



**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL**  
**MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES**



**RUGOSIDAD Y TEXTURA DE LA CARPETA ASFÁLTICA  
PARA LA APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO EN LA  
VÍA MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE DE  
LA CIUDAD DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:  
**RONALD EDSON YANQUI QUISPE**  
PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE  
**MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL**  
MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES

**JULIACA – PERÚ**  
**2024**



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL**

**MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES**

**RUGOSIDAD Y TEXTURA DE LA CARPETA ASFÁLTICA  
PARA LA APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO EN LA  
VÍA MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE  
DE LA CIUDAD DE JULIACA**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**RONALD EDSON YANQUI QUISPE**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL**

**MENCION: GEOTECNIA Y TRANSPORTES**

**APROBADA POR:**

**PRESIDENTE**

  
: Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA

**PRIMER MIEMBRO**

  
: Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

**SEGUNDO MIEMBRO**

  
: Mgtr. ARNALDO YANA TORRES

**ASESOR DE TESIS**

  
: Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50**



## UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" ESCUELA DE POSGRADO



### RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 156-2024-D-EPG-UANCV/J

Juliaca, 17 de junio del 2024

#### VISTOS:

El expediente N° 2024-05684, presentado por el (la) Bachiller **YANQUI QUISPE RONALD EDSON**, con número de DNI. **41296446**, asignado (a) con código de matrícula **1510101361**, de la **Maestría en INGENIERIA CIVIL, Mención: GEOTECNIA Y TRANSPORTES**, de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" de la Sede Central Juliaca.

#### CONSIDERANDO:

Que, el (a) Bach. **YANQUI QUISPE RONALD EDSON**, con número de DNI. **41296446**, asignado (a) con código de matrícula **1510101361**, de la **Maestría en INGENIERIA CIVIL, Mención: GEOTECNIA Y TRANSPORTES**, ha solicitado fecha, hora y modalidad de sustentación de la Tesis titulada: **RUGOSIDAD Y TEXTURA DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO EN LA VÍA MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE DE LA CIUDAD DE JULIACA** La misma que pertenece a la Línea de Investigación: **TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50** y:

Que, el (a) referido (a) Dictamen de Tesis aprobado por los jurados el 12 de abril del 2024. Establece la fecha de sustentación; habiendo para el efecto cumplido los requisitos establecidos en el reglamento para la Obtención del Grado Académico de Magister/Maestro y Doctor de la Escuela de Posgrado de la UANCV;

Que, en el Artículo 66 del Reglamento General de la Escuela de Posgrado de la UANCV, establece que la sustentación de Tesis de Postgrado es un trabajo de investigación original y crítico, de actualidad y de alto valor científico;

En uso de las atribuciones conferidas a la Dirección en el inciso "J" del artículo 17° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado, y el Art. 76 del Estatuto Universitario;

#### SE RESUELVE:

**ARTÍCULO PRIMERO. - DECLARAR EXPEDITO** para la Sustentación de la Tesis titulada: **RUGOSIDAD Y TEXTURA DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO EN LA VÍA MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE DE LA CIUDAD DE JULIACA** Elaborado por el (la) Bachiller **YANQUI QUISPE RONALD EDSON**. Integrado por los siguientes docentes:

Presidente del Jurado	:	Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Miembro del Jurado	:	Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
Miembro del Jurado	:	Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
Asesor de Tesis	:	Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI

**ARTÍCULO SEGUNDO. -** El proceso de la Sustentación de la Tesis en mención, se llevará a cabo:

Fecha	:	Jueves 20 de junio del 2024
Hora	:	11:00 a.m.
Lugar	:	Aula N° 310 EPG - UANCV - JULIACA

A cuya finalización el Jurado registrará los resultados en el Libro de Actas de Sustentación de Tesis de Maestría con el grado **MAESTRO** de los estudiantes que ingresaron después a la aprobación de la ley Universitaria N° 30220.

**ARTÍCULO TERCERO. -** Elévese la presente Resolución al Rectorado, Vicerrectorado Académico, Vicerrectorado Administrativo y Oficina del Órgano de Inspección y Control para conocimiento.

Regístrese, comuníquese y Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
ESCUELA DE POSGRADO  
Dr. Leopoldo Wenceslao Condori Ceri  
DIRECTOR (e)

Cc: Archiv EPG (01)  
Interesado (01)  
Cargo (01)  
Jurado (02)  
Asesor (01)  
Expediente (01)  
LWCC/men



# UNIVERSIDAD ANDINA

## "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

### ESCUELA DE POSGRADO



#### RESOLUCION DIRECTORAL N° 1013-2023-USA-EPG/UANCV

Juliaca, 25 de octubre del 2023.

#### VISTOS:

El expediente N° 2023-010170, de fecha 12 de Octubre del 2023, presentado por el (la) Bachiller **RONALD EDSON YANQUI QUISPE** con DNI N° 41296446, código de matrícula 1510101361, quien solicita resolución de aprobación de proyecto de tesis titulado: **RUGOSIDAD Y TEXTURA DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO EN LA VÍA MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE DE LA CIUDAD DE JULIACA** Línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50** para optar el grado de **MAESTRO** en **INGENIERÍA CIVIL**, mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES** de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Sede Central Juliaca.

#### CONSIDERANDO:

Que, en el Reglamento General de la Escuela de Posgrado de la UANCV, establece que la sustentación de tesis de Posgrado es un trabajo de investigación original y crítico de actualidad de alto valor científico.  
Que, según Resolución N° 0555-2019-UANCV-CU-R, de fecha 08 de noviembre del 2019, se aprueba el Reglamento para la obtención del grado académico de Magister, Maestro, Doctor y Titulación de los Programas de Segunda Especialidad Profesional de la Escuela de Posgrado.  
Que, el **Art. 17**, establece que la aprobación del proyecto de investigación de tesis para la obtención de grados académicos de Magister, Maestro, Doctor se inicia con la presentación del proyecto de investigación de tesis según corresponda, en forma individual y conforme a las recomendaciones de la Escuela de Posgrado y estándares de la investigación científica, tecnológica y humanística.  
Que, en el **Art.60**, señala que la fecha límite para la presentación del borrador de tesis es de 02 años contados desde la emisión de la resolución de aprobación del proyecto de tesis, vencido el plazo máximo el candidato a Magister, Maestro o Doctor deberá presentar un nuevo proyecto de investigación de tesis.  
Que, el **Art. 21**, establece que el Director de la Escuela de Posgrado y el Director de la Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado, nominarán por sorteo a 03 docentes miembros del comité de investigación.  
Que, mediante oficio circular N° 332-2023-USA-EPG/UANCV-J, de fecha 16 de Junio del 2023, se nombra al Comité de Investigación del proyecto de tesis conformado por los siguientes docentes:

Presidente	: Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Primer Miembro	: Dr. LEONEL SUACASA PELINCO
Segundo Miembro	: Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
Asesor	: Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI

Que, con registro N° 003712 de fecha 01 de Octubre del 2023, el Comité de Investigación del proyecto de tesis titulado: **RUGOSIDAD Y TEXTURA DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO EN LA VÍA MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE DE LA CIUDAD DE JULIACA** cumple con los lineamientos y contenidos establecidos en reglamento de grado de investigación conducentes al grado académico de Magister/Maestro y Doctor de la Escuela de Posgrado de la UANCV.  
En uso de las atribuciones conferidas a la Dirección en el inciso "j" del artículo 17 del Reglamento General de la Escuela de Posgrado y en el artículo 76 del Estatuto Universitario:

#### SE RESUELVE:

**PRIMERO: APROBAR**, el Proyecto de investigación de Tesis de maestría y **AUTORIZAR** el desarrollo de la Tesis, titulado: **RUGOSIDAD Y TEXTURA DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO EN LA VÍA MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE DE LA CIUDAD DE JULIACA** para obtener el grado académico de **MAESTRO** en **INGENIERÍA CIVIL**, mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES**, de la UANCV.

**SEGUNDO: ELEVAR** al Rectorado, Vicerrectorado Académico, Vicerrectorado Administrativo, Vicerrectorado de Investigación, Oficina del Órgano de Inspección y Control para conocimiento y cumplimiento de la presente resolución.

Regístrese, Comuníquese y Archívese



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
ESCUELA DE POSGRADO  
Dr. Leopoldo Viterbo Pacheco Carr  
DIRECTOR (a)



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
ESCUELA DE POSGRADO  
M<sup>ra</sup>. PERCY SIBILO PUNA PUNA  
SECRETARIO ACADÉMICO

4 (CARGO) (01)  
ARCHIVO EPG-2023 (01)  
INTERESADO (01)  
LWCC/VCH



## RUGOSIDAD Y TEXTURA DE LA CARPETA ASFÁLTICA EN LA APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO EN LA VÍA MARTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE DE LA CIUDAD DE JULIACA

### INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

17%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

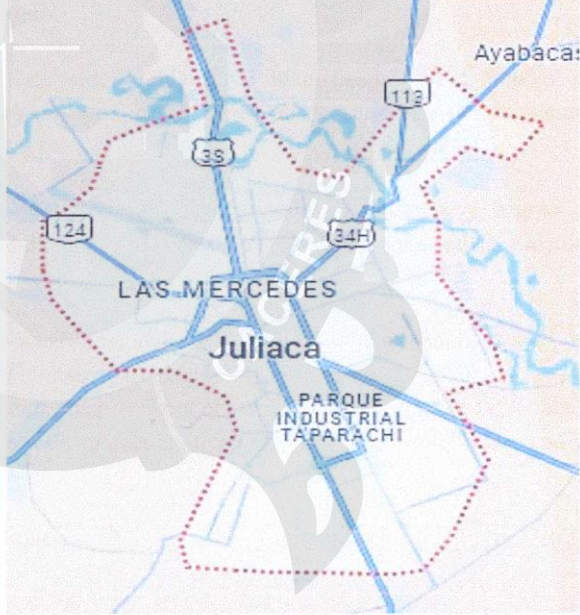
1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	12%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Webster University Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	www.scribd.com Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1%



## Metadatos complementarios - UANCV

TITULO	
RUGOSIDAD Y TEXTURA DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO EN LA VÍA MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE DE LA CIUDAD DE JULIACA	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y Apellidos	RONALD EDSON YANQUI QUISPE
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41296446
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0008-8337-6746">https://orcid.org/0009-0008-8337-6746</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02429806
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0009-1482-3669">https://orcid.org/0009-0009-1482-3669</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres Y Apellidos	OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0005-6613-6925">https://orcid.org/0009-0005-6613-6925</a>
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres Y Apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0001-6657-665X">https://orcid.org/0000-0001-6657-665X</a>



Miembro del jurado 2	
Nombres Y Apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-6740-5024">https://orcid.org/0000-0002-6740-5024</a>
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN - P50
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p><b>Dirección:</b> Ciudad De Juliaca <b>País:</b> Perú <b>Departamento:</b> Puno <b>Provincia:</b> San Román <b>Distrito:</b> Juliaca -15.49157, -70.13171 <a href="https://maps.app.goo.gl/KSYqxNNML9XTsX6F8">https://maps.app.goo.gl/KSYqxNNML9XTsX6F8</a></p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Octubre 2023 – Junio 2024
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería civil <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00</a> 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>
	- Librería



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
ESCUELA DE POSTGRADO



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo RONALD EDSON YANQUI QUISPE, identificado con DNI Nro. 41296446 en mi condición de egresado de:

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

MAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL

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

RUGOSIDAD Y TEXTURA DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO EN LA VÍA MARTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE DE LA CIUDAD DE JULIACA

Asesorado por: Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI

Es un tema original.

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

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

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

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

Juliaca 19 de setiembre del 2024

[Signature of Advisor]

Firma del Asesor (obligatorio)

[Signature of Student]

Firma del Estudiante (obligatorio)

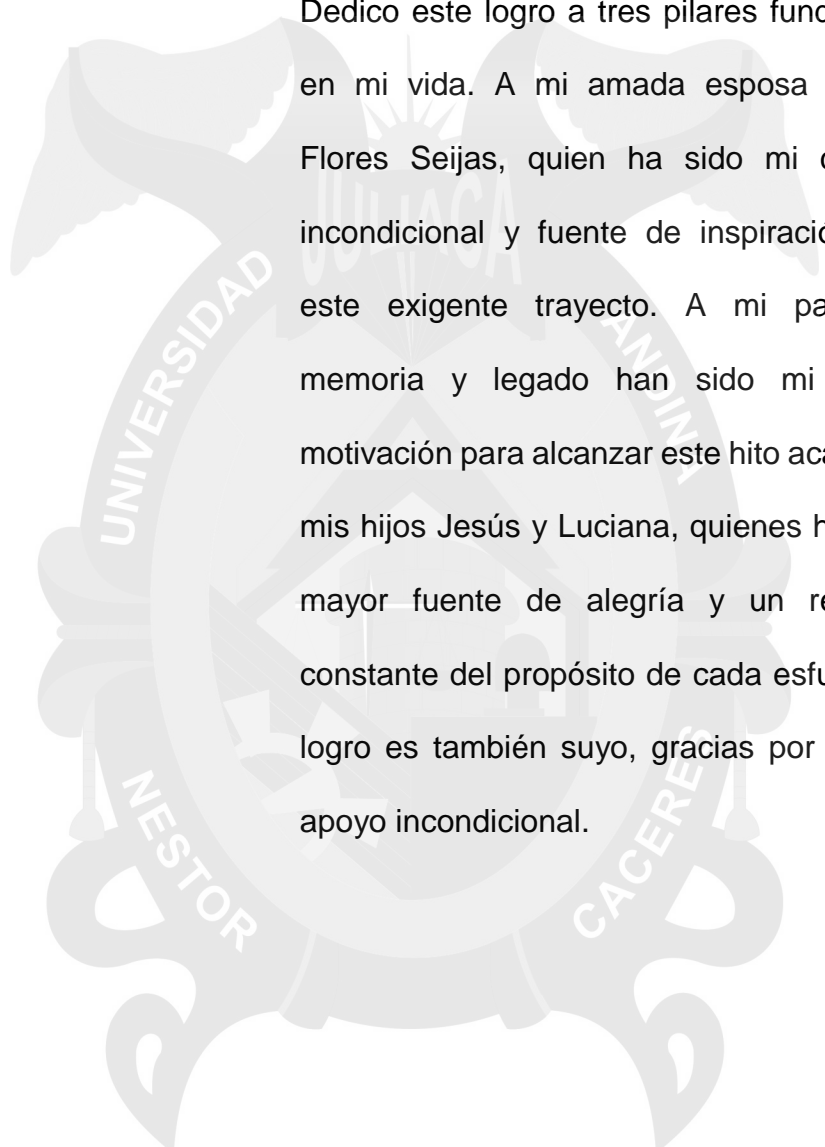


Huella



## DEDICATORIA

Dedico este logro a tres pilares fundamentales en mi vida. A mi amada esposa Jacqueline Flores Seijas, quien ha sido mi compañera incondicional y fuente de inspiración durante este exigente trayecto. A mi padre, cuya memoria y legado han sido mi constante motivación para alcanzar este hito académico. A mis hijos Jesús y Luciana, quienes han sido mi mayor fuente de alegría y un recordatorio constante del propósito de cada esfuerzo. Este logro es también suyo, gracias por su amor y apoyo incondicional.





## AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento al Dr. Ricardo Aníbal Maldonado Mamani, por su invaluable orientación, dedicación y sabiduría impartida durante todo el proceso de elaboración de esta tesis. Su guía experta y su apoyo constante fueron fundamentales para el logro de este objetivo académico. También deseo agradecer a todos los docentes de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, del Posgrado de Ingeniería Civil, por su compromiso con la excelencia académica y por brindarme las herramientas necesarias para el desarrollo de este trabajo. Su contribución ha sido fundamental en mi formación profesional y personal. A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento.



### ÍNDICE DE CONTENIDO

Dedicatoria .....	i
Agradecimientos.....	ii
Índice De Contenido.....	i
Índice De Tablas .....	v
Índice De Figuras .....	vii
Resumen .....	viii
Abstract .....	ix
Introducción .....	x

### CAPÍTULO I

#### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Exposición De La Situación Problemática .....	1
1.2. Planteamiento Del Problema.....	3
1.2.1. Pregunta General .....	3
1.2.2. Preguntas Especificas.....	4
1.3. Justificación De La Investigación .....	4
1.3.1. Justificación Técnica .....	5
1.3.2. Justificación Económica .....	6
1.3.3. Justificación Social .....	7
1.3.4. Justificación Ambiental.....	7
1.4. Objetivos.....	8
1.4.1. Objetivo General.....	8
1.4.2. Objetivos Específicos .....	9
1.5. Hipótesis.....	9
1.5.1. Hipótesis General.....	9



1.5.2.	Hipótesis Específicas .....	9
1.6.	Variables E Indicadores .....	9
1.7.	Operacionalización De Las Variables .....	10

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes De La Investigación.....	11
2.1.1.	Antecedentes Internacionales.....	11
2.1.2.	Antecedentes Nacionales.....	12
2.1.3.	Antecedentes De Nivel Local .....	14
2.2.	Marco Teórico Referencial .....	16
2.2.1.	Pavimento.....	17
2.2.2.	Características Que De Los Pavimentos Según Su Tipo Y Función....	17
2.2.3.	Clasificación De Los Pavimentos.....	19
2.2.4.	Funciones De Las Capas De Un Pavimento Flexible.....	21
2.2.5.	Patologías En Los Pavimentos Flexibles.....	25
2.2.6.	Evaluación Funcional De Pavimentos.....	27
2.2.7.	Tipos De Mantenimiento Vial .....	28
2.2.8.	Evaluación Superficial .....	29
2.2.9.	Mantenimiento Y Recuperación Del Pavimento .....	30
2.2.10.	Tipos De Fallas En Pavimentos Flexibles.....	31
2.2.11.	Regularidad Superficial Del Pavimento.....	32
2.2.12.	Índice De Serviciabilidad De Un Pavimento .....	35
2.2.13.	La Rugosidad De Los Pavimentos.....	36
2.2.14.	Índice De Rugosidad Internacional (Iri).....	37
2.2.15.	Escala Y Características Del Iri.....	37



2.2.16. Rugosímetro De Merlín. ....	39
2.2.17. Etapas De Mantenimiento De Un Pavimento .....	42
2.2.18. Textura Superficial Del Pavimento .....	44
2.2.19. Ensayo De Circulo De Arena .....	47
2.3. Marco Conceptual .....	49

### CAPÍTULO III

#### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño De La Investigación.....	52
3.1.1. Enfoque Cuantitativo De La Investigación .....	53
3.1.2. Tipo De Investigación Explicativa .....	53
3.2. Población Y Muestra .....	54
3.2.1. Población.....	54
3.2.2. Muestra.....	54
3.3. Instrumentos De La Investigación.....	54
3.3.1. Índice De Regularidad Superficial En Pavimentos .....	54
3.3.2. Textura Superficial Del Pavimento - Ensayo Circulo De Arena.....	55
3.3.3. Rugosímetro Merlín.....	56
3.3.4. Componentes Del Rugosímetro Merlín.....	58
3.4. Metodología Para Iri Índice De Rugosidad Internacional .....	60
3.4.1. Índice De Serviciabilidad Presente (Psi).....	62
3.4.2. Índice De Regularidad Internacional Av. Mártires Del 4 De Noviembre – Margen Derecho.....	64
3.4.3. Índice De Regularidad Internacional Av. Mártires Del 4 De Noviembre – Margen Izquierdo.....	77
3.5. Evaluación De La Textura Superficial (Macrotectura) .....	91



3.5.1. Ensayo Astm E965 – Circulo De Arena .....	93
--	----

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados Alcanzados Por El Método Índice De Regularidad Internacional Iri.....	97
4.2. Resultados De Macrotextura Del Pavimento .....	99
4.2.1. Macro Textura Margen Derecho .....	99
4.2.2. Macrotextura Margen Izquierdo .....	101
4.3. Evaluación Comparativa Entre La Rugosidad Y Textura Superficial Del Pavimento.....	104
4.4. Técnicas De Mantenimiento Para La Vía Mártires Del 4 De Noviembre De La Ciudad De Juliaca.....	105

### CONCLUSIONES

### RECOMENDACIONES

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### ANEXOS

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

### ANEXO PANEL FOTOGRÁFICO

### ANEXO RESULTADOS DE LABORATORIO



### ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	<i>Operacionalización de las variables propuestas</i> .....	10
<b>Tabla 2</b>	<i>tipos de fallas en pavimentos flexibles</i> .....	32
<b>Tabla 3</b>	<i>Calificación según PSI1</i> .....	64
<b>Tabla 4</b>	<i>Lectura de campo tramo I</i> .....	64
<b>Tabla 5</b>	<i>Conteo de intervalos</i> .....	65
<b>Tabla 6</b>	<i>Nivel de servicio tramo i margen derecho</i> .....	66
<b>Tabla 7</b>	<i>Evaluación de pavimento con rango PCI – tramo I Margen derecho</i> .....	66
<b>Tabla 8</b>	<i>Nivel de servicio del pavimento</i> .....	66
<b>Tabla 9</b>	<i>Serviciabilidad del tramo II</i> .....	69
<b>Tabla 10</b>	<i>Evaluación de pavimento con rango PCI</i> .....	69
<b>Tabla 11</b>	<i>Nivel de servicio del pavimento</i> .....	69
<b>Tabla 12</b>	<i>Lectura de campo</i> .....	70
<b>Tabla 13</b>	<i>Conteo de intervalos</i> .....	71
<b>Tabla 14</b>	<i>Serviciabilidad del tramo III</i> .....	72
<b>Tabla 15</b>	<i>Evaluación de pavimento con rango PCI</i> .....	73
<b>Tabla 16</b>	<i>Nivel de servicio del pavimento</i> .....	73
<b>Tabla 17</b>	<i>SERVICIABILIDAD DEL TRAMO IV – MARGEN DERECHO</i> .....	76
<b>Tabla 18</b>	<i>Evaluación de pavimento con rango PCI</i> .....	76
<b>Tabla 19</b>	<i>Nivel de servicio del pavimento</i> .....	76
<b>Tabla 20</b>	<i>Lecturas de campo margen izquierdo TRAMO I</i> .....	77
<b>Tabla 21</b>	<i>Conteo de frecuencias</i> .....	78
<b>Tabla 22</b>	<i>Serviciabilidad del tramo I -Margen Izquierdo</i> .....	79
<b>Tabla 23</b>	<i>Evaluación de pavimento con rango PCI</i> .....	79



<b>Tabla 24</b>	<i>Nivel de servicio del pavimento .....</i>	80
<b>Tabla 25</b>	<i>Lectura de campo margen izquierdo Tramo II.....</i>	81
<b>Tabla 26</b>	<i>Conteo de intervalos .....</i>	82
<b>Tabla 27</b>	<i>Serviciabilidad del tramo II.....</i>	83
<b>Tabla 28</b>	<i>Evaluación de pavimento con rango PCI.....</i>	83
<b>Tabla 29</b>	<i>Nivel de servicio del pavimento .....</i>	83
<b>Tabla 30</b>	<i>Lectura de campo margen izquierdo tramo III.....</i>	84
<b>Tabla 31</b>	<i>Conteo de intervalos .....</i>	85
<b>Tabla 32</b>	<i>SERVICIABILIDAD DEL TRAMO III - MARGEN IZQUIERDO.....</i>	86
<b>Tabla 33</b>	<i>Evaluación de pavimento con rango PCI.....</i>	87
<b>Tabla 34</b>	<i>Nivel de servicio del pavimento .....</i>	87
<b>Tabla 35</b>	<i>Lectura de campo .....</i>	88
<b>Tabla 36</b>	<i>Conteo de intervalos .....</i>	89
<b>Tabla 37</b>	<i>Serviciabilidad del tramo IV – Margen Izquierdo.....</i>	90
<b>Tabla 38</b>	<i>Evaluación de pavimento con rango PCI.....</i>	90
<b>Tabla 39</b>	<i>Nivel de servicio del pavimento .....</i>	90
<b>Tabla 40</b>	<i>Cuadro comparativo para medición de la textura superficial en pavimentos.....</i>	96
<b>Tabla 41</b>	<i>Resultados del índice de regularidad internacional a nivel de la vía .....</i>	97
<b>Tabla 42</b>	<i>Macro textura margen derecho.....</i>	99



### ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	<i>Sección típica de un pavimento flexible.....</i>	21
<b>Figura 2</b>	<i>regularidad superficial de una carretera .....</i>	33
<b>Figura 3</b>	<i>Escala estándar empleada por el Banco Mundial para la cuantificación del IRI para diferentes tipos de vías. ....</i>	38
<b>Figura 4</b>	<i>avance de deterioro del pavimento en etapas.....</i>	39
<b>Figura 5</b>	<i>Rugosidad Mediante Rugosímetro Merlin .....</i>	40
<b>Figura 6</b>	<i>Escala de rugosímetro merlín.....</i>	41
<b>Figura 7</b>	<i>Mantenimiento rutinario o preventivo.....</i>	43
<b>Figura 8</b>	<i>Texturas superficiales de un pavimento .....</i>	45
<b>Figura 9</b>	<i>Esquema de la textura de la superficie de rodamiento .....</i>	47
<b>Figura 10</b>	<i>Ensayo circulo de arena .....</i>	48
<b>Figura 11</b>	<i>Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto a la cuerda promedio .....</i>	60
<b>Figura 12</b>	<i>Rango D.....</i>	61
<b>Figura 13</b>	<i>Histograma de frecuencia tramo I.....</i>	65
<b>Figura 14</b>	<i>Histograma de frecuencia.....</i>	68
<b>Figura 15</b>	<i>Histograma de frecuencia.....</i>	72
<b>Figura 16</b>	<i>Histograma de frecuencia.....</i>	78
<b>Figura 17</b>	<i>Histograma de frecuencia.....</i>	82
<b>Figura 18</b>	<i>HISTOGRAMA DE FRECUENCIA .....</i>	86
<b>Figura 19</b>	<i>Histograma de Frecuencia.....</i>	89
<b>Figura 20</b>	<i>Esquema de circulo de arena .....</i>	95
<b>Figura 21</b>	<i>Grafico circulo de arena margen derecho .....</i>	100



## RESUMEN

En este trabajo de investigación presenta la evaluación de la rugosidad superficial mediante métodos no destructivos, el rugosímetro de Merlín y el ensayo circulo de arena para la Vía Mártires del 4 de noviembre de la ciudad de Juliaca, estos procedimientos se utilizan para calcular el índice de regularidad internacional, que sirve para medir tanto la acumulación de desplazamiento vertical como la conformación del círculo de arena, permitiendo así determinar la macrotextura de un pavimento flexible. La meta principal es realizar una evaluación de la vía basada en el nivel de servicio, utilizando como criterio la rugosidad superficial. Paralelamente, otro objetivo es valorar la mencionada carretera a través de la textura superficial del pavimento flexible. Un elemento clave en la evaluación superficial del pavimento es el monitoreo de la carretera mediante la funcionalidad que esta exhibe, asegurando su adecuado desempeño.

A nivel de rugosidad evalúa la vía a su largo de los 4 km que conlleva a sus 2 carriles, esto dará a conocer el nivel de servicio, así mismo para una evaluación del comportamiento de la vía se efectuara mediante el ensayo de circulo de arena, la cual nos determinar el nivel superficial de la vía tanto de cómo es el comportamiento actual para la interacción de la vía y la fricción de los vehículos que circulan por la vía

**Palabras claves:** *Índice de regularidad internacional, circulo de arena, evaluación de pavimento flexible*



## ABSTRACT

This research work presents the evaluation of surface roughness using non-destructive methods, the Merlin roughness meter, and the sand circle test for the Mártires del 4 de noviembre Road in the city of Juliaca. These procedures are employed to calculate the international regularity index, which serves to measure both the accumulation of vertical displacement and the formation of the sand circle, thus enabling the determination of the macrotexture of a flexible pavement. The main goal is to conduct an assessment of the road based on the level of service, with surface roughness as the criterion. Additionally, another objective is to evaluate the aforementioned highway through the surface texture of the flexible pavement. A key element in the surface evaluation of the pavement is the road monitoring based on the functionality it displays, ensuring its proper function.

At the roughness level, the road is evaluated along its entire 4 km length, which includes its two lanes. This will reveal the service level. Additionally, for an assessment of the road's behavior, the sand circle test will be conducted. This test will determine the surface level of the road and provide insights into the current interaction between the road and the friction of the vehicles traveling on it.

**Keywords:** *International Roughness Index, sand circle test, evaluation of flexible pavement.*



## INTRODUCCIÓN

La medición y análisis de la textura y rugosidad de la capa asfáltica en las vías de circulación representa un elemento vital en la gestión y preservación de la infraestructura vial. En este contexto, el presente estudio se concentra en la evaluación de la vía Mártires del 4 de noviembre, ubicada en la ciudad de Juliaca, con el propósito primordial de examinar minuciosamente su superficie y determinar la calidad de su textura y nivel de rugosidad. Estos factores resultan de suma importancia para garantizar la seguridad vial, la eficiencia en el transporte y minimizar el impacto ambiental generado por la carretera. El conocimiento detallado de la textura y rugosidad de esta vía brindará la información necesaria para tomar decisiones acertadas en cuanto a su mantenimiento y mejoramiento, contribuyendo así de manera significativa a la seguridad y confort de los usuarios, así como a la conservación del entorno natural y a la optimización de los recursos destinados a su cuidado y conservación. En esta investigación, se aplicarán métodos no destructivos para obtener información valiosa sobre la condición de la carpeta asfáltica y, en última instancia, se busca mejorar la calidad y sostenibilidad de la infraestructura vial en Juliaca.

La textura superficial y la rugosidad son dos aspectos cruciales que definen las propiedades de la superficie de los pavimentos en las capas por donde transitan los vehículos. Variaciones en estas características de la capa de rodadura pueden incrementar el riesgo de accidentes, especialmente cuando se combinan con condiciones meteorológicas adversas, como las precipitaciones, que pueden hacer que las pistas se tornen resbaladizas y peligrosas. Estos factores son esenciales en los estudios de investigación enfocados en pavimentos, ya que,



desde la fase de construcción hasta el acabado final, es imperativo asegurar que los pavimentos flexibles posean una adecuada textura y rugosidad para proporcionar la seguridad y funcionalidad necesarias en la capa de rodadura. El análisis detallado de la textura y la rugosidad es parte fundamental para comprender cómo estos factores influyen en la seguridad vial y en la prevención de accidentes, lo que convierte a este tema en un área de investigación prioritaria para el desarrollo y mantenimiento de infraestructuras viales seguras y eficaces. En este sentido, el estudio propone investigar a fondo y desarrollar medidas que puedan optimizar estas características de los pavimentos, buscando siempre mejorar la seguridad y la experiencia de conducción en carreteras y autopistas. La legislación actual contempla el nivel de servicio como una medida clave para evaluar y determinar la condición operativa de una carretera. En el caso de los pavimentos flexibles, este nivel de servicio incluye la evaluación de distintos aspectos como las imperfecciones, el mantenimiento de la textura, la rugosidad y las deflexiones. Centrándose en la Vía Mártires del 4 de noviembre en la ciudad de Juliaca, que cuenta con un pavimento flexible urbano, se lleva a cabo un estudio para analizar la regularidad de la superficie. Para ello se utiliza el Rugosímetro Merlín, un instrumento diseñado para medir el Índice de Regularidad Superficial (IRI). Además, otro elemento crucial que se considera es la textura de la superficie, la cual se mide a través del método conocido como el ensayo del círculo de arena.



## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. EXPOSICIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

En el contexto de las carreteras y autopistas en el Perú, se enfrenta una problemática importante relacionada con la rugosidad y textura de la carpeta asfáltica. Muchas de las vías en el país presentan niveles inadecuados de rugosidad, lo que ha llevado a una experiencia de manejo incómoda y peligrosa para los conductores y pasajeros. Las irregularidades en la superficie del pavimento no solo afectan la seguridad vial, sino que también generan un mayor desgaste de los vehículos, lo que se traduce en costos adicionales para los propietarios y empresas de transporte. Además, la pérdida de textura en el pavimento ha contribuido a un aumento de los accidentes, especialmente en condiciones climáticas desafiantes. Esta problemática no solo afecta la movilidad y la seguridad, sino que también tiene un impacto económico significativo debido a los costos de mantenimiento y reparación de vehículos, así como a la disminución de la eficiencia del transporte de mercancías y personas en el país. Por lo tanto, es esencial abordar la evaluación y el mantenimiento adecuado de la rugosidad y textura de la carpeta asfáltica en el Perú para garantizar una infraestructura vial segura y funcional.



La Vía MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE en la ciudad de Juliaca presenta una problemática relacionada con la rugosidad y textura de su carpeta asfáltica. Los conductores y usuarios de esta carretera han expresado preocupaciones acerca de la falta de uniformidad en la superficie del pavimento, lo que ha generado una experiencia de manejo incómoda y, en algunos casos, peligrosa. Además, se han registrado incidentes de derrapes y deslizamientos en condiciones climáticas adversas debido a la insuficiente textura en la superficie del pavimento, lo que aumenta los riesgos de accidentes. Esta problemática afecta no solo la seguridad vial, sino también la eficiencia del transporte y la calidad de vida de la comunidad que depende de esta vía para sus desplazamientos diarios y actividades económicas. Por lo tanto, es esencial abordar la evaluación y el mantenimiento de la rugosidad y textura de la carpeta asfáltica para garantizar una infraestructura vial segura y funcional en la Vía mártires del 4 de noviembre en Juliaca.

La construcción de vías de tránsito es una actividad que demanda estándares elevados de calidad en el pavimento para asegurar que se cumplan los requerimientos funcionales y de seguridad. Es crucial entender el impacto que tiene la calidad del asfalto en la resistencia estructural de las carreteras, particularmente en su capacidad de soportar las cargas vehiculares. Además, la calidad del asfalto se refleja en la experiencia de los usuarios, evidente en la comodidad percibida al viajar en un vehículo. El Índice Internacional de Rugosidad (IRI) es una métrica fundamental que mide las imperfecciones en la superficie de la carretera, proporcionando una clara indicación de su condición actual. Un pavimento en mal estado no solo compromete la seguridad de quienes transitan por la carretera, sino que también afecta la eficiencia con la que los



vehículos pueden desplazarse debido a una tracción inadecuada y a una textura superficial deficiente. Esto, a su vez, puede alterar la velocidad normal de tráfico, disminuir la efectividad del pavimento y resultar en un rendimiento subóptimo a lo largo de su vida útil.

En la Vía mártires del 4 de noviembre en la ciudad de Juliaca, se ha observado una problemática significativa relacionada con la rugosidad y textura de su carpeta asfáltica. La falta de mantenimiento adecuado a lo largo de los años ha llevado a un deterioro considerable de la superficie del pavimento, creando irregularidades notables en la carretera. Estas irregularidades no solo generan un viaje incómodo y peligroso para los conductores y pasajeros, sino que también han aumentado el desgaste de los vehículos, lo que resulta en costos adicionales para los propietarios y transportistas. Además, la pérdida de textura en el pavimento ha contribuido a un mayor riesgo de derrapes y accidentes, especialmente en condiciones climáticas adversas. Esta problemática afecta negativamente tanto a la seguridad vial como a la eficiencia del transporte en esta importante vía de Juliaca, lo que requiere una atención urgente para su evaluación y mantenimiento adecuado.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Pregunta General**

**PG.** ¿Qué resultados se tendrá al evaluar las fallas y que alternativas de intervención son necesarias para mejorar la condición actual del pavimento flexible de la vía mártires del 4 de noviembre de la ciudad de Juliaca?



## 1.2.2. Preguntas específicas

**PE1.** ¿Qué nivel tendrá la rugosidad superficial del pavimento asfáltico de la vía mártires del 4 de noviembre de la ciudad de Juliaca?

**PE2.** ¿Cuál será el nivel de la macro textura para analizar la funcionalidad de la vía mártires del 4 de noviembre de la ciudad de Juliaca?

**PE3.** ¿Cuál será el nivel de intervención y mantenimiento de la carpeta asfáltica de la vía mártires del 4 de noviembre de la ciudad de Juliaca?

## 1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La evaluación de la rugosidad y textura de la carpeta asfáltica en la Vía Mártires del 4 de noviembre en la ciudad de Juliaca es de vital importancia debido a varias razones fundamentales. En primer lugar, la seguridad vial es un factor crítico en cualquier red de carreteras, y la rugosidad y textura de la superficie del pavimento tienen un impacto directo en la seguridad de los conductores y peatones. Una superficie desgastada o irregular puede aumentar el riesgo de accidentes y reducir la comodidad de los usuarios de la carretera.

Además, la evaluación de la rugosidad y textura es esencial para el mantenimiento adecuado de la carretera. La información recopilada puede ayudar a identificar áreas de la vía que requieren reparación o reacondicionamiento, lo que a su vez contribuye a prolongar la vida útil de la carretera y reduce los costos de mantenimiento a largo plazo.

En tercer lugar, la calidad de la superficie de la carretera afecta directamente la eficiencia del transporte y la economía local. Una superficie de carretera en buen estado permite un flujo de tráfico más suave, reduce el consumo de combustible y minimiza el desgaste de los vehículos, lo que se traduce en ahorros



económicos tanto para los usuarios de la carretera como para las autoridades encargadas del mantenimiento.

### 1.3.1. Justificación técnica

El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) se ha establecido como un elemento crítico en la gestión y el mantenimiento de las infraestructuras viales, siendo un referente para las prácticas de ingeniería de tráfico. La evaluación precisa de la condición de las carreteras, obtenida mediante la recolección de datos in situ con instrumentación especializada como el Rugosímetro de Merlín, es esencial para la formulación de estrategias de mantenimiento eficaces. Reconocer y comprender la rugosidad de las superficies de pavimento es vital para incrementar la calidad del servicio que ofrecen las vías. Un pavimento que es demasiado liso en su textura superficial puede aumentar significativamente el riesgo de accidentes vehiculares, más aún cuando las condiciones climáticas adversas se suman al escenario, elevando el peligro debido a la pérdida de tracción.

El nivel óptimo de funcionalidad de una carretera está intrínsecamente conectado con la textura de su capa de rodadura; una superficie bien conservada no solo favorece una mayor seguridad para los usuarios, sino que también asegura un desempeño adecuado del tráfico vehicular. Esto subraya la importancia de monitorear y mantener las características del pavimento en óptimas condiciones, como en el caso de la Vía Mártires del 4 de noviembre en la ciudad de Juliaca. El conocimiento detallado de la textura del pavimento no es un mero ejercicio técnico, sino una necesidad imperante para la seguridad vial y la optimización del tránsito, proporcionando una infraestructura vial que se alinea con las expectativas y necesidades de los conductores y peatones por igual. Por



lo tanto, la evaluación rigurosa de la rugosidad y la textura es un paso crucial en el ciclo de vida del mantenimiento vial, permitiendo la identificación temprana de potenciales áreas problemáticas y la implementación de soluciones correctivas antes de que se conviertan en amenazas significativas para la seguridad y eficiencia del flujo de tráfico.

### 1.3.2. Justificación económica

La evaluación de la rugosidad y textura de la carpeta asfáltica en la Vía Mártires del 4 de noviembre en la ciudad de Juliaca tiene una sólida justificación económica por varias razones clave.

En primer lugar, el mantenimiento preventivo y oportuno de la carpeta asfáltica puede resultar en ahorros significativos a largo plazo. La identificación temprana de problemas de rugosidad y textura permite abordarlos antes de que se conviertan en costosos problemas mayores, como baches profundos o deformaciones estructurales. Al realizar reparaciones o aplicar mantenimiento cuando los problemas son menores, se evita la necesidad de realizar costosas reconstrucciones o reemplazos completos de la carretera en el futuro.

En segundo lugar, una carretera en buen estado, con la rugosidad y textura adecuadas, mejora la eficiencia del transporte. Reducir la resistencia al rodaje y garantizar una superficie uniforme disminuye el consumo de combustible de los vehículos y reduce los costos operativos de los transportistas y usuarios de la carretera. Esto, a su vez, contribuye a la sostenibilidad económica de la región al fomentar un transporte más eficiente y rentable.

Una carretera en condiciones óptimas puede tener un impacto positivo en la economía local. Facilita el flujo de bienes y servicios, lo que beneficia a las



empresas locales al reducir los costos logísticos y mejorar la competitividad. Además, una carretera bien mantenida puede atraer a más visitantes y turistas a la zona, lo que puede impulsar la economía local a través del turismo.

### **1.3.3. Justificación social**

La evaluación de la rugosidad y textura de la superficie asfáltica en la Vía Mártires del 4 de noviembre en la ciudad de Juliaca presenta una justificación social sólida, dado que incide de manera directa en la calidad de vida y seguridad tanto de los residentes como de quienes utilizan esta vía. La preservación de una carretera en condiciones óptimas de rugosidad y textura contribuye significativamente a la disminución del riesgo de accidentes de tráfico, lo cual constituye una medida de protección fundamental para salvaguardar la integridad física y la vida de los individuos que la recorren. Asimismo, una vía en buen estado facilita el acceso a servicios esenciales como atención médica, educación y comercios, lo que conlleva a una mejora palpable en la calidad de vida de la comunidad local y fomenta un entorno más cohesionado y accesible para todos. En conclusión, el mantenimiento apropiado de la capa asfáltica no solo representa una cuestión vital en términos de seguridad vial, sino también una inversión fundamental en el bienestar y la comodidad de la población de Juliaca.

### **1.3.4. Justificación Ambiental**

La evaluación de la rugosidad y textura de la carpeta asfáltica en la Vía Mártires del 4 de noviembre en la ciudad de Juliaca se justifica de manera significativa desde una perspectiva ambiental, ya que desempeña un papel crucial en la sostenibilidad y protección del entorno natural. El mantenimiento adecuado de la superficie de la carretera, asegurando niveles óptimos de



rugosidad y textura, conlleva beneficios tangibles para el medio ambiente al reducir la generación de polvo y partículas contaminantes en el aire. Este proceso de mantenimiento contribuye a mejorar la calidad del aire local, lo que a su vez tiene un impacto positivo en la salud humana y la biodiversidad del área circundante. Mantener la vía en condiciones óptimas es crucial, ya que no solo asegura la seguridad de los conductores y pasajeros, sino que también desempeña un papel vital en la protección del medio ambiente. Al mantener la carretera en buen estado, se previene la erosión del suelo, un problema que puede llevar a la degradación de la tierra y afectar negativamente a la agricultura y otros usos del suelo. Además, el mantenimiento adecuado de la vía evita que las aguas pluviales, que a menudo arrastran contaminantes, se escurran hacia los cuerpos de agua cercanos, lo cual protege los ecosistemas acuáticos y asegura la preservación de la calidad del agua. Esta práctica no solo tiene beneficios ecológicos, sino que también apoya la sostenibilidad a largo plazo de los recursos naturales en la región de Juliaca. Así, la inversión en el mantenimiento de la carpeta asfáltica se traduce en un doble beneficio: mejora la seguridad vial para los usuarios y promueve prácticas ambientales responsables, contribuyendo significativamente a la conservación y protección de los recursos naturales locales.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar el nivel de serviciabilidad y seguridad de la carpeta asfáltica para la vía mártires del 4 de noviembre de la ciudad de Juliaca



## 1.4.2. Objetivos específicos

**OE1.** Determinar la rugosidad superficial del pavimento de la vía mártires del 4 de noviembre de la ciudad de Juliaca

**OE2.** Determinar la macro textura para analizar la funcionalidad de la vía mártires del 4 de noviembre de la ciudad de Juliaca

**OE3.** Proponer nivel de intervención y mantenimiento de la carpeta asfáltica de la vía mártires del 4 de noviembre de la ciudad de Juliaca

## 1.5. HIPÓTESIS

### 1.5.1. Hipótesis general

**HG.** El nivel de servicio y la rugosidad de la vía mártires del 4 de noviembre tiene irregularidades a nivel de carpeta asfáltica y eso ocasiona un nivel de seguridad muy bajo

### 1.5.2. Hipótesis específicas

**HE1.** La rugosidad superficial del pavimento presenta niveles bajos a nivel de servicio ocasionados por incremento de flujo vehicular

**HE2.** La macro textura de la carpeta asfáltica presenta niveles de deformación por el incremento del tráfico vehicular

**HE3.** Un mantenimiento a nivel de carpeta dará mejoras a la funcionalidad del pavimento en vía mártires del 4 de noviembre de la ciudad de Juliaca

## 1.6. VARIABLES E INDICADORES

Variable independiente.

- RUGOSIDAD / MACRO TEXTURA

Variable dependiente

- FUNCIONALIDAD DEL PAVIMENTO ASFALTICO



## 1.7. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Definimos y medimos nuestras variables para que puedan ser analizadas y entendidas en términos concretos. Para la siguiente tabla se describe las variables dimensiones e indicadores.

**Tabla 1**

*Operacionalización de las variables propuestas*

VARIABLES	ÍNDICES / INDICADORES	METODOLOGÍA
<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b>	Rugosímetro / regularidad internacional IRI. _ Textura / círculo de arena _ _ ahuellamiento /	Enfoque: Cuantitativo. Nivel: Explicativo. Tipo: aplicativo
<b>FUNCIONALIDAD DEL PAVIMENTO</b>		<b>INSTRUMENTOS</b>
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b>	_ relación confort / seguridad del pavimento. _ análisis situacional y actual de la superficie del pavimento. _ capacidad de rozamiento superficial como medida de seguridad vial.	Índice de rugosidad internacional IRI. - Medidor de rugosidad /Circulo de arena de arena
<b>RUGOSIDAD MACRO TEXTURA</b>		

**Nota:** *Elaboración propia*



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

El estudio de la resistencia al deslizamiento en la infraestructura vial de la ciudad de Bogotá se ha centrado en el uso del péndulo (INV E 792) y el círculo de arena (INV E-791) como métodos estándar de evaluación. Rivas (2017) explora la viabilidad de aplicar el procesamiento de imágenes para determinar las características de la textura y la rugosidad de los pavimentos flexibles. Las pruebas tradicionales, aunque son confiables, resultan ser extensas y costosas, además de estar geográficamente limitadas a los puntos específicos de su realización (Rivas, 2017).

Según la investigación de Minta (2022), se destaca la creciente importancia a nivel internacional del estado de las carreteras como un factor adicional para describir su funcionalidad. Por lo tanto, resulta crucial comprender la condición de la macrotextura de las vías. A través de diversos estudios y experiencias, se ha evidenciado el significativo impacto de la macrotextura en aspectos como la fricción, las distancias de frenado en condiciones de agua y el nivel de ruido generado por la interacción entre las ruedas y la superficie del camino. La



magnitud de la macrotextura está estrechamente relacionada con el grado de desgaste de la capa superficial del pavimento, donde un valor alto, denominado "Rough", se sitúa por encima de los 0,6 mm, mientras que un valor bajo, conocido como "Smooth", se encuentra por debajo de los 0,50 mm. Además, el empleo del Marco de Textura Portátil no solo agiliza las mediciones de la macrotextura, sino que también reduce el riesgo para los equipos de trabajo al realizar estas evaluaciones en condiciones de tráfico abierto.

## 2.1.2. Antecedentes Nacionales

Flores & Pilco, (2020) en la ciudad de Tacna evalúa la Av. Gustavo Pinto en 3km y un ancho de calzada de 7.20m, como objetivo busca determinar el análisis funcional del pavimento flexible por medio del rugosímetro merlin y un cálculo de PSI para sus niveles de tratamiento y mantenimiento.

Conclusiones:

Para Flores & Pilco, (2020) menciona que un análisis funcional de pavimentos flexibles con un medidor de rugosidad MERLIN descubrió que la aspereza contribuía a la evaluación deficiente de las condiciones de la carretera porque la transitabilidad promedio para peatones con los resultados de aspereza de ambos carriles del pavimento IRI era problemática. identificar la superficie de la carretera y la condición de transitabilidad como pavimento pobre.

Llolla & Mucha (2021) en el distrito de Chilca se desarrolló la investigación evaluativa del pavimento del Jr. Agustín B. Leguía, haciendo un análisis comparativo de las técnicas de mantenimiento, la evaluación fue a nivel de monocapa y bicapa, se menciona una metodología descriptiva, no probabilística

Conclusiones



Para el IRI Lloclla & Mucha (2021) Las opciones de mantenimiento regular arrojaron resultados positivos de 24 % de mejora para el acabado de una sola capa, 31 % de mejora para el revestimiento de lechada de mortero asfáltico y finalmente 25 % de mejora para el acabado de doble capa.

Manco (2020), en la ciudad de Cajamarca realiza Estudio del pavimento de la carretera Baños del Inca utilizando Rugosímetro Merlin para determinar la usabilidad vial., ejecuto el estudio de manera visual insitu del rugosímetro, para la regularidad lo efectuó mediante una aplicación llamada roadroid desde un smartphone.

## Conclusiones

Se llega a la conclusión del estudio de los carriles del pavimento como un pavimento BUENO, mientras se tuvo una limitación en el estudio mediante la aplicación arrojando resultados diversos, esto se debe a las velocidades actuales en los cuales se tiene que hacer el estudio.

(Medina & Vargas, 2021) realizan una evaluación en la ciudad de Jaén para la carretera sanango, que para la regularidad se ejecutó con el equipo merlín, para una metodología uso la del banco mundial.

## Conclusiones

Para (Medina & Vargas, 2021) Se ha obtenido un resultado promedio para la carretera Shanango – Bellavista de muy bueno para los 19 tramos en estudio.

La hipótesis planteada indicaba que la carretera se encontraba en buen estado; sin embargo, con los datos obtenidos se concluye que la vía se encuentra en muy buen estado superando las expectativas iniciales. (Medina & Vargas, 2021)



(Fustamante Fuentes, 2011) su investigación este consiste en realizar y/o analizar lineamientos de mantenimiento enfocados a la macrotextura del pavimento a través de pruebas de parche o círculo de arena.

(Fustamante Fuentes, 2011) menciona que determina la resistencia al deslizamiento requiere evaluar la calidad de la superficie de la cubierta. Texturas superficiales a partir de estudios de macrotexturas. Para eso, necesitamos saber su significado, cómo evaluarlo y su valor. Esto ayudará a establecer pautas de mantenimiento de carreteras.

Además, es evidente que Perú está muy atrasado en esta materia, y la difusión del conocimiento es crucial porque uno de los principales deberes de los ingenieros y autoridades es garantizar la seguridad del usuario (Fustamante Fuentes, 2011).

### **2.1.3. Antecedentes de nivel Local**

Chipana (2022) detalla que el propósito de su estudio realizado en la ciudad de Juliaca se centra en evaluar el índice de rugosidad de la carretera Jirón Cahuide. Empleando la técnica del Índice de Condición del Pavimento (PCI, por sus siglas en inglés), se determina que la rugosidad de dicha vía es de 2,08 m/km para el carril izquierdo y de 2,12 m/km para el carril derecho. Según los criterios del PCI, los defectos encontrados a una tasa de 12 m/km incluyen vacíos (22,31%), pulido de áridos (12,31%), piel de cocodrilo (11,54%), desprendimiento de áridos (11,54%), parcheo (7,69%) e hinchamiento (3,08%).

Conclusiones:

Según Chipana (2022), en la ciudad de Juliaca, la carretera Jirón Cahuide exhibe un índice de rugosidad de 2,08 m/km para el carril izquierdo, indicando, según



los estándares de la AASHTO, que el pavimento se encuentra en condiciones excelentes. Asimismo, para el carril derecho, con una medida de 2,12 m/km, se evidencia un estado igualmente favorable.

El estudio realizado también revela que, de acuerdo con el método del Índice de Rugosidad Internacional, el estado vial del Jr. Cahuide se califica como bueno, presentando una rugosidad de 2,10 m/km. Por otro lado, mediante el método del PCI, se concluye que el estado vial es considerado bueno, lo que implica la necesidad de un mantenimiento preventivo por parte de la entidad pública.

Gomez (2018) llevó a cabo una investigación evaluativa en el departamento de Puno, específicamente en la carretera Yocara - Cabana, centrada en la carpeta asfáltica en caliente. Durante el estudio, se recolectaron muestras de la carpeta utilizando diamantina para analizar el contenido de bitumen y la composición de la mezcla asfáltica, así como para realizar una caracterización del muestreo. Además, se llevó a cabo un análisis superficial utilizando el Índice de Condición del Pavimento y el PSI (Índice de Regularidad Superficial).

Tras realizar un análisis cualitativo, se descartaron posibles causas estructurales, y se sugirió que una causa superficial relacionada con la capa de asfalto podría ser el primer indicador de una capacidad de servicio deficiente.

En cuanto a las conclusiones, Gomez (2018) determinó que el pavimento estudiado experimentó un cambio en su capacidad de servicio, evidenciado por un PSI alterado, dentro de un período de 1,5 años desde su implementación. Este hallazgo permitió utilizar la deformación como el primer indicador de una reducida usabilidad y evaluar las posibles causas de las fallas a corto plazo.



Camacho (2018) se propone investigar la rugosidad superficial en los pavimentos de la Avenida Floral en ambos márgenes. Para lograr este objetivo, emplea dos métodos: el rugosímetro Merlin y la aplicación de RoadDroid, con el fin de realizar un estudio comparativo y determinar un ganador en términos cualitativos.

En sus conclusiones, el autor establece que el rugosímetro arroja un valor de 5,97, lo que sugiere que el área se sitúa en un rango similar al de un camino antiguo o de terracería. Esto indica la necesidad de realizar trabajos de mantenimiento, ya sea parcial o total, previa evaluación técnica y económica de la estructura vial.

Margas (2019) lleva a cabo su investigación en la ciudad de Lampa, donde se enfoca en la evaluación de la Carretera Caracalla-Lampa (Tramo I). Este estudio incluye un diagnóstico de la utilidad del pavimento bituminoso utilizando el rugosímetro Merlin, con un total de 36 mediciones para 400 metros lineales de muestra. El análisis se realiza a lo largo del tiempo de ejecución de la vía, que abarca un periodo de 4 años, evaluándola a nivel de servicio total.

En cuanto a las conclusiones, Margas (2019) determina que el tramo analizado se encuentra en buen estado y exhibe una navegabilidad satisfactoria, con un índice de uniformidad superficial de 3,11 m/km en el carril derecho y de 3,12 m/km en el carril izquierdo. Además, se estima un Índice de Servicio (PSI) aproximado de 3 para la carretera en cuestión.

## 2.2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

El marco teórico se refiere a la revisión crítica y sistemática de la literatura y teorías previas que tienen relación con el tema de investigación en cuestión.



Es decir, es la parte de una investigación en la que se identifican y analizan las teorías, investigaciones y antecedentes relevantes al tema a investigar.

El marco teórico se puede organizar en secciones según los temas principales, de manera que se incluyen las teorías y estudios relevantes en cada una de ellas. También se pueden destacar las inconsistencias o vacíos en el conocimiento que sugieran la necesidad de nuevas investigaciones.

### **2.2.1. Pavimento**

Según Montejo (2006), un pavimento es una estructura compuesta por varias capas horizontales que se ensamblan meticulosamente mediante el uso de materiales seleccionados y técnicas de compactación eficaces. Estas capas, que se asientan sobre una base preparada a través de movimientos de tierra en la etapa inicial de construcción, deben ser lo suficientemente robustas para soportar las fuerzas ejercidas por el tráfico vehicular a lo largo del tiempo previsto para su duración. El término pavimento se utiliza para describir la superficie construida para facilitar el tránsito de peatones, vehículos y otros objetos. En esencia, un pavimento es la capa dispuesta sobre el terreno natural con el propósito de formar un camino más estable y resistente. Entre los materiales empleados para la creación de pavimentos se incluyen el asfalto, el hormigón, los adoquines y las piedras, que son elegidos por sus propiedades específicas para cumplir con los requisitos de durabilidad y funcionalidad esperados.

### **2.2.2. Características que de los pavimentos según su tipo y función**

(Montejo, 2006) menciona que los pavimentos, fundamentales en la infraestructura vial, deben cumplir con una serie de características que varían según su tipo y función. Estas características se diseñan para garantizar la seguridad, comodidad y durabilidad de la superficie de rodadura, así como para



satisfacer las necesidades específicas de los usuarios. A continuación, se describen algunas de las características clave que deben cumplir los pavimentos, divididas por tipo y función:

### **2.2.2.1. Pavimentos Flexibles (Asfálticos)**

- Resistencia al desgaste: Deben resistir la abrasión causada por el tráfico y las condiciones climáticas adversas.
- Impermeabilidad: Capacidad para impedir que el agua penetre en las capas del pavimento, evitando daños estructurales.
- Flexibilidad: Deben adaptarse a las variaciones de temperatura y a las cargas sin sufrir daños significativos.
- Rugosidad adecuada: Para proporcionar la fricción necesaria entre el neumático y el pavimento, asegurando una conducción segura.
- Resistencia a la fatiga: Capacidad de soportar cargas repetidas sin presentar fisuras o deformaciones permanentes.

### **2.2.2.2. Pavimentos Rígidos (de Hormigón)**

- Durabilidad: Alta resistencia al desgaste y a los agentes químicos, con una vida útil prolongada.
- Resistencia estructural: Capacidad para soportar cargas pesadas sin deformarse significativamente.
- Bajo mantenimiento: Requieren menos intervenciones de conservación a lo largo de su vida útil en comparación con los pavimentos flexibles.
- Textura y resistencia al deslizamiento: Deben mantener una textura superficial que garantice una adecuada fricción en condiciones secas y húmedas.



## 2.2.3. Clasificación de los pavimentos

Los pavimentos, esenciales para la infraestructura vial, se clasifican principalmente en dos categorías: flexibles y rígidos. Los pavimentos flexibles, compuestos por capas de materiales asfálticos sobre una base de agregado, se caracterizan por su capacidad para deformarse y adaptarse a las cargas sin fracturarse, debido a la flexibilidad de sus materiales constituyentes, principalmente el asfalto. En contraste, los pavimentos rígidos están hechos principalmente de hormigón de cemento Portland, ofreciendo una estructura más sólida y durable capaz de resistir cargas pesadas con menos deformación, pero con menos adaptabilidad a las variaciones de temperatura y humedad en comparación con los flexibles. Además, existen pavimentos semi-rígidos que combinan características de ambos tipos y pavimentos de adoquines, utilizados en aplicaciones específicas por su estética y facilidad de reparación, destacando por su capacidad de manejar adecuadamente la escorrentía del agua y por su durabilidad en ciertas condiciones de tráfico. (Bañon Blazquez, 2018)

### 2.2.3.1. *Pavimentos flexibles*

Según Montejo Fonseca (2016), los pavimentos flexibles se caracterizan por incluir un ligante bituminoso que se asienta sobre la subbase y la base, ambas consideradas capas flexibles del pavimento. En ciertas situaciones, dependiendo de las necesidades específicas de un proyecto, es posible prescindir de una o ambas de estas capas. Este tipo de pavimento, comúnmente empleado en la construcción de carreteras y autopistas, se compone de múltiples capas de materiales variados, que incluyen la subbase, la base y la capa de rodadura. La "flexibilidad" de este pavimento se refiere a su capacidad para soportar cargas y adaptarse a las variaciones del tráfico y condiciones



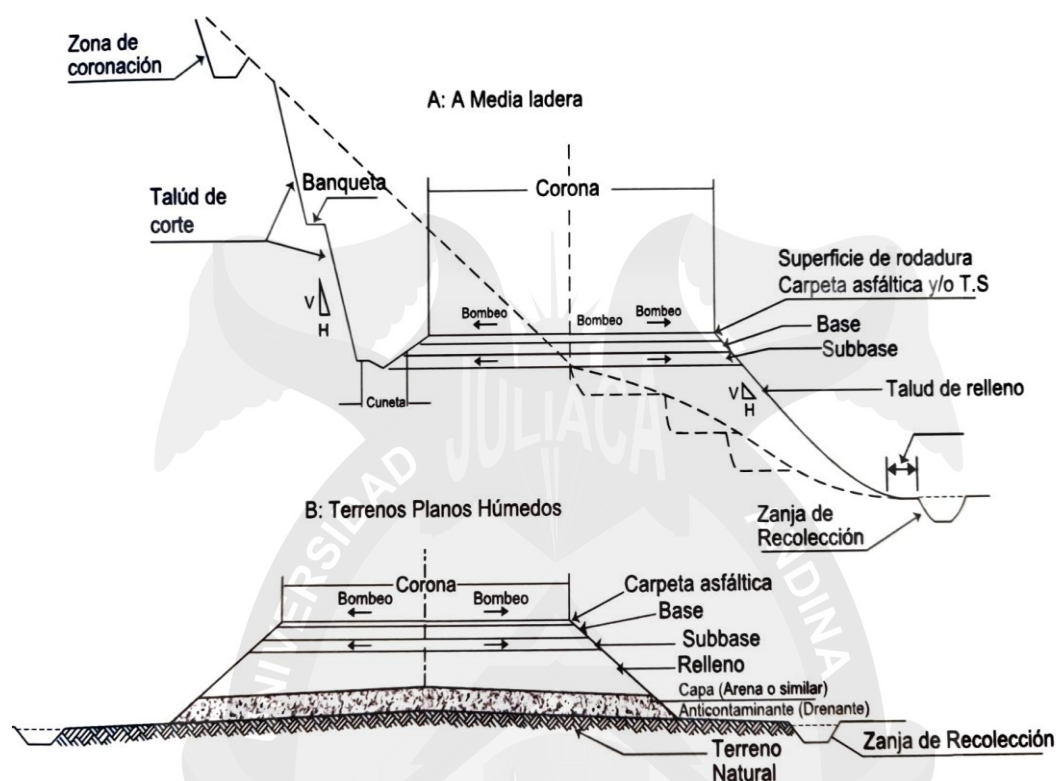
ambientales sin sufrir daños permanentes. La capa más superficial, denominada capa de rodadura, está diseñada específicamente para soportar el tráfico vehicular y proporcionar una superficie óptima para la conducción. Esta capa se fabrica generalmente con asfalto, al cual se le pueden añadir componentes como fibra de vidrio o polímeros para mejorar su resistencia y extender su durabilidad.

Un pavimento flexible era una estructura de pavimento que se caracterizaba por estar compuesta por varias capas de materiales, dentro de las cuales se incluía un ligante bituminoso. Este tipo de pavimento se utilizaba principalmente en la construcción de carreteras y autopistas debido a sus propiedades específicas. Las capas que conformaban este tipo de pavimento solían incluir una subbase, una base y una capa de rodadura. Estas capas trabajaban en conjunto para distribuir de manera eficiente las cargas generadas por los vehículos que transitaban sobre ellas. De este modo, el pavimento tenía la capacidad de deformarse bajo la presión del tráfico y las condiciones ambientales adversas, para luego recuperar su forma original.

La capa de rodadura, que representaba la superficie superior del pavimento por donde circulaban los vehículos, se diseñaba específicamente para soportar de manera directa las cargas impuestas por el tráfico. Además, esta capa tenía como objetivo proporcionar una superficie que no solo fuera segura, sino también eficiente para la conducción de los vehículos. Este diseño aseguraba que el pavimento cumpliera con su función de manera efectiva, permitiendo un tránsito fluido y seguro en las vías donde se aplicaba este tipo de estructura. (Menéndez Acurio, 2016)

**Figura 1**

*Sección típica de un pavimento flexible*



*Nota: Montejo (2006)*

La capa superior de asfalto negro, gracias a su durabilidad, soporta el peso de los vehículos y distribuye la tensión hacia las capas subyacentes, lo que incrementa la tensión en la base del pavimento. Este asfalto, con una expectativa de vida útil de entre 10 y 20 años, demanda una inversión inicial significativa y un mantenimiento extensivo a lo largo del tiempo para conservar su estado óptimo.

#### **2.2.4. Funciones de las capas de un pavimento flexible**

En un pavimento flexible, cada capa desempeñaba una función crucial para garantizar la durabilidad y el rendimiento de la estructura vial. La subbase, situada sobre el terreno natural, servía como una plataforma estabilizadora que distribuía las cargas hacia las capas inferiores, evitando deformaciones



excesivas del suelo. La base, colocada sobre la subbase, actuaba como el principal elemento de soporte, distribuyendo las cargas de manera más uniforme y proporcionando resistencia adicional al pavimento. Finalmente, la capa de rodadura, que constituía la superficie expuesta al tráfico, estaba diseñada para soportar directamente las cargas vehiculares, ofrecer una superficie segura y cómoda para la conducción, y resistir el desgaste provocado por el tráfico y las condiciones climáticas. Juntas, estas capas trabajaban en armonía para asegurar que el pavimento flexible pudiera adaptarse a las deformaciones y recuperarse eficazmente, prolongando su vida útil y manteniendo la calidad de la vía.

### **La sub-base granular**

La finalidad económica es uno de los objetivos clave en la construcción de esta capa. Se busca optimizar el uso de materiales de alta calidad en el espesor completo del pavimento, situando las capas de mejor calidad en la superficie y las más económicas y menos resistentes en la base. Esta estrategia se basa en la necesidad de que el esfuerzo soportado por la subrasante no supere su capacidad de resistencia. Aunque este método puede incrementar el grosor total del pavimento, resulta ser una opción más coste-efectiva.

La subbase actúa como una capa de transición, cuyo diseño eficaz impide el contacto directo entre los materiales constituyentes de la base y los de la subrasante. Además, funciona como un filtro para la base, previniendo que las partículas de la subrasante se mezclen con ella y comprometan su calidad. (Gutierrez Lázares, 2018)

Para atenuar la manifestación de deformaciones en la superficie de soporte, la subbase está diseñada para absorber variaciones volumétricas en la subrasante,



las cuales suelen ocurrir debido a fluctuaciones en el contenido de humedad (como en el caso de las dilataciones) o a cambios abruptos en la temperatura (por ejemplo, durante heladas).

## **La base granular**

La base granular en un pavimento flexible desempeña varias funciones cruciales para garantizar la durabilidad, eficiencia y seguridad de la carretera. Primero, actúa como una capa de distribución de cargas, esparciendo las fuerzas generadas por el tráfico vehicular a áreas más amplias de la subrasante, lo que minimiza la posibilidad de deformaciones perjudiciales. Esta distribución eficaz de la carga ayuda a prevenir el hundimiento y las fallas estructurales en el pavimento.

Además, la base granular proporciona un drenaje eficiente, permitiendo que el agua se filtre y evite la acumulación bajo el pavimento. Esto es vital para prevenir el deterioro del pavimento causado por el agua, como la erosión o el congelamiento y descongelamiento, que pueden dañar seriamente la estructura del pavimento.

Otra función importante es servir como una capa de transición entre la subbase (si existe) y la capa de rodadura de asfalto. Esta capa intermedia ayuda a absorber y reducir las tensiones transmitidas hacia la subrasante y mejora la estabilidad general del pavimento, asegurando una superficie de rodadura más uniforme y reduciendo el mantenimiento a largo plazo.

## **Carpeta o capa de rodadura**

La carpeta o capa de rodadura en un pavimento flexible es la capa superior y es esencial para garantizar la seguridad, comodidad y eficiencia del tráfico



vehicular. Su función principal es proporcionar una superficie lisa y durable que ofrezca una tracción adecuada entre los neumáticos de los vehículos y el pavimento, lo cual es vital para la seguridad al manejar, especialmente en condiciones de lluvia o nieve. Esta capa está diseñada para resistir las fuerzas de abrasión y cizallamiento producidas por el tráfico, minimizando el desgaste y extendiendo la vida útil del pavimento. (Montejo, 2006)

Además, la capa de rodadura contribuye significativamente a reducir la generación de ruido de los vehículos en movimiento, gracias a la textura y los materiales utilizados en su construcción, como mezclas asfálticas que pueden incluir aditivos para mejorar el rendimiento. También es responsable de repeler el agua de la superficie del pavimento, reduciendo el riesgo de hidropneumático y mejorando la visibilidad de las marcas viales.

En términos de mantenimiento vial, la capa de rodadura facilita las operaciones de reparación y renovación, ya que puede ser recapeada o reemplazada de manera más sencilla en comparación con las capas inferiores del pavimento. Su diseño y composición son fundamentales para adaptarse a las condiciones climáticas locales y al volumen y tipo de tráfico esperado, asegurando así una vía de comunicación eficiente y duradera. (Montejo, 2006)

- **Pavimentos rígidos**

Montejo (2006) define el término "subbase" en el contexto de los pavimentos rígidos, describiéndolos como estructuras compuestas principalmente por losas de hormigón hidráulico que se apoyan directamente sobre la subrasante o sobre una capa seleccionada de material. La notable rigidez y el alto coeficiente de elasticidad característicos del hormigón hidráulico son claves para la distribución efectiva de las cargas sobre una extensa área de la superficie subyacente. Esta



capacidad de dispersión de tensiones asegura que, incluso en presencia de irregularidades o debilidades en la subrasante, el pavimento rígido mantenga un rendimiento adecuado. Esto se debe a la capacidad del hormigón para soportar, hasta cierto grado, las fuerzas de tracción sin comprometer su integridad estructural.

## 2.2.5. Patologías en los pavimentos flexibles

En el contexto de la ingeniería civil, la patología se ocupa del estudio de los síntomas, los procesos detrás de estos y las causas potenciales de deterioro y fallas en estructuras de construcción. Este enfoque se aplica igualmente a las obras de pavimentación, donde la presencia de patologías puede comprometer significativamente la funcionalidad y la durabilidad de la infraestructura vial. Las anomalías observadas en los pavimentos flexibles, así como en otros tipos de construcciones, pueden impedir que estas cumplan adecuadamente con los propósitos para los que fueron diseñadas, acortando además su esperanza de vida. La detección temprana de tales patologías es crucial, puesto que el manejo oportuno de las mismas puede reducir sustancialmente los costos asociados a su corrección. Esto se debe a que el tratamiento precoz permite abordar los problemas antes de que se agraven con el tiempo, lo que resulta en daños menos severos y, por ende, en soluciones más sencillas y menos costosas. (Corros B., 2017)

### 2.2.5.1. *Fisuras y Grietas:*

Fisuras por fatiga o "piel de cocodrilo": Aparecen debido a la repetición de cargas de tráfico, sobre todo si el pavimento tiene una capacidad estructural insuficiente.



## **2.2.5.2. Grietas longitudinales y transversales:**

Pueden ser causadas por la contracción del pavimento debido a cambios de temperatura, movimientos de la subrasante o asentamientos.

## **2.2.5.3. Grietas de borde:**

Se forman cerca de los bordes del pavimento, donde la resistencia es menor.

Deformaciones:

## **2.2.5.4. Huellas de rodamiento (Surcos):**

Depresiones en el carril de tráfico causadas por la repetición de cargas, especialmente en climas cálidos o bajo el efecto de vehículos pesados.

## **2.2.5.5. Ondulaciones y baches:**

Se producen por el desplazamiento de los materiales del pavimento o la falla de la subrasante.

## **2.2.5.6. Desprendimiento del Agregado:**

Desgaste superficial: Pérdida de agregado en la superficie del pavimento, lo que reduce la rugosidad y puede hacer que el pavimento sea resbaladizo.

Exudación de Betún:

Sangrado o exudación: Aparición de una película de betún en la superficie del pavimento, lo que hace que sea pegajoso en tiempo cálido y resbaladizo cuando está húmedo.

## **2.2.5.7. Corrugaciones y Ondulaciones:**

Formaciones de ondas en la superficie del pavimento causadas por el desplazamiento de los materiales del pavimento bajo cargas de tráfico.

Deslaminación o desprendimiento de capas:



Separación de las capas del pavimento, que puede ser causada por una mala adhesión entre las capas o por infiltración de agua.

## 2.2.6. Evaluación funcional de pavimentos

La evaluación funcional de los pavimentos es un proceso integral que mide y analiza las condiciones actuales de una superficie de rodadura para determinar su capacidad de servir de manera segura y eficiente a los usuarios de la carretera. Este tipo de evaluación se enfoca en aspectos como la comodidad, la seguridad y la conveniencia para los conductores y peatones, más allá de solo considerar la integridad estructural del pavimento.

Aspectos clave que se analizan en la evaluación funcional incluyen:

**Rugosidad:** Se refiere a las irregularidades en la superficie del pavimento que afectan la comodidad de la conducción. La rugosidad puede medirse utilizando el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) u otros métodos que cuantifican las variaciones verticales de la superficie.

**Textura superficial:** Importante para la fricción entre el neumático y el pavimento, afectando directamente la capacidad de frenado y la seguridad general. La textura adecuada ayuda a prevenir el deslizamiento y el hidroplaneo bajo condiciones de lluvia.

**Deflexiones:** Las deflexiones se miden para evaluar la capacidad del pavimento de soportar cargas sin deformarse permanentemente. Las mediciones de deflexión ayudan a identificar áreas debilitadas que pueden requerir mantenimiento o rehabilitación.

**Drenaje superficial:** La capacidad del pavimento para drenar el agua de lluvia y evitar la acumulación en la superficie es crucial para prevenir el hidroplaneo y asegurar la visibilidad de las marcas viales.



Visibilidad de las marcas viales: La claridad y la visibilidad de las señalizaciones horizontales son vitales para la seguridad vial, especialmente de noche o bajo condiciones climáticas adversas.

## 2.2.7. Tipos de mantenimiento vial

En Perú, para asegurar que las carreteras y autopistas se mantengan en óptimas condiciones, se implementan diversas estrategias de mantenimiento vial. Estas incluyen:

**Mantenimiento Preventivo:** Se efectúa regularmente con el fin de prevenir el deterioro de las vías. Actividades como la limpieza general, el relleno de fisuras y la correcta señalización están contempladas en este tipo de mantenimiento.

**Mantenimiento Correctivo:** Se realiza tras identificar daños específicos en la infraestructura vial, como socavones, deslizamientos de tierra y deterioro de la superficie de rodadura. Este mantenimiento busca reparar dichos daños para restablecer las condiciones adecuadas de la carretera.

**Mantenimiento Predictivo:** Aplicando tecnologías avanzadas, este mantenimiento se enfoca en anticipar posibles problemas y fallos en las carreteras. A través de este enfoque, es posible identificar y solucionar problemas antes de que requieran intervenciones más complejas y costosas.

**Mantenimiento Rutinario:** Consiste en acciones de conservación diarias o semanales destinadas a mantener la carretera en el mejor estado posible. Esto abarca actividades como barrido, relleno de pequeñas fisuras y la adecuada señalización.

**Mantenimiento Periódico:** Incluye trabajos que se realizan anualmente para asegurar el buen estado de la carretera a largo plazo. Esto puede incluir desde



la reparación de baches y fisuras hasta la limpieza de cunetas y la poda de vegetación.

## 2.2.8. Evaluación superficial

La evaluación superficial de los pavimentos es un proceso crítico que implica el examen detallado de la capa superior del pavimento para determinar su estado actual y prever necesidades futuras de mantenimiento y rehabilitación. Esta evaluación se centra en identificar y cuantificar defectos visibles y funcionales que puedan afectar la seguridad, comodidad, y eficiencia del tráfico vehicular, así como la durabilidad del pavimento. Los aspectos claves que se analizan durante una evaluación superficial incluyen:

**Rugosidad:** Mide las irregularidades en la superficie del pavimento que afectan la comodidad del viaje. La rugosidad es un indicador crítico de la calidad de la carretera desde la perspectiva del usuario.

**Textura:** Evalúa la micro y macro textura de la superficie, que son esenciales para proporcionar la fricción necesaria entre el pavimento y los neumáticos de los vehículos, influyendo directamente en la seguridad al conducir.

**Daños superficiales:** Incluye la identificación de grietas, baches, deformaciones, desprendimientos del agregado, y cualquier otro tipo de deterioro que pueda comprometer la estructura del pavimento o la seguridad de los usuarios.

**Drenaje:** Se verifica la eficacia con la que el pavimento maneja y dirige el agua de lluvia, previniendo la acumulación de agua en la superficie, que puede llevar a la hidroplanación y deterioro acelerado del pavimento.

**Señalización y demarcaciones viales:** Se evalúa la visibilidad y el estado de las señales horizontales, cruciales para la orientación y seguridad de los conductores, especialmente en condiciones de baja visibilidad.



## 2.2.9. Mantenimiento y recuperación del pavimento

El mantenimiento y recuperación del pavimento son aspectos fundamentales en la gestión de infraestructuras viales que buscan prolongar la vida útil de los pavimentos, optimizar su funcionamiento y garantizar la seguridad y comodidad de los usuarios. Estas actividades se enfocan en prevenir, corregir y restaurar los pavimentos ante cualquier señal de deterioro o fallo.

### Mantenimiento del Pavimento

El mantenimiento del pavimento abarca un conjunto de prácticas preventivas y correctivas destinadas a mantener o restaurar la funcionalidad de un pavimento a su estado óptimo o aceptable. Se clasifica en:

**Mantenimiento Preventivo:** Incluye acciones planificadas que previenen el deterioro del pavimento y reducen la necesidad de reparaciones más significativas en el futuro. Ejemplos de esto son el sellado de grietas, la aplicación de tratamientos superficiales y el mantenimiento de drenajes.

**Mantenimiento Correctivo:** Se refiere a las acciones necesarias para corregir defectos y daños específicos en los pavimentos, como el relleno de baches, la reparación de fisuras, y el reemplazo de segmentos del pavimento que han fallado.

### Recuperación del Pavimento

La recuperación del pavimento implica intervenciones más intensivas y a menudo estructurales, con el objetivo de devolver la infraestructura a una condición de servicio adecuada y extender su vida útil. Esto puede incluir:



Rehabilitación: Procesos como el reciclaje en sitio, la estabilización de la base o subbase, y la colocación de nuevas capas de rodadura, que buscan restaurar la capacidad estructural y funcional del pavimento.

Reconstrucción: Cuando el pavimento ha llegado al final de su vida útil o su deterioro es tan extenso que las medidas de mantenimiento y rehabilitación no son coste-efectivas, se procede a reconstruir el pavimento. Esto implica la remoción completa y reemplazo de las capas existentes del pavimento.

### **2.2.10. Tipos de fallas en pavimentos flexibles**

Las fallas en pavimentos flexibles abarcan una variedad de deterioros que comprometen la integridad, seguridad y comodidad de las vías. Entre las más comunes se encuentran las fisuras por fatiga, también conocidas como "piel de cocodrilo", que se forman por el paso repetido de vehículos sobre áreas con insuficiente soporte estructural; las grietas transversales y longitudinales, que pueden ser causadas por movimientos de la subrasante o cambios térmicos; y las huellas o deformaciones permanentes en la superficie, resultado del flujo plástico del material asfáltico bajo cargas estacionarias o repetitivas, especialmente en climas cálidos. Otras fallas incluyen el desprendimiento del agregado superficial debido al tráfico y a la acción del agua, lo que reduce la fricción y aumenta el riesgo de derrapes; el sangrado o exudación del asfalto, que hace la superficie pegajosa y propensa a la acumulación de polvo y suciedad; y los baches, que se forman por la expulsión de material de pavimento debido a la infiltración de agua y el tráfico posterior. Todas estas fallas requieren atención mediante estrategias de mantenimiento y reparación adecuadas para prolongar la vida útil del pavimento y garantizar la seguridad vial. (Corros B., 2017)



Tabla 2

*tipos de fallas en pavimentos flexibles*

FALLA N°	TIPO - NOMBRE	UNIDAD
1	GRIETA PIEL DE COCODRILO	m2
2	EXUDACIÓN DE ASFALTO	m2
3	GRIETAS DE CONTRACCIÓN (BLOQUE)	m2
4	ELEVACIONES - HUNDIMIENTOS	m
5	CORRUGACIONES	m2
6	DEPRESIONES	m2
7	GRIETAS DE BORDE	m2
8	GRIETAS DE REFLEXIÓN DE JUNTAS	m
9	DESNIVEL CALZADA - HOMBRILLO	m
10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	m
11	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	m2
12	AGREGADOS PULIDOS	m2
13	HUECOS	N°
14	CRUCE DE RIELES (*)	m2
15	AHUELLAMIENTO	m2
16	DEFORMACIÓN POR EMPUJE	m2
17	GRIETAS DESLIZAMIENTO	m2
18	HINCHAMIENTO	m2
19	DISGREGACIÓN Y DESINTEGRACIÓN	m2

*Nota: PCI pavement index*

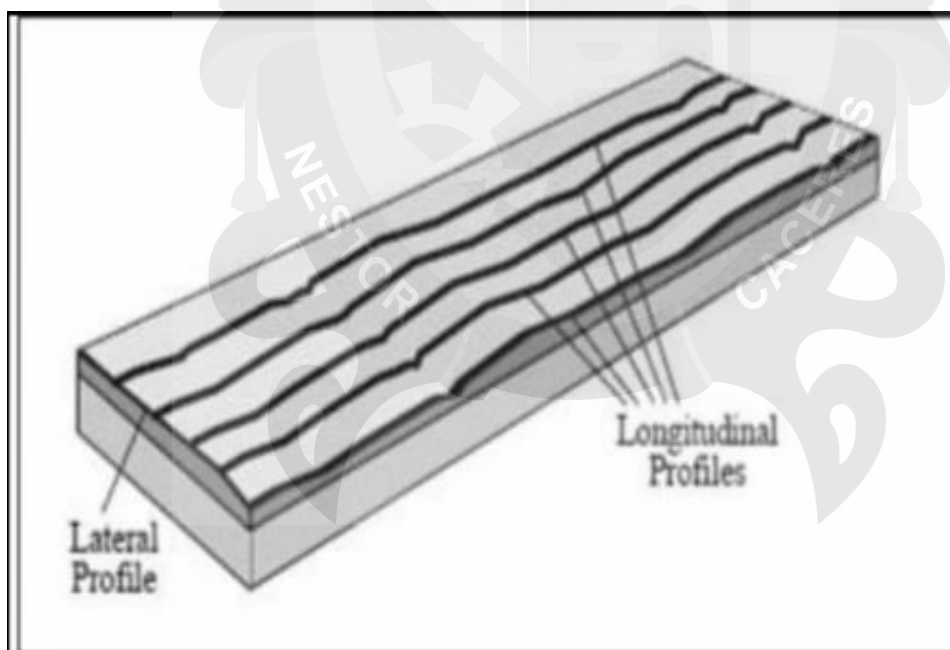
### 2.2.11. Regularidad superficial del pavimento

La regularidad superficial del pavimento se refiere a la uniformidad o suavidad de la superficie de rodadura, la cual es fundamental para asegurar la comodidad y seguridad de los usuarios de la carretera. Una superficie regular permite una conducción más estable y reduce el riesgo de vibraciones y desgaste prematuro en los vehículos. La irregularidad superficial, en cambio,

puede resultar en un aumento del consumo de combustible, mayor emisión de ruidos, y una percepción de conducción menos segura y cómoda. Para medir la regularidad superficial, se utiliza comúnmente el Índice Internacional de Rugosidad (IRI), el cual cuantifica las variaciones verticales de la superficie en un tramo específico de la carretera. Los valores más bajos del IRI indican una mayor regularidad y, por lo tanto, una mejor calidad del pavimento. Mantener una buena regularidad superficial es crucial no solo para la experiencia de conducción, sino también para la durabilidad del pavimento y la eficiencia general del sistema de transporte. Por ello, la evaluación periódica y el mantenimiento adecuado son esenciales para preservar las condiciones óptimas de la superficie de rodadura. (Montejo, 2006)

## Figura 2

*regularidad superficial de una carretera*



*Nota: Pradena M. 2006.*



La uniformidad de la superficie por donde transitan los vehículos es crucial por diversas razones, incluyendo la realización eficiente del mantenimiento vial, así como la comodidad y seguridad de quienes usan las carreteras. La rugosidad inicial del pavimento actúa como un indicativo de la calidad con la que se ha llevado a cabo la construcción de la vía. Las imperfecciones en la superficie pueden influir notablemente en la velocidad de los vehículos, resultando en un incremento en el desgaste de los neumáticos y partes mecánicas, y un aumento en el consumo de combustible. Además, los aspectos dinámicos derivados de estas irregularidades pueden intensificar los costos asociados con el mantenimiento, debido a cambios en las tensiones y deformaciones que experimenta la infraestructura vial, lo cual podría necesitar intervenciones de mantenimiento más intensivas, rehabilitación o incluso reconstrucción completa. Se anticipa que los pavimentos que mantienen una regularidad superficial óptima disfrutarán de una mayor longevidad en comparación con aquellos que presentan numerosas deformaciones. La aparición de estas irregularidades se ve afectada por múltiples factores, incluyendo el tipo de cargas vehiculares, condiciones climáticas, la diversidad de los materiales de construcción empleados, el estado de la subrasante, cambios en el relieve y la cercanía de estructuras viales. (Montejo, 2006)

La suavidad y uniformidad de la superficie de una carretera contribuyen significativamente al confort y seguridad de los conductores durante su viaje, siendo la regularidad superficial altamente apreciada por ellos. Esto se debe a que pueden sentir directamente la presencia de irregularidades, como baches o deformaciones, mientras conducen. Por otro lado, la capacidad de soporte del pavimento, aunque crucial para la estructura de la carretera, generalmente no es



notada ni valorada por los conductores, ya que su evaluación requiere de pruebas técnicas específicas. Los entes encargados de la administración vial ponen especial énfasis en la regularidad superficial, conscientes de su impacto directo en los costos de transporte y en el mantenimiento de la infraestructura vial, sea esta departamental o nacional. Por lo tanto, la regularidad de la superficie se considera un criterio fundamental de calidad al momento de recibir obras viales recién completadas, reflejando el estado general de la construcción al finalizar. (Montejo, 2006)

## **2.2.12. Índice de serviciabilidad de un pavimento**

El Índice de Serviciabilidad de un pavimento es una medida cuantitativa diseñada para reflejar la calidad y comodidad de la superficie de rodadura desde el punto de vista de los usuarios. Este índice se basa en la percepción de los conductores y usuarios de la carretera respecto a varios aspectos como la suavidad, seguridad, y comodidad al conducir, además de considerar la aparición de irregularidades superficiales como baches, grietas, y deformaciones. Originalmente desarrollado como parte del estudio AASHO Road Test en Estados Unidos durante los años 1958-1960, el índice se expresa generalmente en una escala de 0 a 5, donde 5 indica una condición de nuevo o excelente y 0 representa una condición fallida o intransitable. (Montejo, 2006)

El Índice de Serviciabilidad es una herramienta crucial en la planificación del mantenimiento y la rehabilitación de pavimentos, ya que permite a los ingenieros y administradores viales evaluar el estado actual de la infraestructura vial y determinar la necesidad de intervenciones para restaurar o mantener la calidad del pavimento dentro de los estándares deseados. El uso de este índice ayuda a optimizar la asignación de recursos para el mantenimiento de carreteras,



priorizando aquellas áreas que requieren atención inmediata para mejorar la experiencia de conducción y prolongar la vida útil del pavimento.

(Montejo, 2006)

### **2.2.13. La Rugosidad de los pavimentos**

La rugosidad de los pavimentos es una característica que describe la textura y las irregularidades superficiales de la carretera que afectan directamente la comodidad de conducción, la seguridad, y el desgaste del vehículo. Teóricamente, es un indicador de la calidad de la superficie del pavimento que mide las variaciones verticales desde una trayectoria ideal plana, capturando tanto irregularidades menores como mayores a lo largo de un tramo de carretera. La percepción de la rugosidad por parte de los usuarios de la carretera influye significativamente en su experiencia de conducción, donde una mayor rugosidad generalmente resulta en una conducción menos confortable y segura.

Desde un punto de vista técnico, la rugosidad se mide utilizando diferentes índices y métodos, siendo el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) uno de los más utilizados a nivel mundial. Este índice cuantifica la rugosidad en términos de metros por kilómetro, basándose en las respuestas de un vehículo estándar al pasar sobre el pavimento. Un valor bajo en el IRI indica una superficie lisa y de alta calidad, mientras que valores altos señalan una superficie irregular y potencialmente incómoda para conducir.

La rugosidad no solo afecta la experiencia de conducción sino también tiene implicaciones en el desgaste de los vehículos, el consumo de combustible, y la seguridad, ya que superficies muy rugosas pueden reducir la eficacia del frenado y la estabilidad del vehículo. Por estas razones, mantener un nivel adecuado de



rugosidad es un objetivo importante en el diseño, construcción, y mantenimiento de pavimentos, buscando siempre optimizar la experiencia de los usuarios y la seguridad vial.

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

El Índice Internacional de Rugosidad (IRI) se define como la medida del desplazamiento vertical total experimentado por la suspensión de un vehículo, representando específicamente un cuarto de este vehículo, al recorrer un tramo de carretera a una velocidad estándar de 80 km/h. Esta métrica también puede interpretarse como una evaluación de las variaciones en el perfil longitudinal de una carretera que generan vibraciones en los vehículos al circular sobre ella. En 1986, el Banco Mundial estandarizó el uso del IRI como un indicador para evaluar la suavidad de la superficie de las carreteras, basándose en el estudio internacional llevado a cabo en Brasil, detallado en los documentos numéricos 45 y 46 del Banco Mundial, que condujeron a la creación y adopción del IRI. Este índice cuantifica las vibraciones generadas por la rugosidad de la superficie del pavimento y se relaciona con el perfil longitudinal de la huella de la carretera, representando las irregularidades que afectan la conducción. Las directrices recomendadas para la rugosidad de un pavimento nuevo, así como para uno existente que ha sido reforzado y durante el periodo de servicio, son especificadas en una tabla de valores sugeridos para garantizar la regularidad y confort en la carretera. (Bañon Blazquez, 2018)

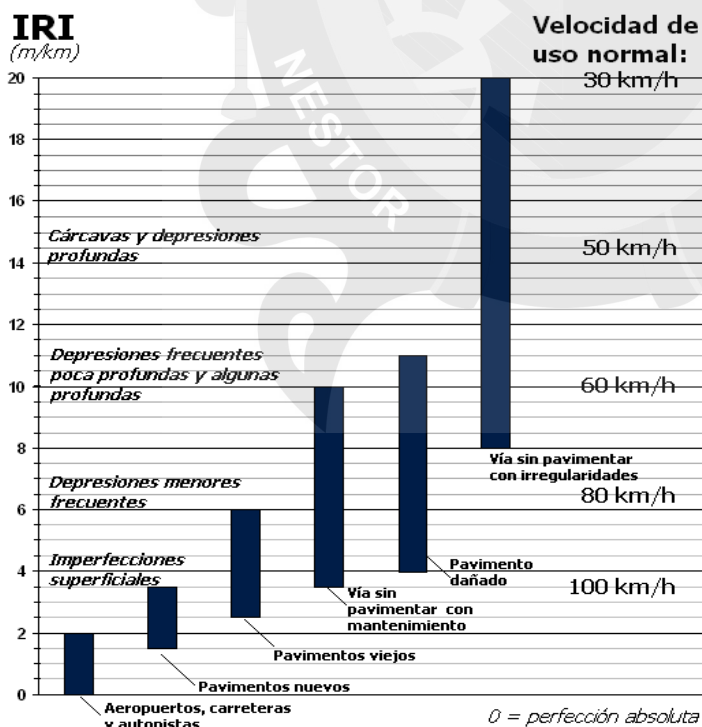
#### **2.2.15. Escala y características del IRI**

La evaluación de la regularidad de una superficie vial se lleva a cabo utilizando el Índice Internacional de Rugosidad (IRI), el cual se expresa en unidades tales como metros por kilómetro (m/km), milímetros por metro (mm/m) o pulgadas por milla (plg/milla). No existe un valor máximo predeterminado para el IRI; sin

embargo, generalmente se considera que valores superiores a 8 m/km hacen que una carretera sea difícil de transitar, incluso a baja velocidad, de acuerdo con la norma ASTM E867. El valor mínimo posible para el IRI, que indicaría una superficie perfectamente lisa, es de 0 m/km, según se detalla en la "Terminología asociada a las características de las superficies transitables". En el contexto de carreteras asfaltadas, el IRI puede oscilar entre 0 y 12 m/km, donde 0 representa una superficie completamente lisa y 12 denota una vía prácticamente intransitable. Un IRI de cero se alcanza cuando la superficie es completamente plana y carece de cualquier tipo de irregularidad. Factores como el tráfico vehicular, las condiciones ambientales, entre otros, pueden influir en este índice, provocando un deterioro en la calidad de la superficie del pavimento (Montejo, 2006).

**Figura 3**

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

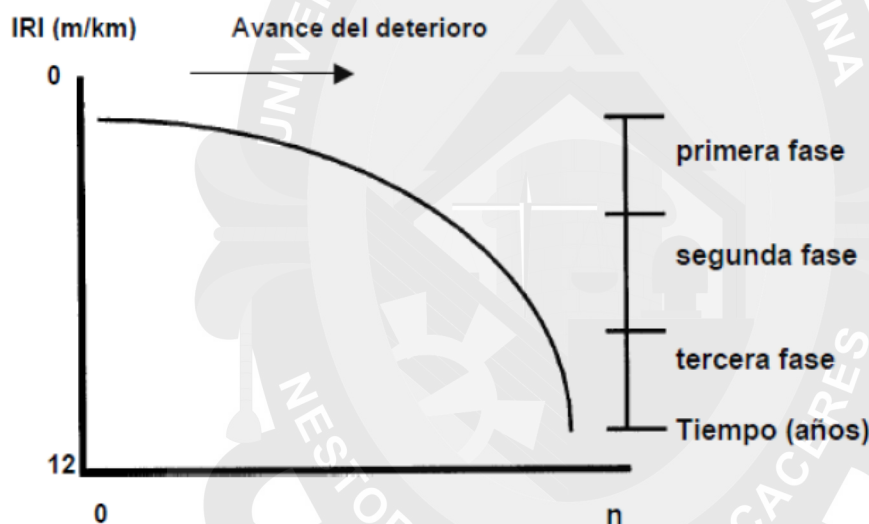


Nota: (Bañon Blazquez, 2018)

El Índice Internacional de Rugosidad (IRI) representa la discrepancia entre el perfil longitudinal actual del pavimento, medido en el momento de la evaluación, y el perfil longitudinal ideal (IRI=0). Funciona como un indicador estadístico que revela la irregularidad superficial del pavimento. El deterioro de un pavimento generalmente se desarrolla en tres etapas, reflejando el comportamiento típico de la superficie a lo largo de su vida útil. Se ha comprobado que a medida que el IRI aumenta con el paso del tiempo debido al uso continuado, la calidad del pavimento tiende a disminuir.

**Figura 4**

*avance de deterioro del pavimento en etapas*



*Nota: (Corros B., 2017)*

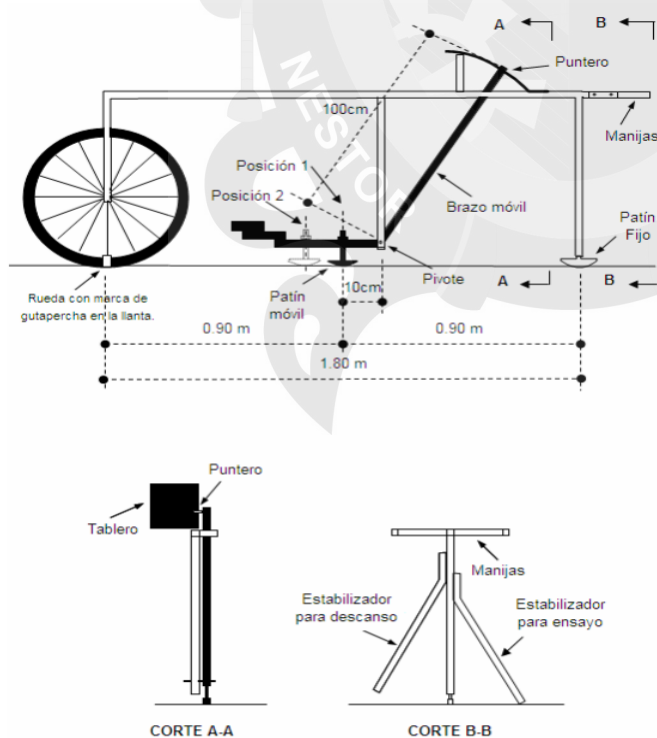
## 2.2.16. Rugosímetro de merlín.

Montejo (2006) describe detalladamente un conjunto de diseños sencillos que facilitan la comprensión visual de una herramienta específica, compuesta por una estructura esquemática que incorpora dos elementos primordiales de primer nivel. Esta herramienta se caracteriza por incluir un sistema de elevación que consta de dos inclinaciones conectadas a sus laterales; una de estas inclinaciones está diseñada para asegurar el equipo firmemente al suelo durante

su uso, mientras que el elemento situado en la parte delantera podría implementar una rueda, lo que contribuye a mejorar tanto la movilidad como la facilidad de operación del conjunto. De manera innovadora, este diseño permite la unión de las dos pendientes en un extremo abierto, optimizando la funcionalidad del equipo. Además, la estructura se complementa con dos manijas, estratégicamente incorporadas para funcionar como un mecanismo de elevación. Este mecanismo permite al usuario levantar y trasladar los accesorios de manera eficiente, utilizando un movimiento que recuerda al empleado en las carretillas, facilitando así el manejo y transporte de los mismos. Esta descripción meticulosa se encuentra en la página 41 de la obra de Montejo, proporcionando un marco comprensivo para la visualización y entendimiento de la herramienta (Montejo, 2006).

**Figura 5**

*Rugosidad Mediante Rugosímetro Merlin*

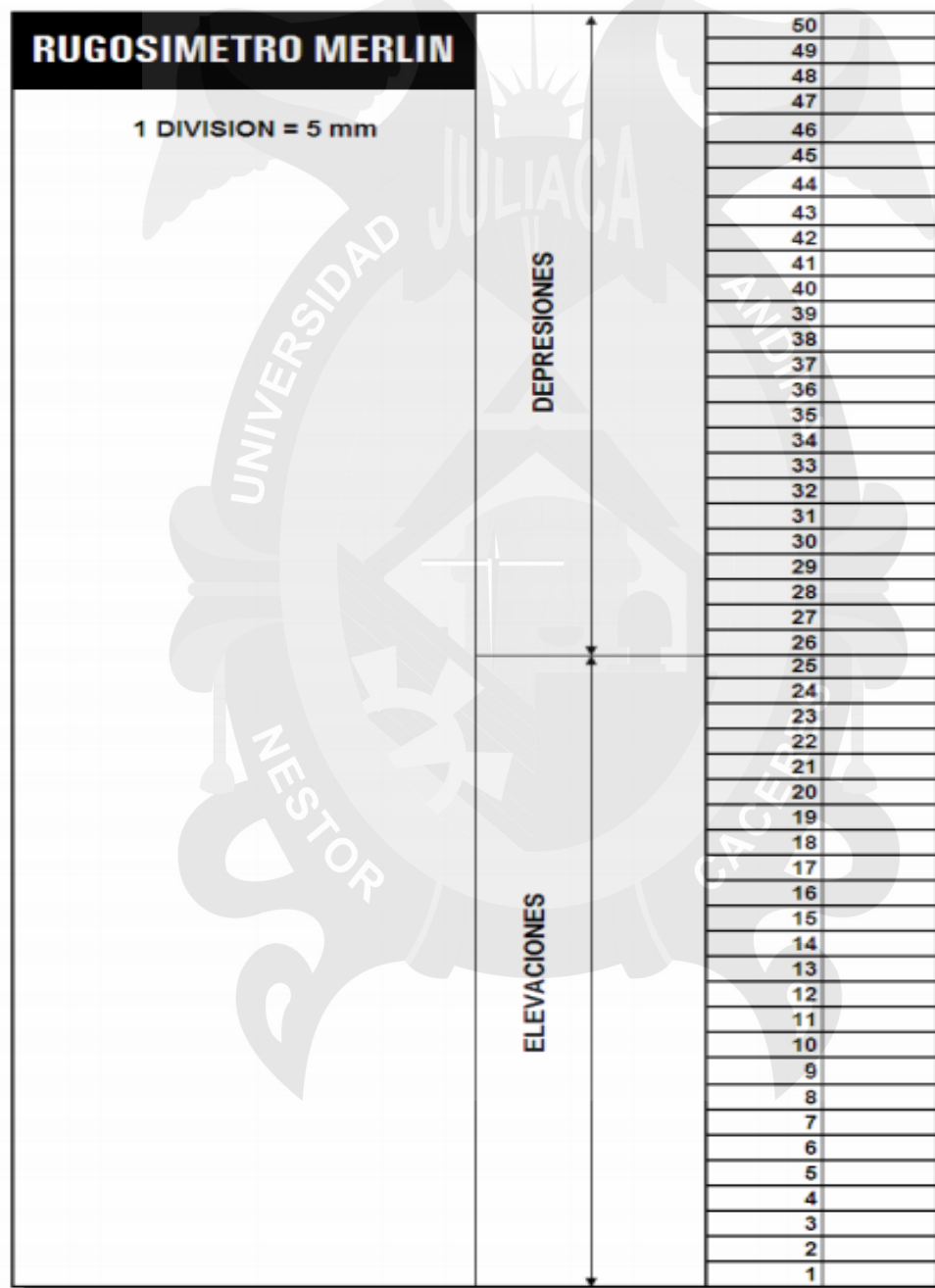


*Nota: Alarcón 2019*

Cada división del tablero del equipo, numerada del 1 al 50, tiene una separación de 5 milímetros (mm), y se distingue además por elevaciones y depresiones, como se ve en la imagen adjunta.

**Figura 6**

*Escala de rugosímetro merlín*



*Nota: manual de equipo merlin*



## 2.2.17. Etapas de Mantenimiento de un pavimento

El mantenimiento de un pavimento es fundamental para preservar su funcionalidad y prolongar su vida útil. Este proceso se puede dividir en varias etapas clave, cada una orientada a abordar diferentes aspectos del desgaste y deterioro que los pavimentos experimentan a lo largo del tiempo. Las etapas de mantenimiento de un pavimento incluyen:

**Evaluación y Diagnóstico:** Esta etapa inicial implica la inspección y evaluación detallada del estado actual del pavimento. Se utilizan diversas técnicas y herramientas para medir la rugosidad, detectar fisuras, huecos, y otros problemas estructurales o superficiales. Este diagnóstico permite identificar las necesidades específicas de mantenimiento o reparación.

**Mantenimiento Preventivo:** El objetivo de esta fase es prevenir la aparición de daños mayores mediante intervenciones menores y regulares. Esto puede incluir sellado de fisuras para evitar la infiltración de agua, aplicación de capas delgadas de asfalto para proteger la superficie, y otras técnicas que minimizan el deterioro.

**Mantenimiento Correctivo:** Cuando se identifican daños específicos que afectan la funcionalidad o seguridad del pavimento, se lleva a cabo el mantenimiento correctivo. Esto puede incluir parcheo de huecos, reparación de fisuras grandes, rehabilitación de juntas en pavimentos de concreto, y otras acciones destinadas a corregir defectos específicos.

**Rehabilitación:** Esta etapa se aplica cuando el pavimento ha alcanzado un nivel de deterioro que afecta gravemente su estructura o funcionalidad. La rehabilitación puede incluir el fresado y recubrimiento de la superficie, la reconstrucción de capas del pavimento, o incluso la reconstrucción total del

tramo afectado. El objetivo es restaurar la capacidad estructural y la comodidad de la vía.

**Reconstrucción:** En casos donde el pavimento está extremadamente deteriorado y más allá de la viabilidad de reparación o rehabilitación, se procede a su reconstrucción. Esto implica la remoción completa del pavimento existente y la construcción de uno nuevo, con todas las capas que conforman la estructura del pavimento, desde la subbase hasta la superficie de rodadura.

**Mantenimiento Rutinario:** Incluye actividades continuas de limpieza, desbroce de vegetación en los márgenes, mantenimiento de drenajes, y pequeñas reparaciones que son necesarias para mantener el buen estado del pavimento. Estas actividades son cruciales para prevenir daños mayores y asegurar la funcionalidad continua de la vía.

**Figura 7**

*Mantenimiento rutinario o preventivo*



*Nota: (MTC, 2014)*



## 2.2.18. Textura superficial del pavimento

La textura superficial del pavimento es una característica fundamental que influye directamente en el rendimiento y la seguridad de las vías de transporte. Esta textura se refiere a la conformación y disposición de los materiales en la superficie del pavimento, abarcando desde las microscópicas irregularidades hasta las ondulaciones visibles a simple vista. La textura afecta aspectos críticos como la fricción, el drenaje del agua, el ruido generado por el tráfico, y la comodidad durante la conducción. Se puede clasificar según su escala en tres categorías principales:

**Textura Microscópica:** Esta se refiere a las pequeñas irregularidades presentes en la superficie del pavimento, generalmente menores a 0.5 mm. Estas irregularidades son esenciales para proporcionar la fricción inicial entre el neumático y el pavimento, especialmente importante en condiciones de carretera seca. La textura microscópica ayuda a prevenir el deslizamiento de los neumáticos y contribuye a una conducción segura y estable.

**Textura Fina:** Incluye irregularidades que varían entre 0.5 mm y 50 mm. Esta escala de textura contribuye significativamente al drenaje superficial del agua, reduciendo el riesgo de hidroplaneo bajo condiciones de lluvia. La textura fina también afecta la fricción entre el pavimento y los neumáticos, complementando la función de la textura microscópica.

**Textura Gruesa o Macrotextura:** Se refiere a irregularidades mayores de 50 mm. Estas son perceptibles a simple vista y pueden incluir ondulaciones y surcos. La macrotextura es crucial para el drenaje eficaz del agua en condiciones de lluvia intensa, permitiendo que el agua fluya lejos de la superficie de contacto neumático-pavimento, lo que ayuda a mantener la fricción y a prevenir el

hidroplaneo. Además, contribuye a la reducción del ruido generado por el contacto de los neumáticos con el pavimento, mejorando así el confort durante la conducción.

La combinación adecuada de estas tres escalas de textura es crucial para el diseño y mantenimiento de pavimentos que sean seguros, cómodos y duraderos. Los métodos para crear y mantener la textura superficial del pavimento varían según el tipo de material (asfalto, concreto, etc.), y pueden incluir técnicas como el cepillado, la aplicación de agregados durante el proceso de pavimentación, o el corte de surcos en la superficie. La evaluación periódica y el mantenimiento de la textura superficial son esenciales para asegurar el buen rendimiento del pavimento a lo largo de su vida útil.

**Figura 8**

*Texturas superficiales de un pavimento*

		MACROTEXTURA	
		LISA	RUGOSA
MICROTEXTURA	ÁSPERA		
	PULIDA		

*Nota: (Bañon Blazquez, 2018)*

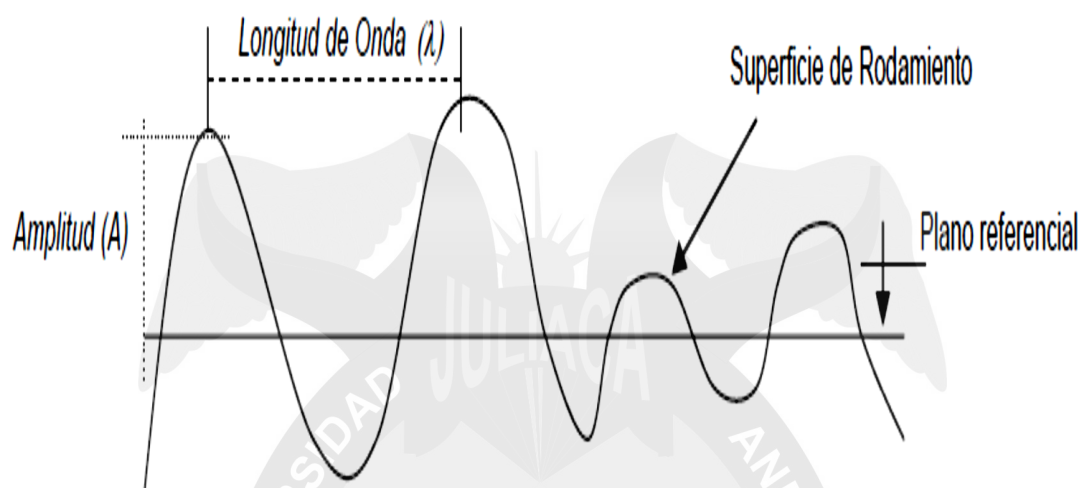


En su obra de 2017, Corros B. profundiza en el análisis de la textura superficial de los pavimentos, argumentando que esta característica esencial se encuentra intrínsecamente vinculada con la naturaleza mineralógica del agregado utilizado, el cual proviene de fuentes específicas o préstamos. Además, la selección detallada de las diferentes fracciones de agregado que se incorporan en la mezcla asfáltica durante el proceso de fabricación desempeña un papel crucial en la conformación de la textura final del pavimento. Por ende, la manipulación de estos componentes representa la principal herramienta de que dispone el ingeniero de caminos para influir directamente en la textura de la capa de rodadura del pavimento. Según Corros B., esta intervención técnica es de vital importancia ya que determina aspectos fundamentales del rendimiento del pavimento, como la seguridad, durabilidad y confort durante la conducción, siendo estos aspectos directamente afectados por las propiedades texturales de la superficie (p.124).

Esta perspectiva resalta la importancia de una elección adecuada y metódica de los materiales en la etapa de diseño y fabricación del pavimento. Así, la habilidad del ingeniero para seleccionar y combinar adecuadamente los agregados según su composición y características mineralógicas se convierte en un factor determinante en la calidad y características finales de la superficie del pavimento. En este contexto, el conocimiento profundo sobre la procedencia y propiedades de los materiales usados cobra una relevancia capital, evidenciando cómo la ingeniería vial no solo se basa en el diseño estructural, sino también en la química y física de los materiales empleados.

**Figura 9**

*Esquema de la textura de la superficie de rodamiento*



*Nota: (Corros B., 2017)*

### 2.2.19. Ensayo de Circulo de arena

Bañon Blazquez (2018) expone un método meticuloso para evaluar la macrotextura superficial de los pavimentos, que consiste en la distribución uniforme de una cantidad precisa de un material específico sobre la superficie del pavimento para, posteriormente, calcular el área total que este material logra cubrir. El enfoque de este procedimiento se centra en obtener una medición de la profundidad media que caracteriza únicamente a la macrotextura, considerando que dicha técnica posee una limitada sensibilidad hacia las particularidades que definen a la microtextura del pavimento.

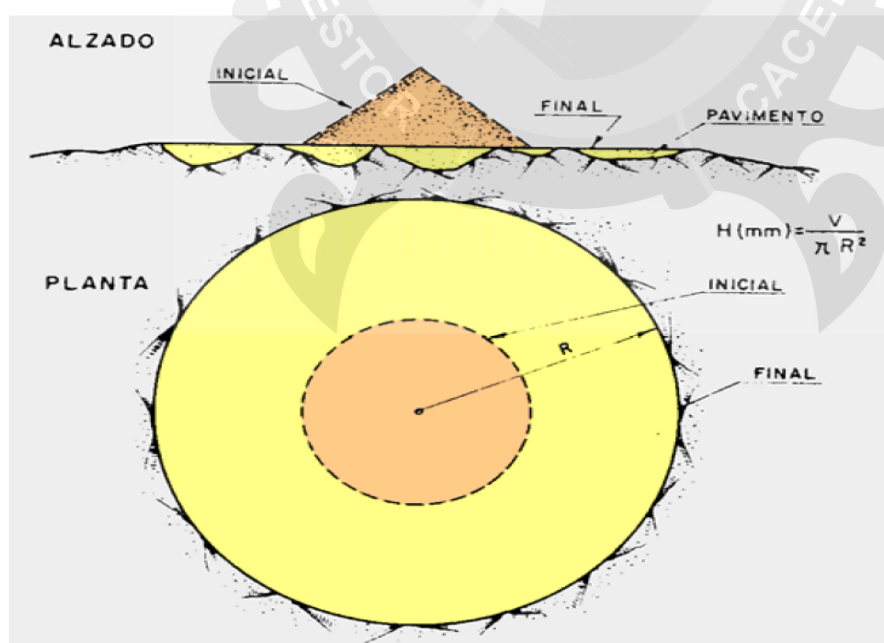
Según describe Bañon Blazquez (2018), este método consiste en dispersar cuidadosamente un volumen predefinido de arena, seleccionada por su fineza y uniformidad, comúnmente establecido en 50 cm<sup>3</sup>. Esta arena se distribuye de manera uniforme hasta que se asienta al nivel del relieve más alto del pavimento, generalmente formando una figura de área conocida, como un círculo. Luego, se

calcula la profundidad media de la macrotextura del pavimento al relacionar el volumen de arena utilizado con el área que esta cubre efectivamente. Este proceso permite obtener una medida precisa de la macrotextura del pavimento, proporcionando información valiosa sobre sus características superficiales.

Este método, por consiguiente, se configura como una estrategia precisa y específica para la cuantificación de la macrotextura, una variable fundamental en la evaluación del estado y funcionalidad del pavimento. Su importancia radica en su aplicabilidad en contextos donde se busca una comprensión detallada de las características texturales que influyen directamente en aspectos cruciales como la seguridad y el confort durante la conducción. La técnica se destaca por su simplicidad operativa y por su capacidad de proporcionar indicadores precisos sobre la textura a mayor escala, sin que las variaciones mínimas de la superficie afecten de manera significativa los resultados obtenidos (Bañon Blazquez, 2018).

**Figura 10**

*Ensayo circulo de arena*



*Nota: (Bañon Blazquez, 2018)*



## 2.3. MARCO CONCEPTUAL

### PAVIMENTO

- Estructura compuesta por diferentes capas para soportar cargas vehiculares

### PAVIMENTO FLEXIBLE

- La mayoría de las veces, este tipo de pavimento se utiliza en zonas de tráfico intenso, como carreteras, aceras y aparcamientos. Se compone de una mezcla de material bituminoso hecho de asfalto o petróleo y los subproductos de la superficie de la carretera, así como agregados gruesos o finos (piedra triturada, grava y arena). Esta combinación tiene que estar bien compactada para soportar el tráfico pesado.

### FALLAS EN PAVIMENTO

- Los pavimentos flexibles son vulnerables a muchos problemas. Un pavimento flexible puede colapsar con frecuencia por las siguientes razones:
- Grietas: Pueden desarrollarse como resultado del hundimiento del suelo, fluctuaciones de temperatura o desgaste por la actividad de los vehículos.
- Los abultamientos son protuberancias que se desarrollan como resultado del desplazamiento o asentamiento del suelo bajo el pavimento.
- La delaminación se produce cuando el asfalto empieza a romperse en capas como resultado de la pérdida de adherencia.
- El agrietamiento por contracción del hormigón se produce cuando el anillo de contracción se seca demasiado rápido, dejando fisuras en la superficie.
- Hundimiento: puede producirse por diversas causas, como cambios en el contenido de humedad del suelo, asentamientos o erosión bajo el pavimento.



## EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS

### PSI

- PSI es el índice de servicio actual, comodidad en las condiciones de la carretera dentro de los límites prescritos. Muy bien, bien, regular, mal, muy mal es una escala de medida que depende del Índice Internacional de Rugosidad.

### IRI

- Es la granularidad del pavimento. El Banco Mundial estableció esta unidad en Brasil en 1982. Se hizo para estandarizar el valor de la Regularidad Superficial de un pavimento.

### RUGOSÍMETRO MERLÍN

- Es una herramienta flexible, rentable y útil debido a su bajo costo de fabricación y precisión en la determinación del grado de rugosidad del pavimento. En 1993, hizo su debut en Perú.

### CIRCULO DE ARENA

- La norma NLT-335 incluye el ensayo del círculo de arena, que se utiliza para describir la rugosidad superficial del pavimento. Para realizar este ensayo, deben esparcirse 50 cm<sup>3</sup> de arena fina uniforme sobre la superficie del pavimento, cubriendo cualquier imperfección superficial.

### TEXTURA DE UN PAVIMENTO

- El aspecto y el tacto de la superficie de un pavimento se denominan textura. La comodidad y la seguridad de los conductores pueden verse muy afectadas por la textura. Por ejemplo, una superficie extremadamente lisa puede ser peligrosa cuando llueve, ya que los neumáticos tienen menos agarre. Por otro lado, una superficie con la textura adecuada puede mejorar el drenaje del



agua y reducir la posibilidad de aquaplaning. El ruido del tráfico y la durabilidad del pavimento pueden verse afectados por su textura. En general, garantizar la seguridad vial y la comodidad de los usuarios depende de la textura del pavimento.





## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación actual se fundamenta en los principios de la metodología científica, lo cual resulta de suma relevancia al posibilitar el establecimiento de relaciones sólidas y confiables entre diversos hechos, descubrimientos y nuevos conocimientos. Para alcanzar este propósito, se adopta un enfoque metodológico que se caracteriza por ser inferencial, problemático, autocrítico y preciso. Este enfoque se sustenta en teorías científicas bien fundamentadas y respaldadas por evidencia empírica. La estructura de la investigación se encuentra diseñada de manera acorde con estas cualidades, abrazando un enfoque de investigación cuantitativa y adoptando un tipo de investigación de nivel explicativo. Además, la categorización utilizada en la implementación del estudio sigue estas premisas, buscando asegurar la rigurosidad y la validez de los hallazgos obtenidos.

Enfoque de investigación cuantitativa.

Tipo de investigación nivel Aplicativa.



### 3.1.1. Enfoque cuantitativo de la investigación

El enfoque cuantitativo de investigación para el estudio de la rugosidad y textura de la carpeta asfáltica en la Vía Mártires del 4 de noviembre en la ciudad de Juliaca se centra en la recolección y análisis de datos numéricos para evaluar de manera objetiva las condiciones de la superficie de la carretera. Mediante el uso de equipos y técnicas de medición especializadas, se recopilarán datos precisos sobre la rugosidad y textura del pavimento, como la profundidad de las irregularidades y la aspereza superficial. Estos datos se analizarán estadísticamente para identificar patrones, tendencias y niveles de deterioro en la carretera, lo que permitirá una evaluación cuantitativa de su estado y la determinación de las acciones de mantenimiento necesarias para mejorar la seguridad vial y prolongar su vida útil.

### 3.1.2. Tipo de investigación explicativa

El tipo de investigación aplicada para el estudio de la rugosidad y textura de la carpeta asfáltica en la Vía Mártires del 4 de noviembre de la ciudad de Juliaca se centra en ir más allá de la simple descripción de las condiciones de la carretera, buscando entender y solucionar los problemas de mantenimiento identificados. Esta investigación examinará los factores que influyen en la rugosidad y textura del pavimento, tales como el tráfico vehicular, las condiciones climáticas, la calidad de los materiales utilizados y los métodos de construcción. Mediante el análisis de estas variables y su relación con el estado del pavimento, se pretende identificar las causas de los niveles de deterioro y proponer acciones de mantenimiento específicas que aborden eficazmente estos problemas. Este enfoque práctico no solo proporcionará una comprensión más profunda de los fenómenos observados, sino que también contribuirá a la formulación de



recomendaciones concretas para mejorar la calidad y durabilidad de la carretera, beneficiando directamente a la infraestructura vial y a sus usuarios.

## **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.2.1. Población**

Este trabajo, aborda la problemática de las vías rápidas de acceso a la ciudad de Juliaca, los pavimentos que tienen un alto tráfico y flujo vehicular que necesitan están en condiciones óptimas para un buen nivel de servicio, este enfoque busca dar a conocer el nivel del estado de las carpetas de rodadura de los pavimentos flexibles en la ciudad de Juliaca.

### **3.2.2. Muestra**

INFRAESTRUCTURA VIAL EN LA AVENIDA MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE – VÍA SALIDA A PUNO, DE LA CIUDAD DE JULIACA, PROVINCIA DE SAN ROMÁN – PUNO”

Trayecto : progresivo total 0+000 hasta 4+000

Extensión : 4 km

Ancho de vía 7.10 metros

Este método de selección de muestras recibe el nombre de muestreo no aleatorio.

Es un método de muestreo deliberado o premeditado.

## **3.3. INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.3.1. Índice de regularidad superficial en pavimentos**

El ensayo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) utilizando un rugosímetro Merlin implica el uso de un equipo especializado diseñado para medir la rugosidad de la superficie de un pavimento de manera precisa y objetiva.

El rugosímetro Merlin consta de varios componentes esenciales:



**Sensor láser o láser de perfilamiento:** Este componente emite un haz de luz láser que escanea la superficie del pavimento a medida que el vehículo equipado con el rugosímetro avanza. El sensor láser detecta las irregularidades en el perfil del pavimento y registra los datos para su análisis.

**Sistema de adquisición de datos:** El rugosímetro Merlin está equipado con un sistema de adquisición de datos que recopila la información capturada por el sensor láser y la procesa para calcular el Índice de Rugosidad Internacional (IRI). Este sistema puede incluir software especializado para el análisis de los datos obtenidos durante el ensayo.

**Dispositivo de posicionamiento y montaje:** El rugosímetro Merlin se monta en un vehículo de ensayo especializado que se utiliza para recorrer la carretera a una velocidad constante. Este dispositivo de montaje garantiza que el sensor láser esté correctamente alineado y posicionado para capturar datos precisos sobre la rugosidad del pavimento.

**Sistema de registro y visualización de datos:** El rugosímetro Merlin puede estar equipado con un sistema de registro y visualización de datos que permite a los operadores monitorear en tiempo real la rugosidad del pavimento mientras se realiza el ensayo. Además, este sistema registra los datos para su posterior análisis y generación de informes.

### **3.3.2. Textura superficial del pavimento - Ensayo círculo de arena**

El ensayo de círculo de arena es una técnica utilizada para medir la textura del pavimento de una carretera. Para llevar a cabo este ensayo, se requieren los siguientes instrumentos:



**Círculo de arena:** Este es el instrumento principal utilizado en el ensayo. Consiste en un dispositivo circular que contiene arena seca y limpia. El círculo de arena se coloca sobre la superficie del pavimento y se le aplica una presión constante para que la arena se distribuya uniformemente sobre el área de ensayo.

**Placa base:** La placa base es una superficie plana y rígida sobre la cual se coloca el círculo de arena. Su función es proporcionar estabilidad al instrumento y asegurar que se aplique una presión constante durante el ensayo.

**Regla o dispositivo de medición:** Se utiliza para medir el diámetro del área cubierta por la arena después de que se ha aplicado sobre el pavimento. Esto permite calcular la profundidad promedio de la textura del pavimento.

**Pesas o dispositivo de aplicación de presión:** Se utilizan para aplicar una presión constante sobre el círculo de arena mientras se encuentra en contacto con la superficie del pavimento. Esto garantiza que la arena se distribuya uniformemente y se mida de manera precisa la textura del pavimento.

### **3.3.3. Rugosímetro Merlin**

El proceso de datos mediante un rugosímetro Merlin es una etapa crítica en la evaluación de la rugosidad de un pavimento. Este proceso implica la recopilación, análisis y presentación de los datos obtenidos durante el ensayo de campo. A continuación, se describe de manera extendida el proceso de datos mediante un rugosímetro Merlin:

**Recopilación de datos:** Durante el ensayo de campo, el rugosímetro Merlin recopila datos en tiempo real sobre la rugosidad de la superficie del pavimento. Esto se logra mediante el escaneo láser continuo de la superficie mientras el vehículo equipado con el rugosímetro avanza a una velocidad constante.



Procesamiento de datos crudos: Una vez recopilados, los datos crudos se procesan para eliminar cualquier interferencia o error de medición. Este proceso puede implicar la eliminación de datos atípicos o la corrección de mediciones incorrectas.

Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI): Utilizando algoritmos específicos, el rugosímetro Merlin calcula el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) para cada tramo de pavimento evaluado. El IRI es una medida estándar de la rugosidad de la superficie del pavimento y se expresa en unidades de longitud por kilómetro (m/km).

Generación de informes: Una vez calculado, el IRI y otros datos relevantes se presentan en un informe detallado. Este informe puede incluir gráficos, tablas y mapas que ilustran la distribución de la rugosidad a lo largo de la carretera evaluada.

Análisis de datos y recomendaciones: Los datos procesados se analizan para identificar tendencias, patrones y posibles áreas de preocupación en el pavimento. Basándose en estos análisis, se pueden hacer recomendaciones para el mantenimiento o rehabilitación del pavimento, así como para la planificación futura de la gestión de activos viales.

Almacenamiento y gestión de datos: Los datos recopilados y procesados se almacenan de manera segura para su posterior referencia y análisis. Además, se pueden integrar en sistemas de gestión de activos viales para facilitar la toma de decisiones informadas sobre el mantenimiento y la gestión de carreteras.



### 3.3.4. Componentes del rugosímetro merlín

El pavimento se define como una estructura estratificada diseñada específicamente para soportar y distribuir las cargas impuestas por el tráfico vehicular.

Tipo de Pavimento Flexible: Predominantemente seleccionado para su uso en áreas de alta densidad de tráfico, como son las autopistas, caminos peatonales y zonas de estacionamiento, este pavimento se caracteriza por estar compuesto de una mezcla asfáltica, la cual es una combinación de materiales bituminosos provenientes del petróleo o asfalto, junto con una selección de agregados de diferentes granulometrías, tales como piedra, grava y arena. La clave de su durabilidad y resistencia ante el paso continuo de vehículos radica en su compactación óptima.

Desafíos Comunes en Pavimentos Flexibles: Aunque los pavimentos flexibles son versátiles, no están exentos de problemas, entre los cuales se encuentran:

Formación de Grietas: Estas pueden aparecer por múltiples factores, incluyendo movimientos en el terreno, cambios bruscos de temperatura o el constante desgaste por tráfico.

Abultamientos: Son elevaciones que se forman debido a cambios o movimientos en el subsuelo.

Delaminación del Asfalto: Ocurre cuando hay una pérdida de unión entre las capas de asfalto, provocando su separación.

Fisuras por Contracción en el Hormigón: Son resultado de una contracción y secado acelerado del hormigón, lo que provoca la aparición de fisuras.



Hundimientos: Se pueden presentar por alteraciones en la humedad del suelo, desplazamientos del terreno o erosión subterránea.

### 3.3.4.1. **Procedimientos para la Evaluación de Pavimentos:**

Índice de Servicio Presente (PSI): Evalúa la comodidad y las condiciones actuales de la carretera a través de una escala que varía desde condiciones óptimas a condiciones deficientes, basándose en el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) para su cálculo.

Índice Internacional de Rugosidad (IRI): Representa una medida de la textura superficial del pavimento, introducida por el Banco Mundial en 1982 en Brasil con el propósito de unificar los criterios para evaluar la regularidad superficial de los pavimentos.

Prueba del Círculo de Arena: Este método, descrito en la norma NLT-335, se emplea para medir la rugosidad superficial dispersando una cantidad medida de 50 cm<sup>3</sup> de arena sobre el pavimento, lo que permite identificar y cubrir las imperfecciones superficiales.

La Importancia de la Textura en Pavimentos: La textura del pavimento juega un papel crucial no solo en la apariencia y sensación al contacto, sino también en aspectos vitales como la seguridad y la confortabilidad al conducir. Una superficie demasiado lisa puede ser peligrosa bajo condiciones de lluvia por reducir la tracción de los neumáticos, mientras que una superficie adecuadamente texturizada mejora el escurrimiento del agua y minimiza el riesgo de deslizamiento. Adicionalmente, la textura tiene un impacto significativo en el nivel de ruido producido por el tráfico y en la longevidad del pavimento,

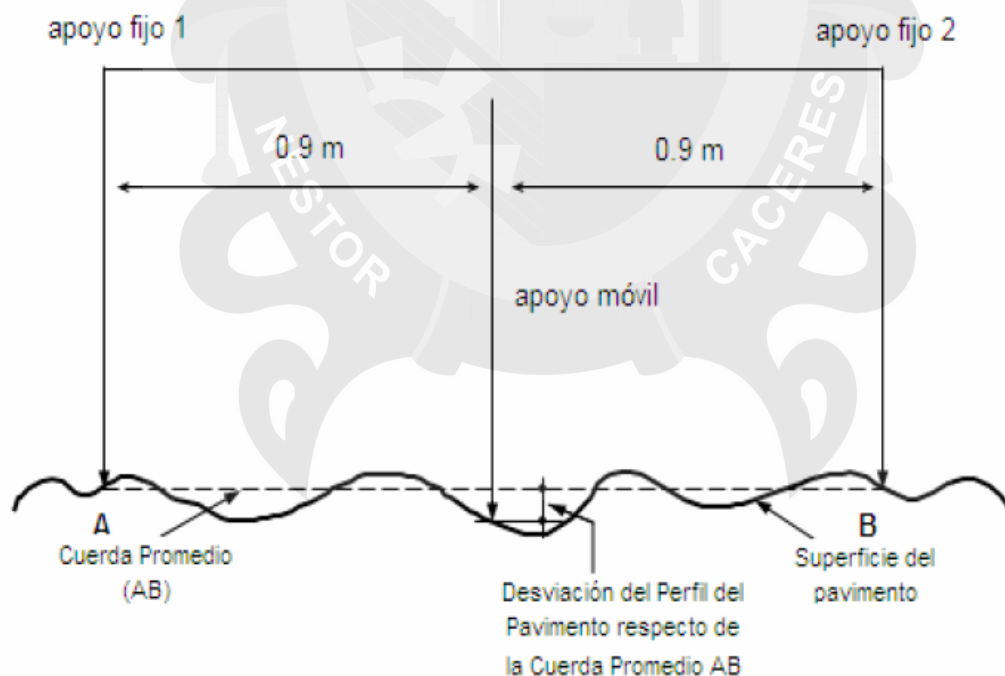
resaltando su relevancia para mantener las condiciones óptimas de tránsito y seguridad.

### 3.4. METODOLOGÍA PARA IRI ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL

La medición de la rugosidad en un pavimento se basa en la idea de evaluar cómo se distribuyen las variaciones en la superficie en comparación con una línea de base promedio. Para ilustrar este concepto, se utiliza el MERLIN, que cuantifica el desplazamiento vertical entre la superficie de la carretera y una línea imaginaria de longitud fija ubicada en el centro. Este desplazamiento se denomina "variación en relación con la línea de base promedio".

**Figura 11**

*Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto a la cuerda promedio*

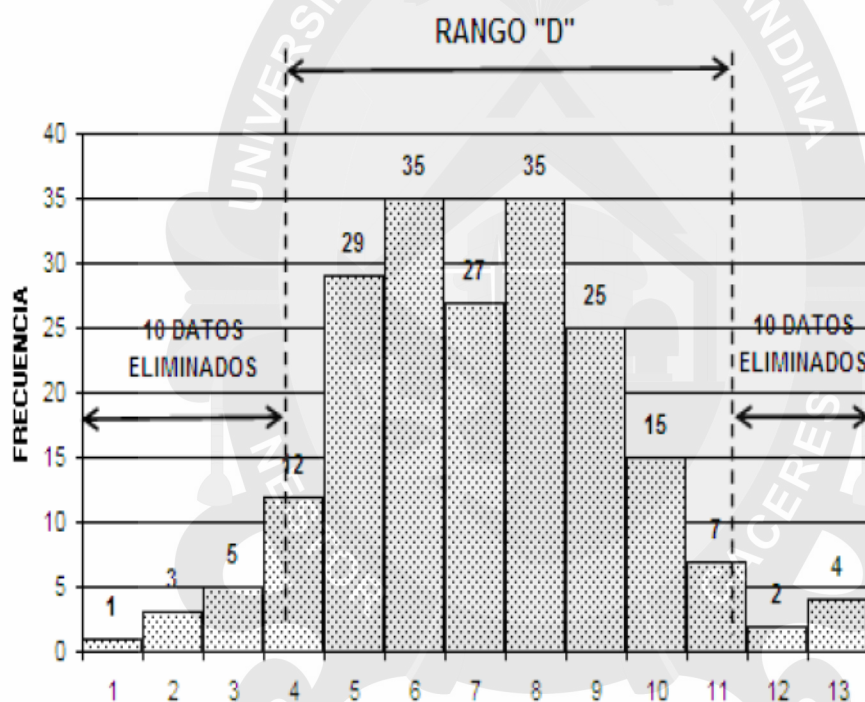


*Nota: manual de PCI*

La longitud seleccionada para la línea de base promedio es de 1.80 metros, ya que investigaciones previas han demostrado que esta medida proporciona los resultados más precisos en términos de correlación. Es esencial llevar a cabo 200 mediciones consecutivas de las variaciones con respecto a esta línea a lo largo de la carretera, manteniendo un intervalo constante entre cada medición. Bajo estas condiciones, se observa que a medida que la superficie del pavimento se vuelve más rugosa, aumenta la variabilidad en los desplazamientos medidos.

**Figura 12**

*Rango D*



*Nota: Manual IRI*

El parámetro estadístico que establece la magnitud de la dispersión es el rango de la muestra (D), determinado luego de efectuar la eliminación de 10 datos en los extremos del histograma. El valor D es la rugosidad del pavimento en "unidades MERLIN".



Valor "D" para la obtención del IRI

Para relacionar la rugosidad determinada con el MERLIN y el IRI, se utiliza la siguiente expresión:

$$IRI = 0.593 + 0.0471 D * 1$$

Donde:

IRI : Índice de Regularidad Superficial

D : Rango de valores para obtener IRI

El valor "D" necesita ser ajustado mediante un factor de corrección, el cual se calcula a partir del grosor de una pastilla de calibración. Primero, se coloca el rugosímetro sobre una superficie nivelada y se toma la lectura que corresponde a la posición del indicador cuando el patín móvil está en contacto con el suelo. Luego, se levanta el patín y se sitúa la pastilla de calibración debajo de él, lo que causa un desplazamiento del indicador. Este nuevo valor se multiplica por 10. Para este proceso de ajuste, se utiliza la fórmula siguiente:

$$F = (EP * 10) / (LI - LF) * 5$$

Donde:

EP: Espesor de la pastilla

LI: Posición inicial del puntero

LF: Posición final del puntero

### 3.4.1. Índice de serviciabilidad presente (PSI)

El Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) se refiere a la calidad de la experiencia de conducción que se proporciona a los usuarios de la vía. Este índice tiene una escala que va de 0 a 5, donde 5 representa la comodidad teórica máxima (que es difícil de alcanzar en la práctica), y 0 indica el nivel más bajo de



comodidad posible. A medida que el estado del pavimento empeora debido al deterioro, el valor del PSI también disminuye. El PSI se utiliza como una medida para evaluar la calidad operativa actual del pavimento. En el contexto peruano, se utiliza la expresión desarrollada por Sayers para determinar analíticamente el PSI, la cual establece una relación entre la rugosidad y el Índice de Serviciabilidad.

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

Donde:

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

Las ecuaciones utilizadas para calcular el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) incorporan mediciones de diversos aspectos del pavimento, como el ahuellamiento, agrietamiento, baches y las imperfecciones en el pavimento. Entre estos factores, las irregularidades en el pavimento son las más influyentes en los valores estimados de serviciabilidad. Esto significa que las irregularidades en el pavimento tienen el mayor impacto en la evaluación de los usuarios que juzgan la calidad de la superficie de rodadura. Además, es factible describir la evolución a lo largo del tiempo de un pavimento a partir de los valores del Índice de Serviciabilidad, y en la práctica, también es posible representar este comportamiento utilizando mediciones de la rugosidad.

La pérdida de serviciabilidad de un pavimento está influenciada por tres factores principales: el tráfico, el entorno y la edad del pavimento. La capacidad de uso de la carretera se evalúa teniendo en cuenta los valores de PSI calculados, que se interpretan en función de los siguientes criterios:



**Tabla 3**

*Calificación según PSI1*

PSI			TRANSPIRABILIDAD
0	-	1	MUY MALA
1	-	2	MALA
2	-	3	REGULAR
3	-	4	BUENA
4	-	5	MUY BUENA

*Nota: PSI = índice de serviciabilidad del pavimento*

### 3.4.2. Índice de Regularidad Internacional AV. MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE – MARGEN DERECHO

#### 3.4.2.1. RESULTADOS DEL MARGEN DERECHO TRAMO I

LECTURA DE CAMPO

**Tabla 4**

*Lectura de campo tramo I*

LECTURA DE CAMPO										
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

*Nota: resultados de campo*

**Tabla 5**

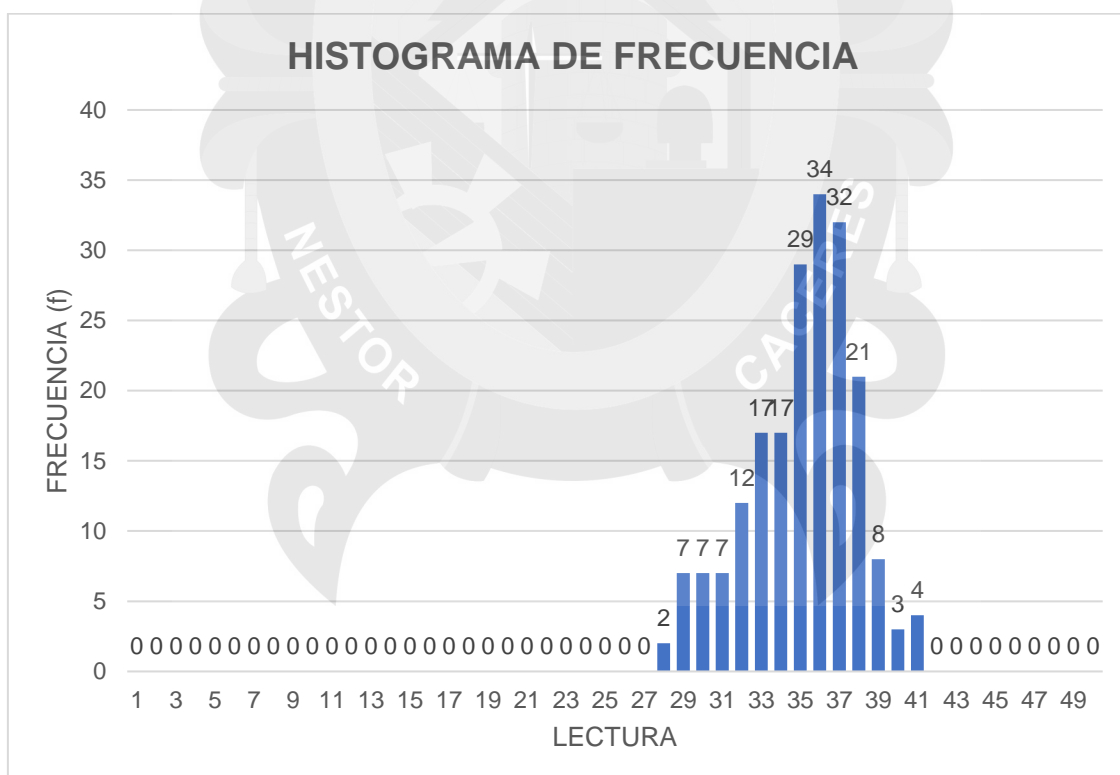
*Conteo de intervalos*

interval o de desviaciones	frecuencia	interval o de desviaciones	frecuencia	interval o de desviaciones	frecuencia	interval o de desviaciones	frecuencia	interval o 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

Nota: resultados de campo

**Figura 13**

*Histograma de frecuencia tramo I*



Nota: elaboración propia



## SERVICIALIZADIDAD DEL TRAMO I MARGEN DERECHO -

**Tabla 6**

*Nivel de servicio tramo i margen derecho*

<b>SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS</b>					
<b>CALCULO DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE</b>					
VÍA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
<b>AV MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE</b>					
<b>CARRIL IZQUIERDO</b>	4.73	2.09	2.2	2.03	2.12

*Nota: procesamiento de campo*

**Tabla 7**

*Evaluación de pavimento con rango PCI – tramo I Margen derecho*

RANGO 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: procesamiento de campo*

**Tabla 8**

*Nivel de servicio del pavimento*

<b>SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS</b>			
<b>CLASIFICACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO</b>			
VÍA	PSI	PCI	CALIFICACIÓN
<b>AV. MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE</b>			
<b>CARRIL DERECHO</b>	2.11	42.20	REGULAR

*Nota: Elaboración Propia*



### Análisis de resultado

Los resultados obtenidos en ambos índices (PSI y PCI) para el carril derecho de la Avenida Mártires del 4 de noviembre indican que el pavimento se encuentra en un estado regular, con cierto grado de deterioro que afecta tanto la comodidad de la conducción como el estado físico del pavimento. Esto sugiere que podría ser necesaria una intervención para mejorar la calidad del pavimento y así elevar la serviciabilidad y seguridad para los usuarios de la vía.

### **RESULTADOS DEL MARGEN DERECHO TRAMO II**

#### LECTURA DE CAMPO

LECTURA DE CAMPO										
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

Nota: lectura de campo



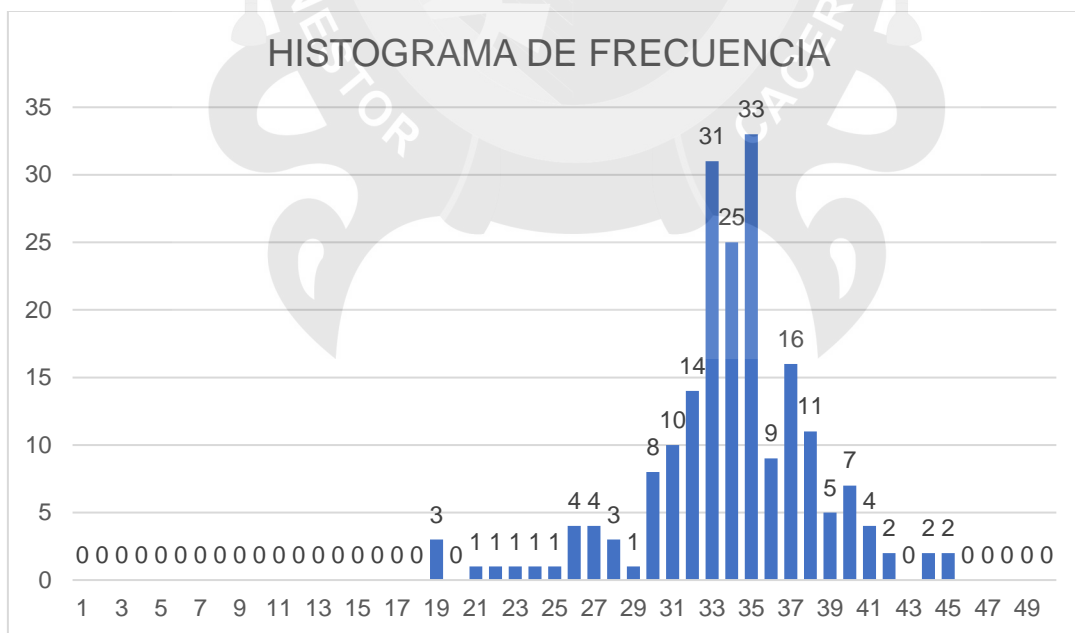
### CONTEO

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

Nota: lectura de campo

Figura 14

Histograma de frecuencia



Nota: elaboración propia



**Tabla 9**

*Serviciabilidad del tramo II*

<b>SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS</b>					
<b>CALCULO DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE</b>					
VÍA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
<b>AV. MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE</b>					
<b>CARRIL DERECHO</b>	4.69	2.15	1.75	2.05	1.98

*Nota: lectura de campo*

**Tabla 10**

*Evaluación de pavimento con rango PCI*

RANGO 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: lectura de campo*

**Tabla 11**

*Nivel de servicio del pavimento*

<b>SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS</b>			
<b>CLASIFICACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO</b>			
VÍA	PSI	PCI	CALIFICACIÓN
<b>AV. MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE</b>			
<b>CARRIL DERECHO</b>	1.98	39.67	MALO

*Nota: elaboración propia*

### ANÁLISIS DE RESULTADO

El estado del pavimento en el carril derecho de la Avenida Mártires del 4 de noviembre es preocupante y necesita atención inmediata. Un PSI tan bajo indica que la capacidad del pavimento para satisfacer las necesidades de los usuarios es muy limitada. Además, un PCI de 39.67 indica que el pavimento está en una condición muy por debajo del estándar aceptable, lo que implica una superficie deteriorada que probablemente presente problemas como grietas, baches u otros daños significativos.

Este análisis señala la necesidad de intervención y mantenimiento urgente en el carril derecho de la Avenida Mártires del 4 de Noviembre para garantizar la seguridad y comodidad de los usuarios de la vía. Se pueden considerar acciones como el repavimentado, el parcheo de áreas dañadas o la aplicación de técnicas de mantenimiento preventivo para restaurar la calidad y durabilidad del pavimento.

#### 3.4.2.2. RESULTADOS DEL TRAMO MARGEN DERECHO III

**Tabla 12**

*Lectura de campo*

LECTURAS DE CAMPO										
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

*Nota: elaboración propia*

**Tabla 13**

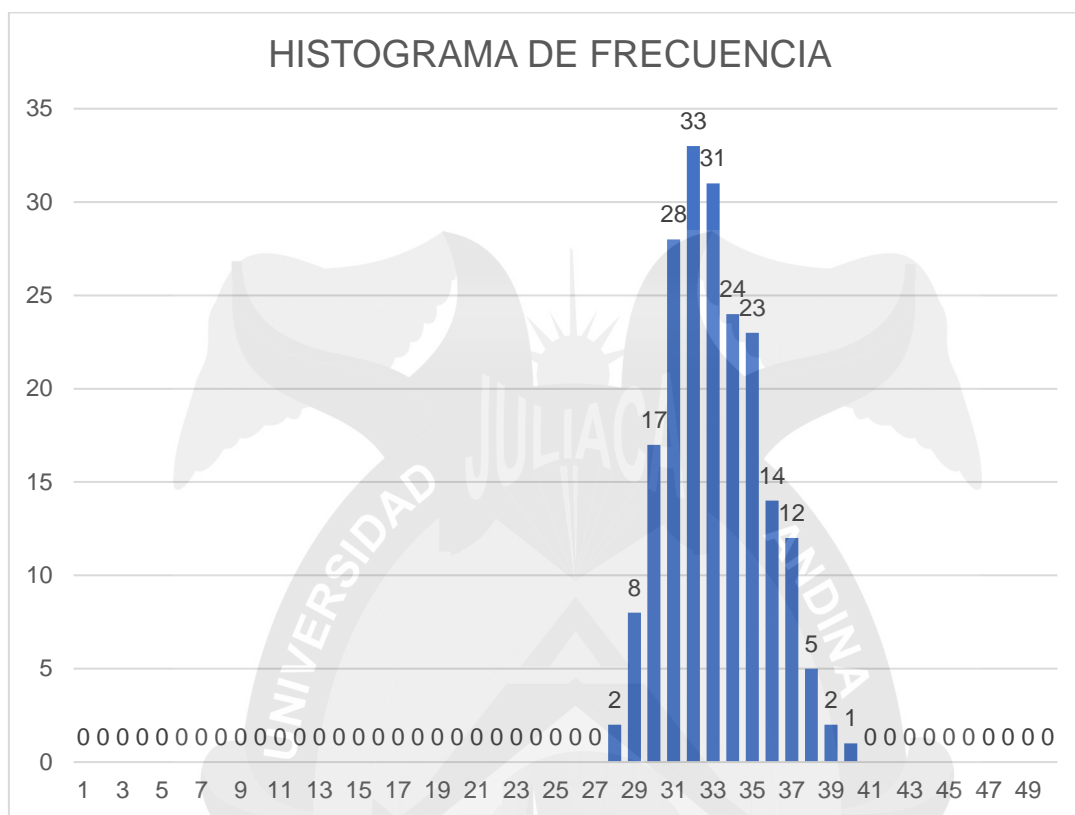
*Conteo de intervalos*

interval	o de	frecu	interval	o de	frecu	interval	o de	frecu	interval	o de	frecu	
o de	desvia	encia	o de	desvia	encia	o de	desvia	encia	o de	desvia	encia	
desvia	ciones		desvia	ciones		desvia	ciones		desvia	ciones		
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

*Nota: elaboración propia*

**Figura 15**

*Histograma de frecuencia*



*Nota: elaboración propia*

**Tabla 14**

*Serviciabilidad del tramo III*

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS					
CALCULO DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE					
VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
<b>AV. FERROCARRIL</b>					
<b>CARRIL</b>	2.75	1.95	1.98	1.98	1.97
<b>DERECHO</b>					

*Nota: lectura de campo*

Tabla 15

*Evaluación de pavimento con rango PCI*

RANGO 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: lectura de campo*

Tabla 16

*Nivel de servicio del pavimento*

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS			
CLASIFICACION SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO			
VIA	PSI	PCI	CALIFICACION
<b>AV. MARTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE</b>			
<b>CARRIL DERECHO</b>	1.97	39.40	MALO

*Nota: lectura de campo*

## Análisis de resultado

Al analizar los resultados de la evaluación de la serviciabilidad de los pavimentos en la Avenida Mártires del 4 de noviembre, observamos que el carril derecho tiene un Índice de Servicio de Pavimento (PSI) de 1.97 y un Índice de Condición del Pavimento (PCI) de 39.40, lo que resulta en una calificación de "Malo".

Estos valores indican que el estado del pavimento en el carril derecho de la Avenida Mártires del 4 de noviembre es crítico y necesita intervención inmediata.

Un PSI tan bajo sugiere que el pavimento tiene una capacidad muy limitada para



satisfacer las necesidades de los usuarios, lo que puede resultar en una experiencia de conducción incómoda y potencialmente peligrosa.

Además, un PCI de 39.40 está significativamente por debajo del estándar aceptable, lo que sugiere que el pavimento está en condiciones muy deficientes.

Es probable que presente grietas, baches u otros tipos de deterioro que afecten negativamente la seguridad vial y la comodidad de los conductores.

### 3.4.2.3. RESULTADOS DEL MARGEN DERECHO TRAMO IV

#### LECTURA DE CAMPO

LECTURAS DE CAMPO										
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

*Nota: lectura de campo*

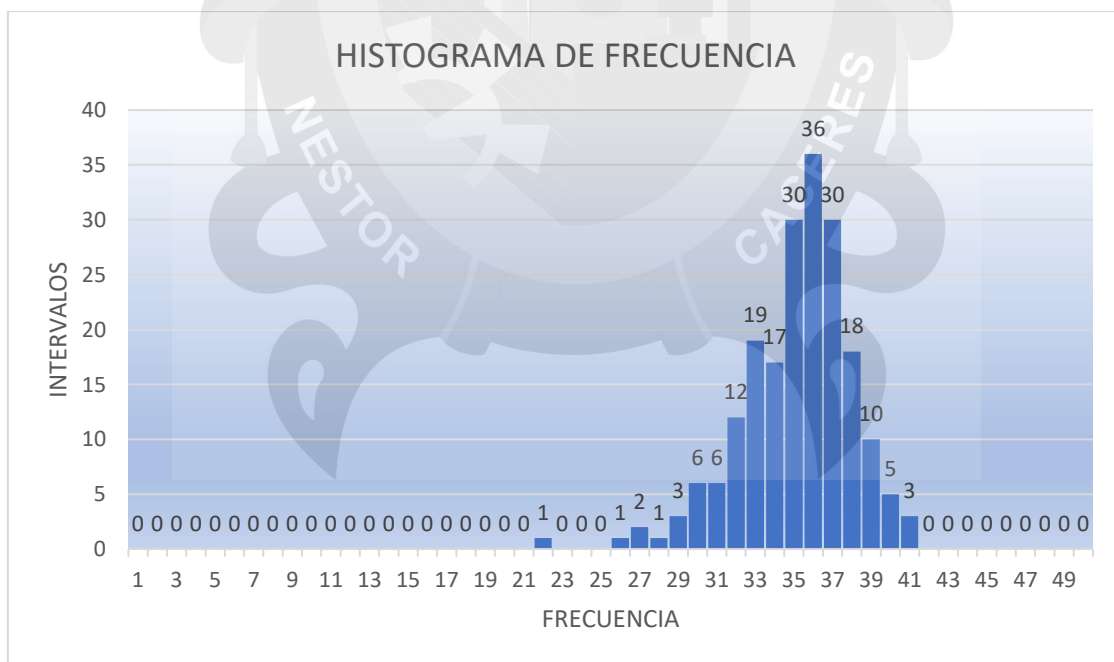


### CONTEO DE INTERVALOS

interval	o de	frecu	interval	o de	frecu	interval	o de	frecu	interval	o de	frecu
desvia	ciones	encia	desvia	ciones	encia	desvia	ciones	encia	desvia	ciones	encia
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		

Nota: lectura de campo

### HISTOGRAMA DE FRECUENCIA



Nota: lectura de campo

Tabla 17

## SERVICIABILIDAD DEL TRAMO IV – MARGEN DERECHO

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS					
CALCULO DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE					
VÍA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
<b>AV. MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE</b>					
<b>CARRIL DERECHO</b>	3.20	1.98	1.95	1.75	1.89

Nota: lectura de campo

Tabla 18

## Evaluación de pavimento con rango PCI

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

Nota: lectura de campo

Tabla 19

## Nivel de servicio del pavimento

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS			
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO			
VÍA	PSI	PCI	CALIFICACIÓN
<b>AV. FERROCARRIL</b>			
<b>CARRIL DERECHO</b>	1.89	37.87	MALO

Nota: lectura de campo



### 3.4.3. índice de regularidad internacional av. mártires del 4 de noviembre –

#### Margen Izquierdo

#### 3.4.3.1. RESULTADOS DEL MARGEN IZQUIERDO TRAMO I

Tabla 20

*Lecturas de campo margen izquierdo TRAMO I*

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

*Nota: elaboración propia*

**Tabla 21**

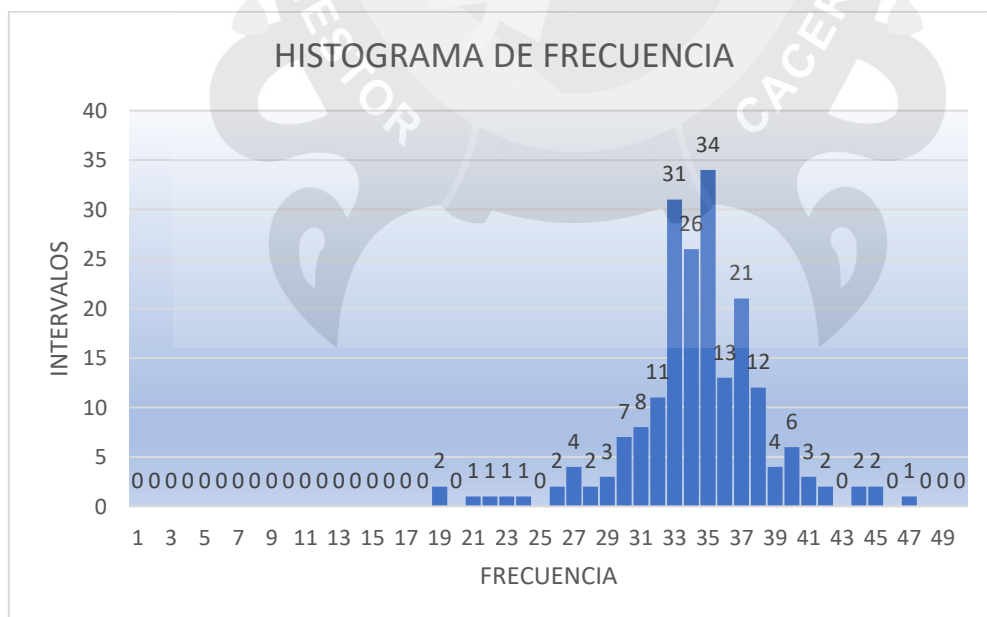
*Conteo de frecuencias*

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

*Nota: elaboración propia*

**Figura 16**

*Histograma de frecuencia*



*Nota: elaboración propia*



**Tabla 22**

*Serviciabilidad del tramo I -Margen Izquierdo*

<b>SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS</b>					
<b>CALCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE</b>					
VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
<b>AV MARTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE</b>					
<b>CARRIL</b>	4.73	2.09	2.2	2.03	2.12
<b>IZQUIERDO</b>					

*Nota: lectura de campo*

**Tabla 23**

*Evaluación de pavimento con rango PCI*

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

*Nota: lectura de campo*



**Tabla 24**

*Nivel de servicio del pavimento*

---

<b>SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS</b>			
<b>CLASIFICACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO</b>			
VÍA	PSI	PCI	CALIFICACIÓN
<b>AV MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE</b>			
<b>CARRIL IZQUIERDO</b>	2.12	42.4	REGULAR

---

*Nota: lectura de campo*

Análisis de resultado

Un PCI de 42.4 indica que el pavimento está en un estado mediocre. Aunque no es excelente, tampoco está en una condición muy preocupante. Esto sugiere que el pavimento podría necesitar alguna atención para mejorar su calidad y durabilidad.

Impacto en la Experiencia de Conducción: Una calificación "Regular" sugiere que los conductores pueden notar algunos problemas al transitar por este carril. Esto podría manifestarse en forma de baches, grietas o irregularidades en la superficie del pavimento, lo que podría afectar negativamente la comodidad y seguridad de los usuarios de la carretera.

Necesidad de Mantenimiento: Dado que el pavimento no tiene una calificación alta, sería prudente considerar algún tipo de mantenimiento o reparación. Esto podría incluir resurfacing, parcheo de baches, sellado de grietas, o incluso una reconstrucción completa del tramo de la carretera, dependiendo de la extensión y gravedad de los problemas identificados.



### 3.4.3.2. RESULTADOS DEL MARGEN IZQUIERDO TRAMO II

Tabla 25

Lectura de campo margen izquierdo Tramo II

LECTURAS DE CAMPO										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
33	36	38	35	33	33	32	29	29	33	1
32	31	37	39	35	34	32	36	34	31	2
34	32	31	36	31	32	30	33	31	39	3
33	34	32	37	36	37	32	35	30	33	4
33	37	34	37	33	32	33	30	40	35	5
33	32	33	35	33	27	34	31	34	31	6
36	35	33	32	33	35	35	35	30	31	7
34	32	33	33	30	35	31	29	34	32	8
34	32	30	35	31	30	29	32	33	30	9
35	32	34	33	32	32	34	36	35	31	10
34	30	35	33	30	31	30	27	30	29	11
36	28	34	31	29	27	32	37	32	34	12
31	34	32	37	36	37	32	35	30	33	13
31	37	34	37	33	32	33	27	28	35	14
31	32	33	28	33	28	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	28	35	31	30	29	32	33	30	18
33	32	34	33	32	32	28	36	35	31	19
31	30	35	33	30	31	30	34	30	29	20

Nota: lectura de campo

**Tabla 26**

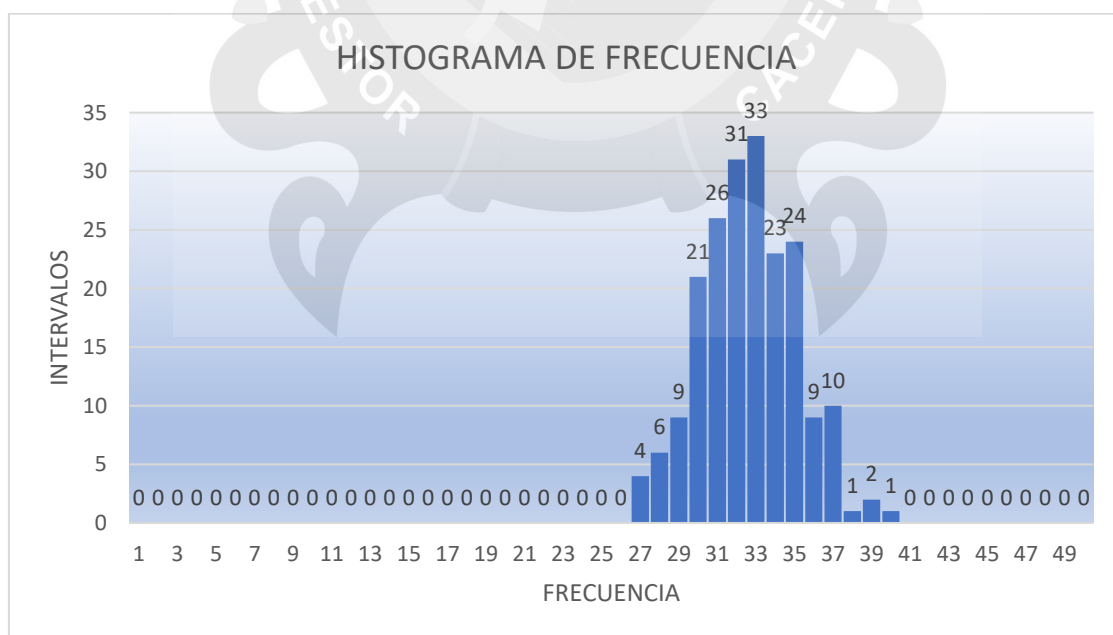
*Conteo de intervalos*

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

*Nota: lectura de campo*

**Figura 17**

*Histograma de frecuencia*



*Nota: lectura de campo*



**Tabla 27**

*Serviciabilidad del tramo II*

<b>SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS</b>					
<b>CALCULO DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE</b>					
VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
<b>AV. MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE</b>					
<b>CARRIL IZQUIERDO</b>	3.17	2.54	2.16	2.1	2.27

*Nota: lectura de campo*

**Tabla 28**

*Evaluación de pavimento con rango PCI*

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

*Nota: lectura de campo*

**Tabla 29**

*Nivel de servicio del pavimento*

<b>SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS</b>			
<b>CLASIFICACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO</b>			
VÍA	PSI	PCI	CALIFICACIÓN
<b>AV. MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE</b>			
<b>CARRIL IZQUIERDO</b>	2.27	45.33	REGULAR

*Nota: lectura de campo*



Análisis de resultado:

Con un PCI de 45.33, el pavimento se encuentra en un estado promedio. Aunque no es excelente, tampoco está en una condición crítica. Esto sugiere que el pavimento puede presentar algunas irregularidades, pero no en un grado alarmante.

Impacto en la Experiencia de Conducción: Una calificación de "Regular" indica que los conductores pueden experimentar algunos inconvenientes al transitar por este carril. Esto podría manifestarse en forma de baches, grietas o irregularidades en la superficie del pavimento, lo que podría afectar la comodidad y seguridad de los usuarios de la carretera.

Necesidad de Mantenimiento: Aunque la calificación es "Regular", podría ser necesario realizar algún tipo de mantenimiento preventivo para evitar que la condición del pavimento empeore. Esto podría incluir acciones como parcheo de baches, sellado de grietas, o una renovación más extensa dependiendo de la magnitud de los problemas observados.

### 3.4.3.3. RESULTADOS DEL MARGEN IZQUIERDO TRAMO III

**Tabla 30**

*Lectura de campo margen izquierdo tramo III*

LECTURAS DE CAMPO										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
32	33	30	33	38	31	33	30	34	33	1
31	31	34	33	34	32	33	29	31	30	2
34	32	30	32	31	28	33	27	31	34	3
33	36	38	39	32	34	32	34	33	30	4
30	34	31	36	34	27	30	32	30	38	5
34	33	32	34	30	29	40	33	33	31	6
33	40	32	33	30	38	36	34	33	32	7



40	36	38	31	33	26	26	31	29	33	8
31	32	34	32	33	29	31	33	29	29	9
31	37	31	26	33	27	31	32	32	30	10
34	32	26	34	32	34	33	39	30	32	11
33	40	34	27	37	40	30	36	39	37	12
31	32	34	40	26	33	33	34	31	32	13
34	30	31	32	32	33	26	33	30	38	14
30	36	32	31	31	37	34	33	29	29	15
35	35	34	30	34	32	30	32	40	30	16
33	34	29	32	40	36	38	39	30	32	17
32	33	34	34	30	34	31	36	39	37	18
35	28	32	36	34	33	32	34	31	32	19
33	35	31	30	33	34	32	33	30	38	20

Nota: lectura de campo

**Tabla 31**

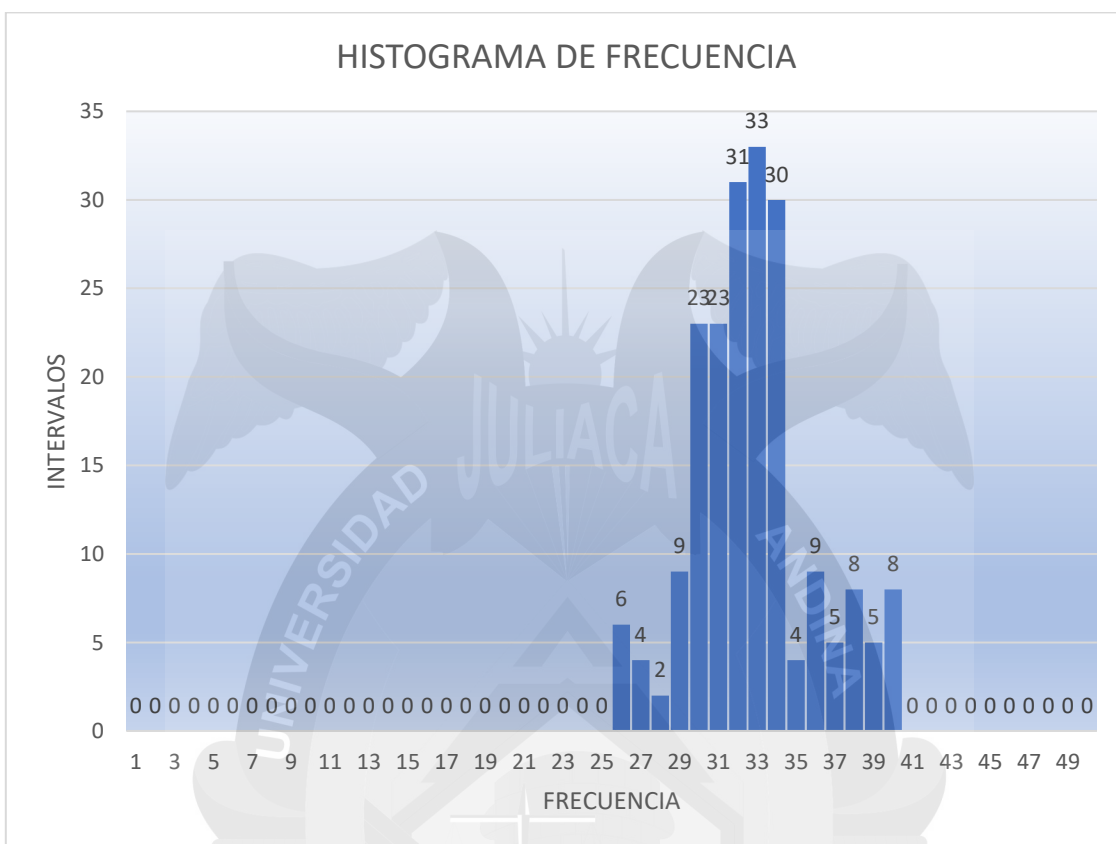
Conteo de intervalos

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

Nota: lectura de campo

**Figura 18**

*Histograma De Frecuencia*



*Nota: lectura de campo*

**Tabla 32**

*SERVICIABILIDAD DEL TRAMO III - MARGEN IZQUIERDO*

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS					
CALCULO DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE					
VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
<b>AV. MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE</b>					
<b>CARRIL IZQUIERDO</b>	4.14	1.95	2.05	1.95	1.98

*Nota: lectura de campo*

**Tabla 33**

*Evaluación de pavimento con rango PCI*

RANGO 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: lectura de campo*

**Tabla 34**

*Nivel de servicio del pavimento*

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS			
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO			
VÍA	PSI	PCI	CALIFICACIÓN
<b>AV. MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE</b>			
<b>CARRIL IZQUIERDO</b>	1.98	39.67	MALO

*Nota: lectura de campo*

Análisis de resultado

Con un PCI de 39.67, el pavimento se encuentra en un estado deficiente, lo que sugiere que hay problemas significativos presentes. La calificación de "Malo" indica que el pavimento está en condiciones que pueden ser preocupantes para la seguridad y comodidad de los usuarios de la carretera.

Impacto en la Experiencia de Conducción: Una calificación de "Malo" implica que los conductores probablemente experimentarán un viaje incómodo y

potencialmente peligroso al transitar por este carril. Es probable que el pavimento presente problemas graves como baches, grietas profundas o deformaciones, lo que puede comprometer la seguridad vial.

Necesidad de Mantenimiento Urgente: Dado el estado "Malo" del pavimento, es crucial realizar acciones de mantenimiento de manera urgente para abordar los problemas identificados y restaurar la seguridad y la funcionalidad de la vía.

### 3.4.3.4. RESULTADOS DEL MARGEN IZQUIERDO TRAMO IV

**Tabla 35**

*Lectura de campo*

LECTURAS DE CAMPO										
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	33	35	31	36	35	35	2
35	33	34	35	37	41	36	34	40	41	3
33	37	32	27	36	36	33	37	40	26	4
33	39	30	31	36	37	38	38	36	36	5
34	35	37	33	34	35	40	32	36	38	6
38	37	39	38	35	33	36	36	35	38	7
33	37	34	35	35	36	30	37	36	34	8
35	38	31	36	38	36	37	35	35	36	9
30	32	36	37	36	33	37	35	36	35	10
33	35	35	36	38	34	33	36	36	36	11
37	35	37	30	39	34	38	36	36	37	12
34	38	32	22	39	34	31	37	39	33	13
36	34	29	35	35	37	32	35	36	37	14
34	31	38	38	29	37	36	27	37	41	15
29	36	39	30	34	40	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

*Nota: lectura de campo*

**Tabla 36**

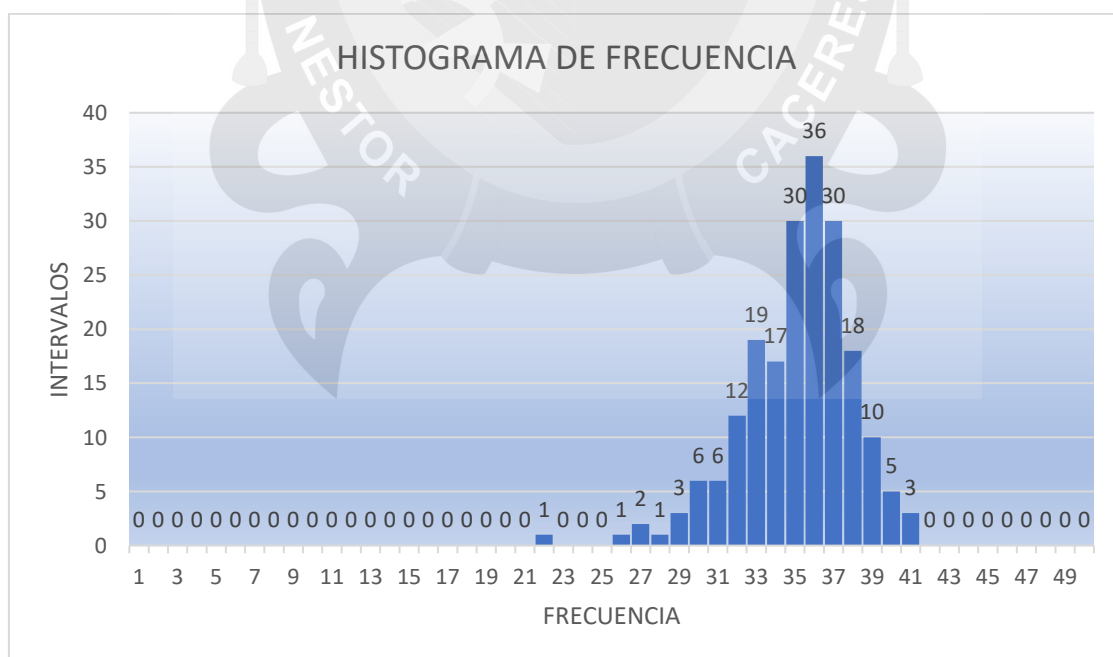
*Conteo de intervalos*

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

*Nota: lectura de campo*

**Figura 19**

*Histograma de Frecuencia*



*Nota: lectura de campo*



## SERVICIABILIDAD DEL TRAMO IV – MARGEN IZQUIERDO

**Tabla 37**

*Serviciabilidad del tramo IV – Margen Izquierdo*

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS					
CALCULO DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE					
VÍA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
<b>AV. MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE</b>					
<b>CARRIL IZQUIERDO</b>	4.14	1.95	1.98	1.95	1.96

*Nota: lectura de campo*

**Tabla 38**

*Evaluación de pavimento con rango PCI*

RANGO 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: lectura de campo*

**Tabla 39**

*Nivel de servicio del pavimento*

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS			
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO			
VÍA	PSI	PCI	CALIFICACIÓN
<b>AV. MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE</b>			
<b>CARRIL IZQUIERDO</b>	1.96	39.2	REGULAR

*Nota: lectura de campo*



## **Análisis de resultado**

Con un PCI de 39.2, el pavimento se encuentra en un estado que se puede considerar como regular. Esto sugiere que hay algunos problemas presentes en el pavimento, pero no son lo suficientemente graves como para calificarlo como malo.

Impacto en la Experiencia de Conducción: Una calificación de "Regular" indica que los conductores pueden notar ciertas irregularidades al transitar por este carril. Estas irregularidades podrían incluir baches, grietas menores o áreas desgastadas, lo que puede afectar ligeramente la comodidad y seguridad de los usuarios de la carretera.

Necesidad de Mantenimiento: Aunque la calificación es "Regular", aún puede ser necesario realizar algún tipo de mantenimiento preventivo para abordar los problemas identificados y evitar que empeoren con el tiempo. Esto podría implicar acciones como el parcheo de baches, el sellado de grietas o el mantenimiento rutinario para preservar la calidad del pavimento.

### **3.5. EVALUACIÓN DE LA TEXTURA SUPERFICIAL (MACROTEXTURA)**

La evaluación de la textura superficial, específicamente la macro textura, a través del ensayo del círculo de arena es un procedimiento estándar utilizado para medir la rugosidad superficial en pavimentos asfaltados, como podría ser el caso de la vía asfaltada Mártires del 4 de noviembre en la ciudad de Juliaca. Aunque no dispongo de datos específicos de esta vía, puedo describir el proceso general del ensayo del círculo de arena, que sería aplicable en este contexto.

El ensayo del círculo de arena consiste en los siguientes pasos:



**Preparación:** Se selecciona un área representativa del pavimento para realizar el ensayo. Esta área debe estar limpia y seca para garantizar la precisión de los resultados.

**Marcado del Área de Ensayo:** Se utiliza un molde circular para marcar el área donde se realizará el ensayo. Este molde, generalmente de un diámetro predefinido, ayuda a contener la arena que se distribuirá sobre la superficie.

**Aplicación de la Arena:** Se vierte una cantidad conocida y medida de arena fina y uniforme (comúnmente  $50 \text{ cm}^3$ ) dentro del molde colocado sobre el pavimento. La arena debe tener una granulometría y humedad controladas para asegurar la consistencia del ensayo.

**Nivelación de la Arena:** La arena se distribuye de manera uniforme dentro del molde, llenando las cavidades y surcos de la macrotextura del pavimento hasta alcanzar el nivel más alto del relieve superficial. Esto puede requerir una herramienta de esparcimiento o un simple uso manual cuidadoso para asegurar una distribución equitativa.

**Medición del Área Cubierta\*\*:** Una vez la arena ha sido nivelada, se retira el molde y se mide el área efectivamente cubierta por la arena dispersada. Esta área se relaciona directamente con la profundidad y características de la macrotextura del pavimento.

**Cálculo de la Profundidad Media de la Macrotextura\*\*:** La profundidad media de la macrotextura se calcula dividiendo el volumen de arena utilizado por el área cubierta. Este valor proporciona una medida directa de la rugosidad superficial, siendo crucial para la evaluación del desempeño del pavimento en términos de seguridad y confort vehicular, así como para el drenaje superficial.



Este método proporciona una evaluación cuantitativa de la macrotextura, permitiendo identificar áreas potencialmente peligrosas por falta de drenaje adecuado o riesgo de deslizamiento. En el contexto de la vía Mártires del 4 de noviembre, este ensayo podría ofrecer datos valiosos para las autoridades locales sobre la condición actual del pavimento y necesidades de mantenimiento o mejoras para garantizar la seguridad y eficiencia de la vía.

### **3.5.1. Ensayo ASTM e965 – Circulo de Arena**

El ensayo del círculo de arena, según la norma ASTM E965, es un método estándar para la medición de la macrotextura de superficies pavimentadas mediante la distribución de arena dentro de un área circular definida sobre el pavimento. Este procedimiento técnico proporciona una medida cuantitativa de la profundidad media de la macrotextura, que es un indicador clave para evaluar aspectos como la seguridad del pavimento, especialmente en relación con el drenaje del agua y el potencial de deslizamiento de los vehículos. A continuación, se describe el procedimiento técnico para realizar este ensayo:

#### **1. Preparación:**

Seleccionar una zona representativa del pavimento que se desea evaluar. La superficie debe estar limpia y seca antes de realizar el ensayo.

Asegurar que la arena utilizada para el ensayo esté seca y tenga una granulometría uniforme, según lo especificado en la norma ASTM E965.

#### **2. Equipamiento:**

Utilizar un molde circular de tamaño estándar, comúnmente con un diámetro de 30 cm, que sirve para definir el área específica en la que se distribuirá la arena.



Preparar una cantidad conocida de arena, generalmente 500 gramos, la cual ha sido calibrada previamente para el ensayo.

### **3. Procedimiento de Ensayo:**

Colocar el molde circular sobre la superficie del pavimento en la zona seleccionada para el ensayo.

Verter cuidadosamente la arena premedida en el centro del molde, asegurándose de que se distribuya de manera uniforme dentro del área delimitada.

Utilizar una herramienta de esparcimiento, como una regla o un esparcidor específico, para nivelar la arena de manera que cubra completamente el interior del molde, alcanzando todos los puntos hasta el borde del mismo.

Una vez que la arena se ha nivelado, retirar el molde con cuidado, evitando perturbar la distribución de la arena sobre la superficie del pavimento.

### **4. Medición y Cálculo:**

Medir el diámetro del círculo de arena formado sobre el pavimento. Esta medida es crucial para determinar el área efectiva cubierta por la arena.

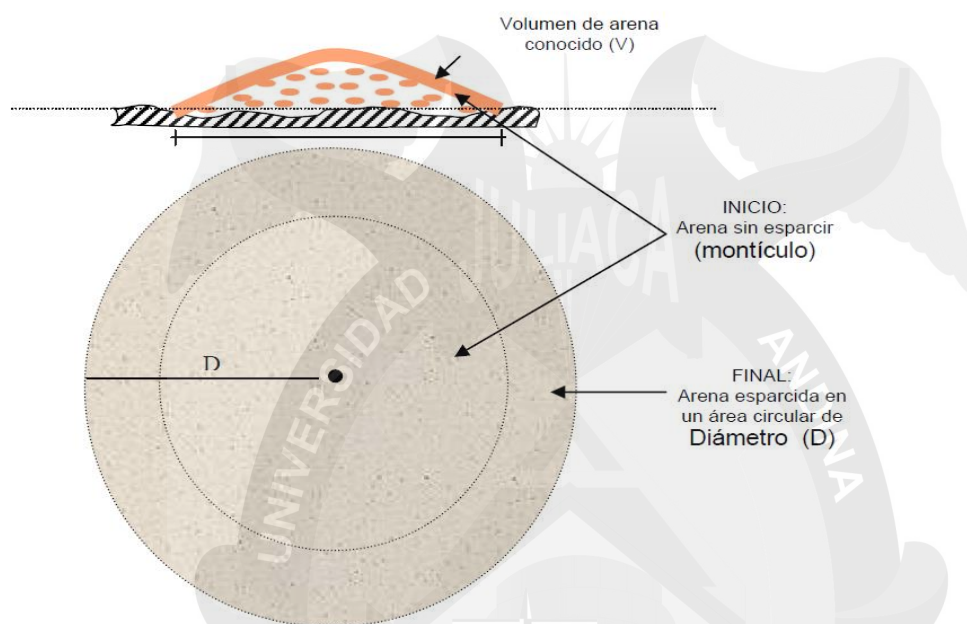
Calcular la profundidad media de la macrotextura dividiendo el volumen de la arena utilizada por el área cubierta por la arena. Este cálculo proporciona una estimación de la profundidad de la textura superficial del pavimento en milímetros.

El resultado obtenido a través de este ensayo es un indicador importante de la capacidad del pavimento para proporcionar tracción y drenaje adecuados, lo que a su vez afecta directamente la seguridad vial. La norma ASTM E965 establece de manera detallada los requisitos para la arena, el equipo de medición y los

cálculos necesarios, asegurando así la precisión y la reproducibilidad de los resultados obtenidos mediante este método.

### Figura 20

*Esquema de círculo de arena*



Nota: (Corros B., 2017)

$$T = \frac{4V}{\pi D^2}$$

Donde:

T: Macrotextrura superficial (mm.). Profundidad media del marco de textura superficial.

V = VOLUMEN DE LA ARENA UTILIZADA MM<sup>3</sup>

D = DIAMETRO PROMEDIO DEL CIRCULO DE ARENA EN MM

El ensayo realizado implicó alteraciones secuenciales en la ubicación a lo largo de la carretera, realizando cambios cada 200 metros a través de sus cuatro carriles, y consistió en esparcir una cantidad de arena, que fue meticulosamente



medida de acuerdo a los estándares establecidos, sobre el pavimento. El objetivo de este procedimiento era determinar el área cubierta por la arena dispersada y, en consecuencia, estimar el grosor de la macrotextura del pavimento. La metodología central de este proceso involucra calcular el diámetro de la formación circular o la huella resultante de la arena esparcida sobre la superficie.

Para llevar a cabo dicha medición, se adoptó el método del Círculo de Arena, siguiendo las especificaciones de la Norma MTC E – 1005 (Textura superficial – Método del Círculo de Arena), la cual se basa en las directrices de la normativa peruana EM 2000.

**Tabla 40**

*Cuadro comparativo para medición de la textura superficial en pavimentos*

TEXTURA SUPERFICIAL	SUPERFICIE DE RODADURA TRATAMIENTO SUPERFICIAL		SUPERFICIE DE RODADURA MEZCLA ASFÁLTICA	
	TEXTURA (mm)	Coefficiente de Fricción (SCRIM a 50 Km/h)	TEXTURA (mm)	Coefficiente de Fricción (SCRIM a 50 Km/h)
<b>BUENA</b>	1.50	0.60	0.70	0.50
<b>REGULAR</b>	0.70	0.45	0.50	0.40
<b>MALA</b>	0.30	0.30	0.30	0.30

(superficie resbaladiza)

*Nota: HDM4 tabla de parámetros globales*

## CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. RESULTADOS ALCANZADOS POR EL MÉTODO ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL IRI

Se presenta los resultados del índice de regularidad internacional de la vía mártires del 4 de noviembre

**Tabla 41**

*Resultados del índice de regularidad internacional a nivel de la vía*

<b>SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS IRI</b>				
<b>CLASIFICACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO</b>				
<b>VIA</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>PSI</b>	<b>PCI</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>
<b>CARRIL DERECHO</b>	TRAMO I	2.11	42.20	REGULAR
	TRAMO II	1.98	39.67	MALO
	TRAMO III	1.97	39.40	MALO
	TRAMO IV	1.89	37.87	MALO
<b>CARRIL IZQUIERDO</b>	TRAMO I	2.12	42.40	REGULAR
	TRAMO II	2.27	45.33	REGULAR
	TRAMO III	1.98	39.67	MALO
	TRAMO IV	1.96	39.20	REGULAR

Nota: resultados de laboratorio



## Análisis de resultado

El análisis de la serviciabilidad de los pavimentos y su clasificación se basa en el uso del Índice de Regularidad Internacional (IRI) y el Índice de Condición del Pavimento (PCI). Estos índices proporcionan información sobre el estado y la calidad de las vías evaluadas. En este análisis se ha utilizado el rugosímetro Merlin para medir la rugosidad y determinar el IRI.

### Análisis del IRI

El Índice de Regularidad Internacional (IRI) se mide utilizando un rugosímetro, como el Merlin, que permite evaluar la rugosidad de la superficie del pavimento. La rugosidad afecta directamente la comodidad del usuario y la durabilidad del pavimento. Los valores obtenidos reflejan variaciones en la calidad de los tramos evaluados.

**Tramos con Calificación Regular:** Los tramos I del carril derecho e izquierdo, y los tramos II y IV del carril izquierdo, presentan un PSI alrededor de 2.1 a 2.27 y un PCI de 42.20 a 45.33, indicando una condición aceptable, pero con la necesidad de mantenimiento preventivo para evitar el deterioro mayor.

**Tramos con Calificación Mala:** Los tramos II, III, y IV del carril derecho y el tramo III del carril izquierdo presentan un PSI por debajo de 2.0 y un PCI entre 37.87 y 39.67, indicando una condición pobre que requiere intervenciones de mantenimiento correctivo más intensivas para restaurar la calidad del pavimento.

El análisis mediante el rugosímetro Merlin ha proporcionado una evaluación detallada de la condición del pavimento en los tramos evaluados. Las intervenciones adecuadas basadas en estos resultados contribuirán a mejorar la calidad y durabilidad de la vía, beneficiando a los usuarios y optimizando el uso de recursos.

## 4.2. RESULTADOS DE MACROTEXTURA DEL PAVIMENTO

Se presentan los resultados de la macrotextura del pavimento de la avenida Mártires del 4 de noviembre de la ciudad de Juliaca

### 4.2.1. Macro textura margen derecho

Tabla 42

Macro textura margen derecho

TEXTURA SUPERFICIAL MÉTODO DEL CÍRCULO DE ARENA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS									
PROG R.	CARR IL	MEDIDA DE LA TEXTURA CON CÍRCULO DE ARENA					PT=4 V / PI D <sup>2</sup>		OB S.
		LADO S	VOLUM EN	Ø 01	Ø 02	Ø PROMED IO	PT (cm)	pt (mm)	
0+000	DER	70.08	41	48	44.5	0.0450 61	0.450 6		
0+200	DER	70.08	45	43	44	0.0460 91	0.460 9		
0+400	DER	70.08	42	41	41.5	0.0518 11	0.518 1		
0+600	DER	70.08	38	36	37	0.0651 80	0.651 8		
0+800	DER	70.08	38	39	38.5	0.0602 00	0.602 0		
1+200	DER	70.08	39	43	41	0.0530 82	0.530 8		
1+400	DER	70.08	34	38	36	0.0688 51	0.688 5		
1+600	DER	70.08	45	46	45.5	0.0431 02	0.431 0		
1+800	DER	70.08	56	54	55	0.0294 98	0.295 0		
2+200	DER	70.08	59	58	58.5	0.0260 74	0.260 7		
2+400	DER	70.08	59	57	58	0.0265 25	0.265 3		
2+600	DER	70.08	57	54	55.5	0.0289 69	0.289 7		
2+800	DER	70.08	51	53	52	0.0330 00	0.330 0		
3+200	DER	70.08	58	54	56	0.0284 54	0.284 5		

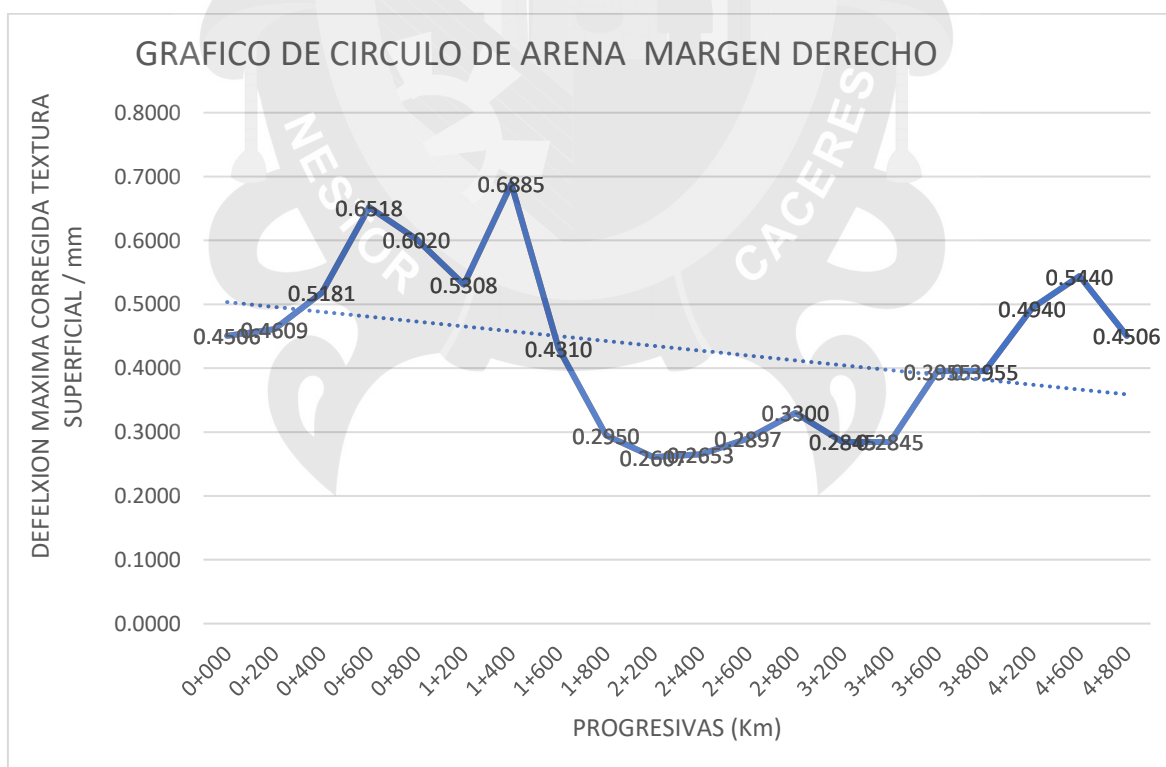


<b>3+400</b>	DER	70.08	59	53	56	0.0284	0.284
						54	5
<b>3+600</b>	DER	70.08	48	47	47.5	0.0395	0.395
						48	5
<b>3+800</b>	DER	70.08	49	46	47.5	0.0395	0.395
						48	5
<b>4+200</b>	DER	70.08	43	42	42.5	0.0494	0.494
						01	0
<b>4+600</b>	DER	70.08	42	39	40.5	0.0544	0.544
						01	0
<b>4+800</b>	DER	70.08	41	48	44.5	0.0450	0.450
						61	6
<b>Cantidad</b>			20				20
<b>Suma</b>			944				8.623
							1
<b>Promedio</b>			47.0				<b>0.431</b>
			75				<b>2</b>
<b>Des. Estandar</b>			7.33				0.132
			64				0
<b>Máximo</b>			58.5				0.602
<b>Mínimo</b>			37				37

Nota:

Figura 21

Grafico círculo de arena margen derecho



Nota:



### 4.2.2. Macrotextura margen izquierdo

Resultado de textura superficial

**Tabla 43**

#### TEXTURA SUPERFICIAL MÉTODO DEL CIRCULO DE ARENA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROG R.	CARRIL	MEDIDA DE LA TEXTURA CON CIRULO DE ARENA					PT=4 V / PI D <sup>2</sup> pt (mm)	OBS .
		LADOS	VOLUMEN	Ø 01	Ø 02	Ø PROMEDIO		
0+000	IZQ	70.08	39	37	38	0.06179	0.6175	
0+200	IZQ	70.08	44	43	43.5	0.04715	0.4716	
0+400	IZQ	70.08	36	41	38.5	0.06020	0.6020	
0+600	IZQ	70.08	39	36	37.5	0.06345	0.6343	
0+800	IZQ	70.08	45	39	42	0.05058	0.5055	
1+200	IZQ	70.08	52	43	47.5	0.03954	0.3958	
1+400	IZQ	70.08	51	38	44.5	0.04506	0.4501	
1+600	IZQ	70.08	49	46	47.5	0.03954	0.3958	
1+800	IZQ	70.08	47	54	50.5	0.03498	0.3499	
2+200	IZQ	70.08	43	58	50.5	0.03498	0.3499	
2+400	IZQ	70.08	52	57	54.5	0.03004	0.3002	
2+600	IZQ	70.08	51	54	52.5	0.03237	0.3234	
2+800	IZQ	70.08	50	53	51.5	0.03364	0.3364	
3+200	IZQ	70.08	53	54	53.5	0.03117	0.3115	
3+400	IZQ	70.08	54	53	53.5	0.03117	0.3115	
3+600	IZQ	70.08	59	47	53	0.03176	0.3176	
3+800	IZQ	70.08	48	46	47	0.04039	0.4034	
4+200	IZQ	70.08	47	42	44.5	0.04506	0.4501	
4+600	IZQ	70.08	51	39	45	0.04406	0.4405	

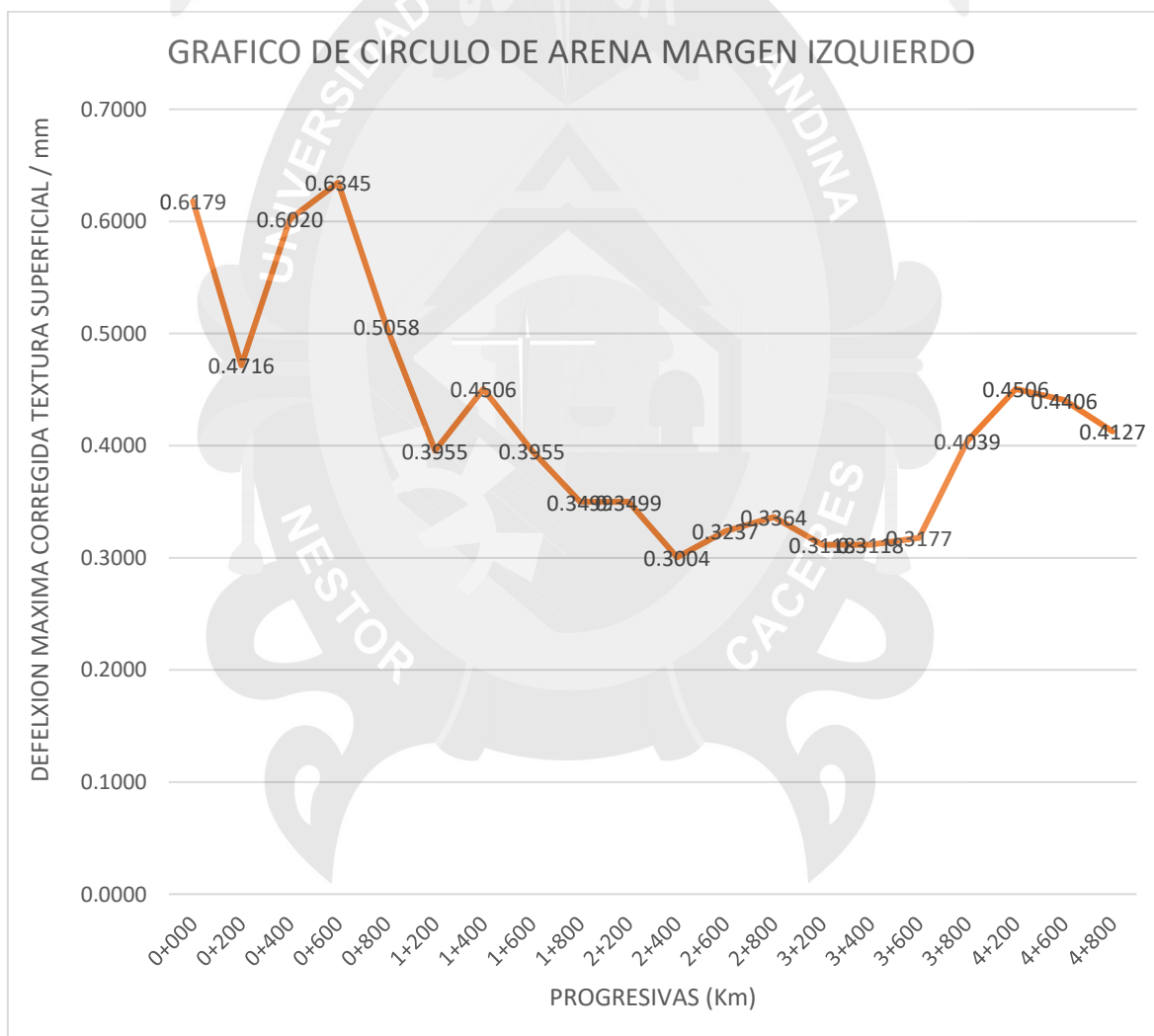


<b>4+800</b>	IZQ	70.08	45	48	46.5	0.04126	0.412
						8	7
<b>Cantidad</b>			20				20
<b>Suma</b>			955				8.382
							9
<b>Promedio</b>			47.07				<b>0.419</b>
			5				<b>1</b>
<b>Des. Estándar</b>			5.378				0.104
			5				2
<b>Máximo</b>			58.5				0.602
<b>Mínimo</b>			37				37

**Nota:**

**Figura 22**

Gráfico círculo de arena margen derecho



**Nota:**

Se muestra los resultados de la textura superficial

**Tabla 44**

TEXTURA SUPERFICIAL			
MARGEN DERECHO	MARGEN IZQUIERDO	MTC E	CALIDAD
0.4191	0.4312	1005 - 2000 0.5	REGULAR

**Nota:**

Análisis de resultado de macro textura en la carpeta asfáltica

Textura Superficial: La textura superficial del asfalto se refiere a la rugosidad de la superficie del pavimento, lo que puede afectar la adherencia de los neumáticos y la seguridad vial.

Comparación con el Estándar: Los valores obtenidos en los márgenes derecho e izquierdo se comparan con el estándar establecido por el MTC E 1005 - 2000. En este caso, los valores son menores que el estándar objetivo de 0.5, lo que sugiere que la textura superficial del asfalto es inferior a la ideal.

Calificación "Regular": La calificación de "Regular" indica que la textura superficial del asfalto cumple con ciertos estándares mínimos, pero no es óptima. Es posible que existan áreas de la superficie del pavimento que presenten irregularidades o falta de uniformidad en la textura.

Impacto en la Seguridad y Conducción: Una textura superficial adecuada es crucial para garantizar la seguridad y la comodidad de los conductores. Una superficie demasiado lisa puede provocar deslizamientos, especialmente en condiciones climáticas adversas, mientras que una superficie demasiado rugosa



puede aumentar la resistencia al rodamiento y provocar un desgaste prematuro de los neumáticos.

Necesidad de Mantenimiento: Si bien la calificación es "Regular", puede ser necesario realizar algún tipo de mantenimiento para mejorar la textura superficial del asfalto. Esto podría incluir acciones como el fresado y recubrimiento de la superficie para restaurar la rugosidad adecuada y mejorar la seguridad vial.

### 4.3. EVALUACIÓN COMPARATIVA ENTRE LA RUGOSIDAD Y TEXTURA SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO

Se presentan los resultados de los 2 carriles evaluados a nivel de vía, índice de regularidad internacional y textura superficial del pavimento

**Tabla 45**

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS IRI				TEXTURA SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO	
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO					
VIA	PSI	PCI	CALIFICACIÓN	TEXTURA	CALIFICACIÓN
<b>CARRIL DERECHO</b>	2.11	42.20	REGULAR	0.4312	REGULAR
	1.98	39.67	MALO		
	1.97	39.40	MALO		
	1.89	37.87	MALO		
<b>CARRIL IZQUIERDO</b>	2.12	42.40	REGULAR	0.4191	REGULAR
	2.27	45.33	REGULAR		
	1.98	39.67	MALO		
	1.96	39.20	REGULAR		
	1.98	39.60	MALO		

**Nota:**

Análisis comparativo:

Carril Derecho:

En general, hay una correspondencia entre el PCI y la textura superficial del pavimento. A medida que el PCI disminuye (lo que indica una peor condición del pavimento), la textura superficial también tiende a disminuir, aunque de manera muy leve.



Esto sugiere que, en el carril derecho, la condición general del pavimento (según el PCI) y la textura superficial están relativamente alineadas.

Carril Izquierdo:

Similar al carril derecho, también se observa una relación entre el PCI y la textura superficial. A medida que el PCI disminuye, la textura superficial tiende a disminuir.

Sin embargo, hay una observación interesante: a pesar de algunas fluctuaciones en el PCI, la textura superficial se mantiene constantemente en el rango de "Regular".

Esto podría indicar que, a pesar de ciertas variaciones en la condición del pavimento, la textura superficial se mantiene relativamente constante en el carril izquierdo.

En resumen, en ambos carriles, hay una tendencia general en la que una peor condición del pavimento (PCI más bajo) se correlaciona con una menor textura superficial. Sin embargo, la estabilidad de la textura superficial en el carril izquierdo podría indicar una resistencia relativa a cambios en la condición del pavimento en comparación con el carril derecho.

#### **4.4. TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PARA LA VÍA MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE DE LA CIUDAD DE JULIACA**

Priorización de Mantenimiento:

Los tramos con un Índice de Condición del Pavimento (PCI) más bajo, especialmente aquellos que se califican como "Malo", deben ser priorizados para el mantenimiento vial.

En este caso, los tramos con PCI de 37.87, 39.67 y 39.20 son los que requieren una atención inmediata debido a su condición de "Malo".



## Tipo de Mantenimiento:

Para los tramos con un PCI bajo, se pueden necesitar diferentes tipos de mantenimiento, que van desde parcheo de baches y sellado de grietas hasta recubrimiento de la superficie o incluso reconstrucción completa del pavimento, según la gravedad de los problemas identificados.

Es importante realizar una evaluación detallada para determinar el tipo específico de mantenimiento requerido para cada tramo.

## Monitoreo Continuo:

Los tramos con PCI más alto pero que muestran una tendencia a la degradación (por ejemplo, PCI de 42.20 en el carril derecho y PCI de 45.33 en el carril izquierdo) también deben ser monitoreados de cerca.

El monitoreo continuo puede ayudar a identificar problemas emergentes antes de que se vuelvan graves y costosos de reparar.

## Mantenimiento Preventivo:

Además de abordar los tramos con un PCI bajo, es importante implementar medidas de mantenimiento preventivo en toda la vía para preservar la calidad del pavimento y evitar la degradación prematura.

Esto puede incluir acciones como el sellado de grietas, el parcheo de baches y el mantenimiento regular de la superficie del pavimento.

## Evaluación de la Textura Superficial:

Aunque los valores de textura superficial del pavimento se mantienen dentro del rango de "Regular", la evaluación de la rugosidad del pavimento puede ser útil para identificar áreas que podrían requerir mantenimiento para garantizar la seguridad y el confort de los usuarios de la carretera.



## CONCLUSIONES

**PRIMERA.** El análisis del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) revela variaciones significativas en la calidad del pavimento a lo largo de ambos carriles evaluados. Mientras que el carril derecho exhibe un patrón consistente de deterioro, con la mayoría de las mediciones calificadas como "Malo", el carril izquierdo muestra una combinación de calificaciones, incluyendo algunas mediciones clasificadas como "Regular". Estas diferencias pueden sugerir una necesidad inmediata de intervención en el carril derecho para mejorar la calidad del pavimento y garantizar una experiencia de conducción segura y cómoda, mientras que el carril izquierdo puede requerir un monitoreo continuo y acciones preventivas para mantener su estado.

**SEGUNDA.** Del ensayo circulo de arena para la textura superficial del pavimento revela una consistencia en la calificación "Regular" para ambos valores proporcionados, 0.4312 y 0.4191. Esta uniformidad sugiere una apariencia de rugosidad en la superficie del pavimento que se mantiene dentro de estándares aceptables. Sin embargo, el valor es elevado asumiendo que el pavimento está al límite de ser un pavimento malo, y que ya está perdiendo su textura, esto puede ocasionar un desnivel del nivel de servicio del pavimento en la vía.



**TERCERA.** Se muestra una variedad de condiciones del pavimento a lo largo de los carriles derecho e izquierdo de la vía evaluada. Aunque existe cierta correlación entre el PCI y la textura superficial del pavimento, la textura superficial se mantiene generalmente dentro de un rango de "Regular" a lo largo de ambos carriles, lo que sugiere cierta uniformidad en la rugosidad del pavimento a pesar de las variaciones en la condición general del pavimento.





## RECOMENDACIONES

**PRIMERA.** La realización de evaluaciones periódicas de los pavimentos es un componente fundamental en la gestión eficaz de la infraestructura vial. La calidad y el estado de los pavimentos tienen un impacto directo en la seguridad, la eficiencia del transporte y la experiencia de conducción de los usuarios. Por lo tanto, es crucial llevar a cabo inspecciones regulares que permitan identificar cualquier deterioro o defecto en el pavimento y planificar los mantenimientos necesarios de manera oportuna.

Estas evaluaciones periódicas proporcionan una visión integral del estado de los pavimentos, permitiendo a las autoridades viales y a los responsables de mantenimiento tomar decisiones informadas sobre las acciones necesarias para preservar y mejorar la calidad de las carreteras.

**SEGUNDA.** La calidad de la textura superficial desempeña un papel crucial en la eficiencia y seguridad de las carreteras, ya que afecta directamente la adherencia de los neumáticos y, por ende, la experiencia de conducción de los usuarios. Por esta razón, se recomienda mejorar la capa de bitumen asfáltico utilizando un sellador de cemento asfáltico. Este enfoque tiene como objetivo mejorar la rugosidad y uniformidad de la superficie del pavimento, lo que a su vez optimiza la capacidad de la carretera para soportar el tráfico y minimizar el desgaste prematuro.



**TERCERA.** Con el objetivo de profundizar el entendimiento y generar recomendaciones más efectivas, es aconsejable la realización, continuación y expansión de estudios adicionales en Juliaca, lo cual contribuirá a asegurar una circulación vehicular fluida y segura.





## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alania Chuco, N. O. (2020). EVALUACIÓN DE LA SERVICIABILIDAD VÍAL: ABRA TOCCTO - MOROCHUCO SEGÚN ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO Y ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL. Huancayo, Perú.
- Alvarez Burgos , G. A. (2021). EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO DE LA VÍA A NOBOA EN EL ACCESO ORIENTAL DE LA CIUDAD DE JIPIJAPA- PROVINCIA DE MANABÍ, DESDE LA ABSCISA 0+000 HASTA 1+000. Manabí, Ecuador.
- Bañon Blazquez, L. (2018). *Manual de Carreteras - construccion y mantenimiento*.
- Camacho Cuellar, D. J. (2017). ESTUDIO DE CORRELACIÓN ENTRE EL PCI Y EL IRI PARA LAS VÍAS ARTERIALES DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ. Bogotá, Colombia.
- Camacho Pampamallco, S. Y. (2018). EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA RUGOSIDAD EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE PUNO APLICANDO EL MÉTODO ROADROID Y EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN . Puno, Perú.
- Corros B., M. (2017). *MANUAL DE EVALUACION DE PAVIMENTOS*. Lima.
- Fustamante Fuentes, C. (2011). EVALUACIÓN DE LA MACROTEXTIURA EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO, CARRETERACAÑETE-CHUPACA POLÍTICA DE MANTENIMIENTO. Lima, Perú.
- Gallegos Mamani, W. J. (2022). ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, APLICANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN EN LA AVENIDA TACNA DEL DISTRITO DE JULIACA. Juliaca, Perú.
- Gutierrez Lázares, W. (2018). *MECÁNICA DE SUELOS APLICADA A VIAS DE TRANSPORTES* . Lima: MACRO EIRL.
- Lerma Catacora, E. J. (2021). ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE DE LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS DE RECIENTE CONSTRUCCIÓN DE LA CIUDAD DE



JULIACA – ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE MAYOR INCIDENCIA EN EL  
AÑO 2018. Juliaca, Perú.

Margas Quispe, K. K. (2019). Diagnóstico del estado de condición y serviciabilidad del tramo I de la carretera dv. Caracara- Lampa- Cabanilla- Cabanillas mediante el estudio de regularidad superficial. Lampa, Lampa, Perú.

Menéndez Acurio, J. R. (2016). *Ingeniería de pavimentos - Diseño de pavimentos*. Lima : Instituto de la construcción y Gerencia ICG.

Montejo, A. (2006). *INGENIERIA DE PAVIMENTOS* (Tercera Edición ed., Vol. I). (P. F. .S.A, Ed.) Bogota, Universidad Católica de Colombia, Colombia: Panamericana Formas e Impresos, S.A. Recuperado el Jueves de Mayo de 2018

MTC. (2014). *MANUAL DE CARRETERAS SUELOS GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS SECCION SUELOS Y PAVIMENTOS*. 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.

Varas Navas, M. E. (2022). *Evaluación superficial del pavimento flexible en la calle Pablo Rossell cuadras 5, 6 y 7 aplicando el rugosímetro de Merlín, Iquitos - 2021*. Iquitos, Perú.



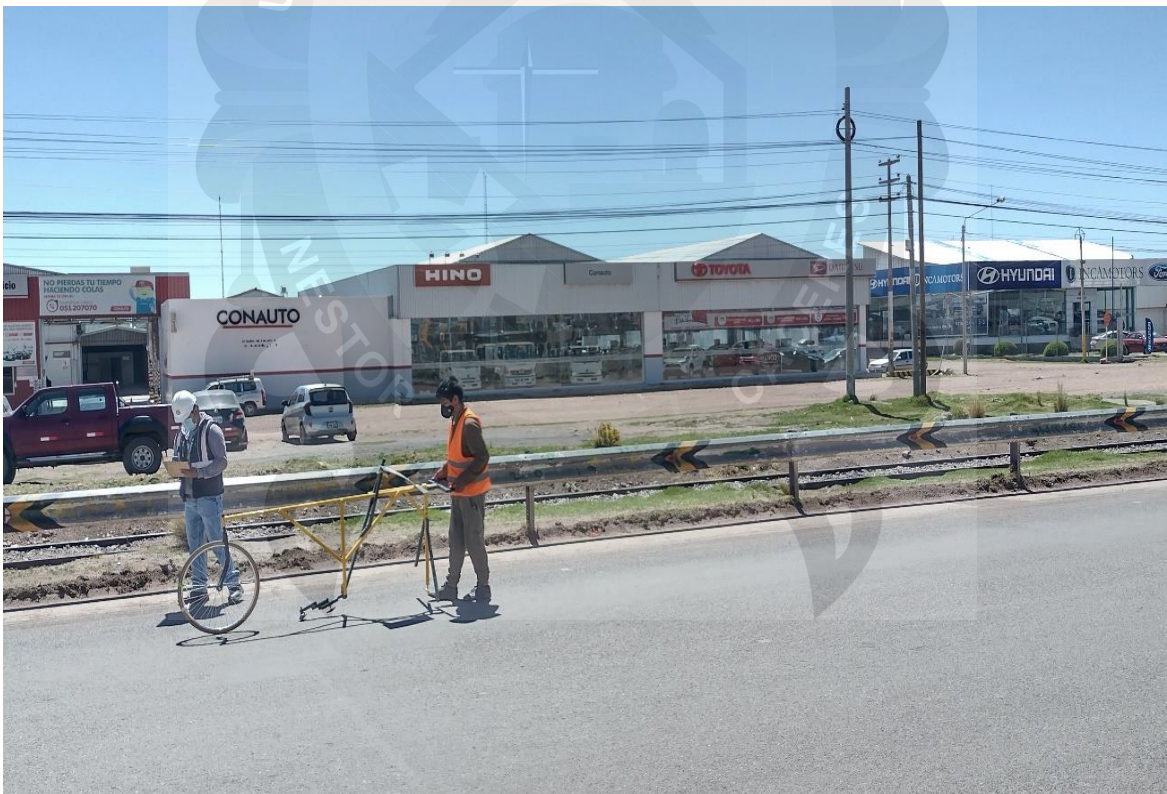
### ANEXOS

#### Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICES / INDICADORES	METODOLOGÍA
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>			
¿Cuál es el nivel de servicio y la rugosidad de la vía martires del 4 de noviembre tiene irregularidades a nivel de carpeta asfáltica?	Evaluar el nivel de serviciabilidad y seguridad de la carpeta asfáltica para la vía martires del 4 de noviembre de la ciudad de Juliaca	el nivel de servicio y la rugosidad de la vía martires del 4 de noviembre tiene irregularidades a nivel de carpeta asfáltica y eso ocasiona un nivel de seguridad muy bajo	<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b>  FUNCIONALIDAD DEL PAVIMENTO	Rugosímetro / regularidad internacional IRI. _ Textura / círculo de arena _ ahuellamiento /	Enfoque: Cuantitativo. Nivel: Explicativo. Tipo: aplicativo
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Específicas</b>			<b>INSTRUMENTOS</b>
¿que nivel tendra la rugosidad superficial del pavimento asfáltico de la vía martires del 4 de noviembre de la ciudad de juliaca?	Determinar la rugosidad superficial del pavimento de la vía martires del 4 de noviembre de la ciudad de juliaca	la rugosidad superficial del pavimento presenta niveles bajos a nivel de servicio ocasionaos por incremento de flujo vehicular			
¿Cuál sera el nivel de la macrotextura para analizar la funcionalidad de la vía martires del 4 de noviembre de la ciudad de juliaca?	determinar la macrotextura para analizar la funcionalidad de la vía martires del 4 de noviembre de la ciudad de juliaca	la macrotextura de la carpeta asfáltica presenta niveles de deformacion por el incremento del trafico vehicular	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b>  RUGOSIDAD MACROTEXTURA	_ relacion confort / seguridad del pavimento. _ 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 /Circulo de arena de arena
¿ cual sera el nivel de intervencion y mantenimiento de la carpeta asfáltica de la vía martires del 4 de noviembre de la ciudad de Juliaca?	proponer nivel de intervencion y mantenimiento de la carpeta asfáltica de la vía martires del 4 de noviembre de la ciudad de Juliaca	un mantenimiento a nivel de carpeta dara mejoras a la funcionalidad del pavimento en vía martires del 4 de noviembre de la ciudad de juliaca			

ANEXO PANEL FOTOGRÁFICO

















### ANEXO RESULTADOS DE LABORATORIO

**GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN**  
 MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA

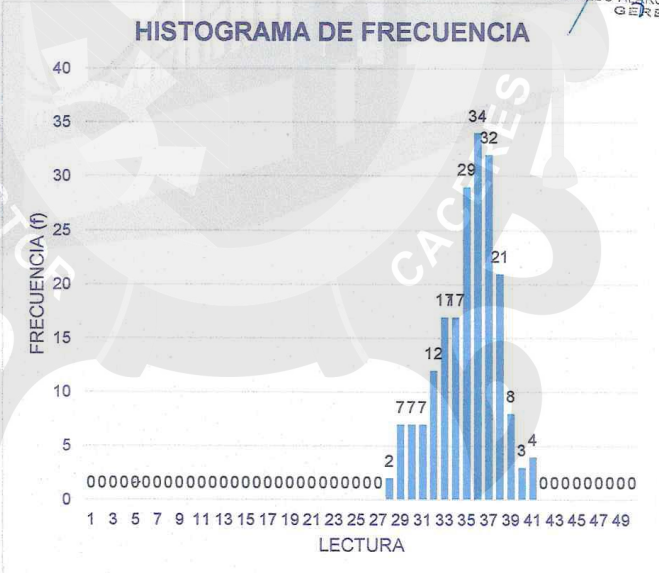


RUGOSIDAD Y TEXTURA DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO EN LA VÍA MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE DE LA CIUDAD DE JULIACA

TESIS  
NOMBRE RONALD EDSON YANQUI QUISPE

X1	Frecuencia	LECTURA DE CAMPO									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0										
2	0										
3	0	32	33	32	38	35	32	36	36	36	34
4	0	33	34	32	33	31	35	31	36	35	35
5	0	35	33	34	35	37	38	36	34	40	41
6	0	33	37	32	29	36	36	33	37	40	29
7	0	33	39	30	31	36	37	38	38	36	36
8	0	34	35	37	33	34	35	38	32	36	38
9	0	38	38	39	38	35	33	36	36	35	38
10	0	33	37	34	35	31	36	30	37	36	34
11	0	35	38	28	36	38	36	37	35	35	36
12	0	30	32	29	37	36	33	38	35	36	35
13	0	33	35	35	36	38	34	41	36	36	36
14	0	37	35	37	30	37	34	38	36	41	37
15	0	34	38	32	30	37	34	31	37	39	33
16	0	36	34	29	35	35	37	32	35	36	37
17	0	34	31	37	38	29	37	36	29	37	41
18	0	29	36	39	30	34	37	32	33	35	37
19	0	33	37	32	34	35	36	37	38	39	33
20	0	36	35	35	37	38	33	34	37	35	37
21	0	35	39	37	40	32	36	28	38	31	36
22	0	37	37	38	35	30	37	36	37	39	39
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										

GEOTECNIA PUNO EIRL.  
Registros de Pavimentos, Geotecnia Civil y Construcción  
ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
GERENTE



JR. TIAHUANACO H 17 URBANIZACION RESIDENCIAL KOLLASUYO I ETAPA - JULIACA  
alfredalarcon2@hotmail.com / Cel. 979000744



### GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



TESIS RUGOSIDAD Y TEXTURA DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO EN LA VÍA MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE DE LA CIUDAD DE JULIACA  
NOMBRE RONALD EDSON YANQUI QUISPE

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

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS  
CALCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE

VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
AV MARTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE					
CARRIL DERECH	3.20	1.75	2.48	2.1	2.11

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS  
CLASIFICACION SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO

VIA	PSI	PCI	CALIFICACION
AV. MARTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE			
CARRIL DERECHO	2.11	42.20	REGULAR

RANGO DE CALIFICACION DEL PCI	RANGO	CLASIFICACION
	100 - 85	EXCELENTE
	85 - 70	MUY BUENO
	70 - 55	BUENO
	55 - 40	REGULAR
	40 - 25	MALO
	25 - 10	MUY MALO
	10 - 0	FALLADO

GEOTECNIA PUNO EIRL.  
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia Consultoría y Construcción

ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI  
GERENTE

JR. TIAHUANACO H 17 URBANIZACION RESIDENCIAL KOLLASUYO I ETAPA - JULIACA  
alfredalarcon2@hotmail.com / Cel. 979000744



### GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.

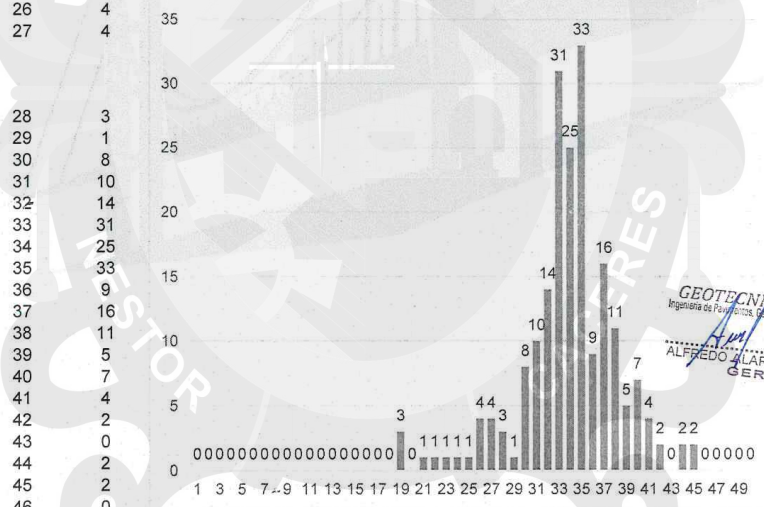


TESIS RUGOSIDAD Y TEXTURA DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO EN LA VÍA MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE DE LA CIUDAD DE JULIACA

NOMBRE RONALD EDSON YANQUI QUISPE  
ENTIDAD UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELAZQUEZ

X1	Frecuencia	LECTURA DE CAMPO									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
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	0										
48	0										
49	0										
50	0										

HISTOGRAMA DE FRECUENCIA



GEOTECNIA PUNO EIRL.  
Ingeniería de Pavimentos, Estudios Geotécnicos y Construcción

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
GERENTE

JR. TIAHUANACO H 17 URBANIZACION RESIDENCIAL KOLLASUYO I ETAPA - JULIACA  
alfredalarcon2@hotmail.com / Cel. 979000744



### GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



TESIS RUGOSIDAD Y TEXTURA DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO EN LA VÍA MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE DE LA CIUDAD DE JULIACA

NOMBRE RONALD EDSON YANQUI QUISPE  
ENTIDAD UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELAZQUEZ

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

#### SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS CALCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE

VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
AV. MARTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE					
CARRIL DERECH	3.20	1.75	2.48	2.1	2.11

#### SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS CLASIFICACION SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO

VIA	PSI	PCI	ALIFICACION
AV. MARTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE			
CARRIL DERECH	0.00	0.00	MALO

RANGO DE CALIFICACION DEL PCI	RANGO	CLASIFICACION
	100 - 85	EXCELENTE
	85 - 70	MUY BUENO
	70 - 55	BUENO
	55 - 40	REGULAR
	40 - 25	MALO
	25 - 10	MUY MALO
	10 - 0	FALLADO

GEOTECNIA PUNO EIRL.  
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Calificación y Construcción

ALFREDO ALFARCON ATAHUACHI  
GERENTE

JR. TIAHUANACO H 17 URBANIZACION RESIDENCIAL KOLLASUYO I ETAPA - JULIACA  
alfredalarcon2@hotmail.com / Cel. 979000744





### GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



TESIS RUGOSIDAD Y TEXTURA DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO EN LA VÍA MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE DE LA CIUDAD DE JULIACA

NOMBRE RONALD EDSON YANQUI QUISPE  
ENTIDAD UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELAZQUEZ  
MUESTRA TRAMO 3 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	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

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS  
CALCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE

VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
AV. FERROCARRIL					
CARRIL DERECHO	2.75	1.95	1.98	1.98	1.97

SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS  
CLASIFICACION SEGUN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO

VIA	PSI	PCI	CALIFICACION
AV. MARTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE			
CARRIL DERECHO	1.97	39.40	MALO

RANGO DE CALIFICACION DEL PCI	RANGO	CLASIFICACION
	100 - 85	EXCELENTE
	85 - 70	MUY BUENO
	70 - 55	BUENO
	55 - 40	REGULAR
	40 - 25	MALO
	25 - 10	MUY MALO
	10 - 0	FALLADO

GEOTECNIA PUNO EIRL.  
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia Consultoría y Construcción

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
GERENTE

JR. TIAHUANACO H 17 URBANIZACION RESIDENCIAL KOLLASUYO I ETAPA - JULIACA  
alfredalarcon2@hotmail.com / Cel. 979000744





### GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



TESIS RUGOSIDAD Y TEXTURA DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO EN LA VÍA MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE DE LA CIUDAD DE JULIACA

NOMBRE RONALD EDSON YANQUI QUISPE

ENTIDAD UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELAZQUEZ

MUESTRA TRAMO 3 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

#### SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS CALCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE

VIA	IRI	PSI (1)	PSI (2)	PSI (3)	PSI TOTAL
AV. MARTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE					
CARRIL DERECHO	3.20	1.98	1.95	1.75	1.89

#### SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS CLASIFICACION SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO

VIA	PSI	PCI	CALIFICACION
AV. FERROCARRIL			
CARRIL DERECHO	1.89	37.87	MALO

RANGO DE CALIFICACION DEL PCI	RANGO	CLASIFICACION
	100 - 85	EXCELENTE
	85 - 70	MUY BUENO
	70 - 55	BUENO
	55 - 40	REGULAR
	40 - 25	MALO
	25 - 10	MUY MALO
	10 - 0	FALLADO

GEOTECNIA PUNO EIRL.  
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia Consultoría y Construcción

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
GERENTE

JR. TIAHUANACO H 17 URBANIZACION RESIDENCIAL KOLLASUYO I ETAPA - JULIACA  
alfredalarcon2@hotmail.com / Cel. 979000744



### GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



RUGOSIDAD Y TEXTURA DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO EN LA VÍA MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE DE LA CIUDAD DE JULIACA

TESIS NOMBRE: RONALD EDSON YANQUI QUISPE  
ENTIDAD: UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELAZQUEZ  
MUESTRA:

#### TEXTURA SUPERFICIAL METODO DEL CIRCULO DE ARENA LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROGR.	CARRIL MEDIDA DE LA TEXTURA CON CIRULO DE ARENA						PT=4V / PI D <sup>2</sup>	
	LADOS	VOLUMEN	∅ 01	∅ 02	∅ PROMEDIO	PT (cm)	pt (mm)	OBS.
0+000	DER	70.08	41	48	44.5	0.045061	0.4506	
0+200	DER	70.08	45	43	44	0.046091	0.4609	
0+400	DER	70.08	42	41	41.5	0.051811	0.5181	
0+600	DER	70.08	38	36	37	0.065180	0.6518	
0+800	DER	70.08	38	39	38.5	0.060200	0.6020	
1+200	DER	70.08	39	43	41	0.053082	0.5308	
1+400	DER	70.08	34	38	36	0.068851	0.6885	
1+600	DER	70.08	45	46	45.5	0.043102	0.4310	
1+800	DER	70.08	56	54	55	0.029498	0.2950	
2+200	DER	70.08	59	58	58.5	0.026074	0.2607	
2+400	DER	70.08	59	57	58	0.026525	0.2653	
2+600	DER	70.08	57	54	55.5	0.028969	0.2897	
2+800	DER	70.08	51	53	52	0.033000	0.3300	
3+200	DER	70.08	58	54	56	0.028454	0.2845	
3+400	DER	70.08	59	53	56	0.028454	0.2845	
3+600	DER	70.08	48	47	47.5	0.039548	0.3955	
3+800	DER	70.08	49	46	47.5	0.039548	0.3955	
4+200	DER	70.08	43	42	42.5	0.049401	0.4940	
4+600	DER	70.08	42	39	40.5	0.054401	0.5440	
4+800	DER	70.08	41	48	44.5	0.045061	0.4506	
Cantidad				20			20	
Suma				944			8.6231	
Promedio				47.075			0.4312	
Des. Estandar				7.3364			0.1320	
Máximo				58.5			0.602	
Mínimo				37			0.2607	

#### GRAFICO DE CIRCULO DE ARENA MARGEN DERECHO



GEOTECNIA PUNO EIRL.  
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia Consultoría y Construcción  
ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
GERENTE

JR. TIAHUANACO H 17 URBANIZACION RESIDENCIAL KOLLASUYO I ETAPA - JULIACA  
alfredalarcon2@hotmail.com / Cel. 979000744



### GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA



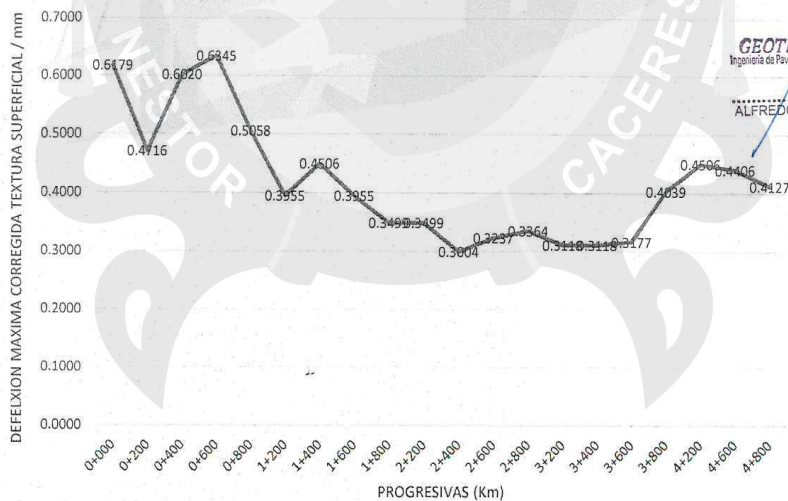
RUGOSIDAD Y TEXTURA DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO EN LA VÍA MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE DE LA CIUDAD DE JULIACA

TESIS  
NOMBRE RONALD EDSON YANQUI QUISPE  
ENTIDAD UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELAZQUEZ  
MUESTRA

TEXTURA SUPERFICIAL METODO DEL CIRCULO DE ARENA LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROGR.	CARRIL LADOS	MEDIDA DE LA TEXTURA CON CIRULO DE ARENA					PT=4V / PI D <sup>2</sup>		OBS.
		VOLUMEN	∅ 01	∅ 02	∅ PROMEDIO	PT (cm)	pt (mm)		
0+000	IZQ	70.08	39	37	38	0.061795	0.6179		
0+200	IZQ	70.08	44	43	43.5	0.047156	0.4716		
0+400	IZQ	70.08	36	41	38.5	0.060200	0.6020		
0+600	IZQ	70.08	39	36	37.5	0.063453	0.6345		
0+800	IZQ	70.08	45	39	42	0.050585	0.5058		
1+200	IZQ	70.08	52	43	47.5	0.039548	0.3955		
1+400	IZQ	70.08	51	38	44.5	0.045061	0.4506		
1+600	IZQ	70.08	49	46	47.5	0.039548	0.3955		
1+800	IZQ	70.08	47	54	50.5	0.034989	0.3499		
2+200	IZQ	70.08	43	58	50.5	0.034989	0.3499		
2+400	IZQ	70.08	52	57	54.5	0.030042	0.3004		
2+600	IZQ	70.08	51	54	52.5	0.032374	0.3237		
2+800	IZQ	70.08	50	53	51.5	0.033644	0.3364		
3+200	IZQ	70.08	53	54	53.5	0.031175	0.3118		
3+400	IZQ	70.08	54	53	53.5	0.031175	0.3118		
3+600	IZQ	70.08	59	47	53	0.031766	0.3177		
3+800	IZQ	70.08	48	46	47	0.040394	0.4039		
4+200	IZQ	70.08	47	42	44.5	0.045061	0.4506		
4+600	IZQ	70.08	51	39	45	0.044065	0.4406		
4+800	IZQ	70.08	45	48	46.5	0.041268	0.4127		
Cantidad			20				20		
Suma			955				8.3829		
Promedio			47.075				0.4191		
Des. Estandar			5.37850253				0.1042		
Máximo			58.5				0.602		
Mínimo			37				0.37		

GRAFICO DE CIRCULO DE ARENA MARGEN IZQUIERDO



GEOTECNIA PUNO EIRL.  
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia Consultoría y Construcción  
ALFREDO ALARCON ATAHUACHI  
GERENTE

JR. TIAHUANACO H 17 URBANIZACION RESIDENCIAL KOLLASUYO I ETAPA - JULIACA  
alfredalarcon2@hotmail.com / Cel. 979000744



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: 18/09/2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: RONALD EDSON YANQUI QUISPE

Dirección: JIRÓN LOS NARANJOS N° 290 - LA FLORIDA

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 41296446

Teléfono: 970009779 email: R.YANQUIQ@GMAIL.COM

Nombres y Apellidos:

Dirección:

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:

Teléfono: email:

Facultad y/o Escuela de Posgrado: MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

Escuela Profesional o Mención: GEOTECNIA Y TRANSPORTE

Título o Grado Académico a optar: MAESTRO EN INGENIERIA CIVIL

Asesor: Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación [ ] Tesis [X] Trabajo de Suficiencia Profesional [ ] Trabajo Académico [ ]

Título: RUGOSIDAD Y TEXTURA DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO EN LA

VÍA MÁRTIRES DEL 4 DE NOVIEMBRE DE LA CIUDAD DE JULIACA

Palabras claves, (3 a 5 términos): Indice de regularidad internacional, circulo de arena, evaluación de pavimento flexible.

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV 1, 2?

2

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

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



2. Referencia de tesis:

Bachiller  Titulo  2da Especialidad  Maestría  Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

Sí autorizo  
 No autorizo



2. Referencia de tesis:

Bachiller  Titulo  2da Especialidad  Maestría  Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

Sí autorizo  
 No autorizo