aparato sencillo y de fácil acceso. Para ello, se mide la rugosidad de la calzada por deformación longitudinal. La construcción es metálica y mide seis pies de longitud. Tiene ruedas tanto delante como detrás, así como una viga central que mide la desviación vertical respecto a un plano de referencia. El término "PRVI" se utiliza para referirse al instrumento, como se ve en el esquema fundamental que ha presentado Montejo Fonseca (2002).

- **M**achine for
- **E**valuating
- **R**oughness using
- **L**ow cost
- **I**Nstrumentation

Corros B. (2017) afirma que se ha demostrado que este equipo produce datos muy precisos y coherentes, según la declaración facilitada. Para comprobarlo, se han comparado los valores del índice de regularidad internacional (IRI) obtenidos con este aparato con los obtenidos con el método convencional (ASTM: E 1364-90), que utiliza procedimientos de nivelación topográfica para calcular el IRI. Los resultados de esta comparación han confirmado la capacidad del equipo para proporcionar mediciones confiables y consistentes, lo que lo posiciona como una herramienta efectiva para la evaluación precisa de la rugosidad de los pavimentos (p.153).

#### **Figura 9**

*Esquema de merlín*



Montejo Fonseca (2002) se menciona el hecho de que en la actualidad existe una gran variedad de equipos tecnológicos capaces de determinar el estado de las carreteras en poco tiempo. Sin embargo, el coste de estos equipos suele ser bastante elevado. Además, permite diferenciar entre picos y valles, como se ve en el diagrama siguiente.

**Figura 10**

*Medición rugosímetro merlin*

<b>RUGOSIMETRO MERLIN</b>	
1 DIVISION = 5 mm	50
	49
	48
	47
	46
	45
	44
	43
	42
	41
	40
	39
	38
	37
	36
	35
	34
	33
	32
	31
	30
	29
	28
	27
	26
	25
	24
	23
	22
	21
	20
	19
	18
	17
	16
	15
	14
	13
	12
	11
	10
	9
	8
	7
	6
	5
	4
	3
	2
	1

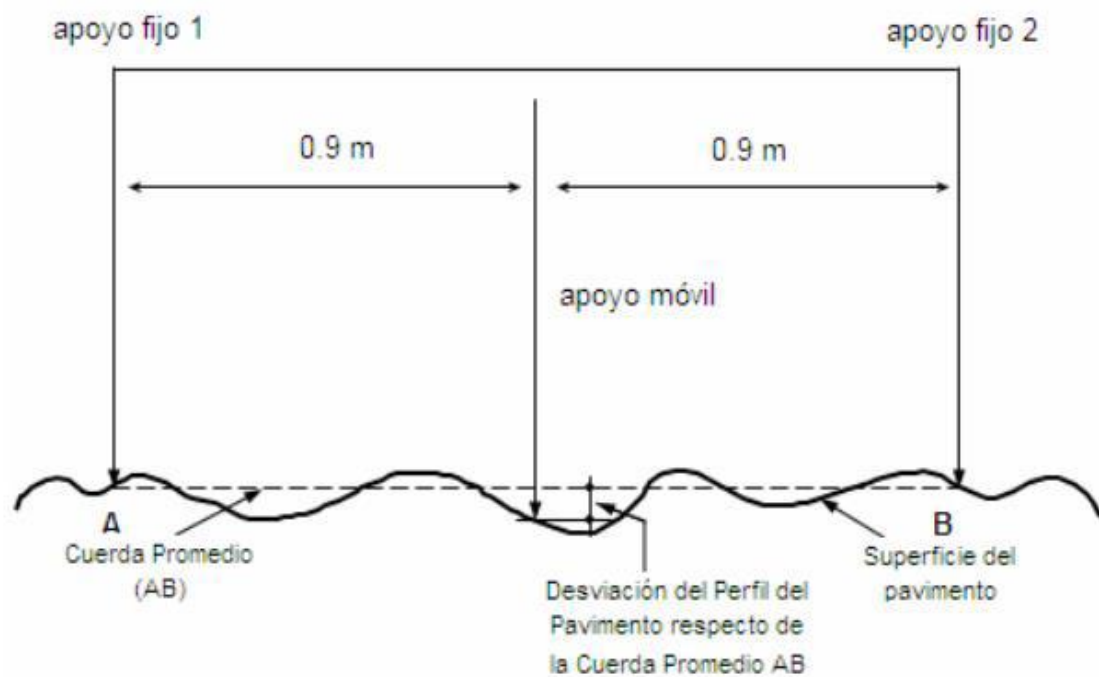
### 2.2.19.1. Rugosímetro equipo merlin

bañon blazquez en 2018 señaló que el rugosímetro merlin fue un instrumento innovador diseñado para medir con precisión y detalle la rugosidad de superficies como

carreteras y pavimentos este dispositivo portátil y compacto integró tecnología avanzada mediante sensores y sistemas de medición además permitió obtener datos específicos como el índice internacional de rugosidad iri gracias a su estructura con ruedas y una viga central capaz de registrar las fluctuaciones verticales del pavimento su diseño facilitó mediciones rápidas y precisas convirtiéndolo en una herramienta clave para la evaluación y mantenimiento eficiente de las infraestructuras viales Esto ayuda a garantizar que las condiciones de conducción sean ideales y que los pavimentos sean duraderos.

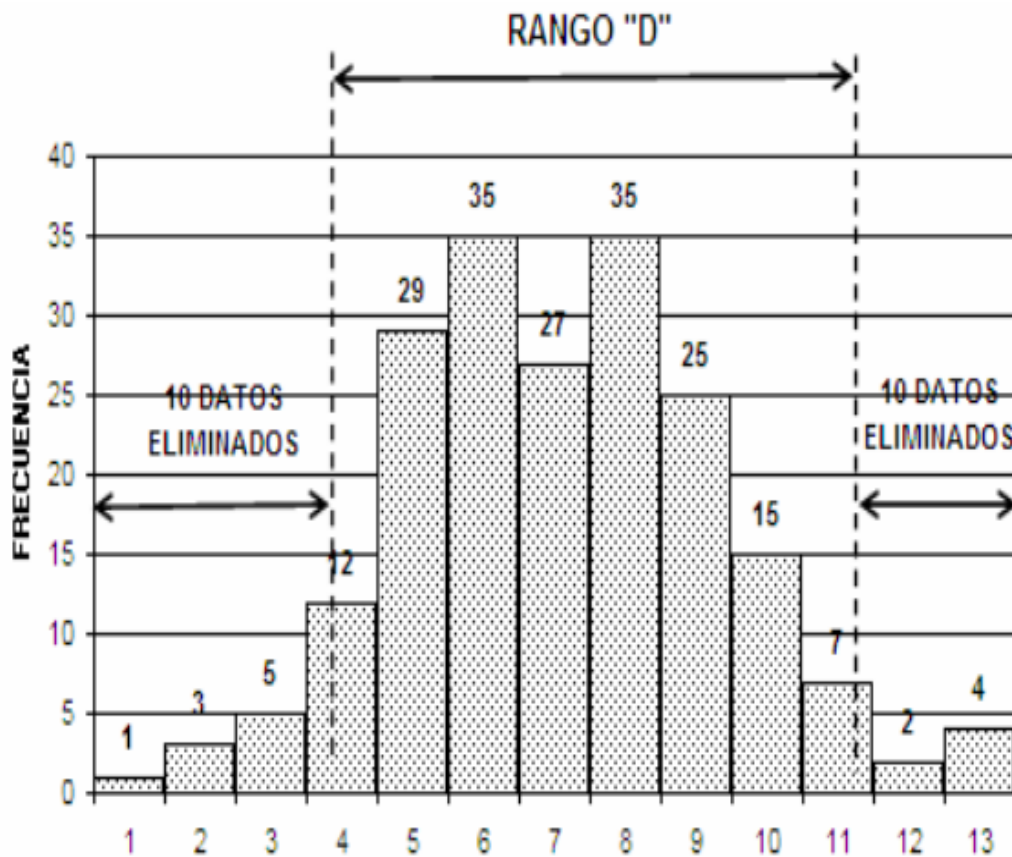
**Figura 11**

*desplazamientos promedio*



**Figura 12**

*Histograma de distribución de frecuencias*



Nota: manual de rugosímetro

### **2.2.20. Serviciabilidad de los pavimentos**

La serviciabilidad de los pavimentos se refiere a su capacidad para cumplir con los requerimientos funcionales y operativos esperados durante su vida útil. se indicó que esta medida integral consideraba factores como la comodidad en la conducción la seguridad vial la resistencia estructural frente a cargas y el costo efectivo de mantenimiento la serviciabilidad se evaluaba a través de indicadores como el índice de serviciabilidad internacional psi que cuantificaba el estado general del pavimento considerando parámetros como rugosidad grietas deformaciones y otros aspectos críticos que influían en su rendimiento y durabilidad mantener una alta serviciabilidad resultaba esencial para garantizar la eficiencia operativa de las carreteras y reducir los costos asociados al mantenimiento y rehabilitación



**2.2.21. Índice de serviciabilidad presente (PSI)**

montejo en 2002 describió que el índice de serviciabilidad presente psi fue una medida utilizada para evaluar la condición actual de un pavimento en función de su capacidad para ofrecer un servicio seguro y satisfactorio a los usuarios este índice se calculaba considerando factores críticos como la rugosidad las grietas las deformaciones y otros daños visibles en la superficie del pavimento mediante una evaluación detallada el psi proporcionaba una puntuación numérica que reflejaba la calidad y el estado general del pavimento lo que permitía a las autoridades de transporte priorizar las acciones de mantenimiento y rehabilitación con el objetivo de optimizar la seguridad vial y extender la vida útil de la infraestructura vial (p.137).

$$R=5.5\text{Ln} (5.0/\text{PSI}) \pm 25\%, \text{ para } R < 12$$

**Donde:**

R = Rugosidad (IRI) PSI = Índice de Serviciabilidad Presente

**Tabla 3**

*valores de PSI*

PSI	Transitabilidad
0-1	Muy Mala
1-2	Mala
2-3	Regular
3-4	Buena
4-5	Muy Buena

*Nota:* PSI=Índice de Serviciabilidad Presente



## 2.3. Marco conceptual

**Pavimento Flexible:** Estructura vial formada por capas de asfalto sobre base granular diseñada para resistir cargas y proporcionar una superficie duradera y segura para los usuarios.

**Rugosidad del Pavimento:** Irregularidades verticales que afectan suavidad y confort al conducir influyendo en seguridad y desgaste vehicular evaluadas con herramientas como el Índice de Regularidad Internacional.

**Nivel de Servicio (LOS)\_** Indicador de calidad percibida por usuarios basado en comodidad seguridad capacidad vial y condiciones operativas determinado mediante encuestas y análisis técnico.

**Avenida Manco Capac Juliaca:** Arteria principal de Juliaca con alta demanda vehicular y peatonal cuya evaluación superficial es clave para garantizar funcionalidad seguridad y durabilidad.

**Metodología de Evaluación:** Incluye equipos para medir rugosidad cálculo de IRI análisis de capacidad estudios de congestión y encuestas para evaluar nivel de servicio vial.



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Diseño de investigación

Para la evaluación del pavimento, desde la rugosidad y el nivel de servicio, se abordaron factores como la rugosidad internacional, el índice de condición del pavimento para recopilar datos a través del tratamiento de la información se empleó el método científico que condujo a resultados numéricos este método resultó fundamental en la realización de investigaciones y redacción de tesis al permitir recopilar evaluar y presentar información de manera metódica y precisa el proceso inició con la observación de la realidad y la formulación de preguntas seguido de la construcción de una hipótesis comprobada mediante experimentos y análisis de datos los resultados obtenidos se analizaron y revisaron derivando en conclusiones fundamentadas en pruebas sólidas finalmente los datos se presentaron de forma clara y concisa en la tesis

##### 3.1.1. *Enfoque cuantitativo*

el enfoque cuantitativo aplicado a la investigación sobre la evaluación de la condición superficial del pavimento flexible en la avenida manco capac de juliaca se basó en la medición objetiva y precisa de la rugosidad y nivel de servicio utilizando métodos y equipos estandarizados para convertir las condiciones superficiales en datos numéricos este enfoque permitió obtener información cuantificable sobre capacidad velocidad de operación y comodidad del usuario facilitando el análisis estadístico de las condiciones del pavimento e identificando áreas críticas las recomendaciones de mantenimiento y mejora



se fundamentaron rigurosamente para optimizar seguridad y confort del tránsito en la avenida

### **3.1.2. Nivel**

Descriptivo

### **3.1.3. Tipo de investigación**

la investigación que se desarrollará será de tipo correlacional lo que implica que los datos obtenidos mediante el uso del rugosímetro merlin y el método del círculo de arena serán comparados y relacionados entre sí este enfoque busca realizar un análisis completo y detallado de la avenida manco capac en la ciudad de juliaca al correlacionar los resultados se logrará una comprensión más precisa del estado del pavimento permitiendo evaluar con mayor eficacia las condiciones de la superficie y su mantenibilidad esta metodología ofrecerá un análisis consolidado que reflejará con exactitud la situación actual de la vía facilitando decisiones informadas para su mantenimiento y mejora

## **3.2. Metodología de la investigación**

### **3.3. Población y muestra**

#### **3.3.1. Población**

La población se desarrolla carpeta asfáltica en la ciudad de Juliaca

#### **3.3.2. Muestra**

- Índice de condición del pavimento av. Manco capac
- Evaluación del nivel de rugosidad Av manco capac de la ciudad de juliaca

### **3.4. Técnicas e instrumentos de la investigación**

#### **3.4.1. Técnicas**

las técnicas de investigación empleadas se fundamentaron en el análisis del índice de regularidad internacional iri el índice de condición del pavimento pci y la normativa astm d6433 desarrollándose en tres fases consecutivas



recolección de información bibliográfica en esta etapa se recopiló información relevante de fuentes confiables relacionadas con la medición del nivel de servicio procedimientos de pruebas métodos de análisis y normativas vigentes sobre evaluación de pavimentos

reconocimiento de las vías en estudio se llevó a cabo un recorrido exhaustivo de la vía analizada permitiendo identificar sus características físicas y condiciones generales este reconocimiento resultó esencial para determinar los factores clave que influían en el estudio

toma de datos de campo se realizó una inspección detallada de las vías para seleccionar las muestras más representativas posteriormente los datos recolectados fueron analizados en gabinete obteniéndose valores precisos de pci e iri necesarios para el análisis integral del pavimento

### **3.4.2. instrumentos**

El Rugosímetro MERLIN: Evaluación de la Rugosidad del Pavimento

Descripción General

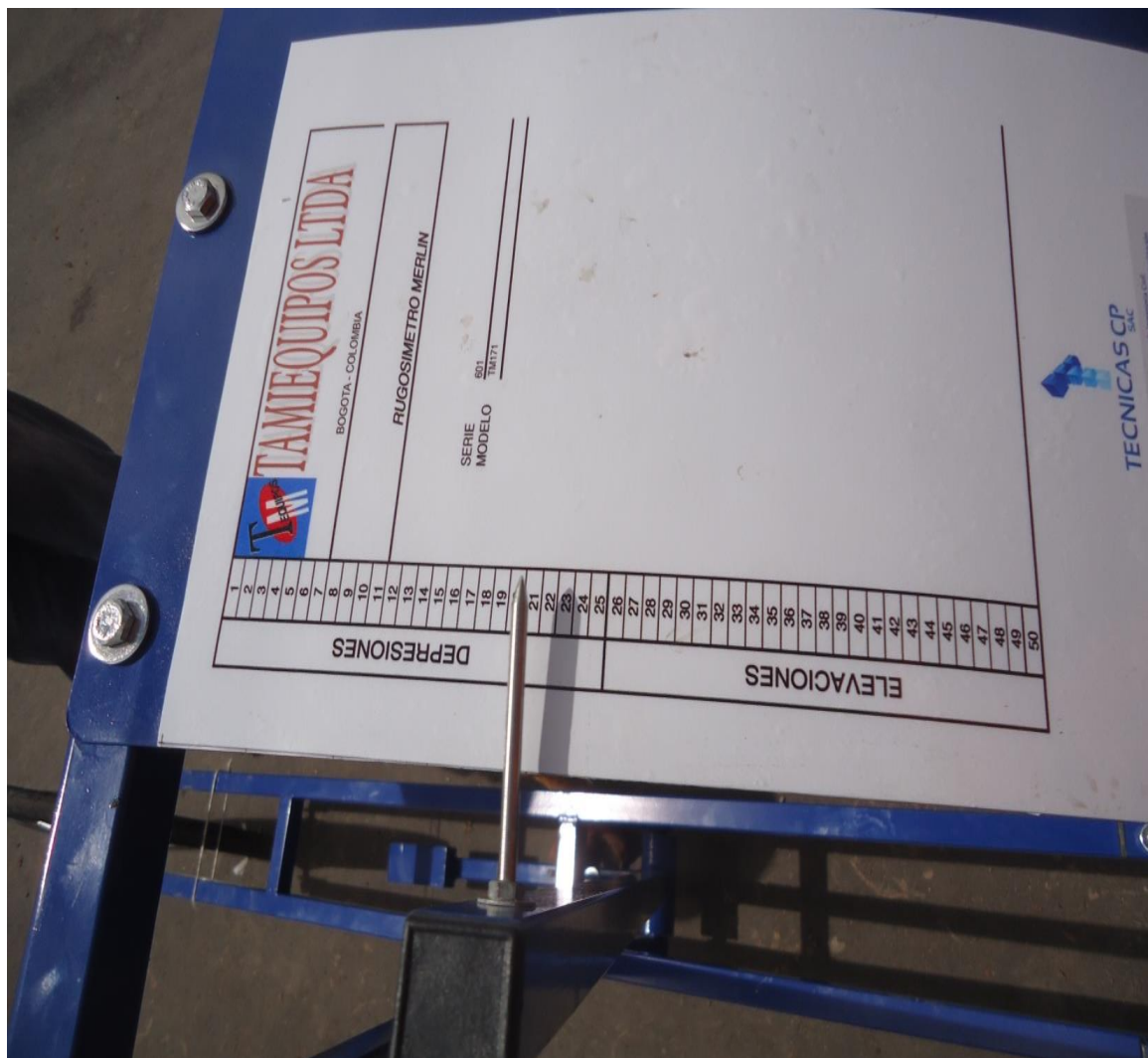
el rugosímetro merlin machine for evaluating roughness using low cost instrumentation El Merlin era un dispositivo portátil y barato diseñado para medir I Los ingenieros y técnicos pueden analizar con rapidez y precisión el estado del firme utilizando una combinación de sensores y un marco de referencia para detectar y registrar las diferencias en la superficie del firme. Evaluar el estado del firme es vital para planificar el mantenimiento y las reparaciones necesarias.

#### **3.4.2.1. Componentes del Rugosímetro MERLIN**

El rugosímetro MERLIN es un instrumento manual que mide la rugosidad del pavimento registrando desplazamientos verticales en determinados puntos de la vía. Se supone que este aparato es barato. La estabilidad la proporciona su construcción metálica, mientras que el brazo pivotante que se acopla al medidor de desplazamiento detecta las diferencias en la superficie, instrumentos como el nivel de burbuja garantizan que la

nivelación se realice correctamente, y la regla graduada, junto con la cinta métrica, permite obtener puntos de medición exactos, la información recopilada se introduce en un sistema, manual o digital, para garantizar un examen completo del estado del pavimento.

El procedimiento de evaluación incluye marcar los puntos de medición, nivelar el dispositivo, realizar las mediciones de rugosidad, registrar las lecturas y analizar los datos recopilados. Este proceso sistemático facilita la identificación de irregularidades en el pavimento y la planificación de mantenimiento o reparaciones necesarias. Gracias a su diseño portátil y eficaz, el MERLIN es una herramienta clave para garantizar la seguridad y confort en las vías mediante un mantenimiento basado en datos precisos.



Nota: elaboración propia

plantilla de trabajo en campo para rugosímetro Merlin



**Figura 13**

*formato de trabajo rugosímetro Merlin*

<b>CARRETERA:</b>									
<b>SECTOR:</b>									
<b>FECHA:</b>									

<b>ENSAYO N°</b>		
<b>CARRIL</b>	<b>D</b>	<b>I</b>

	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										

<b>Tipo de pavimento</b>	
Afirmado	
Base granular	
Base imprimada	
Tratamiento bicapa	
Carpeta en frío	
Carpeta en caliente	x
Recapeo asfáltico	
Sello	

<b>PROGRESIVA</b>	
<b>INICIO KM:</b>	
<b>FIN KM:</b>	

**Observaciones:** \_\_\_\_\_

Para la recolección de datos se posiciona en el Jr Jose Antonio Zela – tramo inicio av Tacna lado derecho

### 3.4.2.2. Equipo de trabajo

Personal técnico de laboratorio

Rugosímetro merlín



Vehículo de transporte

Cuaderno de apunte

### 3.4.2.3. Procedimiento técnico

Calibración del equipo para la medición

Materiales y Equipos

Rugosímetro MERLIN completo (estructura metálica, brazo pivotante, medidor de desplazamiento, nivel de burbuja).

Regla graduada o cinta métrica.

Sistema de registro de datos (hojas de registro, tableta o laptop).

Marcadores o pintura para señalización.

Cinta de medir para marcar puntos de medición.

Metodología

#### 1. Preparación Previa

Selección del tramo de estudio: Identificar y delimitar la sección de pavimento a evaluar. Preferiblemente, elegir tramos representativos de diferentes condiciones.

Revisión del equipo: Verificar el correcto funcionamiento del rugosímetro MERLIN, asegurando que el brazo pivotante, el medidor de desplazamiento y el nivel de burbuja estén en óptimas condiciones.



Marcado de puntos de medición: Usar la cinta métrica para marcar puntos equidistantes (por ejemplo, cada 10 metros) a lo largo del tramo de pavimento. Los puntos deben ser visibles y accesibles.

## 2. Instalación del Rugosímetro

Colocación del dispositivo: Posicionar el rugosímetro MERLIN en el primer punto de medición, asegurándose de que el marco esté en contacto firme con la superficie del pavimento.

Nivelación del equipo: Utilizar el nivel de burbuja para ajustar la posición del dispositivo y asegurarse de que esté correctamente nivelado.

## 3. Medición de la Rugosidad

Ajuste del brazo pivotante: Colocar el brazo pivotante del rugosímetro en el punto marcado para la medición.

Registro del desplazamiento: Observar y anotar la lectura del medidor de desplazamiento, que indicará las variaciones verticales de la superficie en el punto seleccionado.

Repetición del proceso: Mover el rugosímetro al siguiente punto de medición y repetir los pasos anteriores hasta completar el tramo.

## 4. Registro de Datos

Sistema de registro: Anotar cada lectura en un formato previamente diseñado, correlacionando las lecturas con el número de punto y su ubicación en el tramo.

Verificación de datos: Revisar las anotaciones para garantizar la precisión y consistencia de las mediciones.

## 5. Análisis de Datos

Organización de la información: Transcribir los datos recopilados a un formato digital o tabla para facilitar su análisis.

Cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI): Utilizar las lecturas obtenidas para calcular el IRI mediante las fórmulas o software correspondiente.

Interpretación: Analizar los resultados para identificar áreas con alta rugosidad que requieran intervención prioritaria.

## 6. Elaboración del Informe

Síntesis de resultados: Presentar un resumen del estado del pavimento basado en los valores obtenidos.

Recomendaciones: Incluir acciones sugeridas de mantenimiento o rehabilitación según la condición evaluada.

Conclusiones: Indicar la importancia de las intervenciones propuestas para garantizar la seguridad y funcionalidad de la vía.

### Figura 14

*Nivelación de Merlin*





### 3.4.2.4. Procedimiento de campo

Para realizar el ensayo con el rugosímetro MERLIN, se requiere un equipo de trabajo compuesto por tres personas: dos operadores encargados de manejar el equipo y tomar las lecturas, y una persona adicional que se ocupa de asegurar la seguridad durante el proceso. Para el procedimiento el operador debe de hacer las correcciones de la medición del rugosímetro.

El proceso consiste en obtener mediciones del carril de tráfico exterior de un determinado carril de la carretera, de unos 400 metros de longitud. Las mediciones se realizan en el tramo de carretera que se está midiendo. Según Menéndez Acurio (2016), la rugosidad debe tenerse en cuenta cuando existen al menos doscientas variaciones respecto a la cuerda media. MERLIN es capaz de identificar estas desviaciones mediante el uso de sus patines móviles. En la escala del cuadrante del tablero de lectura, donde el puntero representa los valores, se registran e interpretan respectivamente estas desviaciones.

### 3.4.3. Índice de condición del pavimento

El Índice de Condición del Pavimento (PCI) es un método ampliamente utilizado para evaluar el nivel de servicio de los pavimentos, permitiendo la identificación precisa de los deterioros en las infraestructuras viales. Para realizar una evaluación del PCI de manera adecuada, se requiere una serie de instrumentos esenciales. Uno de ellos es el Formulario de Inspección PCI, un documento estandarizado para registrar los tipos y niveles de deterioro en el pavimento, lo que facilita la organización y análisis de los datos obtenidos. Además, se utiliza una cinta de medir flexible que generalmente tiene una longitud de 30 metros o más, lo que permite medir y delimitar con precisión las áreas a inspeccionar y registrar las dimensiones de los deterioros.

Otros dispositivos importantes son la rueda de medición (cuentakilómetros), que facilita la toma de medidas precisas de amplias secciones de pavimento, y la pintura en spray o tiza, que se utiliza para indicar los puntos de inicio y final de las secciones que se



están evaluando, así como para designar determinadas regiones de degradación. Las formas de degradación y su grado de gravedad también pueden documentarse visualmente con el uso de una cámara o un dispositivo móvil. Para la limpieza de las zonas de inspección se utilizan herramientas como una pala y un cepillo de mano, se utilizan conos de tráfico y señales de seguridad para garantizar la protección del personal mientras se realiza la evaluación. Por último, un GPS portátil permite registrar la posición exacta de las partes inspeccionadas, se utiliza un ordenador portátil o una tableta equipada con el software PCI para introducir y analizar los datos, lo que en última instancia da como resultado un cálculo preciso del PCI.

### **3.5. Procedimiento de investigación mediante el método de pci**

- 1.-Piel de Cocodrilo (m2)
- 2.-Exudacion (m2)
- 3.-Agrietamiento en bloque (m2)
- 4.-Abultamientos y hundimientos (m2)
- 5.-Corrugacion (m2)
- 6.-Depresion (m2)
- 7.-Grieta de Borde (m)
- 8.-Grieta de Reflexión(m)
- 9.-Desnivel de carril o berma(m)
- 10.- Grietas Long. Y Trans. (m)
- 11.-Parcheo (m2)
- 12.-Pulimiento de Agregados (m2)
- 13.-Huecos (und)
- 14.-Cruce de Vía Férrea (m2)
- 15.- Ahuellamiento (m2)
- 16.-Desplazamiento (m2)
- 17.-Grieta Parabólica (m2)
- 18.-Hinchamiento (m2)

## 19.-Desprendimiento de Agregados (m2)

El Índice de Condición del Pavimento (PCI) es un recurso integral y objetivo utilizado para evaluar y calificar tanto pavimentos rígidos como flexibles en los modelos de Gestión Vial actuales. Su implementación es sencilla y no demanda el uso de equipos especializados, aparte de los que ya están incluidos en el sistema (2019).

**Tabla 4***Clasificación cualitativa del PCI*

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI		
RANGO		CLASIFICACIÓN
100	- 85	EXCELENTE
85	- 70	MUY BUENO
70	- 55	BUENO
55	- 40	REGULAR
40	- 25	MALO
25	- 10	MUY MALO
10	- 0	FALLADO

*Nota: Extraído de manual PCI*

Los resultados de un inventario visual del pavimento, donde se determinan la CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD de cada tipo de deterioro, son la base para calcular el Índice de Condición del Pavimento (PCI). Este índice fue diseñado con el objetivo de proporcionar un indicador que refleje tanto la integridad estructural del pavimento como el estado funcional de su superficie. La información obtenida durante el inventario sobre los daños permite una comprensión profunda de los factores que los originaron, ya sea por el impacto de las cargas o por influencias ambientales.

**3.5.1. Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento**

Paso 1: Calibración del equipo sobre una superficie horizontal y lisa, si el puntero adopta una posición en el tablero marcando el número 25 se da como lectura inicial (LI) a este valor, caso contrario se ajusta el patín móvil para calibrar el equipo.

Paso 2: Se realiza la medición del espesor de la pastilla de calibración (EP) promediando los 4 valores diametralmente opuestos de esta.

Paso 3: Se coloca la pastilla debajo del patín móvil y se da lectura al tablero como lectura final (LF)



Paso 4: Se calcula del factor de corrección (F.C) mediante la siguiente ecuación

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

Ecuación N°6: Cálculo del factor de corrección

Paso 5: Se deben efectuar 200 observaciones de las "irregularidades que presenta el pavimento". Estas observaciones debe realizarse estacionando el equipo cada 2m de distancia es decir cada ensayo se realiza al cabo de una vuelta de la rueda, este paso se repite hasta culminar con todo el tramo en estudio

Paso 6: Elaborar histograma de frecuencias de una muestra de 200 desviaciones

Paso 7: Se calcula el rango D como el ancho del histograma después del descarte del 5 % de los datos de cada extremo inferior y superior considerando las fracciones derivadas del descarte.

Paso 8: El rugosímetro admite dos posiciones para el patín del brazo pivotante:

a. Si la ubicación del patín móvil está ubicada a 10 cm del punto de pivote la relación de brazos utilizada será 1 a 10.

b. Si la ubicación del patín móvil está ubicada a 20 cm del punto de pivote la relación de brazos será 1 a 5. De usar esta posición, el valor determinado deberá multiplicarse por un factor de 2.

Paso 9 Se calcula el rango corregido "D corregido" el cual deberá modificarse considerando Factor de Corrección F.C. y la Relación de Brazos. Este valor llevado a condiciones estándar es la rugosidad en "Unidades Merlín".

$$D \text{ corr} = RB * FC * D$$

Ecuación N°7: Cálculo del valor D corregido

Paso 10: Se calcula el IRI



Para transformar la rugosidad de unidades MERLÍN a la escala del IRI, se usa las siguientes expresiones:

a. Cuando  $2.4 < IRI < 15.9$  o  $D \geq 50\text{mm}$  entonces:

$$IRI = 0.593 + 0.0471 D$$

Ecuación N°8: Cálculo Valor IRI

b. Cuando  $IRI < 2.4$  o  $D < 50\text{mm}$ , entonces

$$IRI = 0.0485 D$$

Ecuación N°9: Cálculo Valor IRI

Dónde:

IRI: Índice de Rugosidad Internacional (m/km)

D: Rugosidad en Unidades Merlín, mm

Paso 11: Se calcula el IRI característico con la siguiente formula:

$$IRI_c = IRI_{prom} + 1.645 \sigma$$

Ecuación N°10: Cálculo del IRI característico

Donde:

IRI<sub>c</sub>: IRI característico

IRI<sub>prom</sub>: IRI promedio

$\sigma$ : Desviación Estándar

### **3.5.2. Relación entre IRI y PSI**

Para evaluar la capacidad de servicio del pavimento, se utiliza el parámetro conocido como el Índice de Serviabilidad Presente (PSI), el cual determina la condición funcional o la capacidad de funcionamiento actual del pavimento. Este concepto fue desarrollado por el equipo técnico del Ensayo Vial AASHO en 1957. El PSI se mide a través de una escala que va del 0 al 5, siendo el valor máximo indicativo de una condición óptima del pavimento.

En el contexto del Perú, la determinación del PSI se realiza mediante la fórmula propuesta por Sayers, que establece una correlación entre la rugosidad y el Índice de Serviabilidad. Esta fórmula se basa en los datos obtenidos en el Ensayo Internacional



sobre Rugosidad de Caminos, realizado en Brasil en 1982, que proporciona una base sólida para el análisis y cálculo de la serviciabilidad del pavimento en condiciones locales.

$$IRI = 5.5 Ln (5.0 PSI)$$

Ecuación N°11: Cálculo del IRI con respecto al PSI

$$PSI = 5.0 exp (IRI / 5.5)$$

Ecuación N°12: Cálculo del PSI con respecto al IRI

Donde:

IRI: International Roughness Index

PSI: Present Serviciability Index

La Transitabilidad de la vía, es decir, la adjetivación de la calidad de servicio que brinda en un momento determinado el pavimento, se evalúa en función de los valores de PSI calculados, de acuerdo a los siguientes rangos: (del Águila, 1999).

Figura 15

**Evaluación del índice de condición del pavimento – superficie asfáltica**

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO			ESQUEMA			
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m²)				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
INSPECCIONADA POR		FECHA				
<input type="text"/>		<input type="text"/>				
No.	Daño	No.				Daño
1	Piel de cocodrilo.	11				Parcheo.
2	Exudación.	12				Pulimento de agregados.
3	Agrietamiento en bloque.	13				Huecos.
4	Abultamientos y hundimientos.	14				Cruce de vía férrea.
5	Corrugación.	15				Ahuellamiento.
6	Depresión.	16				Desplazamiento.
7	Grieta de borde.	17				Grieta parabólica (slippage)
8	Grieta de reflexión de junta.	18				Hinchamiento.
9	Desnivel carril / berma.	19				Desprendimiento de agregados.
10	Grietas long y transversal.					
Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Densidad (%)	Valor deducido

Nota: Manual del PCI

### 3.5.3. Unidades de muestro para el pavimento de la av manco capac

según las recomendaciones del manual del pci en carreteras con capa de rodadura asfáltica y un ancho menor a 730 metros el área de la unidad de muestreo debía estar dentro de un rango de 230 más menos 93 metros cuadrados en el contexto de la evaluación de un proyecto se sugirió inspeccionar todas las unidades de muestreo disponibles no obstante cuando no fue posible realizar una revisión completa se calculó el número mínimo de unidades a inspeccionar mediante una fórmula específica esta fórmula permitió estimar el pci con un margen de error de más menos 5 puntos respecto al promedio real y con un nivel de confianza del 95 por ciento este procedimiento aseguró que el valor obtenido del pci representara de manera confiable el estado real del pavimento incluso en situaciones donde no se pudo inspeccionar la totalidad de las unidades lo cual resultó útil en proyectos con restricciones de tiempo o recursos el enfoque buscó garantizar un análisis preciso de la condición del pavimento pese a las limitaciones operativas

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

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

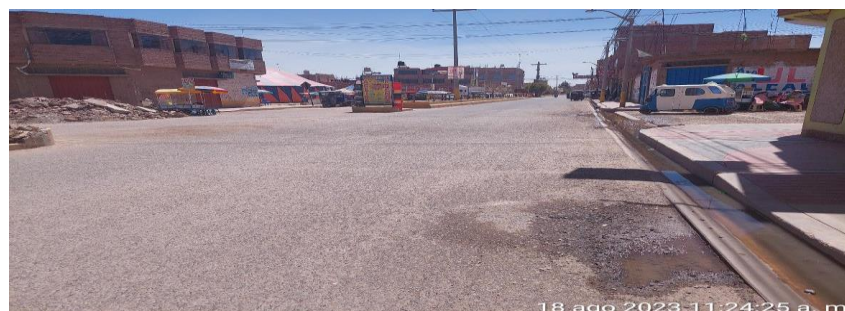
N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

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

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

#### Figura 16

*Fotografía de la identificación de defectos en la ruta de análisis*



*Nota:* Identificación de fallas en la Avenida Manco Cápac



### 3.5.4. Índice de Condición del Pavimento Avenida Manco Cápac

Reemplazando formula PCI de la sección del pavimento:

$$\begin{aligned}
 N &: 15 & A &: 0 \\
 PCI_r &: 62.70 & PCI_a &: 0.00 \\
 PCI_s &= & & 62.70
 \end{aligned}$$

**Tabla 5**

*Resultado de PCI Avenida Manco Cápac*

<b>PCI s = 62.70</b>	<b>Clasificación: Bueno</b>
<b>Avenida Manco Cápac</b>	

*Nota:* Resultado de PCI y su clasificación.

### 3.6. Procedimiento de investigación mediante el método índice de regularidad internacional - rugosímetro merlín

La metodología para evaluar un pavimento flexible con rugosímetro merlín es la siguiente:

- Seleccionar el tramo de pavimento a evaluar, teniendo en cuenta las características del pavimento, el tráfico y el estado de conservación.
- Calibrar el rugosímetro merlín siguiendo las instrucciones del fabricante y del manual de uso<sup>1</sup>.
- Colocar el rugosímetro merlín sobre el pavimento, asegurándose de que el patín móvil esté en contacto con la superficie y el puntero esté en cero.
- Desplazar el rugosímetro merlín a lo largo del pavimento, manteniendo una velocidad constante y una distancia de 20 m entre cada observación.
- Registrar las lecturas del puntero en cada observación, que corresponden a las irregularidades del pavimento.



- Calcular el índice de rugosidad internacional (IRI)

Si se empleó una técnica de muestreo, se debe seguir un procedimiento diferente. Cuando las unidades de muestreo se seleccionan de manera aleatoria sistemática o según la representatividad de la sección, el PCI se calcula promediando los valores de las unidades inspeccionadas. Si hay unidades adicionales, se utiliza un promedio ponderado.

Los factores que afectan la disminución de la serviciabilidad de un pavimento incluyen el volumen de tráfico, las condiciones ambientales y la edad del pavimento. La transitabilidad de la vía se evalúa basándose en los valores de PSI calculados, según los siguientes rangos:

### 3.6.1. Cálculo del Índice de Serviciabilidad del Pavimento

Para el desarrollo del PSI se tiene las siguientes formulas

ECUACIÓN SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 5.85 - 1.68 (IRI)^2$$

ECUACIÓN SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 4.182 - 0.455 (IRI)$$

ECUACIÓN SEGÚN D. DJISON Y A. ARROYO (1995)

$$PSI = \frac{5}{\frac{IRI}{e^{5.5}}}$$

### 3.7. Validez y confiabilidad del instrumento

Para dar la validez del instrumento se llevará a cabo con los resultados obtenidos de los 02 instrumentos de medición que mediante el IRI, podemos realizar el nivel de servicio y el índice de condición del pavimento, para un nivel de asociación entre las variables, así mismo el grado de relación que llevan entre sí al ser métodos evaluativos del pavimento flexible



## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para la presentación de resultados, corresponde a la evaluación de la condición superficial del pavimento flexible en la vía Jirón Los Naranjos, en la ciudad de Juliaca. La metodología utilizada consistió en el empleo del rugosímetro MERLIN para medir el Índice de Regularidad Internacional (IRI) y calcular el Perfil de Serviciabilidad Presente (PSI) y el Índice de Condición del Pavimento (PCI). Se tomaron mediciones sistemáticas en tramos progresivos de la vía, evaluando tanto el carril derecho como el izquierdo.

Los resultados obtenidos clasifican el estado del pavimento como regular a malo, dependiendo del tramo analizado. Por ejemplo, el tramo inicial mostró un PSI de 1.75, lo que indica una baja comodidad y seguridad para los usuarios, mientras que tramos intermedios presentan un PSI cercano a 2.5, reflejando condiciones moderadas. El análisis de las desviaciones indica concentraciones importantes en intervalos que reflejan una rugosidad significativa, afectando el nivel de servicio.

#### 4.1. Resultados del índice de regularidad internacional tramo i progresiva

##### 0+000 AL 0+200

Conteo de datos mediante rugosímetro merlin



Tabla 6

conteo de datos prog 0+000 al 0+200 – margen derecho

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
32	33	32	38	35	32	36	36	36	34	1
33	34	32	33	31	35	31	36	35	35	2
35	33	34	35	37	38	36	34	40	41	3
33	37	32	29	36	36	33	37	40	29	4
33	39	30	31	36	37	38	38	36	36	5
34	35	37	33	34	35	38	32	36	38	6
38	38	39	38	35	33	36	36	35	38	7
33	37	34	35	31	36	30	37	36	34	8
35	38	28	36	38	36	37	35	35	36	9
30	32	29	37	36	33	38	35	36	35	10
33	35	35	36	38	34	41	36	36	36	11
37	35	37	30	37	34	38	36	41	37	12
34	38	32	30	37	34	31	37	39	33	13
36	34	29	35	35	37	32	35	36	37	14
34	31	37	38	29	37	36	29	37	41	15
29	36	39	30	34	37	32	33	35	37	16
33	37	32	34	35	36	37	38	39	33	17
36	35	35	37	38	33	34	37	35	37	18
35	39	37	40	32	36	28	38	31	36	19
37	37	38	35	30	37	36	37	39	39	20

Los datos obtenidos en el ensayo del rugosímetro Merlin para la avenida Manco Cápac están organizados en una matriz de 10 columnas por 20 filas, representando mediciones individuales de rugosidad. Los valores oscilan entre 28 y 41, con un rango predominante entre 34 y 38. Algunos valores destacados, como 40 y 41 (resaltados en rojo), indican posibles zonas con mayor rugosidad o desgaste, mientras que los valores más bajos, como 28, reflejan áreas más lisas. La distribución general sugiere una variabilidad moderada en la superficie de la avenida, con un patrón irregular que podría estar relacionado con el estado del pavimento en diferentes secciones.



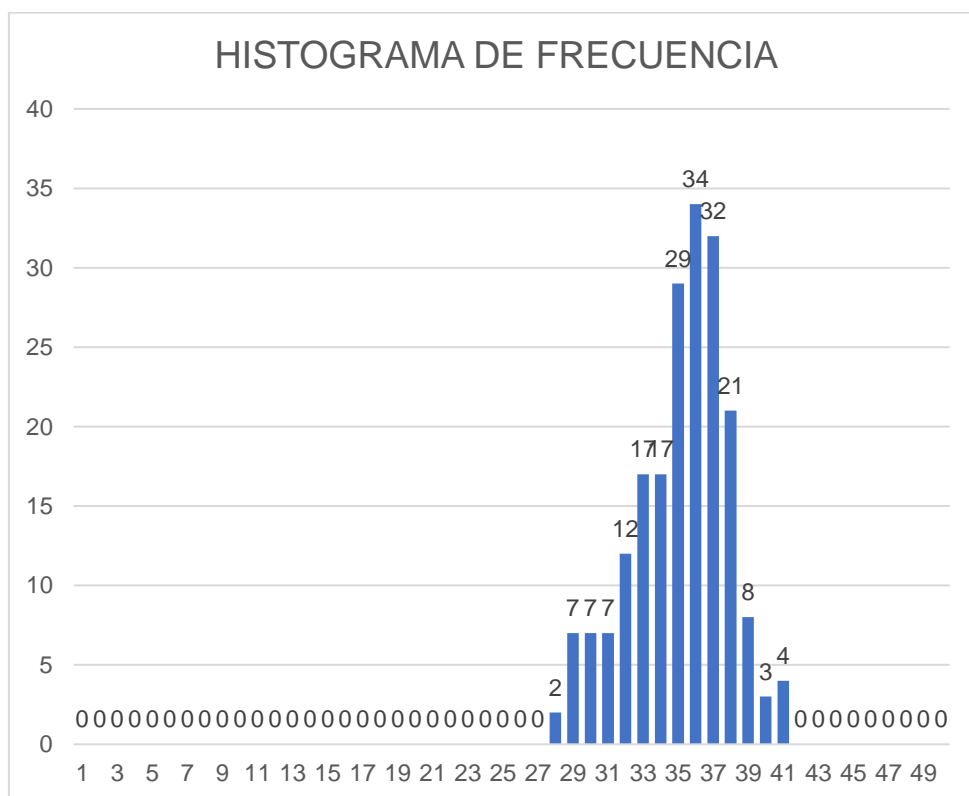
**Tabla 7**

*Intervalo de datos prog 0+000 al 0+200*

intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones
1	0	11	0	21	0	31	7	41
2	0	12	0	22	0	32	12	42
3	0	13	0	23	0	33	17	43
4	0	14	0	24	0	34	17	44
5	0	15	0	25	0	35	29	45
6	0	16	0	26	0	36	34	46
7	0	17	0	27	0	37	32	47
8	0	18	0	28	2	38	21	48
9	0	19	0	29	7	39	8	49
10	0	20	0	30	7	40	3	50

**Figura 17**

*Histograma de frecuencias*



#### 4.1.1. Nivel de servicio av manco capac prog. 0+000 al 0+200

Tabla 8

Nivel de servicio 0+000 al 0+200

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS					
CALCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE					
VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
AV. MANCO CAPAC					
CARRIL DERECHO	2.55	2.79	2.84	2.73	1.75

#### 4.1.2. Evaluación del pavimento prog 0+000 al 0+200 margen derecho

Tabla 9

Evaluación del pavimento prog 0+000 al 0+200 margen derecho

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS			
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO			
VÍA	PSI	PCI	CALIFICACIÓN
AV. MANCO CÁPAC			
CARRIL DERECHO	1.75	35	MALO

la evaluación de la servicialidad del pavimento de la Avenida Manco Cápac, carril derecho, indica que presenta un Índice de Servicialidad del Pavimento (PSI) de 1.75 y un Índice de Condición del Pavimento (PCI) de 35, clasificándose como MALO. Esto sugiere que el pavimento en esta vía no cumple con los estándares mínimos necesarios para garantizar un servicio adecuado, reflejando un estado de deterioro significativo que afecta



su funcionalidad y comodidad para los usuarios. Este nivel de calificación resalta la necesidad de acciones correctivas inmediatas, como mantenimiento o rehabilitación, para restaurar la calidad y la capacidad de servicio del pavimento.

#### 4.2. Resultados del índice de regularidad internacional prog 0+200 al 0+400

##### margen derecho

Conteo de datos mediante rugosímetro merlin

Tabla 10

conteo de datos prog 0+200 al 0+400 – margen derecho

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
35	35	33	33	36	35	29	33	33	34	1
33	35	31	34	37	30	33	34	33	34	2
30	36	41	47	35	38	41	42	36	37	3
38	40	39	40	41	37	33	35	30	34	4
36	19	32	27	26	42	24	40	33	27	5
26	25	26	22	23	28	35	39	31	34	6
33	32	35	30	37	35	32	40	32	32	7
28	32	28	32	35	33	34	34	31	35	8
34	35	33	26	34	32	33	37	35	33	9
32	38	45	35	33	37	30	33	34	35	10
34	33	31	44	41	40	39	19	35	39	11
38	38	39	33	38	33	40	32	38	38	12
31	34	44	32	45	35	37	37	35	35	13
33	35	37	36	37	30	34	34	33	35	14
35	35	35	30	34	19	33	32	35	35	15
32	21	36	32	34	33	33	34	33	36	16
38	37	33	34	31	34	27	30	35	35	17
38	33	31	34	31	34	37	33	34	36	18
35	36	34	37	38	33	31	37	27	35	19
37	33	33	31	40	37	35	35	34	35	20

Tabla 11

Intervalo de datos 0+200 al 0+400 margen derecho

intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia
1	0	11	0	21	1	31	10	41	4
2	0	12	0	22	1	32	14	42	2
3	0	13	0	23	1	33	31	43	0
4	0	14	0	24	1	34	25	44	2
5	0	15	0	25	1	35	33	45	2

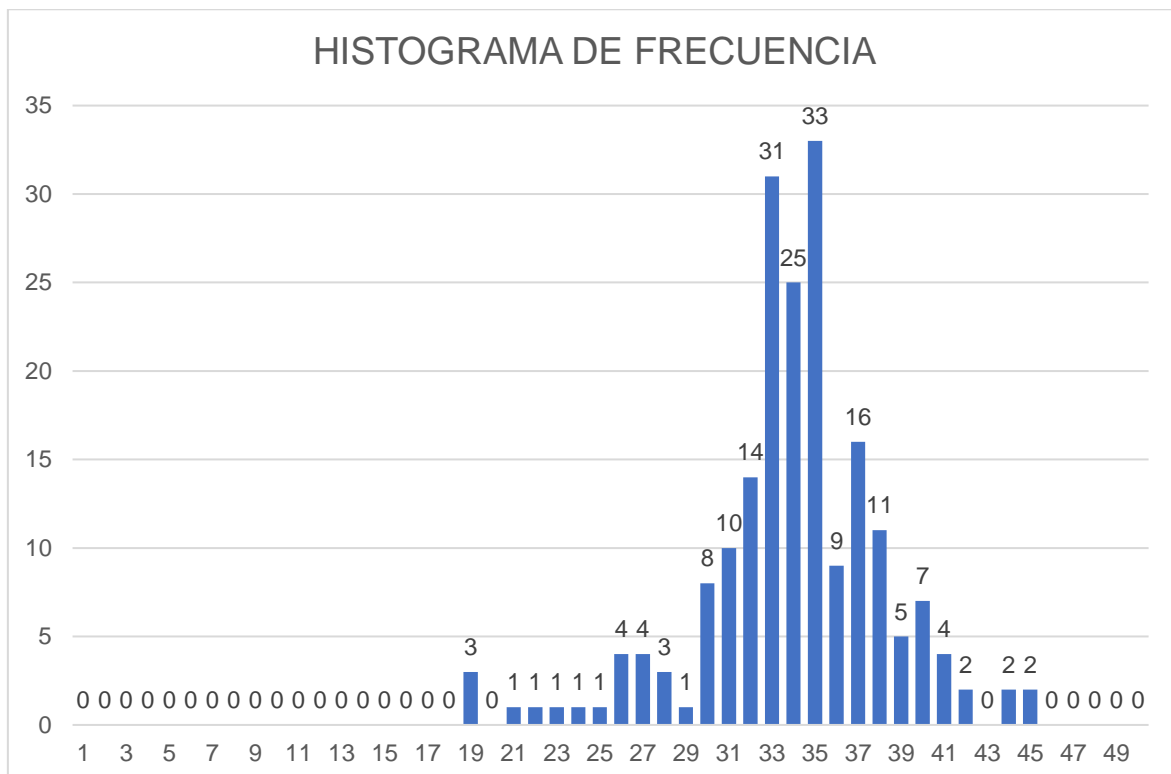


6	0	16	0	26	4	36	9	46	0
7	0	17	0	27	4	37	16	47	0
8	0	18	0	28	3	38	11	48	0
9	0	19	3	29	1	39	5	49	0
10	0	20	0	30	8	40	7	50	0

Los datos obtenidos del rugosímetro Merlin durante un ensayo realizado en el pavimento de la Av. Manco Cápac, en la ciudad de Juliaca, muestran que las desviaciones en la superficie presentan una frecuencia predominante en intervalos específicos. En los valores más bajos (1 a 20), la frecuencia es prácticamente nula, indicando que las irregularidades menores son escasas o inexistentes. Sin embargo, a partir del intervalo 26, se observan incrementos significativos, alcanzando frecuencias máximas en los intervalos 33, 34 y 35, con valores de 31, 25 y 33 respectivamente, lo que sugiere una acumulación de defectos superficiales en este rango. Posteriormente, la frecuencia desciende gradualmente, con valores más bajos en los intervalos superiores a 40, lo que indica una menor incidencia de desviaciones más extremas.

**Figura 18**

*Histograma de frecuencias prog 0+200 al 0+400*





**4.2.1. Nivel de servicio Av Manco Capac prog. 0+200 al 0+400**

**Tabla 12**

*Nivel de servicio 0+200 al 0+400*

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS					
CALCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE					
VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
AV. MANCO CAPAC					
CARRIL DERECHO	4.60	2.13	2.21	2.05	2.13

**4.2.2. Evaluación del pavimento prog 0+200 al 0+400 margen derecho**

**Tabla 13**

*Evaluación del pavimento prog 0+200 al 0+400 margen derecho*

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS			
CLASIFICACION SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO			
VIA	PSI	PCI	CALIFICACION
AV. MANCO CAPAC			
CARRIL DERECHO	1.97	39.33	MALO

El análisis de los resultados del pavimento de la Av. Manco Cápac, basado en los indicadores PSI (Índice de Serviciabilidad Presente) y PCI (Índice de Condición del Pavimento), revela un estado crítico en el carril derecho. Con un PSI de 1.97, que está por debajo del umbral de aceptabilidad para una superficie cómoda y funcional, y un PCI de 39.33, clasificado como "malo", se evidencia que el pavimento presenta deterioros significativos, como grietas, baches o deformaciones que afectan su funcionalidad y seguridad.



### 4.3. Evaluación del pavimento prog 0+400 al 0+600 margen derecho

Tabla 14

conteo de datos prog 0+400 al 0+600 – margen derecho

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
30	36	38	35	33	33	32	29	29	33	1
31	31	37	39	35	34	32	36	34	31	2
31	32	31	36	31	32	30	33	31	39	3
30	32	29	32	32	33	33	32	32	35	4
37	34	33	33	34	34	31	32	38	35	5
30	37	36	32	31	35	38	34	36	33	6
36	34	33	34	35	32	31	31	33	28	7
34	31	36	32	32	33	34	36	33	29	8
34	37	35	37	38	35	32	36	37	33	9
35	34	33	33	38	32	35	35	33	35	10
34	32	36	32	32	37	31	31	30	30	11
36	28	34	31	29	36	32	37	32	34	12
31	34	32	37	36	37	32	35	30	33	13
31	37	34	37	33	32	33	30	40	35	14
31	32	33	35	33	33	34	31	34	31	15
34	35	33	32	33	35	35	35	30	31	16
31	32	33	33	30	35	31	29	34	32	17
31	32	30	35	31	30	29	32	33	30	18
33	32	34	33	32	32	34	36	35	31	19
31	30	35	33	30	31	30	34	30	29	20

El análisis de los datos obtenidos mediante el ensayo del rugosímetro Merlin en la Av. Manco Cápac de Juliaca refleja una variabilidad moderada en las mediciones de rugosidad superficial. Las desviaciones registradas oscilan predominantemente entre valores cercanos a 30 y 37, con algunas fluctuaciones notables en puntos específicos, lo que indica una heterogeneidad en las condiciones del pavimento. Aunque la mayoría de los valores se agrupan en un rango intermedio, evidenciando una cierta consistencia en las irregularidades, la presencia de valores más bajos (como 28) y más altos (como 40) sugiere áreas puntuales con mayores defectos o deformaciones.



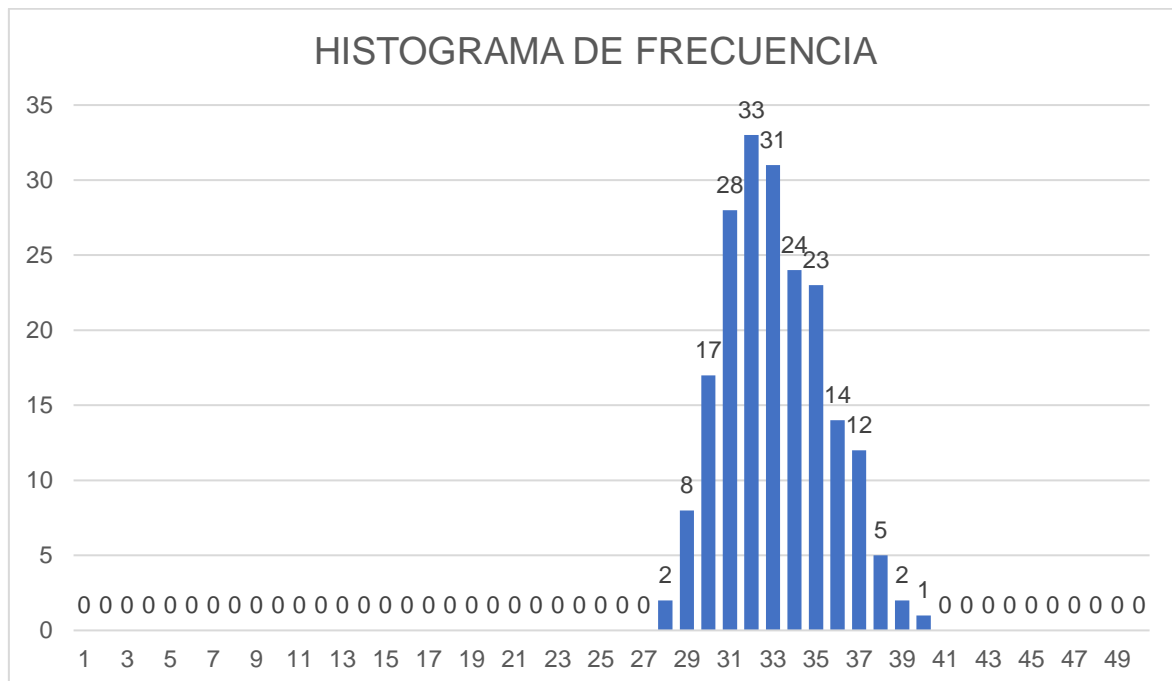
**Tabla 15**

*Intervalo de datos prog 0+400 al 0+600*

intervalo de desviaciones	frecuencias	intervalo de desviaciones	frecuencias	intervalo de desviaciones	frecuencias	intervalo de desviaciones	frecuencias	intervalo de desviaciones	frecuencias
1	0	11	0	21	0	31	28	41	0
2	0	12	0	22	0	32	33	42	0
3	0	13	0	23	0	33	31	43	0
4	0	14	0	24	0	34	24	44	0
5	0	15	0	25	0	35	23	45	0
6	0	16	0	26	0	36	14	46	0
7	0	17	0	27	0	37	12	47	0
8	0	18	0	28	2	38	5	48	0
9	0	19	0	29	8	39	2	49	0
10	0	20	0	30	17	40	1	50	0

**Figura 19**

*Histograma de frecuencias*





**4.3.1. Nivel de servicio av manco capac prog. 0+400 al 0+600**

**Tabla 16**

*Nivel de servicio av manco capac prog. 0+400 al 0+600*

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS					
CALCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE					
VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
AV. MANCO CAPAC					
CARRIL DERECHO	2.94	2.93	2.97	2.84	2.91

**4.3.2. Evaluación del pavimento prog 0+400 al 0+600 margen derecho**

**Tabla 17**

*Evaluación del pavimento prog 0+400 al 0+600 margen derecho*

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS			
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO			
VIA	PSI	PCI	CALIFICACION
AV. MANCO CAPAC			
CARRIL DERECHO	2.91	58.2	REGULAR

El análisis de los resultados de la evaluación del pavimento en el carril derecho de la Av. Manco Cápac muestra que el Índice de Serviabilidad Presente (PSI) es de 2.91 y el Índice de Condición del Pavimento (PCI) es de 58.2, lo que clasifica el pavimento en un estado "Regular". Esto indica que, aunque el pavimento aún puede soportar el tránsito, presenta un nivel moderado de deterioro que podría afectar la comodidad y seguridad de los usuarios. La calificación "Regular" sugiere la necesidad de realizar trabajos de mantenimiento preventivo.



### 4.4. Evaluación del pavimento prog 0+600 al 0+800 margen derecho

Tabla 18

Nivel de servicio 0+600 al 0+800

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
30	32	32	31	32	30	29	32	33	33	1
32	30	31	34	30	31	32	32	33	30	2
30	29	32	30	36	32	31	31	31	34	3
32	31	33	35	35	34	30	34	32	30	4
32	31	31	33	34	29	32	33	36	38	5
30	34	33	32	33	34	34	30	34	31	6
32	33	32	35	28	32	36	34	33	32	7
35	36	38	34	32	35	27	34	29	30	8
31	32	34	37	39	33	36	33	35	38	9
31	30	31	32	29	29	37	31	28	34	10
34	32	32	29	29	37	30	34	30	34	11
33	30	34	33	35	33	34	35	37	35	12
32	36	34	33	33	30	31	33	31	36	13
31	29	30	31	33	30	34	31	29	33	14
32	30	31	32	33	29	31	33	29	29	15
34	32	29	28	33	27	31	32	32	30	16
33	33	32	34	32	34	33	39	30	32	17
28	39	33	27	30	32	30	36	39	37	18
33	33	32	34	30	26	26	34	31	32	19
33	35	31	30	33	34	32	33	38	38	20

El estudio de los datos recopilados a través del ensayo con el rugosímetro Merlin en la Av. Manco Cápac de Juliaca evidencia una variación moderada en las mediciones de rugosidad superficial. Los valores de desviación se concentran principalmente entre 30 y 37, aunque se observan algunas fluctuaciones significativas en ciertos puntos, lo que sugiere una desigualdad en el estado del pavimento. La mayoría de los registros se encuentran dentro de un rango intermedio, lo que refleja un nivel de uniformidad parcial en las irregularidades detectadas.



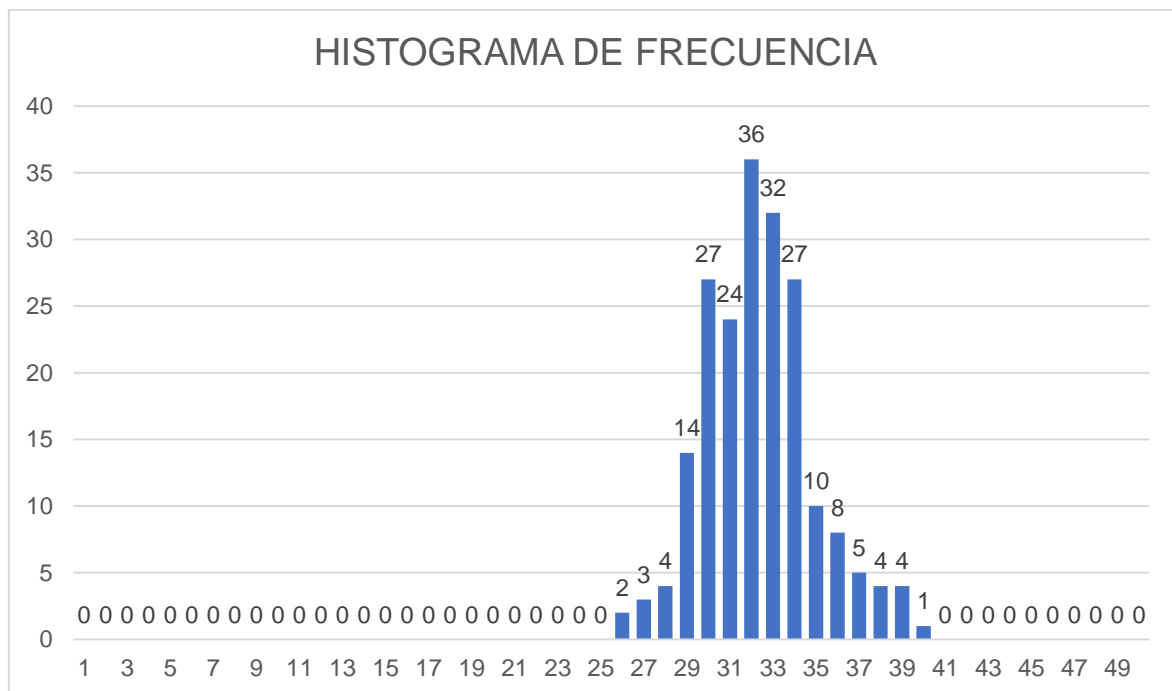
**Tabla 19**

*Intervalo de datos prog 0+600 al 0+800 margen derecho*

intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia	intervalo de desviaciones	frecuencia
1	0	11	0	21	0	31	24	41	0
2	0	12	0	22	0	32	36	42	0
3	0	13	0	23	0	33	32	43	0
4	0	14	0	24	0	34	27	44	0
5	0	15	0	25	0	35	10	45	0
6	0	16	0	26	2	36	8	46	0
7	0	17	0	27	3	37	5	47	0
8	0	18	0	28	4	38	4	48	0
9	0	19	0	29	14	39	4	49	0
10	0	20	0	30	27	40	1	50	0

**Figura 20**

*Histograma de frecuencias*





**4.4.1. Evaluación del pavimento prog 0+600 al 0+800 margen derecho**

**Tabla 20**

*Evaluación del pavimento prog 0+600 al 0+800 margen derecho*

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS CALCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE					
VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
AV. MANCO CAPAC					
CARRIL DERECHO	2.64	2.79	2.84	2.72	2.78

**4.4.2. Nivel de servicio prog 0+600 al 0+800 margen derecho**

**Tabla 21**

*Evaluación del pavimento prog 0+600 al 0+800 margen derecho*

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS			
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO			
VIA	PSI	PCI	CALIFICACIÓN
AV. MANCO CAPAC			
CARRIL DERECHO	2.78	55.6	REGULAR

La evaluación del pavimento en el carril derecho de la Av. Manco Cápac, con un PSI de 2.78 y un PCI de 55.6, clasifica su estado como "Regular". Estos valores reflejan un pavimento con deterioros moderados que, aunque todavía permite el tránsito vehicular, presenta signos de desgaste que podrían afectar la comodidad y seguridad de los usuarios a mediano plazo. La calificación "Regular" resalta la necesidad de implementar acciones de mantenimiento preventivo y correctivo para evitar un deterioro acelerado, prolongar su vida útil y garantizar un mejor desempeño funcional.



## 4.5. Análisis de resultado del índice de condición del pavimento de la avenida

### Manco Capac

Progresiva 0+000 a 0+200:

Clasificación: Malo.

Este tramo presenta un estado crítico debido a daños significativos como baches, fisuras y deformaciones que afectan gravemente la transitabilidad. Las condiciones actuales requieren una intervención correctiva inmediata para garantizar la seguridad y funcionalidad del pavimento.

Progresiva 0+200 a 0+400:

Clasificación: Regular.

Este tramo refleja una leve mejora en las condiciones del pavimento. Aunque no presenta un estado crítico, se observan desgastes menores que podrían agravarse si no se realiza un mantenimiento preventivo adecuado. Es importante monitorear este sector para evitar un deterioro acelerado.

Progresiva 0+400 a 0+600:

Clasificación: Regular.

Las condiciones en esta sección son similares al tramo anterior, con un pavimento que, aunque transitable, muestra signos de desgaste progresivo. Se recomienda realizar intervenciones preventivas para conservar su estado actual y evitar mayores daños.

Progresiva 0+800:

Clasificación: Malo.

En esta progresiva, el pavimento vuelve a presentar un deterioro significativo, con defectos estructurales visibles como grietas severas y deformaciones. Este tramo requiere atención prioritaria mediante trabajos correctivos para restaurar las condiciones óptimas del pavimento.



el análisis del índice de condición del pavimento pci por progresivas en el carril derecho de la avenida manco capac basado en los datos obtenidos con el rugosímetro merlin mostró variaciones significativas en la calidad del pavimento a lo largo de la vía los valores del pci oscilaron entre clasificaciones de regular a malo evidenciando tramos con distintos niveles de deterioro las progresivas con los valores más bajos reflejaron daños severos que podrían afectar la transitabilidad y la seguridad vehicular este resultado indicó la necesidad de realizar intervenciones puntuales en las zonas más deterioradas con el objetivo de prevenir mayores daños y mejorar la funcionalidad general del pavimento

#### **4.6. Técnicas para mantenimiento vial**

el análisis de las técnicas de mantenimiento vial basado en los resultados de los ensayos realizados en el pavimento de la avenida manco capac se clasificó en tres categorías principales

mantenimiento correctivo este mantenimiento fue necesario en las áreas clasificadas como malo donde el pavimento presentó daños graves como grietas profundas baches y deformaciones estructurales se incluyeron técnicas como el repapeo que consistió en reemplazar la capa superficial dañada y la rehabilitación que abarcó reparaciones más profundas en las capas estructurales estas intervenciones fueron prioritarias en los tramos críticos ubicados entre las progresivas iniciales 0000 a 0200 y finales 0800

mantenimiento preventivo este tipo de mantenimiento se aplicó en tramos clasificados como regular donde se observaron desgastes superficiales o irregularidades leves las técnicas incluyeron el sellado de fisuras para prevenir la filtración de agua y el rejuvenecimiento de la capa asfáltica para restaurar las propiedades del material y extender su vida útil estas acciones se recomendaron en las progresivas intermedias entre 0200 y 0600



Para las áreas que no habían sufrido daños severos pero que aún requerían intervenciones frecuentes para mantener su funcionamiento, se sugirió que se sometieran a mantenimiento periódico. Para mejorar la adherencia y la resistencia superficial del pavimento, se utilizaron diversas técnicas. Estas técnicas incluyeron la aplicación de asfalto delgado y la técnica de riego de liga.

Esto es un reperfilado: Regula las pequeñas deformaciones e imperfecciones en la capa superficial.

Ideal para áreas menos impactadas por el desgaste causado por el tráfico o el ambiente.

Es vital crear un plan de mantenimiento completo que combine procedimientos de reparación en zonas críticas con medidas preventivas en zonas regulares para maximizar la utilización de los recursos y extender la vida útil del pavimento. Se recomienda que las secciones que hayan sufrido más daños reciban la mayor prioridad para el mantenimiento correctivo, mientras que las demás secciones deben someterse a un programa de mantenimiento periódico para garantizar una transitabilidad segura y eficaz.



## CONCLUSIONES

- PRIMERA:** La evaluación de la condición superficial del pavimento flexible de la Avenida Manco Cápac, realizada mediante la medición de rugosidad y el análisis del nivel de servicio, permitió determinar que ambos márgenes presentan una clasificación de "regular". Esto indica una condición funcional aceptable pero con deterioros que afectan la comodidad y seguridad de los usuarios. Los índices obtenidos, como el PSI y el PCI, evidencian niveles de irregularidad que, aunque no críticos, requieren mantenimiento preventivo y correctivo. En particular, el margen derecho mostró un PSI de 2.79 y un PCI de 42.3, mientras que el margen izquierdo alcanzó un PSI de 2.91 y un PCI de 35.6.
- SEGUNDA:** La medición de la rugosidad del pavimento de la Avenida Manco Cápac, realizada mediante el uso del rugosímetro Merlin y el cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), permitió cuantificar las irregularidades superficiales en ambos márgenes de la vía. Los resultados evidenciaron niveles de rugosidad que clasifican el pavimento en un estado "regular", lo que indica que, aunque transitable, la superficie presenta irregularidades que afectan la comodidad y seguridad de los usuarios.
- TERCERA:** el análisis del nivel de servicio del pavimento flexible de la avenida manco capac mostró que aunque se clasificó como regular presentó limitaciones importantes en capacidad velocidad de operación y comodidad de los usuarios estas deficiencias se relacionaron con las irregularidades detectadas en la superficie del pavimento que afectaron el tránsito vehicular incrementando los tiempos de traslado reduciendo la eficiencia operativa y generando incomodidades durante la conducción además se identificaron áreas críticas con mayor rugosidad y defectos que aumentaron el riesgo de accidentes y el desgaste vehicular



**CUARTA:** El análisis integral realizado en la avenida manco capac permitió determinar los niveles de rugosidad y evaluar el estado del nivel de servicio del pavimento flexible revelando una condición general clasificada como regular estos hallazgos indicaron que el estado actual del pavimento impacta negativamente en la comodidad y seguridad de los usuarios además de aumentar el desgaste vehicular y el riesgo de accidentes la identificación de tramos con mayor deterioro resalta la necesidad de implementar intervenciones específicas adaptadas al grado de afectación detectado



## RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Reforzar la medición de rugosidad resulta fundamental mediante inspecciones periódicas utilizando equipos estandarizados como el rugosímetro merlin para detectar y cuantificar las irregularidades en el pavimento lo que facilitará la toma de decisiones fundamentadas respecto al mantenimiento preventivo y correctivo
- SEGUNDA:** supervisar las zonas críticas implica utilizar los resultados para implementar un sistema de monitoreo constante en las áreas con mayores irregularidades dando prioridad a aquellas que impactan directamente en la seguridad y comodidad de los usuarios
- TERCERA:** Elaborar e implementar un programa de mantenimiento especializado para optimizar el nivel de servicio del pavimento en la avenida manco capac este plan debe centrarse en la rehabilitación de las zonas críticas con mayor rugosidad y defectos significativos empleando técnicas como fresado y recapado asfáltico para recuperar su funcionalidad adicionalmente es necesario mejorar la capacidad y velocidad de operación mediante la aplicación de medidas que favorezcan la fluidez del tráfico incluyendo ajustes en la señalización y la reconfiguración de carriles cuando sea requerido
- CUARTA:** Implementar un plan de mantenimiento vial integral que priorice intervenciones diferenciadas según el grado de afectación identificado en el análisis. Para los tramos críticos, es crucial realizar reparaciones correctivas inmediatas que incluyan bacheo, sellado de fisuras y rehabilitación parcial o total del pavimento según sea necesario. En los tramos clasificados como "regular", se debe aplicar mantenimiento preventivo para evitar un deterioro mayor, como sellado de juntas y rejuvenecimiento de la capa asfáltica.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bañon Blazquez, L. (2018). *Manual de Carreteras - construccion y mantenimiento*.
- Capia Mamani, W. (s.f.). ESTUDIO DE LOS FACTORES DEL DETERIORO DE LA VÍA ASFALTADA – VILQUE DE LA REGIÓN PUNO. Puno, Puno, Perú.
- Carhuapoma Carlos, J. H. (2019). Evaluación del nivel de servicio mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) utilizando el rugosímetro MERLIN en el pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca–2019. Cerro de Pasco, Perú.
- Corros B., M. (2017). *MANUAL DE EVALUACION DE PAVIMENTOS*. Lima.
- Garnica Anguas, P. (2018). ÍNDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD EN LA RED CARRETERA DE MÉXICO. Mexico, Mexico.
- González Muñoz, L. G. (2019). DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DE LA MALLA VIAL DE BOGOTÁ. Bogotá, Colombia.
- Gutierrez Lázares, W. (2018). *MECÁNICA DE SUELOS APLICADA A VÍAS DE TRANSPORTE*. Lima.
- Lluncor Gallo , R. A., & Salcedo Barrios, R. G. (2018). PROPUESTA DE GESTIÓN PARA MANTENER LA RUGOSIDAD DENTRO DE LOS NIVELES DE SERVICIO DEL CONTRATO DE CONCESIÓN . Chincha, Ica, Perú.
- Mauricio Pradena , M. (2016). AUSCULTACIÓN EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD COMO PARÁMETRO DETERMINADOR DEL RESULTADO DE LA CONSERVACIÓN. Arica, Chile.
- Menendez Acurio, J. R. (2016). *INGENIERÍA DE PAVIMENTOS - DISEÑO DE PAVIMENTOS*. Lima: ICG.
- Montejo Fonseca, A. (2002). *INGENIERÍA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS*. Bogotá.
- MTC. (2014). *MANUAL DE CARRETERAS SUELOS GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS SECCION SUELOS Y PAVIMENTOS*. Perú.



Paricahua Chaiña, R. C. (s.f.). FACTORES RELACIONADOS ENTRE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL Y EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL CERCADO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN 2023. San Miguel, San Miguel, Perú.

Ramos Vilca, W. (2017). EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO POR DEFLECTOMETRÍA E ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DE LA CARRETERA: PUNO – VILQUE – MAÑAZO - 4KM CRÍTICOS - 2015. Puno, Perú.

Rivera Huayhua, D. A. (2023). DIAGNOSTICO DEL ESTADO DE CONDICION DEL PAVIMENTO Y SERVICIABILIDAD MEDIANTE EL ESTUDIO DE REGULARIDAD SUPERFICIAL EN LA AV. HÉROES DE LA GUERRA DEL PACIFICO DE LA CIUDAD DE JULIACA. Juliaca, San Roman, Perú.

Sangay Cusquisibán, M. O. (2019). DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIDO CON EL EQUIPO MERLIN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA Av. HOYOS RUBIO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA. Cajamarca, Perú.

Varas Navas, M. E. (2021). Evaluación superficial del pavimento flexible en la calle Pablo Rossell cuadras 5, 6 y 7 aplicando el rugosímetro de Merlín, Iquitos - 2021. Iquitos, Loreto, Perú.



## ANEXOS



### Anexo 1. Matriz de consistencia

Título: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA AVENIDA MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DE JULIACA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICES / INDICADORES	METODOLOGÍA
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>			
¿Cuál es el estado actual y su condición superficial de la avenida manco capac de la ciudad de juliaca?	Diagnosticar el estado actual y su nivel de servicio de la avenida manco capac para la ciudad de juliaca	Un diagnostico de la condicion superficial y el nivel de servicio de la avenida manco capac nos dara resultados para los fines de mantenimiento	<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> la regularidad de la via en servicio. Ahuellamientos, y perdida de atritos .	Rugosimetro / regularidad internacional IRI. _ Textura / mancha de arena _ ahuellamiento /	Enfoque: Cuantitativo. Nivel: Explicativo. Tipo: Analítico
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Especificas</b>			<b>INSTRUMENTOS</b>
¿Cuáles serán las causas de un bajo nivel de servicio de la via producto de los tipos de fallas en la avenida manco capac?	Establecer las causas y tipos de fallas en la avenida manco capac de la ciudad de juliaca	existe un bajo nivel de servicio a nivel de su funcionalidad debido a los tipos de fallas existentes en la avenida manco capac	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> Estado actual del pavimento av manco capac.	analisis situacional y actual de la superficie del pavimento. _ capacidad de rozamiento superficial como medida de seguridad vial.	Indice de rugosidad internacional IRI. Medidor de rugosidad
¿Cuál sera el indice de rugosidad internacional IRI para la av manco capac de la ciudad de Juliaca?	determinar el indice de rugosidad internacional IRI para la av manco capac de la ciudad de Juliaca	Mediante el método de índice de Rugosidad Internacional (IRI) en la avenida manco capac – Juliaca, se identificara un alto deterioro superficial del pavimento.			
¿Porque la seguridad del usuario como confort es un parámetro de servicibilidad cuyo factor es la valoración de la rugosidad funcional en el pavimento?	Establecer que la seguridad del usuario como confort es un parámetro de servicibilidad cuyo factor es la valoración de la rugosidad funcional de atrito del pavimento	La seguridad del usuario como confort es un parámetro de servicibilidad cuyo factor es la valoración de la rugosidad funcional de atrito del pavimento			



### Anexo 2. Ensayos de laboratorio



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



## ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

**TESIS** : EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA AVENIDA MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DE JULIACA  
**SOLICITANTE** : Bach. YURI LIZANDRO MONTES MENDOZA  
**LUGAR** : DISTRITO DE JULIACA  
**TRAMO** : AVENIDA MACO CAPAC - JULIACA  
**CARRIL** : DERECHO EXTERNO PROGRESIVA: 0+000 AL 0+200  
**FECHA** : 04 DE ABRIL DEL 2024

(HOJA DE CAMPO)

ENSAYO N°

HORA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	32	33	32	38	35	32	36	36	36	34
2	33	34	32	33	31	35	31	36	35	35
3	35	33	34	35	37	38	36	34	40	41
4	33	37	32	29	36	36	33	37	40	29
5	33	39	30	31	36	37	38	38	36	36
6	34	35	37	33	34	35	38	32	36	38
7	38	38	39	38	35	33	36	36	35	38
8	33	37	34	35	31	36	30	37	36	34
9	35	38	28	36	38	36	37	35	35	36
10	30	32	29	37	36	33	38	35	36	35
11	33	35	35	36	38	34	41	36	36	36
12	37	35	37	30	37	34	38	36	41	37
13	34	38	32	30	37	34	31	37	39	33
14	36	34	29	35	35	37	32	35	36	37
15	34	31	37	38	29	37	36	29	37	41
16	29	36	39	30	34	37	32	33	35	37
17	33	37	32	34	35	36	37	38	39	33
18	36	35	35	37	38	33	34	37	35	37
19	35	39	37	40	32	36	28	38	31	36
20	37	37	38	35	30	37	36	37	39	39

TIPO DE PAVIMENTO

- AFIRMADO
- BASE GRANULAR
- BASE IMPRIMIDA
- TRAT. BICAPA
- CARPETA EN FRIO
- CARP. ASFÁLTICA
- RECAPEO ASFÁLTICO
- SELLO
- OTROS

#### CALCULO DE "D"

COLA IZQUIERDA: 0.86  
 COLA DERECHA: 0.63  
 CENTRO: 8.00  
 D: 9.48 und.  
 D: 47.41 mm  
 F: 1.00

#### CALCULO IRI

IRI   
 IRI = 2.82 m/km  
 PCI = MALO

#### CALCULO PSI

SEGÚN D. DUJISIN Y A. ARROYO (1995)  
 $PSI = 5 / [e^{IRI/5.5}]$   
 PSI = 1.75

UANCV - FICP  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS  
 YURI LIZANDRO MONTES MENDOZA  
 CID 100727

B. N° 006-00307121



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



## ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

**TESIS** : EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA AVENIDA MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DE JULIACA  
**SOLICITANTE** : Bach. YURI LIZANDRO MONTES MENDOZA  
**LUGAR** : DISTRITO DE JULIACA  
**TRAMO** : AVENIDA MACO CAPAC - JULIACA  
**CARRIL** : DERECHO  
**FECHA** : 04 DE ABRIL DEL 2024

### HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

ENSAYO N°

HORA 09:00

COLA IZQUIERDA: 0.68  
COLA DERECHA: 0.63  
CENTRO: 8



N° IRI	CONTEO
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0
16	0
17	0
18	0
19	0
20	0
21	0
22	0
23	0
24	0
25	0
26	0
27	0
28	2
29	7
30	7
31	7
32	12
33	17
34	17
35	29
36	34
37	32
38	21
39	8
40	3
41	4
42	0
43	0
44	0
45	0
46	0
47	0
48	0
49	0
50	0

UANCV - FICP  
CAP INGENIERÍA CIVIL  
MELBA RIVERA JAVIERA  
CIP 100247

B. N° 006-00307121



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



## ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

**TESIS** : EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA AVENIDA MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DE JULIACA  
**SOLICITANTE** : Bach. YURI LIZANDRO MONTES MENDOZA  
**LUGAR** : DISTRITO DE JULIACA  
**TRAMO** : AVENIDA MACO CAPAC - JULIACA  
**CARRIL** : DERECHO EXTERNO PROGRESIVA: 0+200 AL 0+400  
**FECHA** : 04 DE ABRIL DEL 2024

(HOJA DE CAMPO)

ENSAYO N° **2**

HORA **10:00**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	35	35	33	33	36	35	29	33	33	34
2	33	35	31	34	37	30	33	34	33	34
3	30	36	41	47	35	38	41	42	36	37
4	38	40	39	40	41	37	33	35	30	34
5	36	19	32	27	26	42	24	40	33	27
6	26	25	26	22	23	28	35	39	31	34
7	33	32	35	30	37	35	32	40	32	32
8	28	32	28	32	35	33	34	34	31	35
9	34	35	33	26	34	32	33	37	35	33
10	32	38	45	35	33	37	30	33	34	35
11	34	33	31	44	41	40	39	19	35	39
12	38	38	39	33	38	33	40	32	38	38
13	31	34	44	32	45	35	37	37	35	35
14	33	35	37	36	37	30	34	34	33	35
15	35	35	35	30	34	19	33	32	35	35
16	32	21	36	32	34	33	39	34	33	36
17	38	37	33	34	31	34	27	30	35	35
18	38	33	31	34	31	34	37	33	34	36
19	35	36	34	37	38	33	31	37	27	35
20	37	33	33	31	40	37	35	35	34	35

TIPO DE PAVIMENTO

- AFIRMADO
- BASE GRANULAR
- BASE IMPRIMIDA
- TRAT. BICAPA
- CARPETA EN FRIO
- CARP. ASFÁLTICA
- RECAPEO ASFÁLTICO
- SELLO
- OTROS

### CALCULO DE "D"

COLA IZQUIERDA: 0.50  
 COLA DERECHA: 0.25  
 CENTRO: 14.00  
 D: 14.75 und.  
 D: 73.75 mm  
 F: 1.00

### CALCULO IRI

IRI  $0.593 + 0.0471 \times D$   
 IRI = **4.06** m/km  
 PCI = MALO

### CALCULO PSI

SEGÚN D. DUJISIN Y A. ARROYO (1995)  
 $PSI = 5 / [e^{IRI/5.5}]$   
 PSI = **2.40**

UANCV FICP  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS  
 Ing. YURI LIZANDRO MONTES MENDOZA  
 CIP 100257

B. N° 006-00307121



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



## ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

**TESIS** : EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA AVENIDA MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DE JULIACA  
**SOLICITANTE** : Bach. YURI UZANDRO MONTES MENDOZA  
**LUGAR** : DISTRITO DE JULIACA  
**TRAMO** : AVENIDA MANCO CAPAC - JULIACA  
**CARRIL** : DERECHO  
**FECHA** : 04 DE ABRIL DEL 2024

### HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

ENSAYO N°

HORA 10:00

COLA IZQUIERDA 0.50  
COLA DERECHA: 0.25  
CENTRO: 14



N° IRI	CONTEO
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0
16	0
17	0
18	0
19	3
20	0
21	1
22	1
23	1
24	1
25	1
26	4
27	4
28	3
29	1
30	8
31	10
32	14
33	31
34	25
35	33
36	9
37	16
38	11
39	5
40	7
41	4
42	2
43	0
44	2
45	2
46	0
47	1
48	0
49	0
50	0

UANCV / FICP  
CAP INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS  
YURI UZANDRO MONTES MENDOZA  
CIP 14.12.07

B. N° 006-00307121



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



## ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

**TESIS** : EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA AVENIDA MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DE JULIACA  
**SOLICITANTE** : Bach. YURI LIZANDRO MONTES MENDOZA  
**LUGAR** : DISTRITO DE JULIACA  
**TRAMO** : AVENIDA MACO CAPAC - JULIACA  
**CARRIL** : DERECHO EXTERNO PROGRESIVA: 0+4.00 AL 0+600  
**FECHA** : 04 DE ABRIL DEL 2024

(HOJA DE CAMPO)

ENSAYO N°

HORA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	30	36	38	35	33	33	32	29	29	33
2	31	31	37	39	35	34	32	36	34	31
3	31	32	31	36	31	32	30	33	31	39
4	30	32	29	32	32	33	33	32	32	35
5	37	34	33	33	34	34	31	32	38	35
6	30	37	36	32	31	35	38	34	36	33
7	36	34	33	34	35	32	31	31	35	28
8	34	31	36	32	32	33	34	36	33	29
9	34	37	35	37	38	35	32	36	37	33
10	35	34	33	33	38	32	35	35	33	35
11	34	32	36	32	32	37	31	31	30	30
12	36	28	34	31	29	36	32	37	32	34
13	31	34	32	37	36	37	32	35	30	33
14	31	37	34	37	33	32	33	30	40	35
15	31	32	33	35	33	33	34	31	34	31
16	34	35	33	32	33	35	35	35	30	31
17	31	32	33	33	30	35	31	29	34	32
18	31	32	30	35	31	30	29	32	33	30
19	33	32	34	33	32	32	34	36	35	31
20	31	30	35	33	30	31	30	34	30	29

TIPO DE PAVIMENTO

- AFIRMADO
- BASE GRANULAR
- BASE IMPRIMIDA
- TRAT. BICAPA
- CARPETA EN FRIO
- CARP. ASFÁLTICA
- RECAPEO ASFÁLTICO
- SELLLO
- OTROS

### CALCULO DE "D"

COLA IZQUIERDA: 0.00  
 COLA DERECHA: 0.83  
 CENTRO: 7.00  
 D: 7.83 und.  
 D: 39.17 mm  
 F: 1.00

### CALCULO IRI

IRI

IRI = 2.42 m/km

PCI = REGULAR

### CALCULO PSI

SEGÚN D. DUJISIN Y A. ARROYO (1995)

$PSI = 5 / [e^{IRI/5.5}]$

PSI = 2.91

LIANCV - FICP  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
  
 Mg. YURI LIZANDRO MONTES MENDOZA  
 CIP 100257

B. N° 006-00307121



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



## ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

**TESIS** : EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA AVENIDA MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DE JULIACA  
**SOLICITANTE** : Bach. YURI LIZANDRO MONTES MENDOZA  
**LUGAR** : DISTRITO DE JULIACA  
**TRAMO** : AVENIDA MACO CAPAC - JULIACA  
**CARRIL** : DERECHO  
**FECHA** : 04 DE ABRIL DEL 2024

### HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

ENSAYO N°

HORA 11:00

COLA IZQUIERDA 0.00  
COLA DERECHA: 0.83  
CENTRO: 7

N° IRI	CONTEO
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0
16	0
17	0
18	0
19	0
20	0
21	0
22	0
23	0
24	0
25	0
26	0
27	0
28	2
29	8
30	17
31	28
32	33
33	31
34	24
35	23
36	14
37	12
38	5
39	2
40	1
41	0
42	0
43	0
44	0
45	0
46	0
47	0
48	0
49	0
50	0



UANCV - FICP  
CAP. INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS  
YURI LIZANDRO MONTES MENDOZA  
CIP 1100000000



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CML  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



## ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

**TESIS** : EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA AVENIDA MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DE JULIACA  
**SOLICITANTE** : Bach. YURI LIZANDRO MONTES MENDOZA  
**SECTOR** : DISTRITO DE JULIACA  
**TRAMO** : AVENIDA MACO CAPAC - JULIACA  
**CARRIL** : DERECHO EXTERNO PROGRESIVA: 0+600 AL 0+800  
**FECHA** : 04 DE ABRIL DEL 2024

(HOJA DE CAMPO)

ENSAYO N°

HORA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	30	32	32	31	32	30	29	32	33	33
2	32	30	31	34	30	31	32	32	33	30
3	30	29	32	30	36	32	31	31	31	34
4	32	31	33	35	35	34	30	34	32	30
5	32	31	31	33	34	29	32	33	36	38
6	30	34	33	32	33	34	34	30	34	31
7	32	33	32	35	28	32	36	34	33	32
8	35	36	38	34	32	35	27	34	29	30
9	31	32	34	37	39	33	36	33	35	38
10	31	30	33	32	29	29	37	31	28	34
11	34	32	32	29	29	37	30	34	30	34
12	33	30	34	33	35	33	34	35	37	35
13	32	36	34	33	33	30	31	33	31	36
14	31	29	30	31	33	30	34	31	29	33
15	32	30	31	32	33	29	31	33	29	29
16	34	32	29	28	33	27	31	32	32	30
17	33	33	32	34	32	34	33	39	30	32
18	28	39	33	27	30	32	30	36	39	37
19	33	33	32	34	38	26	26	34	31	32
20	33	35	31	30	33	34	32	33	30	38

TIPO DE PAVIMENTO

AFIRMADO

BASE GRANULAR

BASE IMPRIMIDA

TRAT. BICAPA

CARPETA EN FRIO

CARP. ASFÁLTICA

RECAPEO ASFÁLTICO

SELLLO

OTROS

CALCULO DE "D"

COLA IZQUIERDA: 0.80  
COLA DERECHA: 0.93  
CENTRO: 7.00  
D: 8.73 und.  
D: 43.64 mm  
F 1.00

CALCULO IRI

IRI   
IRI = 2.64 m/km  
PCI = REGULAR

CALCULO PSI

SEGÚN D. DUJISIN Y A. ARROYO (1995)  
 $PSI = 5 / [e^{IRI/5.5}]$   
PSI = 3.10

UANCV FICP  
CAP. INGENIERÍA CIVIL  
YURI LIZANDRO MONTES MENDOZA  
CIP 1000007



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



## ENSAYO DE INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

NORMA AASHTO PP 37-04

**TESIS** : EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE RUGOSIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DE LA AVENIDA MANCO CAPAC DE LA CIUDAD DE JULIACA  
**SOLICITANTE** : Bach. YURI LIZANDRO MONTES MENDOZA  
**SECTOR** : DISTRITO DE JULIACA  
**TRAMO** : AVENIDA MANCO CAPAC - JULIACA  
**CARRIL** : DERECHO  
**FECHA** : 04 DE ABRIL DEL 2024

### HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

ENSAYO N°

HORA 12:00

COLA IZQUIERDA 0.80  
COLA DERECHA: 0.93  
CENTRO: 7

N° IRI	CONTEO
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0
16	0
17	0
18	0
19	0
20	0
21	0
22	0
23	0
24	0
25	0
26	2
27	3
28	4
29	14
30	26
31	24
32	36
33	32
34	27
35	10
36	8
37	5
38	5
39	4
40	0
41	0
42	0
43	0
44	0
45	0
46	0
47	0
48	0
49	0
50	0



UANCV / FICP  
CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO  
M.S.C.A.  
JULIACA

YURI LIZANDRO MONTES MENDOZA  
CIP 117127

B. N° 006-00307121



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital [X]

Fecha de entrega: 21-01-2025

1. Datos del autor (es):

Formulario with fields for author information: Nombres y Apellidos, Dirección, DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°, Teléfono, email, Facultad y/o Escuela de Posgrado, Escuela Profesional o Mención, Título o Grado Académico a optar, Asesor, Título, Palabras claves, and a question about development in UANCV.



2. Referencia de tesis:

Bachiller  Título  2da Especialidad  Maestría  Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

**Autorizo su publicación (marque con una X)**

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

**¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?**

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

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

Sí autorizo  
 No autorizo



**Jurisdicción de su Licencia**

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓN - P 17



21-01-2025

Firma de Autor

huella digital

Fecha