



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**PROPUESTA DE ALTERNATIVA DE INTERVENCIÓN DE VÍAS A  
NIVEL DE PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MANUAL  
DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO  
EN EL DISTRITO DE PUNO 2024**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. RICARDO CATACORA CCASO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**JULIACA – PERÚ**

**2025**



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROPUESTA DE ALTERNATIVA DE INTERVENCIÓN DE VÍAS A  
NIVEL DE PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MANUAL  
DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO  
EN EL DISTRITO DE PUNO 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

**Bach. RICARDO CATAORA CCASO**

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

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

**PRESIDENTE**

:

  
Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA

**PRIMER MIEMBRO**

:

  
Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR


**SEGUNDO MIEMBRO**

:

  
Dr. ARNALDO YANA TORRES

**ASESOR DE TESIS**

:

  
Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

:

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 138-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 25 de marzo del 2025

**VISTO:** El expediente N° 2025- 000363 presentado por el (la) Bachiller: RICARDO CATACTORA CCASO estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bach. RICARDO CATACTORA CCASO, quien solicita NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN de la Tesis Titulado: PROPUESTA DE ALTERNATIVA DE INTERVENCIÓN DE VÍAS A NIVEL DE PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MANUAL DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO EN EL DISTRITO DE PUNO 2024, la misma que pertenece a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

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

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

**RESUELVE:**

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

- \* **Presidente** : Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
- \* **1er Miembro** : Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
- \* **2do Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES

**ARTICULO SEGUNDO.** - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHOWA PERALES.

**ARTICULO TERCERO.** - APROBAR, la FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS de el (la) bachiller: RICARDO CATACTORA CCASO; del informe final de la investigación (tesis) titulado: PROPUESTA DE ALTERNATIVA DE INTERVENCIÓN DE VÍAS A NIVEL DE PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MANUAL DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO EN EL DISTRITO DE PUNO 2024 para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : jueves 03 de abril del 2025
- \* **HORA** : 08:00 horas
- \* **LUGAR** : Aula 306 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

Mgtr. WALTER J. LIZAPRAGA ARMAZA  
DECANO (e)  
CIP. 70808



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS  
Dr. Franz Joseph Barahowa Peralta  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (n)



**UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1611-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 03 de diciembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU - 13994 por el señor (a): RICARDO CATACTORA CCASO quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 1399 - 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS) formato N° 292- 2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el señor (a): RICARDO CATACTORA CCASO, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **PROPUESTA DE ALTERNATIVA DE INTERVENCIÓN DE VÍAS A NIVEL DE PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MANUAL DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO EN EL DISTRITO DE PUNO 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Dr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 292- 2024 **aprobandolo** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **PROPUESTA DE ALTERNATIVA DE INTERVENCIÓN DE VÍAS A NIVEL DE PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MANUAL DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO EN EL DISTRITO DE PUNO 2024**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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

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

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): RICARDO CATACTORA CCASO, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **PROPUESTA DE ALTERNATIVA DE INTERVENCIÓN DE VÍAS A NIVEL DE PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MANUAL DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO EN EL DISTRITO DE PUNO 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

  
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
.....  
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790

  
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
.....  
Dr. Efraim Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc:  
Archivo  
interesado (s)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1127-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 27 de setiembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU- 011682, presentado el señor (a) RICARDO CATAFORA CCASO solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 1044 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 308-2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el señor (a): RICARDO CATAFORA CCASO ha presentado su propuesta de investigación Titulado: PROPUESTA DE ALTERNATIVA DE INTERVENCIÓN DE VÍAS A NIVEL DE PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MANUAL DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO EN EL DISTRITO DE PUNO 2024, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Dr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 308-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: PROPUESTA DE ALTERNATIVA DE INTERVENCIÓN DE VÍAS A NIVEL DE PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MANUAL DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO EN EL DISTRITO DE PUNO 2024.

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

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

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, la PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, presentado por el señor (a): RICARDO CATAFORA CCASO, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: PROPUESTA DE ALTERNATIVA DE INTERVENCIÓN DE VÍAS A NIVEL DE PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MANUAL DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO EN EL DISTRITO DE PUNO 2024 correspondiente a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN.

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

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

cc.  
Archivo 3024  
Interesado (a)



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

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



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

Dr. Efraín Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



## PROPUESTA DE ALTERNATIVA DE INTERVENCIÓN DE VÍAS A NIVEL DE PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MANUAL DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO EN EL DISTRITO DE PUNO 2024

### INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS


1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	11%
2	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="http://repositorio.uancv.edu.pe">repositorio.uancv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://repositorio.urp.edu.pe">repositorio.urp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
5	<a href="http://repositorio.upla.edu.pe">repositorio.upla.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="http://repositorio.upt.edu.pe">repositorio.upt.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="http://repositorio.ujcm.edu.pe">repositorio.ujcm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%



### Metadatos Complementarios

<b>Título de la tesis</b>	
<b>PROPUESTA DE ALTERNATIVA DE INTERVENCIÓN DE VÍAS A NIVEL DE PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MANUAL DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO EN EL DISTRITO DE PUNO 2024</b>	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	RICARDO CATAORA CCASO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	42895364
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0007-8913-496X">https://orcid.org/0009-0007-8913-496X</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02442876
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0001-8509-7224">https://orcid.org/0000-0001-8509-7224</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02441152
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	41414676
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú          Departamento: Puno          Provincia: Puno          Distrito: Puno          Latitud: S 15° 50' 36"          Longitud: O 70° 01' 25"</p>  <p><a href="https://www.google.com/maps/d/1YnviHo6viPJx-of">https://www.google.com/maps/d/1YnviHo6viPJx-of</a></p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Setiembre 2024 – Marzo 2025
URL de disciplinas OCDE <a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</a> - Librería	<b>Ingeniería Civil</b> <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00</a> <b>Ingeniería de la construcción</b> <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</a>



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUSCO  
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
 Dr. Fritz Willy Maman Apaza  
 DIRECTOR  
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo RICARDO CATAFORA CCASO, identificado con DNI Nro. 42895364, en mi condición de egresado de:

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

INGENIERÍA CIVIL

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

PROPUESTA DE ALTERNATIVA DE INTERVENCIÓN DE VÍAS A NIVEL DE PAVIMENTO

FLEXIBLE MEDIANTE MANUAL DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE

PAVIMENTO EN EL DISTRITO DE PUNO 2024

Asesorado por: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

Es un tema original.

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

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

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

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

Juliaca 25 de abril del 2025

  
Firma del Asesor (obligatoria)

  
Firma del Estudiante (obligatoria)

  
Huella



## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, cuyo apoyo incondicional y amor constante me han permitido llegar hasta aquí. A mis amigos, que siempre estuvieron a mi lado, y a todos aquellos que, con su ejemplo y enseñanzas, han sido fuente de inspiración durante este proceso.



## AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a todas las personas que me han apoyado durante el desarrollo de esta tesis. Especialmente a mi asesor, por su orientación y paciencia. A mi familia y amigos, por su apoyo constante y motivación.



# ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA ..... i

AGRADECIMIENTO ..... ii

**ÍNDICE GENERAL** ..... iii

ÍNDICE DE TABLAS ..... vi

ÍNDICE DE FIGURAS ..... vii

RESUMEN ..... viii

ABSTRACT ..... ix

INTRODUCCIÓN ..... x

## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

**1.1 Análisis de la situación problemática.** ..... 1

**1.2 Planteamiento del problema.**..... 2

    1.2.1Problema General. .... 2

    1.2.2Problemas Específicos. .... 2

**1.3 Objetivos de la investigación.**..... 3

    1.3.1Objetivo General..... 3

    1.3.2Objetivos Específicos. .... 3

**1.4 Justificación de la investigación.** ..... 3

    1.4.1Justificación técnica..... 3

    1.4.2Justificación social..... 4

    1.4.3Justificación económica..... 4

**1.5 Hipótesis de la Investigación.** ..... 5

    1.5.1Hipótesis General. .... 5

    1.5.2Hipótesis Específicas. .... 5

**1.6 Variables e indicadores.** ..... 6

    1.6.1Variable independiente..... 6

    1.6.2Variable dependiente..... 6

**1.7 Operacionalización de Variables.** ..... 6

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

**2.1 Antecedentes de la investigación.**..... 7

    2.1.1Antecedentes internacionales. .... 7

    2.1.2Antecedentes nacionales. .... 10



2.1.3	Antecedentes regionales .....	14
<b>2.2</b>	<b>Bases teóricas. ....</b>	<b>16</b>
2.2.1	Pavimento Flexible .....	16
2.2.1.1	Composición y características del pavimento flexible .....	16
2.2.1.2	Ventajas del Pavimento Flexible.....	18
2.2.1.3	Desventajas del Pavimento Flexible.....	19
2.2.2	Índice de Condición de Pavimento (PCI) .....	20
2.2.2.1	Clasificación del PCI .....	21
2.2.2.2	Proceso de Evaluación y Uso del PCI .....	22
2.2.2.3	Aplicaciones del PCI en Proyectos Viales .....	22
2.2.2.4	Ventajas del PCI .....	23
2.2.2.5	Limitaciones del PCI .....	24
2.2.3	Tipos de fallas comunes en pavimentos flexibles.....	24
2.2.4	Métodos de Intervención y Mantenimiento .....	29
<b>2.3</b>	<b>Marco conceptual .....</b>	<b>32</b>
2.3.1	Pavimento flexible .....	32
2.3.2	Índice de Condición de Pavimento (PCI) .....	32
2.3.3	Evaluación superficial.....	33
2.3.4	Mantenimiento preventivo .....	33
2.3.5	Rehabilitación de pavimentos .....	33
2.3.6	Fallos del pavimento.....	34

### CAPÍTULO III

#### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

<b>3.1</b>	<b>Diseño de la Investigación .....</b>	<b>35</b>
<b>3.2</b>	<b>Método de la Investigación.....</b>	<b>35</b>
<b>3.3</b>	<b>Nivel y tipo de la investigación .....</b>	<b>36</b>
3.3.1	Nivel de la Investigación.....	36
3.3.2	Tipo de la investigación .....	36
<b>3.4</b>	<b>Población y Muestra .....</b>	<b>37</b>
3.4.1	Población .....	37
3.4.2	Muestra .....	37
3.4.3	Técnicas e Instrumentos .....	37
3.4.3.1	Técnicas .....	37
3.4.3.2	Instrumentos .....	39
<b>3.5</b>	<b>Plan de recolección y procesamiento de datos .....</b>	<b>41</b>
3.5.1	Desarrollo del plan de investigación.....	41
3.5.2	Procesamiento de datos.....	45



### CAPÍTULO IV

#### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

<b>4.1 Resultados</b> .....	<b>46</b>
4.1.1 Resultados Identificar las fallas de mayor incidencia y grado de severidad, aplicando el Manual de Índice de Condición de Pavimento (PCI). ....	46
4.1.2 Resultados sobre Estado Superficial de las Vías Usando el PCI. ....	56
4.1.3 Resultados sobre la propuesta de alternativa de intervención en la vía. ....	65
<b>4.2 Discusión de resultados</b> .....	<b>69</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>73</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>74</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>75</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>81</b>



### ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Cuadro de operacionalización de variables.....	6
<b>Tabla 2</b> Progresiva de los tramos analizados. ....	42
<b>Tabla 3</b> Fallas con Áreas Afectadas y Severidad del tramo 1, Km 0+000 - 0+160.....	47
<b>Tabla 4</b> Fallas con Áreas Afectadas y Severidad del tramo 2, Km 0+160 - 0+320.....	48
<b>Tabla 5</b> Fallas con Áreas Afectadas y Severidad del tramo 3, Km 0+320 - 0+480.....	49
<b>Tabla 6</b> Fallas con Áreas Afectadas y Severidad del tramo 4, Km 0+480 - 0+640.....	50
<b>Tabla 7</b> Fallas con Áreas Afectadas y Severidad del tramo 5, Km 0+640 - 0+800.....	51
<b>Tabla 8</b> Fallas con Áreas Afectadas y Severidad del tramo 6, Km 0+800 - 0+960.....	52
<b>Tabla 9</b> Fallas con Áreas Afectadas y Severidad del tramo 7, Km 0+960 – 1+120.....	53
<b>Tabla 10</b> Fallas con Áreas Afectadas y Severidad del tramo 8, Km 1+120 – 1+280.....	54
<b>Tabla 11</b> Fallas por Subtramo con Progresivas. ....	55
<b>Tabla 12</b> Estado superficial del tramo 1, Km 0+000 - 0+160.....	56
<b>Tabla 13</b> Estado superficial del tramo 2, Km 0+160 - 0+320.....	57
<b>Tabla 14</b> Estado superficial del tramo 3, Km 0+320 - 0+480.....	58
<b>Tabla 15</b> Estado superficial del tramo 4, Km 0+480 - 0+640.....	59
<b>Tabla 16</b> Estado superficial del tramo 5, Km 0+640 - 0+800.....	60
<b>Tabla 17</b> Estado superficial del tramo 6, Km 0+800 - 0+960.....	61
<b>Tabla 18</b> Estado superficial del tramo 7, Km 0+960 - 1+120.....	62
<b>Tabla 19</b> Estado superficial del tramo 8, Km 1+120 - 1+280.....	63
<b>Tabla 20</b> Resumen de los Resultados del PCI para los 8 Tramos. ....	64
<b>Tabla 21</b> PCI y Necesidad de Intervención.....	69



### ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Fisura.....	25
<b>Figura 2</b> Agujeros.....	27
<b>Figura 3</b> Desintegración Superficial.....	28
<b>Figura 4</b> Deformaciones Plásticas.....	29
<b>Figura 5</b> Ubicación de la vía.....	42
<b>Figura 6</b> % de área afectada del tramo 1. ....	47
<b>Figura 7</b> % de área afectada del tramo 2. ....	48
<b>Figura 8</b> % de área afectada del tramo 3. ....	49
<b>Figura 9</b> % de área afectada del tramo 4. ....	50
<b>Figura 10</b> % de área afectada del tramo 5. ....	51
<b>Figura 11</b> % de área afectada del tramo 6. ....	52
<b>Figura 12</b> % de área afectada del tramo 7. ....	53
<b>Figura 13</b> % de área afectada del tramo 8. ....	54
<b>Figura 14</b> Fallas en los 8 tramos. ....	55
<b>Figura 15</b> Valor deducido del tramo 1. ....	56
<b>Figura 16</b> Valor deducido del tramo 2. ....	57
<b>Figura 17</b> Valor deducido del tramo 3. ....	58
<b>Figura 18</b> Valor deducido del tramo 4. ....	59
<b>Figura 19</b> Valor deducido del tramo 5. ....	60
<b>Figura 20</b> Valor deducido del tramo 6. ....	61
<b>Figura 21</b> Valor deducido del tramo 7. ....	62
<b>Figura 22</b> Valor deducido del tramo 8. ....	63
<b>Figura 23</b> Resumen del PCI, calculados en cada tramo.....	64



## RESUMEN

La tesis "**Propuesta de Alternativa de Intervención de Vías a Nivel de Pavimento Flexible Mediante Manual de Índice de Condición de Pavimento en la Ciudad de Puno 2024**", La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el estado superficial de pavimentos flexibles de la Av. Simón Bolívar de la ciudad de Puno, la investigación sigue un enfoque cuantitativo y se desarrolló a través de un diseño no experimental, descriptivo y transversal, utilizando el método de Índice de Condición del Pavimento (PCI). Este estudio evaluó el estado estructural de pavimentos en una vía de 1.28 km, dividida en ocho subtramos de 160 metros, aplicando el Índice de Condición del Pavimento (PCI). El análisis identificó fallas comunes en pavimento flexible, como Grietas Longitudinales/Transversales, Agrietamiento en bloque, Huecos y Abultamientos y hundimientos, variando en porcentaje de área afectada y severidad entre los tramos. Los resultados del PCI indicaron que los tramos 1, 6 y 8 están en estado "Bueno" o "Excelente", lo cual sugiere la necesidad de un mantenimiento menor o rutinario. Los tramos 2, 3, 5 y 7, clasificados como "Regulares", requieren mantenimiento preventivo, mientras que el tramo 4, con un PCI de 51, demanda una rehabilitación parcial por su deterioro significativo. Se propone un plan de intervención adaptado a la condición de cada tramo, desde sellado de grietas y juntas en los tramos en mejor estado hasta fresado y repavimentación parcial en los más deteriorados. Estas intervenciones optimizarán la durabilidad del pavimento, mejorarán la seguridad vial y reducirán los costos de mantenimiento a largo plazo. El estudio contribuye a una gestión eficiente de infraestructura vial mediante un enfoque basado en el estado real de los pavimentos, promoviendo la conservación y prolongación de su vida útil.

**Palabras clave:** Pavimento flexible, (PCI), Intervención, Mantenimiento vial.



## ABSTRACT

The thesis "**Proposal for Alternative Intervention of Roads at the Flexible Pavement Level Using a Pavement Condition Index Manual in the City of Puno 2024**", The objective of this research was to evaluate the surface condition of flexible pavements on Av. Simón Bolívar. of the city of Puno, the research follows a quantitative approach and was developed through a non-experimental, descriptive and transversal design, using the Pavement Condition Index method. (PCI). This study evaluated the structural condition of pavements on a 1.28 km road, divided into eight subsections of 160 meters, applying the Pavement Condition Index (PCI). The analysis identified common failures in flexible pavement, such as Longitudinal/Transverse Cracks, Block Cracking, Voids, and Bulging and Sinking, varying in percentage of affected area and severity between sections. The PCI results indicated that sections 1, 6 and 8 are in "Good" or "Excellent" condition, suggesting the need for minor or routine maintenance. Sections 2, 3, 5 and 7, classified as "Regular", require preventive maintenance, while section 4, with a PCI of 51, requires partial rehabilitation due to its significant deterioration. An intervention plan adapted to the condition of each section is proposed, from sealing cracks and joints in the sections in the best condition to milling and partial resurfacing in the most deteriorated ones. These interventions will optimize pavement durability, improve road safety, and reduce long-term maintenance costs. The study contributes to efficient management of road infrastructure through an approach based on the real state of the pavements, promoting the conservation and extension of their useful life.

**Keywords:** Flexible pavement, (PCI), Intervention, Road maintenance.



## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la red vial de una región es crucial para su progreso económico y social, ya que facilita el movimiento de personas y mercancías. Por ello, es esencial para el desarrollo económico, industrial y turístico. En el caso del distrito de Puno, la red vial enfrenta serias deficiencias que impactan negativamente en la conectividad y el bienestar de la población. La gran mayoría de las vías en esta región están construidas con pavimento flexible, un tipo de pavimento susceptible al deterioro bajo condiciones climáticas extremas y debido a una inadecuada planificación y mantenimiento.

Actualmente, no existe un sistema estandarizado y sistemático que permita evaluar de manera eficiente las condiciones de estas vías de pavimento flexible. La falta de este tipo de herramientas de evaluación ha dado lugar a intervenciones de mantenimiento y reparación que no siempre son oportunas ni eficaces, lo que contribuye al acelerado deterioro de la infraestructura vial. Ante esta situación, se hace necesario implementar una metodología clara y fiable para diagnosticar el estado de las vías y definir las acciones de intervención adecuadas.

El propósito de esta investigación es desarrollar y proponer una alternativa de intervención para las vías de pavimento flexible en el distrito de Puno, a través de la creación de un Manual del Índice de Condición de Pavimento (PCI). Este manual proporcionará una herramienta técnica y estandarizada para la evaluación de las condiciones del pavimento, lo que permitirá a las autoridades locales y organismos encargados del mantenimiento vial planificar de manera más efectiva las acciones de rehabilitación y conservación, optimizando el uso de recursos y extendiendo la vida útil de la infraestructura vial.

La presente tesis consta por 4 ítems.



**Capítulo I:** En esta parte, definimos las variables, dimensiones e indicadores clave que guiarán la investigación, así como las dificultades que la inspiran. También exponemos nuestros objetivos, justificación e hipótesis.

**Capítulo II:** Se proporcionan definiciones precisas de las palabras utilizadas en el marco de la investigación, junto con la información de fondo que sitúa el estudio en contexto, los resultados que se utilizarán para comparaciones posteriores y las hipótesis principales que ayudarán a comprender el tema.

**Capítulo III:** Para garantizar la validez y confiabilidad de los resultados, este capítulo detalla los métodos utilizados para llevar a cabo cada paso del estudio, incluidos los protocolos de recopilación y análisis de datos.

**Capítulo IV:** Este informe presenta tablas y figuras que resumen los valores obtenidos del análisis de datos. También incluye una explicación completa de los hallazgos, que busca ayudar a interpretar y poner los resultados en perspectiva con respecto a los objetivos.



## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Análisis de la situación problemática.

La infraestructura vial del distrito de Puno se caracteriza por un alto porcentaje de vías de pavimento flexible que, debido a la falta de un sistema adecuado de evaluación y monitoreo, presentan un deterioro progresivo. Este deterioro afecta directamente la movilidad y seguridad vial, y genera un incremento en los costos operativos del transporte y en los tiempos de desplazamiento. Uno de los problemas principales es la ausencia de un sistema estandarizado y eficiente para evaluar las condiciones del pavimento flexible, lo que dificulta la toma de decisiones informadas en cuanto a mantenimiento y reparación.

En la actualidad, las evaluaciones de las condiciones de las vías en Puno se realizan de manera subjetiva, sin criterios uniformes ni un proceso sistemático de medición. Esto lleva a una gestión inadecuada de los recursos destinados al mantenimiento vial, ya que no se priorizan las vías que realmente requieren intervención urgente. Como resultado, muchas de las vías en la región sufren un deterioro acelerado, lo que aumenta los costos de reparación y limita la capacidad de respuesta ante emergencias o necesidades de intervención.

Además, las características geográficas y climáticas de Puno (altitud elevada, lluvias frecuentes y temperaturas extremas) agravan el deterioro del pavimento flexible, lo que hace aún más urgente la implementación de un sistema de diagnóstico y evaluación adecuado. La falta de un índice de condición de pavimento impide que las autoridades cuenten con una herramienta objetiva y estandarizada para priorizar las intervenciones, lo que conlleva a una gestión menos eficiente y, por ende, a una menor calidad en las condiciones de las vías.

Ante esta problemática, la propuesta de esta tesis busca desarrollar un Manual del (PCI), que sirva como una herramienta técnica para evaluar y clasificar las condiciones de las vías de pavimento flexible en Puno. Este índice permitirá realizar un diagnóstico preciso del estado de las vías, planificar intervenciones de manera más eficaz y optimizar los recursos destinados al mantenimiento vial, garantizando una mejora en la calidad de la infraestructura y la seguridad vial en el distrito.

## **1.2 Planteamiento del problema.**

### **1.2.1 Problema General.**

¿Cuál es el estado superficial de los pavimentos flexibles en la ciudad de Puno para el año 2024, evaluado mediante el Manual de Índice de Condición de Pavimento (PCI)?

### **1.2.2 Problemas Específicos.**

1. ¿Cuáles son los tipos de fallas más comunes y el grado de severidad que presentan las vías de pavimento flexible en la ciudad de Puno en el año 2024, según el Manual de Índice de Condición de Pavimento (PCI)?
2. ¿Cuál es el estado superficial de las vías de pavimento flexible en la ciudad de Puno, clasificado de acuerdo con los resultados obtenidos mediante el PCI?

3. ¿Cuáles son las alternativas de intervención que podrían implementarse en las vías de pavimento flexible en la ciudad de Puno, basadas en la calificación general del PCI para el año 2024?

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

#### **1.3.1 Objetivo General**

Evaluar el estado superficial de los pavimentos flexibles en la ciudad de Puno para el año 2024, utilizando el Manual de Índice de Condición de Pavimento (PCI) y proponer alternativas de intervención.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos.**

1. Identificar las fallas de mayor incidencia en el pavimento flexible de las vías de la ciudad de Puno y determinar su grado de severidad, aplicando el Manual de Índice de Condición de Pavimento (PCI).
2. Clasificar el estado superficial de las vías de pavimento flexible en la ciudad de Puno, de acuerdo con los resultados obtenidos mediante el PCI.
3. Proponer una alternativa de intervención basada en la calificación general del PCI de los pavimentos flexibles, evaluados por subtramos y en conjunto en la ciudad de Puno.

### **1.4 Justificación de la investigación.**

#### **1.4.1 Justificación técnica.**

La infraestructura vial en el distrito de Puno enfrenta diversos desafíos, siendo uno de los más críticos la falta de un sistema estandarizado para evaluar el estado de las vías de pavimento flexible. Sin un sistema técnico apropiado de diagnóstico, las decisiones sobre intervenciones de mantenimiento son en gran parte empíricas y carecen de un enfoque objetivo, lo que podría llevar a intervenciones ineficaces y no planificadas.

En este sentido, la propuesta de desarrollar un Manual del (PCI) surge como una herramienta esencial, pues permitirá realizar una evaluación precisa y objetiva de las condiciones de las vías, basándose en criterios técnicos bien establecidos a nivel internacional. La implementación de este sistema proporcionará un enfoque estructurado para la gestión de la infraestructura vial, optimizando los recursos destinados a su mantenimiento. De esta manera, se garantizará que los fondos públicos sean utilizados de manera más eficiente y se podrá extender la vida útil del pavimento, reduciendo los costos a largo plazo asociados con reparaciones mayores y prolongando la durabilidad de las vías.

#### **1.4.2 Justificación social.**

La mejora de la infraestructura vial tiene un impacto directo en la calidad de vida de los habitantes de Puno. Las vías en mal estado afectan la movilidad segura de las personas, dificultan el acceso a servicios básicos (como salud y educación) y aumentan los riesgos de accidentes viales. Además, el mal estado de las vías interrumpe el flujo de productos agrícolas y limita el desarrollo del turismo, sectores fundamentales para la economía local. El (PCI) permitirá a las autoridades locales identificar las vías más deterioradas y establecer prioridades de intervención de manera técnica y objetiva. Esto favorecerá la equidad en la distribución de recursos para el mantenimiento vial, asegurando que las áreas con mayor necesidad reciban atención prioritaria. Asimismo, contribuirá a la creación de un sistema de gestión vial más eficiente, donde la seguridad y la movilidad de la población serán las prioridades fundamentales.

#### **1.4.3 Justificación económica.**

El mal estado de la infraestructura vial implica costos elevados tanto para el gobierno como para los usuarios de las vías. En el sector del transporte, las deficiencias del pavimento flexible aumentan el consumo de combustible debido a las condiciones de las vías y reducen la vida útil de los vehículos, generando costos adicionales en

mantenimiento de vehículos y reparaciones. Además, el deterioro de las vías dificulta la competitividad de las empresas locales y aumenta los tiempos de transporte de productos. La propuesta de desarrollar un sistema estandarizado de evaluación y priorización de intervenciones, como el PCI, permitirá que el gobierno asigne los recursos de manera más eficiente, maximizando el impacto de cada inversión. A través de una correcta identificación y clasificación del estado de las vías, se logrará reducir los costos operativos a largo plazo y mejorar la rentabilidad del sector del transporte.

## **1.5 Hipótesis de la Investigación.**

### **1.5.1 Hipótesis General.**

El estado superficial de los pavimentos flexibles en la ciudad de Puno, evaluado mediante el Manual de Índice de Condición de Pavimento (PCI), será deficiente, lo que llevará a la necesidad de implementar alternativas de intervención para mejorar la calidad de las vías.

### **1.5.2 Hipótesis Específicas.**

1. Las fallas de mayor incidencia en los pavimentos flexibles de las vías de la ciudad de Puno serán de tipo estructural y superficial, y su grado de severidad será alto en las áreas con mayor tráfico vehicular, según lo evaluado mediante el PCI.
2. El estado superficial de las vías de pavimento flexible en la ciudad de Puno, clasificado mediante el PCI, mostrará una distribución desigual, con una mayor concentración de pavimentos en condiciones críticas en las zonas de alta circulación vehicular y tráfico pesado.
3. Las alternativas de intervención propuestas, basadas en la calificación general del PCI, mejorarán significativamente el estado de los pavimentos flexibles, especialmente en los subtramos con calificaciones más bajas, lo que resultará en una mejora en la durabilidad y funcionalidad de las vías.

## 1.6 Variables e indicadores.

### 1.6.1 Variable independiente.

Condición del pavimento.

#### Indicadores:

- Daños.
- Severidad.

### 1.6.2 Variable dependiente

Intervención en pavimento flexible.

#### Indicadores:

- (PCI)

## 1.7 Operacionalización de Variables.

Tabla 1

Cuadro de operacionalización de variables.

Variable Independiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos de Medición
Condición del pavimento	Midiendo el estado físico y funcional de la carretera, podemos saber qué tan bien puede soportar el tráfico y, al mismo tiempo.	Estado superficial.	Grado de severidad, En tramos	Inspección visual, Manual de PCI
Variable Dependiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos de Medición
Intervención en vías de pavimento flexible.	El mantenimiento, reparación o reconstrucción de carreteras mediante pavimento flexible es una intervención que mejora el funcionamiento de las vías, aumenta su vida útil.	Alternativa de intervención	Tipo de intervención	Propuesta técnica.

Nota. Elaboración propia



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación.

##### 2.1.1 Antecedentes internacionales.

Según (Baque-Solis, 2020) su estudio "Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la carretera puerto-aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de Manabí". Para lograr este objetivo, se empleó la observación directa como método de recolección de datos, lo que permitió identificar y seleccionar la región específica a evaluar. La población estudiada abarca un tramo de 3600 metros de largo y 17,5 metros de ancho. Esta área se ubica entre las rotondas del Parque del Marisco y el Aeropuerto. Se implementó la técnica del Índice de Estado del Pavimento (ICP) mediante un formulario de registro desarrollado específicamente para documentar los problemas detectados en el pavimento durante el estudio. Los resultados de la evaluación del ICP revelaron que el estado del pavimento en el tramo evaluado obtuvo un índice de 49, lo que lo clasificó como "Regular". Con este estudio, se detectaron doce tipos diferentes de fallas en las veintiséis unidades de muestra examinadas. En cuanto a su frecuencia de ocurrencia, se documentaron estas fallas, siendo el desconchado del agregado el más frecuente con un 78,28%, seguido de la piel de cocodrilo (4,51%), el agregado pulido



(4,11%) y el agrietamiento por bloques (3,96%). Las tasas de incidencia de defectos como levantamiento y hundimiento, baches, depresiones, corrugaciones e hinchamientos se registraron en porcentajes extremadamente bajos. Otras fallas menores incluyen grietas longitudinales y transversales (3,24%), grietas de parche (2,27%) y grietas de borde (1,35%). Las tasas de incidencia de estos defectos fueron inferiores a las de otras fallas menores. La conclusión de estos hallazgos es que el tramo de carretera investigado requiere intervenciones de mantenimiento que consisten en reparaciones tanto pequeñas como importantes. Las reparaciones menores, que deberían realizarse en ciertos puntos, pueden realizarse sin afectar toda la longitud. Por otro lado, las reparaciones mayores, que requieren trabajos a lo largo de todo el tramo, deben realizarse solo después de que se hayan completado las reparaciones menores.

Según (Coy Pineda, 2017) su estudio "Evaluación superficial de un pavimento flexible de la calle 134 entre carreras 52a A 53c comparando los métodos Vizir y Pc", El propósito de este estudio es ofrecer los instrumentos necesarios para evaluar el estado de un pavimento flexible. Esta evaluación se centra en la auscultación superficial o visual, una técnica sencilla de usar y de gran utilidad para el diagnóstico de la infraestructura vial. Este método examina los daños observables en la superficie de la carretera con el fin de obtener una evaluación precisa de la capa de rodadura y, con base en ella, establecer las intervenciones necesarias para restaurar la superficie a sus condiciones iniciales de servicio. La auscultación visual permite identificar rápidamente los problemas de la superficie, lo que facilita la toma de decisiones durante el proceso de mantenimiento. En esta investigación se comparan y contrastan el (PCI) y el método Vizir, dos técnicas de auscultación ampliamente utilizadas. Ambos métodos están diseñados para evaluar el estado del pavimento, pero cada uno posee cualidades y ventajas únicas que lo diferencian del otro. Considerando que el método Vizir es reconocido por su facilidad de uso y rapidez, es una opción adecuada para inspecciones preliminares cuando no se requiere un examen exhaustivo. El Índice de Estado del



Pavimento (PCI), por otro lado, es más específico y ofrece una descripción más precisa del estado del pavimento. Esto permite realizar una evaluación más exhaustiva que considera no solo los defectos superficiales, sino también la gravedad y el alcance de dichos problemas. El objetivo de esta comparación es determinar cuál de estos enfoques es la opción más viable, considerando los requisitos particulares del proyecto y su facilidad de implementación en campo. Se ofrecen recomendaciones sobre cuál de estos enfoques es el más adecuado para su uso en circunstancias específicas. Estas recomendaciones consideran diversos aspectos, como el tiempo disponible para la inspección, el nivel de precisión necesario para los hallazgos y los recursos fácilmente accesibles. En general, la técnica PCI puede ser más adecuada para estudios más profundos y prolongados, mientras que el método Vizir es más eficaz para intervenciones rápidas y en circunstancias con limitaciones de tiempo y recursos. El objetivo de este análisis es mejorar la eficiencia de los procedimientos de evaluación de pavimentos, proporcionando así a los ingenieros y gestores de mantenimiento vial herramientas eficientes y eficaces.

Según (Cordero Garcés & Guaranda Mero, 2017) su estudio "Análisis comparativo de los métodos Vizir-PCI aplicada en pavimento flexible vía Jipijapa-la Mona, Cantón Jipijapa". Uno de los pilares más importantes para el crecimiento económico de Ecuador es la preservación de la red vial del país. Para aumentar la producción agrícola nacional, es fundamental que los pavimentos flexibles se encuentren en buen estado. Esto facilita el transporte de productos agrícolas y su venta a los consumidores. Esta expansión dinámica proporciona una mejor calidad de vida a los habitantes y usuarios de las vías que dependen de la red vial para su transporte, lo que no solo beneficia a los sectores productivos, sino que también contribuye a la mejora de la seguridad y el confort vial. Para garantizar el crecimiento económico a largo plazo, un proceso en el que la infraestructura de transporte desempeña un papel fundamental, es necesario realizar reparaciones viales periódicas. En el contexto de este proyecto de investigación, se está



realizando un análisis comparativo entre dos métodos de evaluación funcional de pavimentos flexibles. La comparación de los resultados de ambos enfoques ofrece una visión más completa y precisa del estado actual de la carretera. Ambos métodos son herramientas técnicas que permiten evaluar el estado de la superficie del pavimento. Con base en los resultados de este estudio, se generará una estrategia de intervención que incluye tanto el mantenimiento preventivo como la rehabilitación de la carretera, la cual servirá de base para determinar el estado real del pavimento flexible. Esto garantizará que la carretera se recupere a las condiciones en las que se encontraba al momento de su puesta en servicio. Los datos obtenidos con cada enfoque se analizarán en relación con los diferentes tipos de fallas y el grado de daño detectado en la carretera. Esto permitirá comparar los procedimientos VIZIR y PCI. Además de facilitar la comprensión del estado actual de la carretera, la información obtenida también ayudará a determinar las causas subyacentes de las fallas, como la influencia del clima, el desgaste natural o el exceso de tráfico vehicular. Con esta base de información, se podrá diseñar una estrategia de intervención que sea no solo efectiva sino también económicamente viable. La propuesta siempre buscará maximizar los recursos disponibles para la reparación de la carretera. Para contribuir al bienestar de la comunidad y al desarrollo del sistema vial nacional, esta estrategia integral garantizará que las modificaciones sugeridas sean las más adecuadas para prolongar la vida útil de la carretera y mejorar su rendimiento.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales.**

Según (Campos Requejo, 2018) su tesis "evaluación superficial aplicando Metodología PCI del pavimento flexible de la carretera Bagua-Alenya, provincia Bagua, Amazonas - 2018". Este método es reconocido por su capacidad para brindar una evaluación integral e imparcial del pavimento, brindando así una visión clara de su estado estructural y su capacidad para mantener su capacidad de servicio. El Índice de Estado del Pavimento (ICP) proporciona indicadores confiables que indican el grado de degradación de la superficie del pavimento. Esto permite identificar las áreas que



requieren tratamiento preventivo o correctivo. Por ello, el Índice de Estado del Pavimento (PCI) no solo ayuda a identificar fallas obvias, sino que también predice la vida útil estimada del pavimento, lo que facilita la planificación de tratamientos adecuados. El (PCI) es un instrumento técnico esencial que evalúa el pavimento actual mediante un examen exhaustivo de las imperfecciones superficiales y su grado de afectación. En comparación con otros métodos de evaluación, este enfoque ofrece una solución más exhaustiva y precisa. No solo ofrece un diagnóstico del estado actual del pavimento, sino que también permite predecir el mantenimiento y las reparaciones necesarias. Mediante la observación directa de daños, como grietas, baches, deformaciones o separación de áridos, el Índice de Estado del Pavimento (ICP) divide el pavimento en categorías de estado. Esta clasificación es esencial para planificar tratamientos específicos según el grado de degradación. Una vez finalizada la evaluación mediante el método ICP, es posible determinar el estado actual del pavimento en la sección evaluada de forma clara y precisa. Esto proporciona la información necesaria para identificar el tipo de intervención que se realizará, ya sea un mantenimiento menor o una rehabilitación importante. Es posible definir prioridades de acción con base en el índice generado, lo que permitirá optimizar los recursos disponibles y garantizar que las reparaciones se ajusten a las necesidades reales del pavimento. Además, gracias a esta tecnología, no solo será posible corregir las fallas existentes, sino también prevenir daños futuros, lo que garantizará la resiliencia y seguridad del pavimento a largo plazo.

Según (Medina Hostia & Vivanco Ríos, 2021) su tesis "Análisis superficial de pavimentos flexibles y alternativas de Intervención tramo puente Los Maestros - Cutervo, vía Acomayo, Ica, 2021", la vía sufrió un deterioro considerable a lo largo del tiempo, lo que ha ocasionado numerosos daños que afectan la comodidad y la seguridad de vehículos y peatones en la red vial local a lo largo de los años. La falta de plan integral de mantenimiento vial, que incluya no solo la rehabilitación de la infraestructura, sino también la instalación de elementos de seguridad vial esenciales para la fluidez del



tráfico, ha provocado este deterioro. Además, este plan no contempla la implementación de medidas de seguridad vial. En esta zona en particular, el estado de las carreteras se ha deteriorado gradualmente debido a diversas causas, como el uso excesivo, las condiciones climáticas y la falta de mejoras periódicas. Por ello, es fundamental establecer un sistema que permita evaluar eficazmente el estado de las carreteras y priorizar las medidas correctivas más urgentes. La aplicación del PCI (Índice de Estado del Pavimento) al tramo del puente Los Maestros-Cutervo, un segmento de la carretera Acomayo ubicado en la zona de Ica, es el objetivo principal de esta investigación. Con esta aplicación, se calculará el Índice de Estado de la Superficie del Pavimento (IPP) de la vía en cuestión. Esto permitirá obtener una medición precisa del estado actual de la carretera. Mediante el uso de hojas de evaluación, se realizó una inspección visual exhaustiva para determinar los diversos tipos de fallas, la gravedad de estos problemas y su distribución en el tramo investigado. Además, se utilizaron gráficos de pavimento adaptables desarrollados por el manual PCI. Estos gráficos ofrecen un marco que permite la clasificación y evaluación metódica de los problemas del pavimento. Se obtuvo un índice de estado del pavimento (IPP) promedio de 35,34 tras la evaluación de 2,32 kilómetros de carretera en el tramo del puente Los Maestros – Cutervo. Esto indica que el estado del pavimento se considera "deficiente". La calificación actual muestra que el pavimento se encuentra en un estado crítico, que requiere medidas inmediatas para garantizar la seguridad de la vía y mejorar la transitabilidad del tramo. A la luz de este diagnóstico, se recomienda llevar a cabo una rehabilitación integral del pavimento. Esta rehabilitación debe incluir no solo la reparación de los problemas detectados, sino también la mejora de la transitabilidad de la carretera. Esto garantizará una mayor durabilidad y eficiencia del pavimento a largo plazo.

Según (Callme Chivigorri & Torres Banda, 2024) tesis "Evaluación superficial y estructural del pavimento flexible de la Av. Primavera, Cerro Colorado, Arequipa". El pavimento asfáltico de esta avenida, de 1700 metros lineales de longitud, ha sido objeto



de una exhaustiva investigación para detectar posibles fallas y determinar las deflexiones que puedan afectar su rendimiento. El objetivo de la investigación es obtener una visión clara del estado actual del pavimento, así como de su capacidad para soportar las condiciones del tráfico y ambientales a lo largo del tiempo. El estudio se centra en dos aspectos principales: la evaluación superficial y la evaluación estructural del pavimento. Para la evaluación superficial se utilizará el Índice de Estado del Pavimento (ICP), un instrumento ampliamente utilizado en el campo de la ingeniería civil. Este instrumento permite examinar el estado de las superficies del pavimento y clasificar las vías según su grado de degradación. Esta tecnología permitirá la detección precisa de fallas superficiales, como grietas, baches y otros daños aparentes. Esta identificación es esencial para decidir si se requiere mantenimiento preventivo o correctivo. El ensayo de viga Benkelman, un método no destructivo que mide las deflexiones del pavimento al aplicar una carga, se utilizará para determinar la integridad estructural del edificio. Para determinar la capacidad de carga del pavimento, así como su resistencia a las presiones del tráfico que experimentará a lo largo de su vida útil, este ensayo es absolutamente necesario. Una de las ventajas más significativas de esta investigación es el uso de ensayos no destructivos, que permiten evaluar el pavimento sin dañar la superficie existente. En la evaluación de carreteras, este tipo de ensayo es muy útil, ya que permite recopilar datos precisos sin necesidad de modificar la estructura de la superficie de grava. La prueba de viga Benkelman, por ejemplo, es un procedimiento sencillo y económico que ofrece información útil sobre la resistencia estructural del pavimento. Mediante esta prueba, se puede evaluar la fatiga y el desgaste del pavimento a lo largo del tiempo, y se pueden utilizar metodologías de cálculo de regresión para estimar su rendimiento futuro. Esta información puede utilizarse para elaborar una propuesta de intervención adecuada para el mantenimiento o la rehabilitación de la avenida, lo que garantizará su utilidad y seguridad a largo plazo.

### 2.1.3 Antecedentes regionales.

Según (Apaza Porto, 2021) su tesis "Evaluación superficial del pavimento flexible por el método PCI para el mejoramiento de la avenida circunvalación noroeste, Juliaca-2021". El objetivo de esta estrategia es determinar la proporción de la superficie del pavimento afectada, identificar los diversos tipos de daños ocurridos, evaluar su alcance y, posteriormente, sugerir una solución adecuada. El propósito de este estudio es brindar soluciones prácticas y tecnológicas a los problemas identificados en la carretera, con el fin de contribuir a la mejora del funcionamiento y la seguridad vial. Esta investigación es evaluativa y aplicativa. La metodología del estudio, con un enfoque híbrido, utiliza datos tanto cualitativos como cuantitativos. En primer lugar, se realizaron investigaciones destructivas mediante la excavación de pozos de sondeo. Posteriormente, se extrajeron muestras de estos pozos y se enviaron a un laboratorio especializado, donde se realizaron diversas pruebas de acuerdo con los criterios geotécnicos establecidos. Los resultados de estas pruebas revelaron datos específicos sobre la composición y las cualidades del suelo, un componente crucial para comprender los factores fundamentales que contribuyen a la degradación del pavimento. Posteriormente, se utilizó la técnica PCI para realizar una evaluación superficial del pavimento, la cual arrojó información esencial sobre su estado general. Los resultados de las calicatas demostraron que el Índice de Capacidad de Carga de California (CBR) de las muestras fue inferior al 100% en todas las calicatas, siendo la Calicata 3 la que presentó el CBR más bajo, con un CBR del 70%. Además, los índices de plasticidad fueron superiores al 2%, destacando especialmente un valor del 4,64% en la Calicata 1. La granulometría de la muestra también reveló que no se ajustó al rango de granulometría predeterminado en ninguna de las tres calicatas. Cuando finalmente se utilizó la técnica PCI, el resultado fue un índice de 31, dice que el pavimento esta en mal estado y requiere atención. Este resultado indica que el pavimento requiere una intervención importante, y se recomienda reemplazar la capa asfáltica para restablecer el funcionamiento de la carretera y garantizar su durabilidad y seguridad.



Según (Ccoma Quispe & Turpo Arapa, 2021) su tesis "Evaluación superficial del estado del pavimento flexible y verificación de tramos con fallas estructurales mediante Deflectometría, vía Juliaca – Lampa, Puno" Mediante un enfoque metodológico mixto, el objetivo principal de esta investigación es evaluar el estado del pavimento flexible ubicado en la carretera Juliaca-Lampa. Esta evaluación se realizará tanto desde el punto de vista superficial como estructural. Para este tipo de investigación, se especificarán y calcularán diversas variables de acuerdo con los procedimientos establecidos en el estudio. El diseño de la investigación es no experimental, ya que no se manipularán variables; se realizará un examen del estado actual de la carretera. El estudio es de tipo descriptivo-aplicativo, lo que significa que el pavimento se evaluará utilizando dos técnicas principales: el PCI (Índice de Condición del Pavimento) para la evaluación superficial y el método de vigas Benkelman, un método no destructivo utilizado para la evaluación estructural de pavimentos. Ambas metodologías se utilizarán para evaluar el pavimento. Para la evaluación de la superficie, se utilizó la técnica PCI, obteniendo un valor de 4,13 para el tramo 5 de la carretera Juliaca-Lampa. Este resultado indica que el pavimento se ha clasificado como "fallido". Esta baja puntuación indica que el pavimento se encuentra en un estado catastrófico que requiere un cuidado especial. Con base en los hallazgos obtenidos, se determinó que se requiere cierto grado de intervención en la restauración del pavimento para garantizar su funcionamiento y seguridad a largo plazo. Además, se realizó una evaluación estructural mediante el método de vigas Benkelman, que permitió medir las deflexiones del pavimento bajo carga. A partir de los hallazgos, se determinó que la deflexión típica en el carril izquierdo fue de 107,86 mm/100, mientras que en el carril derecho fue de 150,35 mm/100. Ambos valores superaron la deflexión admisible de 88,98 mm/100. Como resultado de estos significativos valores de deflexión, es evidente que el pavimento se encuentra en estado de fatiga estructural, lo que recalca aún más la necesidad crítica de intervención. Además, se realizó un examen de la subrasante, que arrojó un índice CBR del 3,54%, lo que indica que la calidad del suelo se consideró "mala". Este hecho sugiere que la subrasante no ofrece un soporte estructural

adecuado para el pavimento, lo que a su vez agrava la degradación observada. Considerando estos hallazgos, se ha sugerido que la intervención debería incluir tanto la reparación del pavimento como la rehabilitación de la subrasante para garantizar la estabilidad y durabilidad a largo plazo de la carretera.

## **2.2 Bases teóricas.**

### **2.2.1 Pavimento Flexible**

El pavimento flexible es un tipo de pavimento cuya estructura se adapta a las deformaciones del terreno bajo las cargas de tráfico. Este tipo de pavimento se caracteriza por ser más adaptable a los movimientos y asentamientos del terreno, debido a su sistema de capas que permiten una mayor deformación sin comprometer la integridad estructural. Se diferencia principalmente del pavimento rígido, que está compuesto por una sola capa rígida, que distribuye las cargas de manera más eficiente a través de su dureza. Los pavimentos flexibles, por su parte, están diseñados para distribuir las cargas de tráfico mediante un conjunto de capas sucesivas de materiales que trabajan conjuntamente, lo que aumenta su durabilidad y resistencia ante variaciones del terreno y del clima (Rodríguez et al., 2021).

#### **2.2.1.1 Composición y características del pavimento flexible**

El pavimento flexible es un tipo de pavimentación que se utiliza comúnmente en la construcción de carreteras, calles y otras infraestructuras viales. Su estructura se compone generalmente de varias capas, cada una con una función específica que permite soportar el tráfico vehicular y distribuir de manera eficiente las cargas. Las principales capas de un pavimento flexible son la capa de rodadura, la capa base, la capa subbase y la subcapa inferior.

- **Capa de Rodadura**

La capa de rodadura, también conocida como capa superficial, es la parte del pavimento que está en contacto directo con el tráfico vehicular. Generalmente, está

compuesta por una mezcla de asfalto o concreto, con una alta resistencia al desgaste provocado por las llantas de los vehículos (García et al., 2020). Esta capa debe proporcionar una superficie segura y cómoda para la conducción, además de ser resistente a las condiciones climáticas adversas, como la lluvia, el calor excesivo y la acción de los rayos UV. En términos de diseño, la capa de rodadura debe tener una textura adecuada para garantizar la adherencia de los neumáticos, lo que contribuye a la seguridad vial (Torres et al., 2019).

- **Capa Base**

Debajo de la capa de rodadura se encuentra la capa base, que es crucial para la distribución de las cargas generadas por el tráfico vehicular y su transferencia hacia las capas inferiores del pavimento (Hernández et al., 2021). Esta capa está compuesta generalmente por materiales granulados, como gravilla o arena compactada, que ofrecen una alta resistencia y capacidad de absorción de cargas. La capa base debe ser diseñada de manera que impida el desplazamiento o la deformación del pavimento a lo largo del tiempo. Además, su grosor varía dependiendo de la clasificación del tráfico y las condiciones del terreno subyacente.

- **Capa Subbase**

La capa subbase se encuentra debajo de la capa base y tiene como objetivo proporcionar mayor estabilidad al pavimento. Esta capa está compuesta por materiales de menor calidad que los de la capa base, pero aún así deben ser suficientemente resistentes para cumplir con su función. Usualmente, la subbase se forma a partir de materiales más gruesos, como grava tratada o piedra triturada, que permiten mejorar la estabilidad general del pavimento (Pérez et al., 2020). Esta capa también contribuye a la correcta distribución de las cargas, ayudando a evitar que las capas superiores se deformen bajo el peso del tráfico.

- **Subcapa Inferior**

Por último, la subcapa inferior se sitúa debajo de la subbase y juega un papel fundamental en la estabilización y la carga estructural del pavimento flexible. Generalmente está compuesta por materiales menos finos, como grava no tratada o tierra estabilizada, que proporcionan soporte adicional a las capas superiores (Ramírez & González, 2022). La subcapa inferior también actúa como una capa de drenaje que ayuda a prevenir la acumulación de agua, evitando la erosión y los daños a largo plazo que podrían ser causados por el agua acumulada en el pavimento.

### **2.2.1.2 Ventajas del Pavimento Flexible**

#### **Adaptabilidad al Terreno**

Una de las principales características de los pavimentos flexibles es su adaptabilidad al terreno. La estructura de múltiples capas permite que el pavimento se deforme de manera controlada en respuesta a los asentamientos o movimientos del suelo. Esta propiedad es particularmente beneficiosa en áreas donde el terreno es inestable o sufre variaciones en su resistencia debido a factores como la humedad o la compactación del suelo (Sánchez et al., 2022). Además, esta capacidad de adaptarse reduce la probabilidad de agrietamiento, lo que puede ocurrir en pavimentos rígidos cuando el terreno sufre deformaciones importantes.

#### **Fácil Mantenimiento y Reparación**

Los pavimentos flexibles son más fáciles y económicos de mantener que los pavimentos rígidos. En caso de daños, como grietas o baches, los pavimentos flexibles pueden ser reparados mediante el relleno y recubrimiento de las áreas afectadas, sin la necesidad de grandes obras de reconstrucción. Esto se debe a que la capa de rodadura, que es la que más se desgasta, puede ser reemplazada o renovada de manera puntual. Este tipo de mantenimiento reduce los costos operativos y mejora la vida útil del pavimento sin necesidad de intervenciones complejas o costosas (López & Rodríguez, 2019).

#### **Reducción de Costos Iniciales**

El costo de construcción de un pavimento flexible es generalmente más bajo en comparación con los pavimentos rígidos, debido a los materiales utilizados y a la menor complejidad en la instalación. Los materiales como asfalto y grava son relativamente más baratos que los utilizados en los pavimentos rígidos, como el concreto, lo que hace que el pavimento flexible sea una opción más económica, especialmente para proyectos de gran envergadura en áreas con presupuestos limitados (González et al., 2020). Además, su construcción no requiere equipos pesados ni tecnología avanzada, lo que también reduce los costos iniciales.

### **Menor Tiempo de Construcción**

Los pavimentos flexibles pueden ser construidos más rápidamente que los pavimentos rígidos. Dado que no requieren procesos complejos de curado o espera como en el caso del concreto, los pavimentos flexibles pueden estar operativos en un tiempo mucho más corto, lo que los convierte en una opción preferida para proyectos que requieren una rápida finalización. Esto es particularmente relevante en áreas urbanas o en proyectos de infraestructura que no pueden permitirse largos períodos de inactividad (Rodríguez et al., 2021).

#### **2.2.1.3 Desventajas del Pavimento Flexible**

##### **Menor Durabilidad Bajo Condiciones Extremas**

Una de las principales desventajas del pavimento flexible es su menor durabilidad cuando se enfrenta a condiciones extremas, tanto de tráfico como climáticas. Bajo condiciones de tráfico pesado, el pavimento flexible tiende a deteriorarse más rápidamente debido al desgaste continuo de la capa de rodadura. Además, los cambios térmicos y las condiciones climáticas adversas, como el congelamiento y descongelamiento del agua en climas fríos, pueden causar agrietamientos y deformaciones (Ríos et al., 2021). Esto limita su vida útil en comparación con los pavimentos rígidos, que suelen tener una mayor resistencia a estas condiciones.

##### **Desgaste Rápido Si No Se Realiza Mantenimiento Preventivo**

El pavimento flexible es más susceptible a desgastes prematuros si no se realiza un mantenimiento preventivo adecuado. La falta de mantenimiento regular puede acelerar la aparición de grietas, baches y otros daños superficiales. Además, si la capa de rodadura no es renovada a tiempo, las tensiones producidas por el tráfico pueden propagarse hacia las capas inferiores, debilitando la estructura general del pavimento. Esto subraya la necesidad de un plan de mantenimiento a largo plazo para garantizar que el pavimento flexible mantenga su funcionalidad y seguridad (González & Martínez, 2020).

### **Desempeño Inferior en Áreas con Tráfico Pesado Continuo**

Aunque los pavimentos flexibles son adecuados para una variedad de condiciones, no siempre son la mejor opción para áreas con tráfico extremadamente pesado y constante. Los camiones y vehículos pesados, que ejercen una gran presión sobre el pavimento, pueden generar mayores tensiones en las capas de rodadura, base y subbase, lo que puede provocar deformaciones importantes. Esto puede llevar a una necesidad de rehabilitación más frecuente y costosa, lo que disminuye las ventajas económicas a largo plazo (Sánchez et al., 2022).

### **Mayor Necesidad de Inspección Periódica**

Aunque los pavimentos flexibles pueden ser más económicos al principio, requieren una inspección más frecuente para asegurar que se mantengan en buenas condiciones. La acumulación de daños menores, como pequeñas grietas, puede convertirse rápidamente en problemas más serios si no se abordan a tiempo. Esto implica que los pavimentos flexibles requieren un sistema de monitoreo y evaluación continua para prevenir el deterioro prematuro y garantizar la seguridad de los conductores (López & Rodríguez, 2019).

#### **2.2.2 Índice de Condición de Pavimento (PCI)**

El Índice de Condición de Pavimento (PCI) es un sistema estandarizado de clasificación utilizado para evaluar la condición superficial de los pavimentos flexibles.

Este índice fue desarrollado en la década de 1980 por el Federal Highway Administration (FHWA) de Estados Unidos y se ha convertido en uno de los métodos más utilizados para inspeccionar pavimentos, debido a su capacidad para proporcionar una evaluación cuantitativa basada en la observación visual de las fallas más comunes en las carreteras. El PCI permite clasificar la superficie del pavimento mediante una escala numérica que varía de 0 a 100, donde un valor de 100 indica que el pavimento está en excelentes condiciones, sin fallas visibles, y un valor de 0 refleja que el pavimento está totalmente deteriorado y requiere una intervención total o reemplazo (González & Martínez, 2020).

Este sistema se basa en la inspección visual de fallas en la superficie del pavimento, como grietas, baches, deformaciones, y otros tipos de deterioro que puedan comprometer la funcionalidad del pavimento. El PCI no evalúa daños estructurales profundos, sino que se enfoca exclusivamente en los defectos visibles, lo cual puede ser tanto una ventaja como una limitación, dependiendo de las necesidades del proyecto.

#### 2.2.2.1 Clasificación del PCI

El índice PCI clasifica el estado del pavimento en diversas categorías según los valores obtenidos. Estas categorías son:

- ✓ Excelente (PCI = 85 - 100): El pavimento está en excelente estado, sin grietas o deformaciones significativas. No requiere ninguna intervención a corto plazo.
- ✓ Bueno (PCI = 70 - 84): El pavimento muestra pocos signos de desgaste, pero es posible que se necesiten reparaciones menores, como el sellado de grietas.
- ✓ Satisfactorio (PCI = 55 - 69): El pavimento presenta fallas superficiales como grietas de mediana profundidad, baches pequeños o deformaciones localizadas. Se recomienda planificar mantenimiento preventivo para evitar un mayor deterioro.
- ✓ Malo (PCI = 40 - 54): El pavimento presenta daños más significativos, como grietas profundas, baches grandes o deformaciones extensas. Es necesario realizar reparaciones mayores o rehabilitación.
- ✓ Muy Malo (PCI = 25 - 39): El pavimento está severamente dañado, con grietas, baches y deformaciones extensas. Es recomendable la rehabilitación parcial o total.

- ✓ Deteriorado (PCI = 0 - 24): El pavimento está completamente deteriorado, con fallas estructurales graves. Requiere reemplazo completo o una intervención mayor (Sánchez et al., 2022).

Este sistema proporciona un marco útil para evaluar la condición de la infraestructura vial, lo que permite priorizar las reparaciones en función de la gravedad de las fallas y asignar recursos de manera eficiente.

### 2.2.2.2 Proceso de Evaluación y Uso del PCI

El proceso para obtener el PCI generalmente involucra los siguientes pasos:

- ❑ **Inspección Visual:** La inspección de pavimentos se realiza por medio de la observación directa de las superficies del pavimento. Un equipo de ingenieros o técnicos capacitados examina la carretera en busca de fallas visibles, como grietas, deformaciones, baches, y daños asociados al desgaste debido al tráfico o factores climáticos.
- ❑ **Clasificación de las Fallas:** Cada tipo de falla detectada se clasifica según su severidad y extensión. Las grietas se pueden clasificar en varias categorías según su tipo (como grietas longitudinales, transversales, o de fatiga), y los baches se clasifican en función de su tamaño y profundidad.
- ❑ **Cálculo del PCI:** El PCI se calcula con base en la cantidad, severidad y extensión de las fallas observadas. El cálculo implica el uso de tablas y fórmulas específicas que ponderan las fallas en función de su impacto en la estructura del pavimento y la seguridad vial.
- ❑ **Informe y Planificación:** Los resultados obtenidos del PCI se utilizan para generar informes detallados sobre el estado del pavimento. Con base en estos informes, se pueden planificar intervenciones de mantenimiento preventivo o correctivo, y priorizar las reparaciones según las áreas que presenten los mayores riesgos o necesidades (Rodríguez et al., 2021).

### 2.2.2.3 Aplicaciones del PCI en Proyectos Viales

El PCI es fundamental en proyectos de infraestructura vial por varias razones:

- ❑ **Priorización de Intervenciones:** El PCI ayuda a identificar las áreas más críticas de una red vial que requieren intervención inmediata. Las carreteras con un PCI bajo, que presentan fallas graves, pueden ser priorizadas para reparaciones urgentes.
- ❑ **Planificación de Mantenimiento Preventivo:** Basándose en los valores obtenidos, el PCI permite realizar una planificación más eficiente del mantenimiento preventivo, lo que contribuye a prolongar la vida útil de los pavimentos y a reducir los costos asociados a reparaciones más costosas en el futuro (González & Martínez, 2020).
- ❑ **Optimización de Recursos:** Gracias a su sistema de clasificación estandarizado, el PCI permite asignar recursos de manera más eficiente, asegurando que se destinen a las áreas con mayor necesidad. Esto es especialmente útil cuando los presupuestos son limitados y se deben tomar decisiones críticas sobre dónde realizar intervenciones.
- ❑ **Monitoreo Continuo:** El PCI se puede utilizar para realizar un monitoreo continuo del estado de los pavimentos a lo largo del tiempo. Las evaluaciones periódicas permiten realizar ajustes en los planes de mantenimiento y verificar la efectividad de las intervenciones previas (Hernández et al., 2021).

#### 2.2.2.4 Ventajas del PCI

1. **Evaluación Rápida y Objetiva:** El PCI permite realizar una evaluación visual rápida y objetiva del estado de los pavimentos sin la necesidad de costosos equipos de inspección. Su uso no requiere tecnología avanzada, lo que lo hace accesible para muchas organizaciones y proyectos, incluso en países en desarrollo.
2. **Base para la Toma de Decisiones:** El PCI es una herramienta valiosa para los responsables de la toma de decisiones en proyectos viales, ya que proporciona una base confiable para determinar las necesidades de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos (Rodríguez et al., 2021).
3. **Prevención de Costos Elevados:** Al identificar fallas a tiempo y permitir la implementación de mantenimiento preventivo, el PCI ayuda a prevenir el deterioro

más severo de los pavimentos, lo que puede ahorrar grandes cantidades de dinero a largo plazo.

#### 2.2.2.5 Limitaciones del PCI

1. **No Evalúa Fallas Estructurales:** Aunque el PCI es excelente para evaluar el estado superficial del pavimento, no proporciona información sobre problemas estructurales más profundos, como la pérdida de capacidad de carga o el daño a las capas internas del pavimento.
2. **Dependencia de la Inspección Visual:** Dado que el PCI se basa en inspecciones visuales, el proceso puede ser influenciado por factores como las condiciones climáticas o la fatiga del inspector, lo que puede generar errores en la evaluación (Sánchez et al., 2022).
3. **Necesidad de Actualización Periódica:** Para ser verdaderamente efectivo, el PCI debe actualizarse periódicamente, ya que el estado de un pavimento puede cambiar con el tiempo debido al tráfico, las condiciones climáticas o las intervenciones previas.

#### 2.2.3 Tipos de fallas comunes en pavimentos flexibles

En el ámbito de la ingeniería civil, la evaluación de pavimentos flexibles es esencial para garantizar la seguridad y eficiencia de las infraestructuras viales. Estos pavimentos, debido a su estructura compuesta por varias capas que distribuyen las cargas de tráfico, pueden presentar diversas fallas que afectan tanto su desempeño como la durabilidad de la carretera. Las fallas superficiales en pavimentos flexibles, las cuales son observables a simple vista, pueden ser provocadas por diversos factores, tales como el tráfico vehicular, las condiciones climáticas, y el desgaste natural propio de las infraestructuras viales.

##### 1. Grietas Longitudinales y Transversales

Las grietas longitudinales y transversales son las fallas más comunes que se presentan en pavimentos flexibles, y son causadas principalmente por la fatiga del

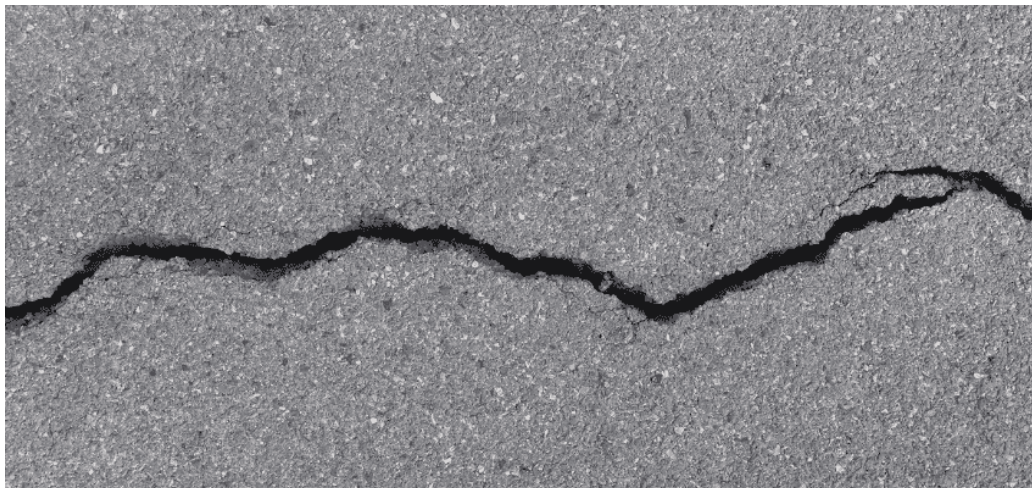
material debido a las cargas de tráfico repetidas. La fatiga es un fenómeno que ocurre cuando el pavimento, tras múltiples ciclos de carga, no es capaz de resistir las tensiones repetitivas y comienza a desgastar o agrietar las capas superficiales (González et al., 2020). En general, las grietas longitudinales se desarrollan a lo largo de la carretera, siguiendo la dirección del tráfico, mientras que las transversales aparecen perpendicularmente al eje de circulación. Ambas son indicativas de que el pavimento ha comenzado a perder su capacidad estructural en esas áreas y, si no se corrigen a tiempo, pueden convertirse en grietas más profundas que afecten la estabilidad del pavimento y faciliten la infiltración de agua hacia las capas inferiores, acelerando el deterioro (Rodríguez et al., 2021).

#### **Causas y Factores Contribuyentes:**

- Fatiga del material debido a la constante carga y descarga del pavimento por el paso de vehículos.
- Cambios térmicos: las variaciones en la temperatura afectan el comportamiento del material, causando dilatación y contracción.
- Exposición al agua: la infiltración de agua en las grietas puede agravar el daño, especialmente en climas fríos donde el agua se congela y expande.

#### **Figura 1**

*Fisura.*



**Impacto en la Seguridad y Soluciones:**

Las grietas pueden ser peligrosas para los vehículos y los conductores, ya que la superficie de rodadura se vuelve irregular, generando un desgaste desigual y aumentando el riesgo de deslizamientos. Para evitar su expansión, es fundamental realizar un sellado de grietas para prevenir la penetración de agua y mantener la estabilidad estructural del pavimento (Sánchez et al., 2022).

**2. Baches**

Los baches son una de las fallas más visibles y peligrosas en los pavimentos flexibles. Se forman cuando la capa de rodadura se degrada o cuando el material de base pierde su cohesión, provocando hundimientos o depresiones en la superficie del pavimento. Los baches suelen formarse en áreas donde la capacidad de carga del pavimento ha sido comprometida, ya sea por condiciones climáticas extremas o cargas vehiculares excesivas (Hernández et al., 2021). La presencia de agua es un factor crítico en la formación de baches, ya que puede socavar la base del pavimento y promover el deterioro.

**Causas y Factores Contribuyentes:**

- Fatiga del pavimento y pérdida de cohesión entre las capas de rodadura y base.
- Condiciones climáticas: especialmente la lluvia y las fluctuaciones de temperatura que afectan la adhesión de los materiales.
- Tráfico pesado: El paso constante de vehículos pesados genera deformaciones y presiones excesivas que sobrecargan las capas del pavimento.

**Figura 2***Agujeros.***Impacto en la Seguridad y Soluciones:**

Los baches afectan la seguridad vial al generar desniveles peligrosos, que pueden causar accidentes al afectar la maniobrabilidad de los vehículos, especialmente en condiciones de lluvia. La reparación de baches debe ser rápida y efectiva para evitar que la cavidad aumente de tamaño. Las soluciones incluyen la rehabilitación de la capa superficial y, si es necesario, la reforzación de las capas de base (Rodríguez et al., 2021).

**3. Desprendimiento de Agregados**

. Este fenómeno suele ser más común en pavimentos con baja calidad de mezcla o aquellos que no han sido adecuadamente compactados durante la construcción. El desprendimiento de agregados es una de las principales causas de pérdida de la superficie de rodadura, ya que afecta la homogeneidad de la capa y la seguridad de la conducción (Sánchez et al., 2022).

**Causas y Factores Contribuyentes:**

- Deficiencia en la mezcla asfáltica: la calidad de los materiales y su proporción no siempre garantizan una adecuada cohesión.
- Falta de compactación: una compactación insuficiente durante la construcción permite que los agregados se desprendan con el tiempo.

- Exposición al agua: la acción del agua en las grietas acelera la pérdida de agregados en la capa superficial.

### Figura 3

*Desintegración Superficial.*



#### Impacto en la Seguridad y Soluciones:

El desprendimiento de agregados aumenta la rugosidad de la carretera, lo que genera desgaste prematuro de los vehículos y reduce la comodidad de la conducción. Para evitar este tipo de fallas, es necesario realizar un mantenimiento periódico y aplicar tratamientos de refuerzo o renovación de la capa superficial (González et al., 2020).

#### 4. Deformaciones o Huellas de Rodadura

Este tipo de deformación es más común en pavimentos que han sido diseñados con una subbase débil o con capas de rodadura inadecuadas. Las huellas de rodadura son áreas visibles donde el pavimento se hundió debido a la presión excesiva (Hernández et al., 2021).

#### Causas y Factores Contribuyentes:

- Tráfico pesado: Los camiones y otros vehículos de gran tonelaje generan presiones que exceden la capacidad de las capas inferiores del pavimento.
- Deficiencias en la subbase: Una subbase insuficientemente compactada o inadecuada puede dar lugar a deformaciones permanentes bajo la carga vehicular.

- Condiciones climáticas: Las variaciones de temperatura y la humedad afectan la estabilidad de los materiales del pavimento.

## Figura 4

*Deformaciones Plásticas.*



Pavimento con deformaciones plásticas

### Impacto en la Seguridad y Soluciones:

Las huellas de rodadura pueden inducir a un comportamiento deslizante de los vehículos y son un indicativo claro de que el pavimento no está resistiendo adecuadamente las cargas. En estos casos, se requiere una rehabilitación profunda, que puede implicar el refuerzo de las capas estructurales o el recubrimiento con una nueva capa de rodadura (Rodríguez et al., 2021).

#### 2.2.4 Métodos de Intervención y Mantenimiento

El mantenimiento de pavimentos flexibles es crucial para asegurar la durabilidad, seguridad y funcionalidad de las infraestructuras viales. La evaluación del pavimento es el primer paso en cualquier proyecto de mantenimiento, ya que permite identificar las fallas y su alcance. A partir de esta evaluación, es posible establecer alternativas de intervención que permitan restaurar y mejorar la capacidad del pavimento para resistir el

tráfico y las condiciones ambientales. Dependiendo de la severidad de las fallas y el tipo de daño, las intervenciones pueden ser preventivas o correctivas.

### **1. Mantenimiento Preventivo**

El mantenimiento preventivo tiene como objetivo prevenir el deterioro de la infraestructura vial antes de que las fallas menores se conviertan en problemas graves. Este tipo de mantenimiento se realiza periódicamente y está orientado a preservar la integridad estructural y funcionalidad del pavimento mediante intervenciones de bajo costo. Es ideal para pavimentos que presentan fallas superficiales incipientes, como grietas y pequeños baches, las cuales, si no se tratan a tiempo, pueden empeorar y comprometer la seguridad vial.

#### **ACTIVIDADES COMUNES EN EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO:**

##### **Sellado de Grietas**

El sellado de grietas es uno de los métodos más utilizados en el mantenimiento preventivo. Consiste en aplicar un material sellador (generalmente asfáltico o elastomérico) sobre las grietas en la capa de rodadura. Este sellado evita que el agua penetre a las capas inferiores del pavimento, lo cual podría provocar la degradación de la base y subbase. El sellado también previene que las grietas se expandan debido al tráfico y a las fluctuaciones de temperatura, lo que prolonga la vida útil del pavimento (Rodríguez et al., 2021). Además, al reducir la infiltración de agua, se previene la erosión interna de la estructura del pavimento.

##### **Bacheo de Pequeños Hoyos y Depresiones**

El bacheo es otro procedimiento común dentro del mantenimiento preventivo. Se aplica cuando se detectan pequeños hoyos o depresiones en la capa de rodadura del pavimento. Este proceso consiste en rellenar las cavidades con materiales asfálticos de calidad, asegurando una reparación uniforme y segura. El bacheo previene la expansión de estos hoyos y evita que se conviertan en baches más grandes o agujeros profundos, que podrían comprometer la seguridad del tráfico y el confort de conducción (González et al., 2020).

### **Aplicación de una Capa de Refuerzo**

En algunos casos, cuando la capa de rodadura comienza a presentar signos de desgaste pero aún no ha llegado a un estado de deterioro grave, se recomienda la aplicación de una capa de refuerzo. Esta capa, que puede ser un microaglomerado asfáltico, mejora la resistencia y flexibilidad del pavimento sin necesidad de una renovación completa. Además, proporciona una superficie lisa que reduce la rugosidad y mejora la confortabilidad para los vehículos. Las capas de refuerzo también pueden mejorar la impermeabilidad del pavimento y contribuir a la distribución de las cargas de tráfico de manera más eficiente (Hernández et al., 2021).

### **2. Mantenimiento Correctivo**

El mantenimiento correctivo se lleva a cabo cuando el pavimento presenta daños graves que ya han afectado su funcionalidad y estructura. Este tipo de mantenimiento no solo corrige los problemas superficiales, sino que también restaura la integridad estructural del pavimento. El mantenimiento correctivo es necesario cuando las fallas preventivas no han sido suficientes para preservar la calidad del pavimento, o cuando los daños se han vuelto más profundos, como grietas estructurales, baches grandes o deformaciones significativas.

#### **ACTIVIDADES COMUNES EN EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO:**

##### **Rehabilitación de Pavimentos**

La rehabilitación es un proceso que busca restaurar el pavimento a su estado funcional sin necesidad de una reconstrucción completa. Puede implicar la remoción de la capa de rodadura deteriorada, el refuerzo de la base y la aplicación de una nueva capa asfáltica. También puede ser necesario mejorar la estructura interna del pavimento para asegurar que pueda soportar las cargas de tráfico futuras. Las técnicas de rehabilitación son más costosas que el mantenimiento preventivo, pero son necesarias cuando el pavimento presenta fallas estructurales importantes (González et al., 2020).

##### **Reconstrucción del Pavimento**

En los casos más graves, cuando el pavimento ha llegado al final de su vida útil o ha sufrido daños extensos, es necesario realizar una reconstrucción completa del pavimento. Esto implica la remoción total de las capas de rodadura, base y subbase, y la reconstrucción de la estructura del pavimento desde cero. La reconstrucción es un proceso costoso y laborioso, pero es fundamental cuando el pavimento ya no es funcional y debe ser reemplazado para garantizar la seguridad vial y el desempeño adecuado de la infraestructura (Rodríguez et al., 2021).

### **Mejora de la Subbase y Base**

En algunos casos, los problemas estructurales no se limitan a la capa superficial, sino que provienen de una subbase o base inadecuada. Las fallas en estas capas pueden generar deformaciones y fisuras en el pavimento. En estos casos, es necesario realizar una rehabilitación de la base y la subbase con el fin de reforzar la capacidad de carga del pavimento y evitar fallas futuras.

## **2.3 Marco conceptual**

### **2.3.1 Pavimento flexible**

Generalmente está formado por una capa de rodadura (asfalto), una base y una subbase. A diferencia de los pavimentos rígidos, el pavimento flexible tiene la capacidad de adaptarse a las deformaciones del terreno. Su durabilidad depende de la calidad de los materiales y el mantenimiento. Este tipo de pavimento es común en carreteras y vías urbanas debido a su costo relativamente bajo y facilidad de reparación.

### **2.3.2 Índice de Condición de Pavimento (PCI)**

Este índice se basa en la inspección visual de los daños en el pavimento, como grietas, baches y deformaciones. El PCI se calcula a partir de la severidad y extensión de las fallas observadas, con valores que varían entre 0 (pavimento en mal estado) y 100 (pavimento en óptimas condiciones). El PCI ayuda a clasificar el pavimento y priorizar las

intervenciones de mantenimiento. Es ampliamente utilizado por su precisión y facilidad de aplicación en campo.

### **2.3.3 Evaluación superficial**

La evaluación superficial del pavimento se realiza para identificar las fallas visibles en la capa de rodadura, como grietas, baches y fisuras. Se utiliza principalmente el método PCI para este tipo de evaluación, que clasifica el pavimento según su condición y necesidades de intervención. La evaluación superficial es clave para detectar problemas iniciales antes de que afecten la estructura interna del pavimento. Además, permite estimaciones rápidas del estado de la vía y facilita la planificación de mantenimiento preventivo. Es una técnica no destructiva y de bajo costo, ideal para inspecciones regulares.

### **2.3.4 Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo se refiere a las acciones que se realizan para evitar el deterioro prematuro del pavimento, asegurando su longevidad y desempeño adecuado. Las actividades incluyen el sellado de grietas, bacheo de pequeñas fallas y la aplicación de nuevas capas de asfalto. El objetivo principal es minimizar el costo de reparaciones mayores al mantener el pavimento en condiciones óptimas. Este tipo de mantenimiento es especialmente importante en pavimentos flexibles, que tienden a degradarse rápidamente si no se realizan intervenciones periódicas. Un mantenimiento adecuado reduce costos a largo plazo y mejora la seguridad vial.

### **2.3.5 Rehabilitación de pavimentos**

La rehabilitación de pavimentos es el proceso de restaurar un pavimento que se encuentra en mal estado o ha perdido gran parte de su capacidad de carga. Esta intervención incluye actividades como la remoción de la capa de rodadura deteriorada y su reemplazo con una nueva capa de material asfáltico. La rehabilitación también puede



implicar la reparación de la estructura interna del pavimento, como la base y subbase. Este proceso es necesario cuando el pavimento ha sufrido daños extensivos que no pueden ser corregidos solo con mantenimiento preventivo. La rehabilitación asegura la durabilidad del pavimento y mejora la calidad de la vía.

### **2.3.6 Fallos del pavimento**

Los fallos del pavimento son daños que afectan la funcionalidad y seguridad del pavimento flexible. Estos incluyen grietas, baches, desprendimiento de agregados y deformaciones. Los fallos pueden ser causados por factores climáticos, tráfico pesado, o deficiencias en los materiales y la construcción. Los daños superficiales, como las grietas, pueden ser señales de que el pavimento está sufriendo fatiga. Estos fallos, si no se tratan adecuadamente, pueden agravarse con el tiempo, llevando a la necesidad de intervenciones más costosas y complejas. Detectar y clasificar los fallos temprano es esencial para planificar el mantenimiento y evitar daños mayores.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Diseño de la Investigación

Según Hernández (2019, p. 149) señala que este tipo de diseño es apropiado cuando es imposible o éticamente inapropiado manipular las variables, como ocurre en estudios sobre comportamientos humanos, fenómenos sociales o ambientales.

El diseño de la investigación es no experimental. En este enfoque, no se manipulan las variables ni se realiza una intervención directa sobre ellas. Se observa el estado actual del pavimento flexible en la ciudad de Puno, sin modificar su entorno, con el fin de realizar una evaluación precisa de las condiciones actuales. El estudio se centrará en el análisis y descripción de las características del pavimento, los tipos de fallas que presentan y la severidad de estas fallas, utilizando las herramientas y métodos disponibles, como el Índice de Condición de Pavimento (PCI).

#### 3.2 Método de la Investigación

Según Reyes, (2022), sostiene que el método científico es fundamental para la validación de los resultados en cualquier investigación. Este proceso incluye pasos como

la formulación de hipótesis, la recolección de datos a través de técnicas apropiadas y el análisis estadístico para verificar las hipótesis.

El método científico será utilizado en esta investigación. Este enfoque se caracteriza por la recolección de datos de manera sistemática y objetiva para luego analizarlos y validar las hipótesis planteadas. A través del método científico, se realiza una observación detallada del pavimento, se plantean hipótesis basadas en los datos recopilados y se utilizan métodos estadísticos y cualitativos para analizar la información obtenida. Este proceso asegurará que los resultados de la investigación sean objetivos, confiables y válidos para la toma de decisiones.

### **3.3 Nivel y tipo de la investigación**

#### **3.3.1 Nivel de la Investigación**

Según Morales (2021), afirma que el nivel descriptivo se caracteriza por su objetivo de documentar, detallar y clasificar las características de una población o fenómeno, sin modificar ninguna variable.

El nivel de la investigación es descriptivo, ya que el objetivo principal es describir el estado del pavimento flexible en la ciudad de Puno, evaluando las condiciones superficiales del pavimento mediante el PCI y observando la naturaleza de las fallas presentes. Se busca hacer una caracterización detallada de los pavimentos sin influir en las variables de estudio, enfocándose en la descripción objetiva de la situación actual.

#### **3.3.2 Tipo de la investigación**

Según Gómez (2022) explica que las investigaciones de tipo aplicado se centran en el uso de teorías y principios existentes para resolver problemas prácticos y tomar decisiones informadas en sectores específicos, como la ingeniería, la educación o la salud.

El tipo de investigación es aplicado, ya que se busca una solución práctica para el mantenimiento y rehabilitación de las vías de pavimento flexible en Puno. El estudio proporcionará alternativas de intervención basadas en los resultados obtenidos de las evaluaciones de los pavimentos, lo que permitirá a las autoridades locales tomar decisiones informadas sobre las medidas correctivas necesarias para mejorar las condiciones viales en la ciudad.

### **3.4 Población y Muestra**

#### **3.4.1 Población**

Según Hernández et al. (2020), la población se refiere al total de elementos que cumplen con ciertos criterios definidos para un estudio específico. Estos elementos pueden ser personas, objetos, instituciones o eventos, dependiendo del enfoque de la investigación.

En el contexto de este estudio, la población está compuesta por todas las vías pavimentadas con pavimentos flexibles ubicadas en la ciudad de Puno.

#### **3.4.2 Muestra**

Kerlinger y Lee (2021) describen la muestra como un conjunto reducido de elementos seleccionados de una población, el cual debe ser representativo para que los resultados obtenidos puedan aplicarse al grupo total de manera válida.

En esta investigación, la muestra seleccionada corresponde a un tramo de la Av. Simón Bolívar, ubicado en una zona estratégica dentro de la ciudad de Puno. Para el análisis, se tomó un recorrido de 1.28 km de esta vía.

#### **3.4.3 Técnicas e Instrumentos**

##### **3.4.3.1 Técnicas**

En el proceso de evaluación del estado de los pavimentos, se emplean diversas técnicas de recolección de datos que permiten identificar el tipo de fallas presentes y medir el grado de deterioro. Las técnicas más utilizadas son la inspección visual y el Método PCI (Índice de Condición de Pavimento). A continuación, se describe de manera detallada cada una de ellas, incluyendo su aplicación, ventajas y limitaciones.

### **1. Inspección Visual**

La inspección visual es una de las técnicas más simples y accesibles en la evaluación de pavimentos flexibles. Consiste en la observación directa de la superficie del pavimento con el objetivo de identificar fallas superficiales como grietas, baches, deformaciones y desprendimiento de agregados. Esta técnica se basa en la capacidad del inspector de detectar estos daños a simple vista y, a menudo, se realiza sin la necesidad de herramientas o equipos especializados.

#### **Características de la Inspección Visual:**

- Observación directa: La inspección visual depende de la capacidad del inspector para identificar y clasificar los daños en la superficie del pavimento.
- No requiere equipo especializado: A diferencia de otras técnicas más complejas, la inspección visual puede llevarse a cabo con el uso de simples herramientas como cuadernos de registro, cámaras fotográficas o dispositivos de localización.
- Evaluación preliminar: Este método es ideal para obtener una visión general rápida del estado de la infraestructura y para realizar una evaluación preliminar que oriente decisiones posteriores.

#### **Ventajas de la Inspección Visual:**

- Económica y rápida: No requiere de grandes inversiones en equipos o tecnología, lo que la convierte en una opción accesible para la mayoría de las organizaciones.
- Fácil de realizar: Puede ser realizada por cualquier personal capacitado en el campo, lo que facilita su implementación en diversas situaciones y contextos.
- Ideal para evaluaciones iniciales: Permite obtener una primera aproximación del estado del pavimento antes de realizar estudios más complejos o costosos.

### **Limitaciones de la Inspección Visual:**

- Dependencia de la experiencia del inspector: La calidad y precisión de la inspección dependen en gran medida de la habilidad y experiencia del inspector, lo que puede llevar a una subjetividad en los resultados.
- Posibilidad de pasar por alto fallas menores: El inspector podría no identificar fallas pequeñas o superficiales, que podrían evolucionar con el tiempo y generar problemas más serios si no se abordan a tiempo.
- Falta de datos cuantitativos: Aunque la inspección visual permite una observación detallada, no proporciona una medición exacta del grado de deterioro, lo que limita su capacidad para realizar un análisis preciso sobre la condición del pavimento.

#### **3.4.3.2 Instrumentos**

Los instrumentos utilizados en la evaluación de pavimentos son herramientas clave para garantizar que las observaciones realizadas durante la inspección sean precisas, completas y organizables. En este contexto, las fichas de inspección PCI juegan un papel fundamental en la recopilación y organización de los datos obtenidos a través de las técnicas de inspección visual y el Método PCI (Índice de Condición de Pavimento). Estas fichas permiten registrar de manera estructurada las observaciones sobre las fallas superficiales del pavimento y asociarlas con una calificación numérica basada en el PCI, lo que facilita un análisis más detallado y sistemático de su estado general.

##### **1. Fichas de Inspección PCI**

Las fichas de inspección PCI son formatos estandarizados que se utilizan para registrar de manera sistemática todas las observaciones visuales realizadas durante la inspección del pavimento. Cada ficha incluye información crucial que permite al inspector organizar y clasificar las fallas superficiales detectadas, como grietas, baches, deformaciones o desprendimiento de agregados, y asignarles un valor según la escala del PCI.



## **Contenido de las Fichas:**

- **Ubicación de las fallas:** Las fichas deben incluir la localización precisa de las fallas dentro del tramo de pavimento inspeccionado, lo que permite identificar las áreas más críticas que requieren atención urgente.
- **Tipo de falla:** La ficha debe especificar el tipo de fallo (por ejemplo, grietas longitudinales, transversales, baches, etc.), permitiendo que el análisis posterior identifique las características específicas del daño.
- **Intensidad y tamaño:** Es fundamental que las fichas registren no solo la intensidad (gravedad) del daño, sino también su tamaño, para permitir un análisis más preciso del deterioro del pavimento. Esta información es clave para establecer las prioridades de intervención.
- **Calificación PCI:** Cada observación debe ser asociada a una puntuación PCI que refleje el grado de deterioro del pavimento en ese punto específico. El PCI varía desde 100 (pavimento en excelente estado) hasta 0 (pavimento totalmente deteriorado), lo que proporciona una evaluación cuantitativa del estado del pavimento.

## **Ventajas de las Fichas de Inspección PCI:**

- **Facilita el análisis y seguimiento:** Las fichas de inspección PCI permiten un análisis detallado y organizado del estado del pavimento a lo largo del tiempo. El uso de este formato estandarizado facilita la comparación entre tramos viales diferentes, permitiendo identificar tendencias y patrones de deterioro.
- **Documentación estructurada:** Al contar con un formato estandarizado, las fichas de inspección PCI permiten organizar y almacenar la información de manera sistemática, lo que facilita tanto el seguimiento de los trabajos de mantenimiento como la generación de informes claros y completos para la toma de decisiones.
- **Priorización de intervenciones:** Al tener registrada la intensidad y el tamaño de las fallas, así como la calificación PCI, las fichas permiten identificar rápidamente los

tramos más dañados y priorizar las acciones de mantenimiento o rehabilitación necesarias.

- Seguimiento a largo plazo: Las fichas de inspección PCI son herramientas que pueden ser utilizadas para hacer un seguimiento continuo del deterioro del pavimento, permitiendo evaluar la efectividad de las intervenciones anteriores y tomar decisiones informadas sobre futuras acciones.

#### **Limitaciones de las Fichas de Inspección PCI:**

- Dependencia de la precisión del inspector: La eficacia de este instrumento depende de cuán preciso sea el registro de las fallas durante la inspección. Los errores en la localización o clasificación de los daños pueden llevar a una evaluación incorrecta del estado del pavimento.
- Subjetividad del proceso: Aunque las fichas estandarizan el proceso de registro, la interpretación de ciertos daños puede ser subjetiva, especialmente cuando el deterioro es leve o difuso, lo que podría generar inconsistencias en las evaluaciones.
- Calidad del formato utilizado: Las fichas de inspección PCI dependen en gran medida de la calidad del formato utilizado para su registro. Un formato mal diseñado o poco detallado puede resultar en la pérdida de información crucial o en la dificultad de interpretación de los datos recolectados.

### **3.5 Plan de recolección y procesamiento de datos**

#### **3.5.1 Desarrollo del plan de investigación**

##### **ETAPA I: EXPLORACIÓN DE INFORMACION**

El proceso comienza con la recopilación de datos relevantes, incluyendo la revisión de tesis, artículos, libros y normativas necesarias para el estudio.

##### **ETAPA II: UBICACIÓN DE LA VIA.**

Av. Simón Bolívar, de la ciudad de Puno.

**Figura 5**

*Ubicación de la vía.*



**Tabla 2**

*Progresiva de los tramos analizados.*

KM. INICIO	KM. FINAL
Km. 0+000	Km. 0+160
Km. 0+160	Km. 0+320
Km. 0+320	Km. 0+480
Km. 0+480	Km. 0+640
Km. 0+640	Km. 0+800
Km. 0+800	Km. 0+960
Km. 0+960	Km. 1+120
Km. 1+120	Km. 1+280

### ETAPA III: INSPECCIÓN VISUAL DE LAS VÍAS.

La inspección visual es uno de los componentes más importantes para la evaluación superficial del pavimento flexible. A través de esta fase se identificarán las fallas superficiales que afectan la funcionalidad y durabilidad del pavimento. Esta

actividad se realizará de acuerdo con los criterios establecidos por el PCI, permitiendo una evaluación sistemática y objetiva de las condiciones de las vías.

### **Selección de las Vías y Tramos a Evaluar:**

- ❖ La selección de tramos se basará en un análisis preliminar de las principales vías de pavimento flexible de la ciudad de Puno. Los criterios para seleccionar estos tramos incluyen factores como el tráfico vehicular, la edad del pavimento y las condiciones visibles de deterioro. De esta manera, se asegurará que las vías seleccionadas sean representativas de las condiciones generales de la infraestructura vial de la ciudad.
- ❖ Cada tramo de vía será subdividido en subtramos o unidades de inspección para facilitar el análisis detallado de los diferentes segmentos de la carretera.

### **Aplicación del Método PCI:**

- ❖ El Manual de Índice de Condición de Pavimento (PCI) será la herramienta principal para la evaluación superficial. Durante la inspección, se documentarán todos los tipos de fallas visibles presentes en cada tramo, como grietas, baches, desprendimiento de agregados, deformaciones, entre otras. Cada tipo de daño será cuantificado y clasificado según su severidad y extensión utilizando los criterios específicos del PCI.
- ❖ Los datos obtenidos serán anotados en un formato de inspección estándar que permite un análisis uniforme y comparativo.

### **Documentación de las Fallas:**

Durante la inspección visual, se registrarán todas las fallas visibles observadas en los pavimentos, las cuales se pueden clasificar en diferentes tipos de daño:

- ✓ Grietas longitudinales y transversales: Indicativo de fatiga por el tráfico o cambios térmicos.
- ✓ Baches y agrietamientos: Signos de desgaste severo o de deficiencias en la base del pavimento.
- ✓ Desprendimiento de agregados: Daño superficial debido a la pérdida de cohesión del asfalto.

- ✓ Deformaciones y huellas de rodadura: Asociadas a un diseño inadecuado o tráfico pesado.

La severidad y extensión de cada tipo de fallo se registrará según las pautas del manual PCI, y cada tramo será clasificado en función de los resultados obtenidos.

#### **ETAPA IV: APLICACIÓN DEL MÉTODO PCI Y CÁLCULO DEL ÍNDICE.**

Con los datos obtenidos de la inspección visual y las pruebas geotécnicas, se procederá al cálculo del PCI para cada subtramo evaluado, siguiendo los procedimientos establecidos en el manual PCI.

##### **Cálculo del PCI:**

- ✓ Se asignará un valor de severidad a cada tipo de daño observado, conforme a los estándares del PCI. Los valores de severidad se multiplicarán por la extensión de los daños para obtener un índice ponderado que refleje el estado del pavimento.
- ✓ Los valores del PCI se traducirán en un puntaje que irá de 0 (pavimento en malas condiciones) a 100 (pavimento en óptimas condiciones). Este índice proporcionará una visión clara del estado general de cada tramo de la vía.

##### **Clasificación de los Tramos:**

Los tramos serán clasificados de acuerdo con los valores del PCI obtenidos en cada unidad de inspección:

- ✓ Excelente (PCI 85-100): Pavimento en muy buenas condiciones, sin necesidad de intervención inmediata.
- ✓ Bueno (PCI 70-84): Pavimento en condiciones satisfactorias, pero que podría necesitar mantenimiento preventivo.
- ✓ Regular (PCI 50-69): Pavimento con fallas visibles que requieren mantenimiento correctivo.
- ✓ Malo (PCI 0-49): Pavimento con graves fallas que requieren una intervención significativa.



## **ETAPA V: REGISTRO DE RESULTADOS Y PREPARACIÓN PARA EL ANÁLISIS.**

Todos los resultados obtenidos en el campo (inspección visual y geotécnicos) serán meticulosamente registrados en formatos estándar y almacenados en bases de datos organizadas para su posterior análisis.

### **Descripción de las Fallas Observadas:**

Se documentará detalladamente cada tipo de fallo observado en los pavimentos, indicando la severidad, la extensión y el tipo de daño.

### **Clasificación PCI:**

La clasificación PCI de cada tramo y subtramo evaluado será registrada en un formato de análisis para facilitar la clasificación de los pavimentos en las categorías bueno, regular o malo.

### **3.5.2 *Procesamiento de datos***

La primera presentación de los datos se realizará en forma de tablas detalladas, organizadas según los signos conocidos de degradación del pavimento. Posteriormente, se utilizará software especializado para automatizar los cálculos y crear gráficos y diagramas, como gráficos de barras y diagramas de dispersión. Esto facilitará la identificación de patrones y tendencias de deterioro. Los métodos estadísticos utilizados se basan en procedimientos fiables y robustos, lo que permite evaluar correctamente los resultados. Esto facilitará la interpretación de los datos, lo que facilitará la toma de decisiones.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Resultados.

##### 4.1.1 *Resultados Identificar las fallas de mayor incidencia y grado de severidad, aplicando el Manual de Índice de Condición de Pavimento (PCI).*

#### **Paso 1: División de la Vía en Subtramos**

La vía de 1.28 km y 6 metros de ancho se dividió en 8 subtramos de 160 metros para una inspección detallada, facilitando la evaluación y detección de patrones de fallas en cada sección.

#### **Paso 2: Fallas en el Pavimento Flexible**

Las fallas más comunes son:

- Grietas Longitudinales/Transversales, Agrietamiento en bloque, Huecos, Abultamientos y hundimientos.

#### **Paso 3: Inspección y Recopilación de Datos**

Cada subtramo de 160 metros fue inspeccionado para registrar la presencia y extensión de cada tipo de falla. Se calcularon los porcentajes de área afectada en cada tramo.

**Tabla 3**

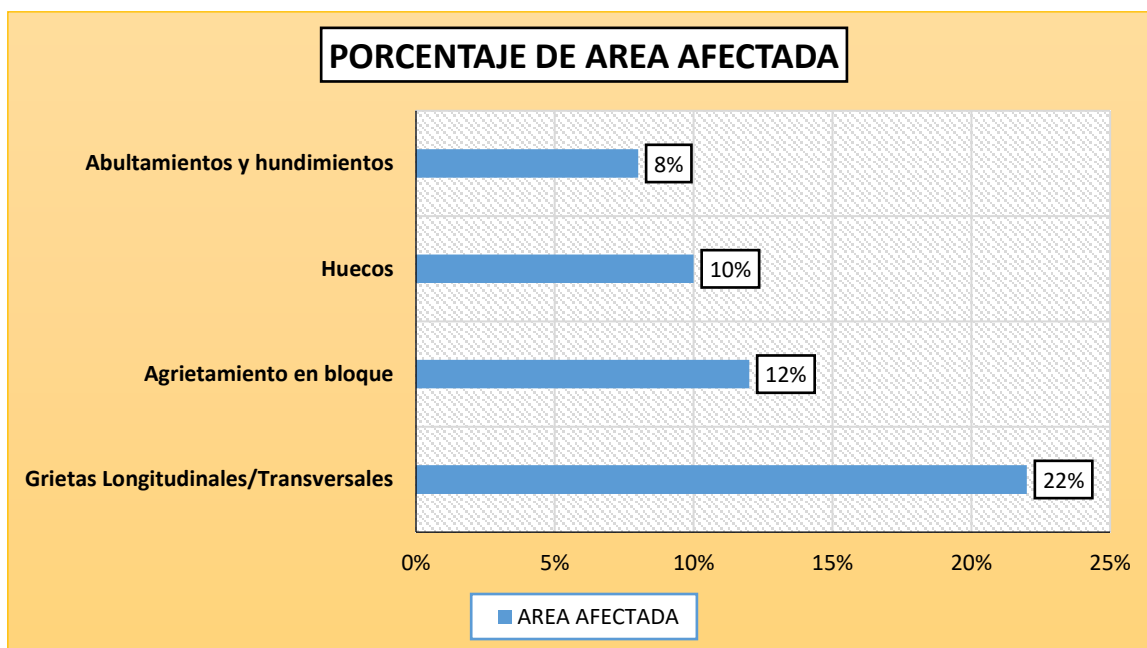
*Fallas con Áreas Afectadas y Severidad del tramo 1, Km 0+000 - 0+160.*

Tipo de Falla	Porcentaje de Área Afectada	Grado de Severidad	Área Total Afectada (m <sup>2</sup> )
<b>Grietas Longitudinales/Transversales</b>	22%	Media	211.2
<b>Agrietamiento en bloque</b>	12%	Baja	115.2
<b>Huecos</b>	10%	Media	96.0
<b>Abultamientos y hundimientos</b>	8%	Baja	76.8

Se las fallas en el Tramo 1 (Km 0+000 - 0+160) con su porcentaje de área afectada, grado de severidad y área total afectada. Las Grietas Longitudinales/Transversales presentan la mayor afectación (22%) y severidad media, con 211.2 m<sup>2</sup> afectados. Le siguen las Agrietamiento en bloque (12% y 115.2 m<sup>2</sup>) y los Huecos (10% y 96.0 m<sup>2</sup>), ambos con severidades baja y media, respectivamente. Las Abultamientos y hundimientos tienen una afectación del 8% (76.8 m<sup>2</sup>) y severidad baja.

**Figura 6**

*% de área afectada del tramo 1.*



La Figura muestra el porcentaje de área afectada en el Tramo 1, destacando las Grietas Longitudinales/Transversales con el 22% de afectación, seguidas de las Agrietamiento en bloque (12%), Huecos (10%) y Abultamientos y hundimientos (8%).

**Tabla 4**

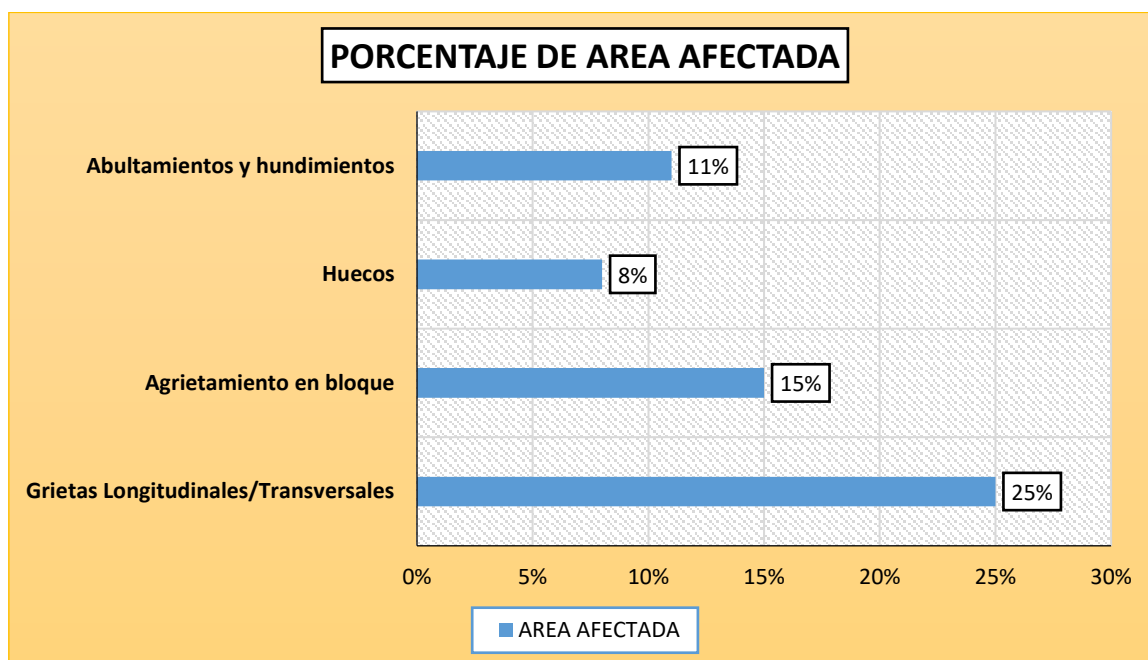
*Fallas con Áreas Afectadas y Severidad del tramo 2, Km 0+160 - 0+320.*

Tipo de Falla	Porcentaje de Área Afectada	Grado de Severidad	Área Total Afectada (m <sup>2</sup> )
<b>Grietas Longitudinales/Transversales</b>	25%	Alta	240.0
<b>Agrietamiento en bloque</b>	15%	Baja	144.0
<b>Huecos</b>	8%	Baja	76.8
<b>Abultamientos y hundimientos</b>	11%	Media	105.6

La Tabla muestra las fallas en el Tramo 2 (Km 0+160 - 0+320) con su porcentaje de área afectada, severidad y área total afectada. Las Grietas Longitudinales/Transversales tienen la mayor afectación (25%) y severidad alta, afectando 240 m<sup>2</sup>. Le siguen las Agrietamiento en bloque con un 15% de afectación y severidad baja (144 m<sup>2</sup>), y las Abultamientos y hundimientos con 11% y severidad media (105.6 m<sup>2</sup>). Los Huecos afectan el 8% del área (76.8 m<sup>2</sup>) con severidad baja.

**Figura 7**

*% de área afectada del tramo 2.*



La Figura muestra el porcentaje de área afectada en el Tramo 2, destacando las Grietas Longitudinales/Transversales con el 25% de afectación, seguidas de Agrietamiento en bloque (15%), Abultamientos y hundimientos (11%) y Huecos (8%).

Tabla 5

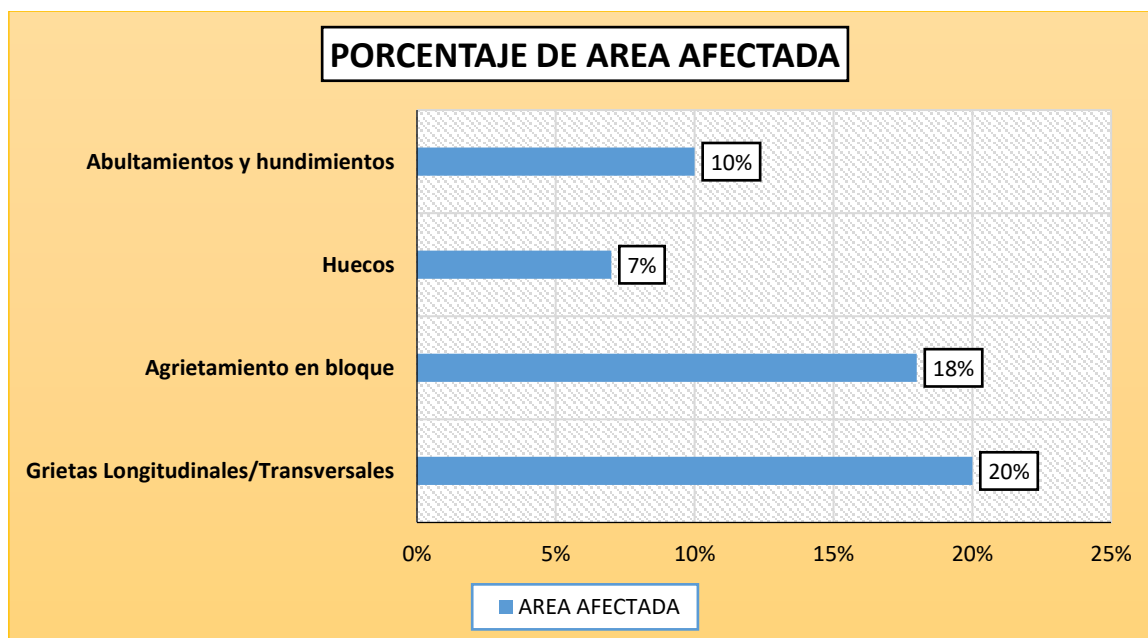
Fallas con Áreas Afectadas y Severidad del tramo 3, Km 0+320 - 0+480.

Tipo de Falla	Porcentaje de Área Afectada	Grado de Severidad	Área Total Afectada (m <sup>2</sup> )
<b>Grietas Longitudinales/Transversales</b>	20%	Baja	192.0
<b>Agrietamiento en bloque</b>	18%	Media	172.8
<b>Huecos</b>	7%	Baja	67.2
<b>Abultamientos y hundimientos</b>	10%	Media	96.0

Se muestra las fallas en el Tramo 3 (Km 0+320 - 0+480) indicando porcentaje de área afectada, severidad y área total afectada. Las Grietas Longitudinales/Transversales presentan un 20% de afectación y severidad baja (192 m<sup>2</sup>). Le siguen las Agrietamiento en bloque con un 18% y severidad media (172.8 m<sup>2</sup>), y las Abultamientos y hundimientos con 10% de afectación y severidad media (96 m<sup>2</sup>). Los Huecos afectan el 7% del área con severidad baja (67.2 m<sup>2</sup>).

Figura 8

% de área afectada del tramo 3.



La Figura muestra el porcentaje de área afectada en el Tramo 3, destacando las Grietas Longitudinales/Transversales con un 20% de afectación, seguidas de Agrietamiento en bloque (18%), Abultamientos y hundimientos (10%) y Huecos (7%).

Tabla 6

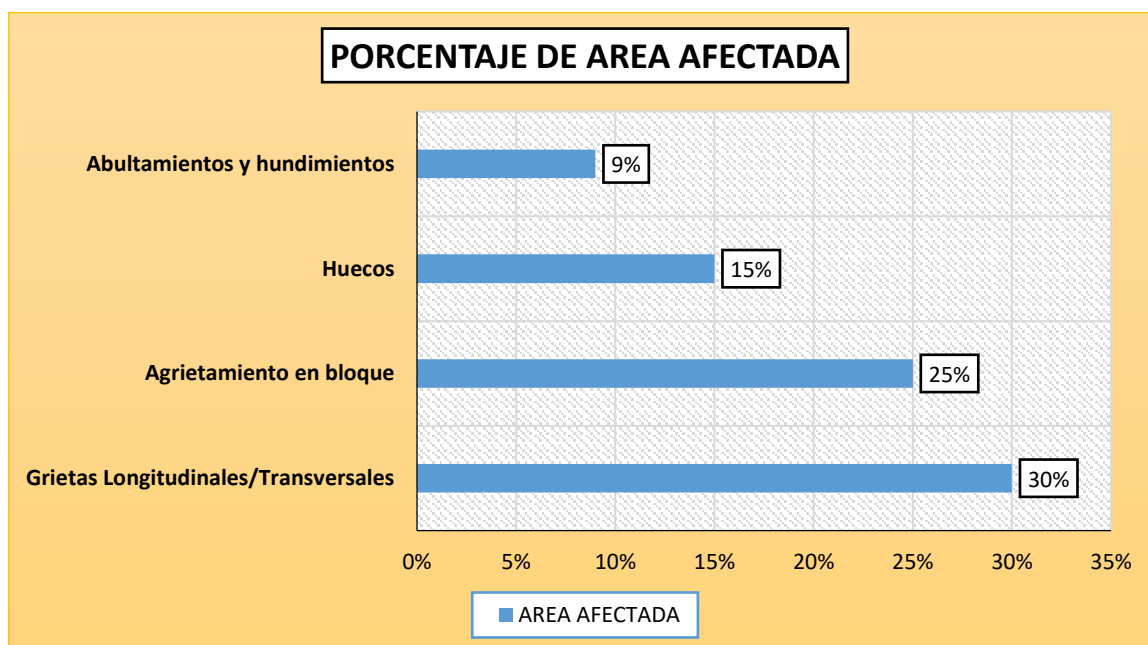
Fallas con Áreas Afectadas y Severidad del tramo 4, Km 0+480 - 0+640.

Tipo de Falla	Porcentaje de Área Afectada	Grado de Severidad	Área Total Afectada (m <sup>2</sup> )
<b>Grietas Longitudinales/Transversales</b>	30%	Alta	288.0
<b>Agrietamiento en bloque</b>	25%	Alta	240.0
<b>Huecos</b>	15%	Alta	144.0
<b>Abultamientos y hundimientos</b>	9%	Baja	86.4

La Tabla muestra las fallas en el Tramo 4 (Km 0+480 - 0+640) con sus porcentajes de área afectada, severidad y área total afectada. Las Grietas Longitudinales/Transversales representan la mayor afectación, con un 30% y severidad alta (288 m<sup>2</sup>). Las Agrietamiento en bloque afectan el 25% del área con severidad alta (240 m<sup>2</sup>), seguidas de los Huecos con un 15% de afectación y también severidad alta (144 m<sup>2</sup>). Las Abultamientos y hundimientos tienen una afectación del 9% y severidad baja (86.4 m<sup>2</sup>).

Figura 9

% de área afectada del tramo 4.



La Figura 9 muestra el porcentaje de área afectada en el Tramo 4, destacando las Grietas Longitudinales/Transversales con un 30% de afectación, seguidas de Agrietamiento en bloque (25%), Huecos (15%) y Abultamientos y hundimientos (9%).

**Tabla 7**

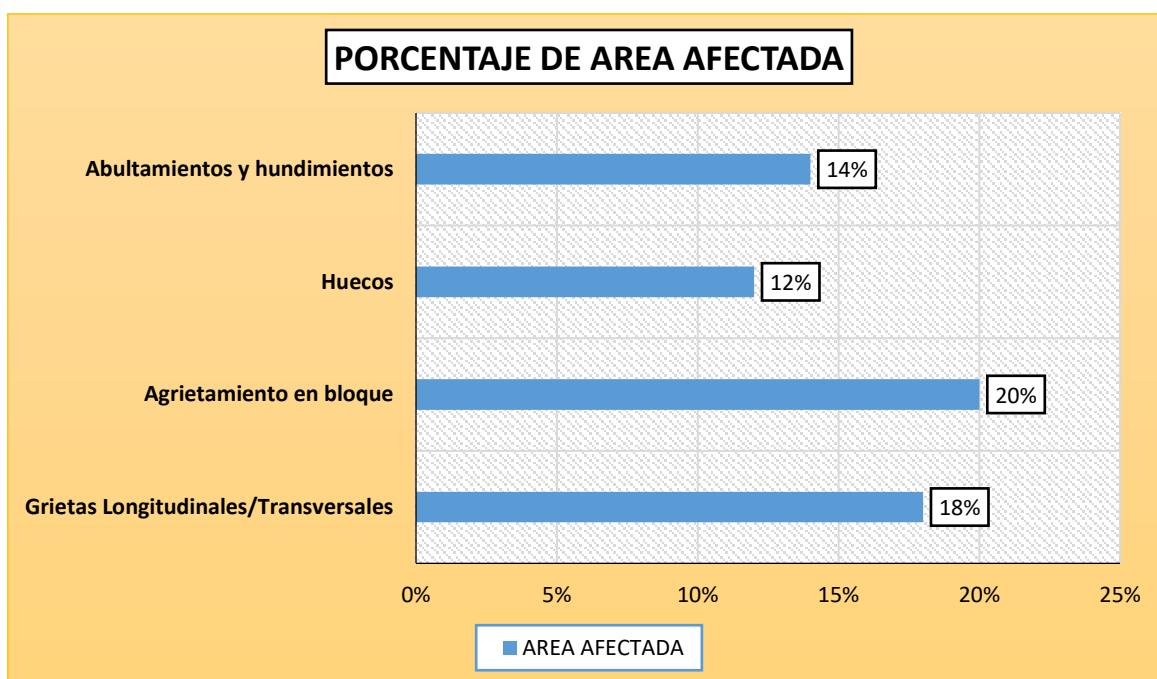
*Fallas con Áreas Afectadas y Severidad del tramo 5, Km 0+640 - 0+800.*

Tipo de Falla	Porcentaje de Área Afectada	Grado de Severidad	Área Total Afectada (m <sup>2</sup> )
<b>Grietas Longitudinales/Transversales</b>	18%	Media	172.8
<b>Agrietamiento en bloque</b>	20%	Media	192.0
<b>Huecos</b>	12%	Media	115.2
<b>Abultamientos y hundimientos</b>	14%	Alta	134.4

Se presenta las fallas en el Tramo 5 (Km 0+640 - 0+800) con su porcentaje de área afectada, grado de severidad y área total afectada. Las Agrietamiento en bloque tienen la mayor afectación, con un 20% y severidad media (192 m<sup>2</sup>), seguidas de las Grietas Longitudinales/Transversales con un 18% y severidad media (172.8 m<sup>2</sup>). Las Abultamientos y hundimientos afectan el 14% del área con severidad alta (134.4 m<sup>2</sup>), mientras que los Huecos representan un 12% con severidad media (115.2 m<sup>2</sup>).

**Figura 10**

*% de área afectada del tramo 5.*



Se muestra el porcentaje de área afectada en el Tramo 5, destacando las Agrietamiento en bloque con un 20% de afectación, seguidas de Grietas Longitudinales/Transversales (18%), Abultamientos y hundimientos (14%) y Huecos (12%).

**Tabla 8**

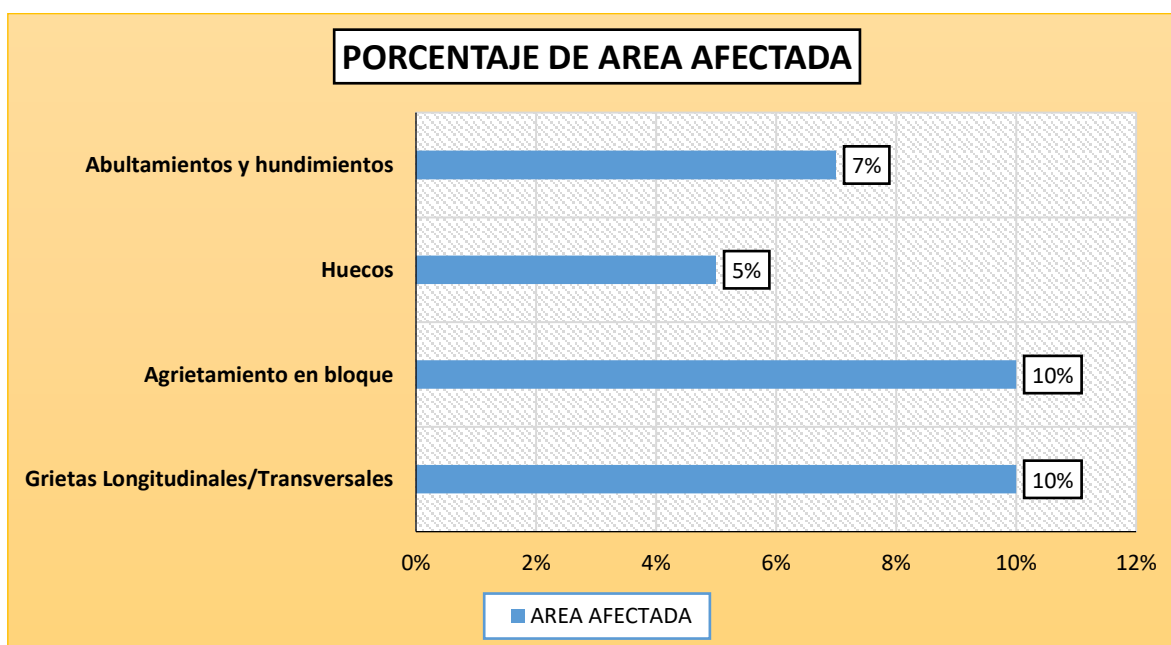
*Fallas con Áreas Afectadas y Severidad del tramo 6, Km 0+800 - 0+960.*

Tipo de Falla	Porcentaje de Área Afectada	Grado de Severidad	Área Total Afectada (m <sup>2</sup> )
<b>Grietas Longitudinales/Transversales</b>	10%	Baja	96.0
<b>Agrietamiento en bloque</b>	10%	Baja	96.0
<b>Huecos</b>	5%	Baja	48.0
<b>Abultamientos y hundimientos</b>	7%	Baja	67.2

Se muestra las fallas en el Tramo 6 (Km 0+800 - 0+960), indicando porcentaje de área afectada, severidad y área total afectada. Las Grietas Longitudinales/Transversales y Agrietamiento en bloque presentan un 10% de afectación cada una, ambas con severidad baja y afectando 96 m<sup>2</sup>. Las Abultamientos y hundimientos tienen un 7% de área afectada (67.2 m<sup>2</sup>) y los Huecos afectan un 5% del área (48 m<sup>2</sup>), ambos con severidad baja.

**Figura 11**

*% de área afectada del tramo 6.*



La Figura muestra el porcentaje de área afectada en el Tramo 6, con Grietas Longitudinales/Transversales y en bloque afectando un 10% cada una, seguidas de Abultamientos y hundimientos (7%) y Huecos (5%).

Tabla 9

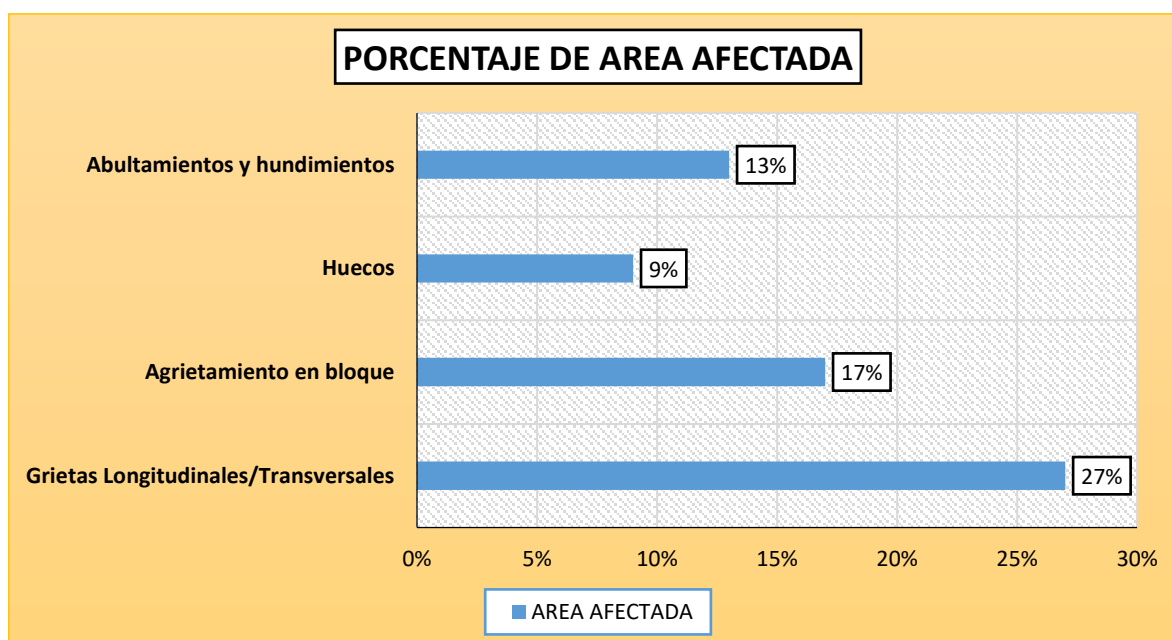
Fallas con Áreas Afectadas y Severidad del tramo 7, Km 0+960 – 1+120.

Tipo de Falla	Porcentaje de Área Afectada	Grado de Severidad	Área Total Afectada (m <sup>2</sup> )
<b>Grietas Longitudinales/Transversales</b>	27%	Alta	259.2
<b>Agrietamiento en bloque</b>	17%	Media	163.2
<b>Huecos</b>	9%	Baja	86.4
<b>Abultamientos y hundimientos</b>	13%	Media	124.8

Se muestra las fallas en Tramo 7 (Km 0+960 – 1+120) indicando el porcentaje de área afectada, grado de severidad y área total afectada. Las Grietas Longitudinales/Transversales presentan la mayor afectación (27%) y severidad alta (259.2 m<sup>2</sup>). Le siguen las Agrietamiento en bloque con un 17% y severidad media (163.2 m<sup>2</sup>), las Abultamientos y hundimientos con un 13% y severidad media (124.8 m<sup>2</sup>) y, finalmente, los Huecos con 9% y severidad baja (86.4 m<sup>2</sup>).

Figura 12

% de área afectada del tramo 7.



La Figura muestra el porcentaje de área afectada en el Tramo 7, destacando las Grietas Longitudinales/Transversales con un 27% de afectación, seguidas de Agrietamiento en bloque (17%), Abultamientos y hundimientos (13%) y Huecos (9%).

**Tabla 10**

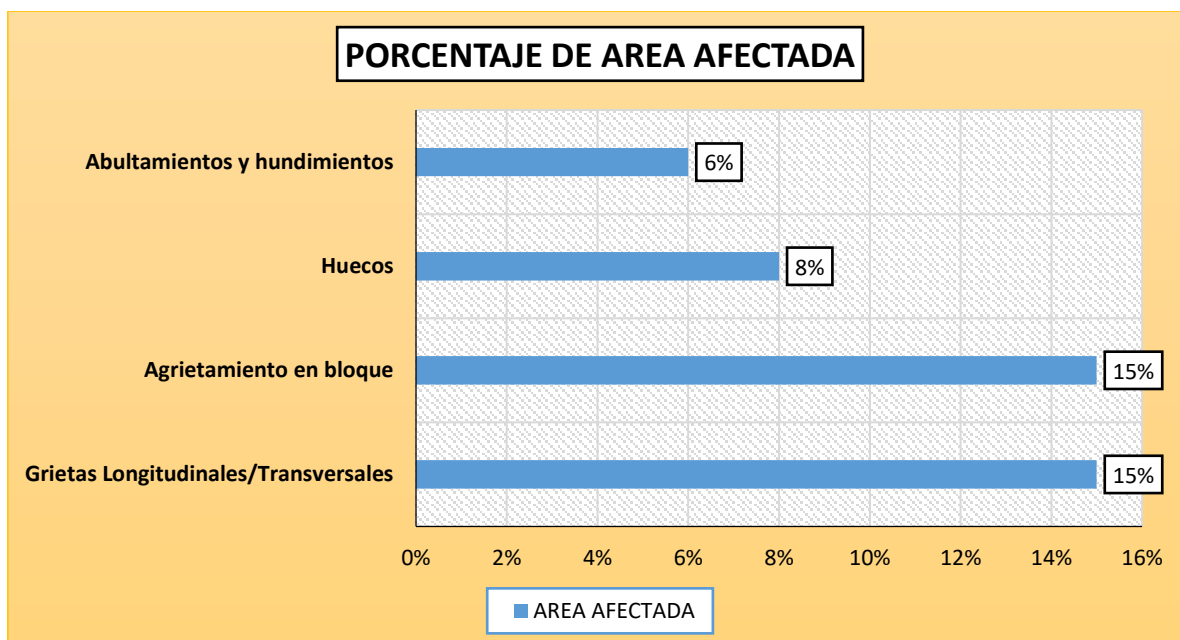
*Fallas con Áreas Afectadas y Severidad del tramo 8, Km 1+120 – 1+280.*

Tipo de Falla	Porcentaje de Área Afectada	Grado de Severidad	Área Total Afectada (m <sup>2</sup> )
<b>Grietas Longitudinales/Transversales</b>	15%	Media	144.0
<b>Agrietamiento en bloque</b>	15%	Media	144.0
<b>Huecos</b>	8%	Baja	76.8
<b>Abultamientos y hundimientos</b>	6%	Baja	57.6

La Tabla muestra las fallas en el Tramo 8 (Km 1+120 – 1+280), indicando el porcentaje de área afectada, grado de severidad y área total afectada. Las Grietas Longitudinales/Transversales y Agrietamiento en bloque afectan un 15% del área cada una, con severidad media y una afectación de 144 m<sup>2</sup> cada una. Los Huecos tienen 8% de afectación con severidad baja (76.8 m<sup>2</sup>), mientras que los Abultamientos y hundimientos afectan el 6% con severidad baja (57.6 m<sup>2</sup>).

**Figura 13**

*% de área afectada del tramo 8.*



Se muestra el porcentaje de área afectada en el Tramo 8, donde las Grietas Longitudinales/Transversales y en bloque presentan un 15% de afectación cada una, seguidas de Huecos (8%) y Abultamientos y hundimientos (6%).

## ANÁLISIS COMPARATIVO

**Tabla 11**

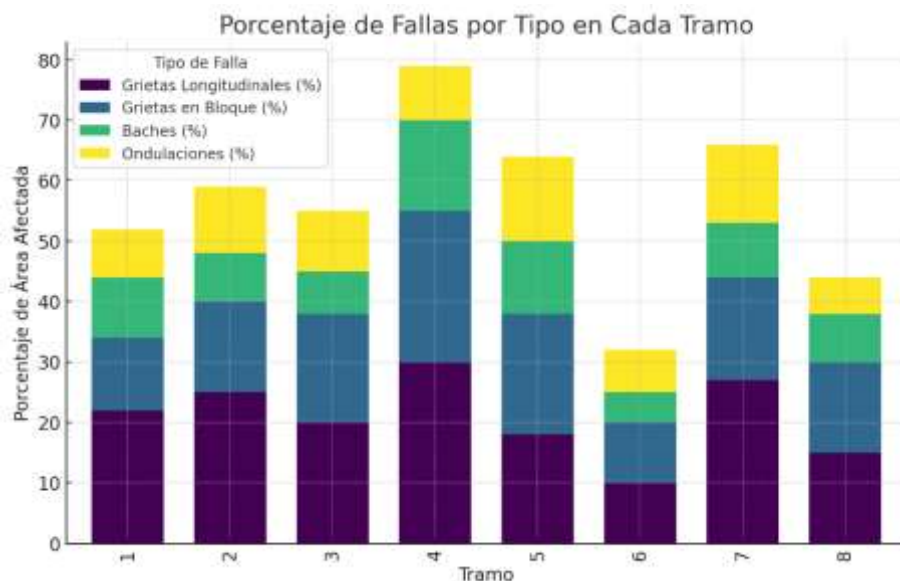
*Fallas por Subtramo con Progresivas.*

Tramo	Progresiva Inicio	Progresiva Fin	Longitud (m)	Grietas Long. /Tran. (%)	Agr. en bloque (%)	Huecos (%)	Abult. y hundim. (%)
1	0+000	0+160	160	22	12	10	8
2	0+160	0+320	160	25	15	8	11
3	0+320	0+480	160	20	18	7	10
4	0+480	0+640	160	30	25	15	9
5	0+640	0+800	160	18	20	12	14
6	0+800	0+960	160	10	10	5	7
7	0+960	1+120	160	27	17	9	13
8	1+120	1+280	160	15	15	8	6

Se muestra el porcentaje de fallas en 8 tramos de 160 m cada uno. Las Grietas Longitudinales/Transversales alcanzan hasta un 30% en el Tramo 4, seguidas de Agrietamiento en bloque con un 25% en el mismo tramo. Los Huecos llegan al 15%, y las Abultamientos y hundimientos al 14% en el Tramo 5. Esto ayuda a identificar los tramos con mayor deterioro para su reparación.

**Figura 14**

*Fallas en los 8 tramos.*



## 4.1.2 Resultados sobre Estado Superficial de las Vías Usando el PCI.

TRAMO 1:

**Tabla 12**

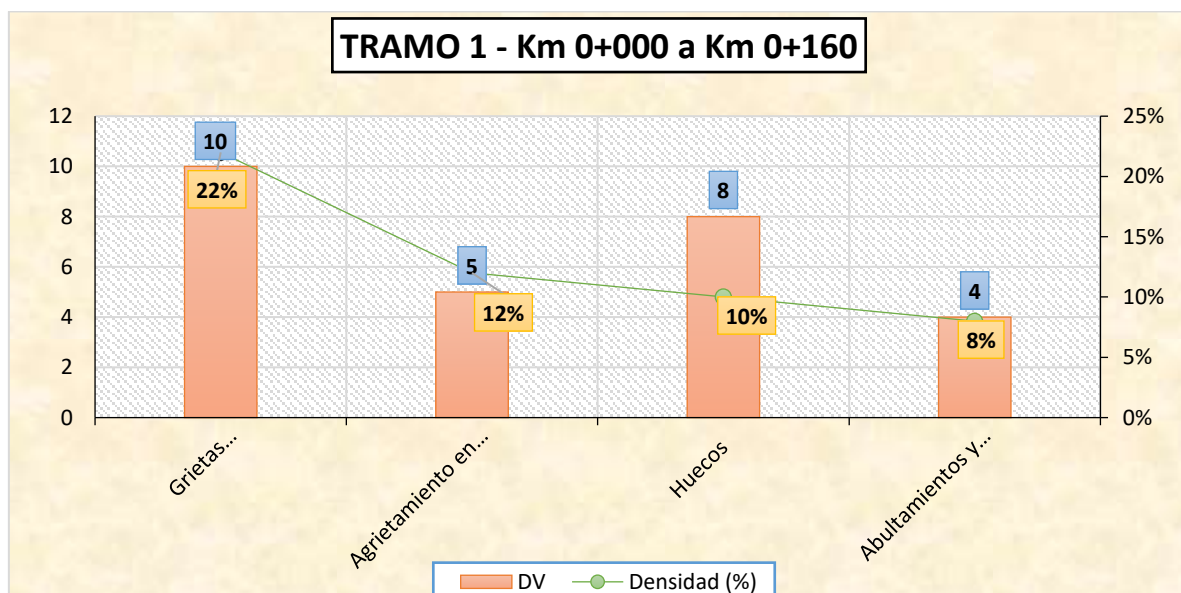
*Estado superficial del tramo 1, Km 0+000 - 0+160.*

Falla	Severidad	Cantidad	Densidad (%)	DV
Grietas Longitudinales/Transversales	Media	2.5	22	10
Agrietamiento en bloque	Baja	1.2	12	5
Huecos	Media	1.0	10	8
Abultamientos y hundimientos	Baja	0.8	8	4

Se evaluaron fallas como Grietas Longitudinales/Transversales y en bloque, Huecos y Abultamientos y hundimientos, con severidades que varían entre baja y media. El valor deducido total (VD) fue de 27, sin necesidad de aplicar corrección (CDV). Calculando el PCI como  $100 - 27$ , se obtuvo un valor de 73, clasificando el tramo en **"Bueno"**. Este resultado indica una condición aceptable del pavimento, con algunas fallas presentes.

**Figura 15**

*Valor deducido del tramo 1.*



La Figura muestra el valor deducido (VD) y la densidad (%) de distintas fallas en el Tramo 1, destacándose las Grietas Longitudinales/Transversales con VD de 10 y una densidad del 22%.

TRAMO 2:

**Tabla 13**

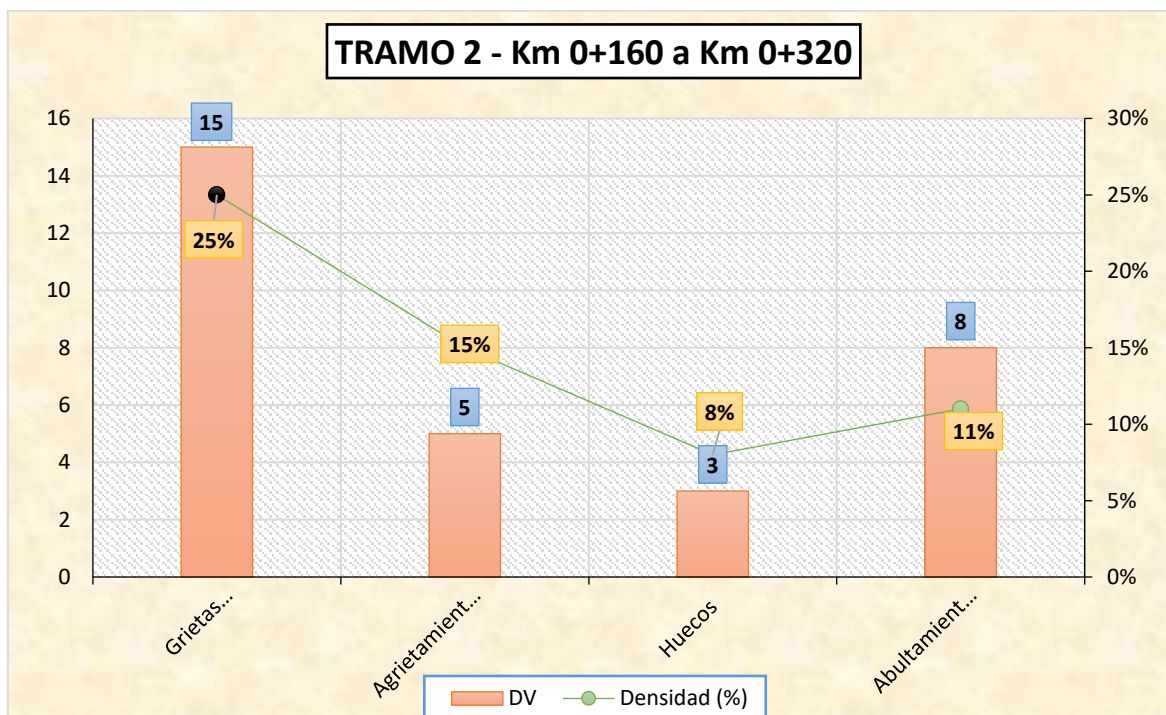
*Estado superficial del tramo 2, Km 0+160 - 0+320.*

Falla	Severidad	Cantidad	Densidad (%)	DV
<b>Grietas Longitudinales/Transversales</b>	Alta	3.0	25	15
<b>Agrietamiento en bloque</b>	Baja	1.5	15	5
<b>Huecos</b>	Baja	0.8	8	3
<b>Abultamientos y hundimientos</b>	Media	1.1	11	8

Se identificaron Grietas Longitudinales/Transversales, Agrietamiento en bloque, Huecos y Abultamientos y hundimientos, con severidades entre baja y alta. El valor deducido total (VD) fue de 31, sin aplicar corrección. El PCI calculado fue de 69, clasificando el tramo en condición **"Regular"**, lo que sugiere un estado moderado de deterioro del pavimento.

**Figura 16**

*Valor deducido del tramo 2.*



Se presenta los valores deducidos (VD) y la densidad (%) de las fallas en el Tramo 2, resaltando las Grietas Longitudinales/Transversales con un VD de 15 y una densidad del 25%.

TRAMO 3:

**Tabla 14**

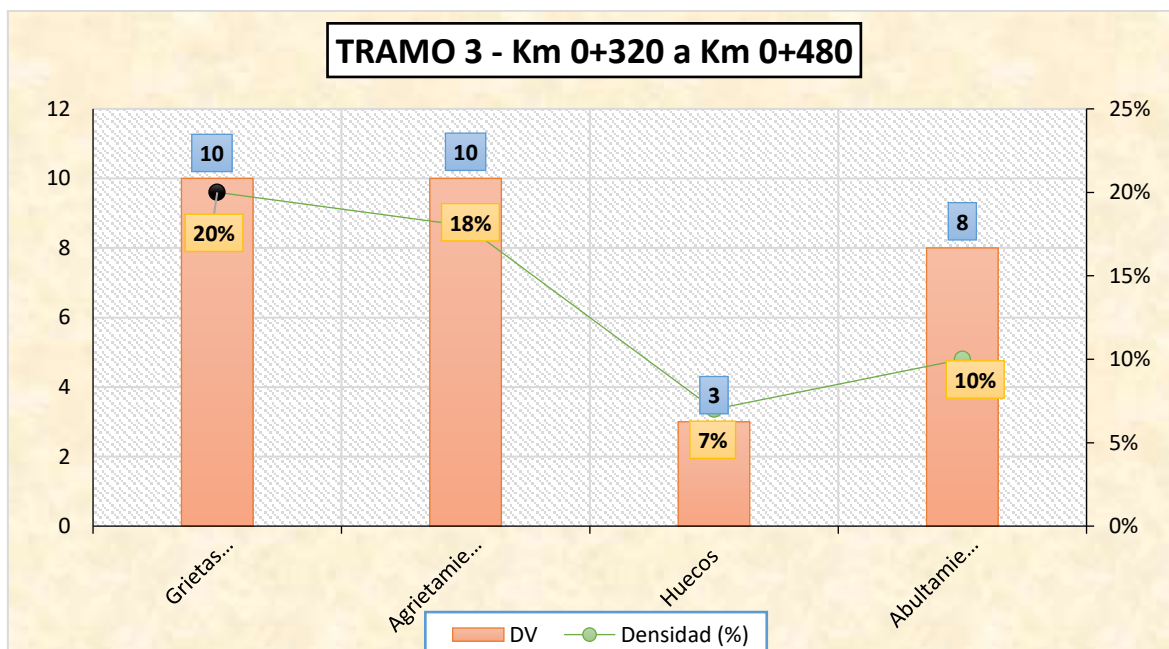
*Estado superficial del tramo 3, Km 0+320 - 0+480.*

Falla	Severidad	Cantidad	Densidad (%)	DV
<b>Grietas Longitudinales/Transversales</b>	Media	2.0	20	10
<b>Agrietamiento en bloque</b>	Media	1.8	18	10
<b>Huecos</b>	Baja	0.7	7	3
<b>Abultamientos y hundimientos</b>	Media	1.0	10	8

Se identificaron fallas como Grietas Longitudinales/Transversales, Agrietamiento en bloque, Huecos y Abultamientos y hundimientos, con severidades media y baja. El valor deducido total (VD) fue de 31, sin aplicar corrección. Calculando el PCI, se obtuvo un valor de 69, clasificando el tramo en condición **"REGULAR"**, lo que indica un estado de deterioro moderado del pavimento.

**Figura 17**

*Valor deducido del tramo 3.*



Se muestra los valores deducidos (VD) y la densidad (%) de las fallas en el Tramo 3, destacando las Grietas Longitudinales/Transversales y en bloque con un VD de 10 y densidades del 20% y 18%, respectivamente.

TRAMO 4:

**Tabla 15**

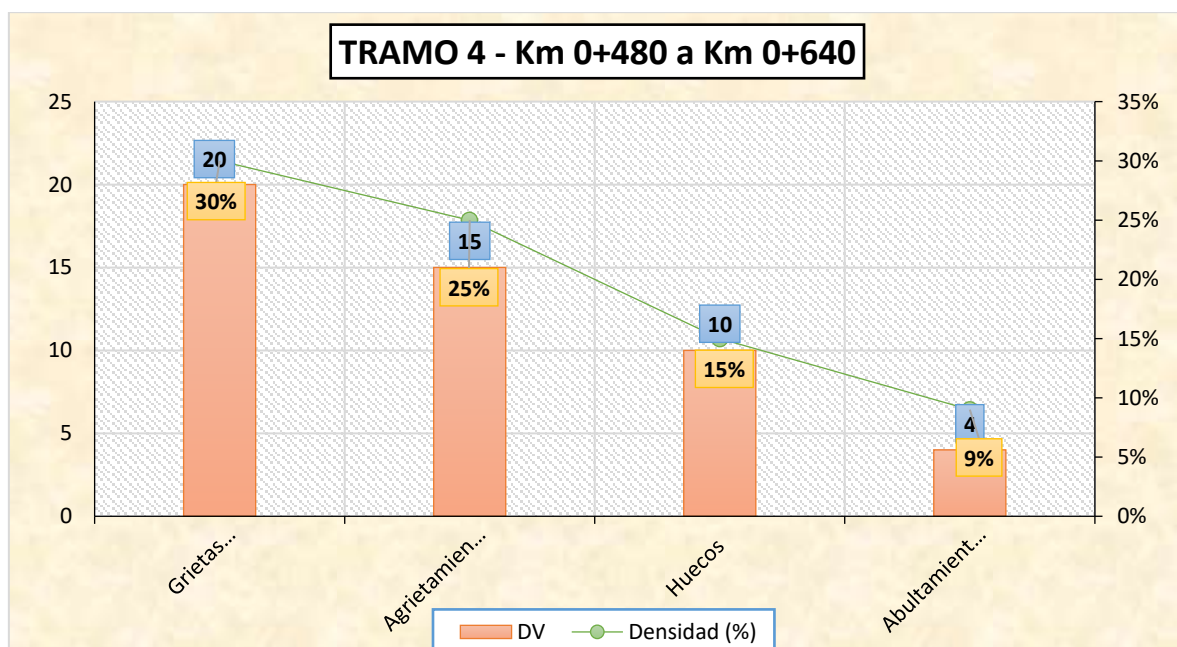
*Estado superficial del tramo 4, Km 0+480 - 0+640.*

Falla	Severidad	Cantidad	Densidad (%)	DV
<b>Grietas Longitudinales/Transversales</b>	Alta	3.5	30	20
<b>Agrietamiento en bloque</b>	Alta	2.5	25	15
<b>Huecos</b>	Alta	1.5	15	10
<b>Abultamientos y hundimientos</b>	Baja	0.9	9	4

Se identificaron fallas como Grietas Longitudinales/Transversales y en bloque, Huecos y Abultamientos y hundimientos, con severidades alta y baja. El valor deducido total (VD) fue de 49, sin aplicar corrección. Calculando el PCI, se obtuvo un valor de 51, clasificando el tramo en condición **"REGULAR"**, indicando un deterioro significativo del pavimento.

**Figura 18**

*Valor deducido del tramo 4.*



Se muestra los valores deducidos (VD) y la densidad (%) de las fallas en el Tramo 4, destacando las Grietas Longitudinales/Transversales con un VD de 20 y una densidad del 30%.

TRAMO 5:

**Tabla 16**

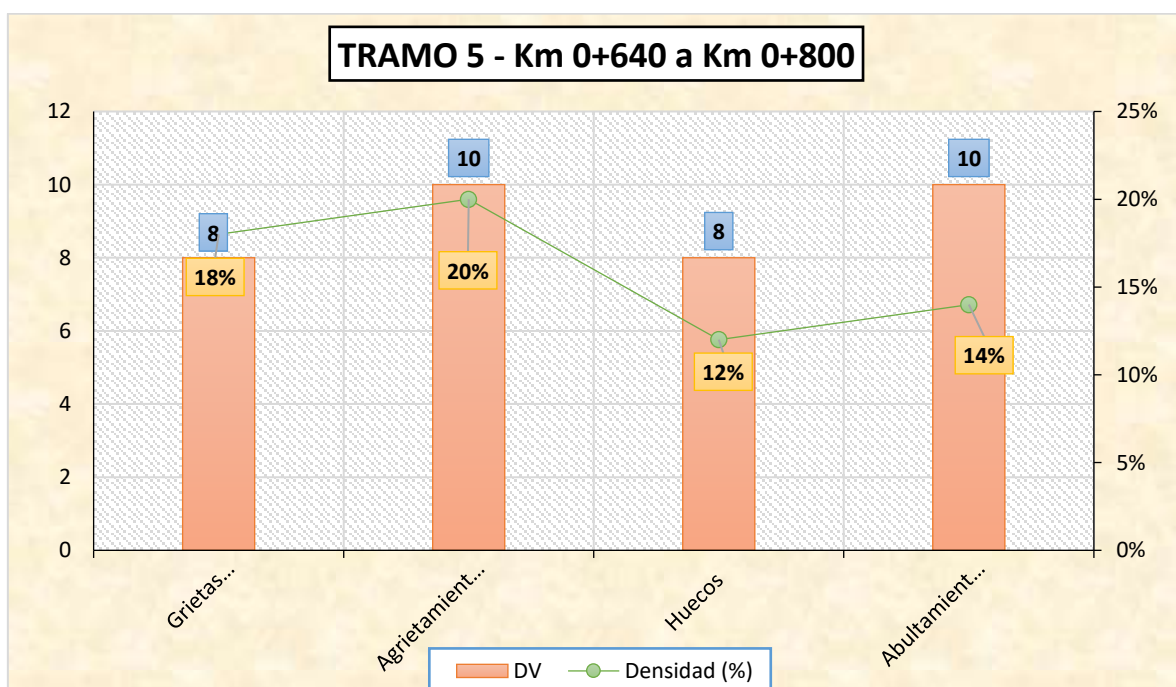
*Estado superficial del tramo 5, Km 0+640 - 0+800.*

Falla	Severidad	Cantidad	Densidad (%)	DV
<b>Grietas Longitudinales/Transversales</b>	Media	1.8	18	8
<b>Agrietamiento en bloque</b>	Media	2.0	20	10
<b>Huecos</b>	Media	1.2	12	8
<b>Abultamientos y hundimientos</b>	Alta	1.4	14	10

Se se identificaron fallas como Grietas Longitudinales/Transversales y en bloque, Huecos y Abultamientos y hundimientos, con severidades media y alta. El valor deducido total (VD) fue de 36, sin aplicar corrección. El PCI resultante fue de 64, clasificando el tramo en condición "BUENO", indicando un deterioro moderado del pavimento.

**Figura 19**

*Valor deducido del tramo 5.*



Se muestra los valores deducidos (VD) y la densidad (%) de las fallas en el Tramo 5, destacando las Agrietamiento en bloque y las Abultamientos y hundimientos, ambas con un VD de 10 y densidades del 20% y 14%, respectivamente.

TRAMO 6:

**Tabla 17**

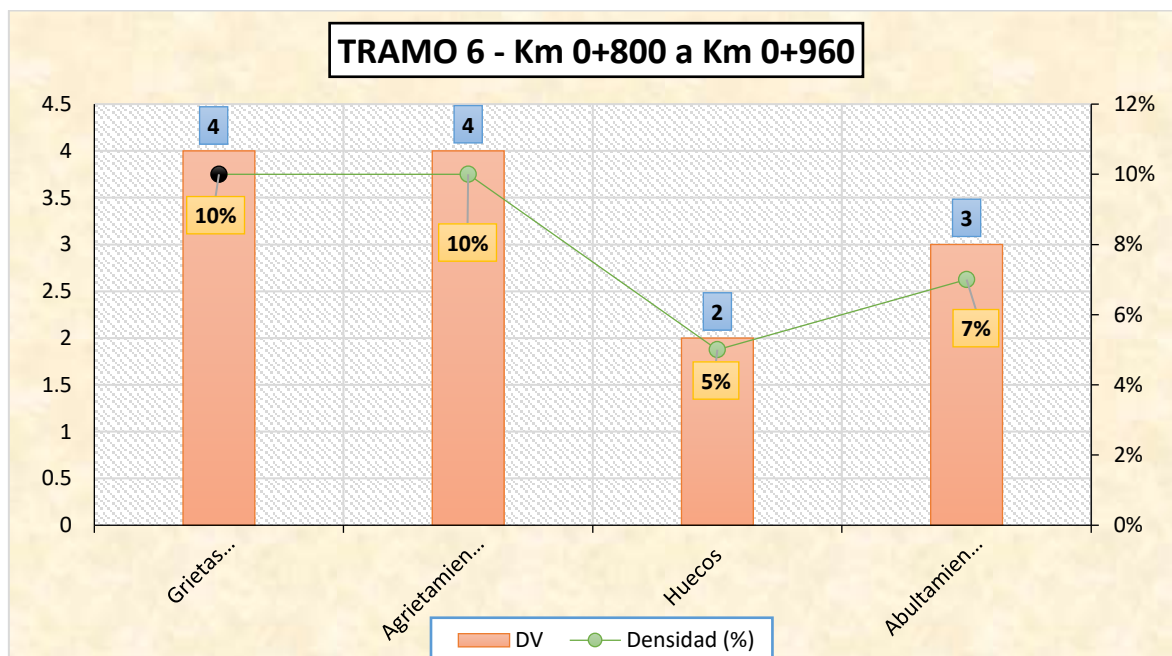
*Estado superficial del tramo 6, Km 0+800 - 0+960.*

Falla	Severidad	Cantidad	Densidad (%)	DV
<b>Grietas Longitudinales/Transversales</b>	Baja	1.0	10	4
<b>Agrietamiento en bloque</b>	Baja	1.0	10	4
<b>Huecos</b>	Baja	0.5	5	2
<b>Abultamientos y hundimientos</b>	Baja	0.7	7	3

Se identificaron fallas como Grietas Longitudinales/Transversales, Agrietamiento en bloque, Huecos y Abultamientos y hundimientos, todas con severidad baja. El valor deducido total (VD) fue de 13, sin aplicar corrección. El PCI obtenido fue de 87, clasificando el tramo en condición **"Excelente"**, reflejando un pavimento en óptimas condiciones.

**Figura 20**

*Valor deducido del tramo 6.*



Se presenta los valores deducidos (VD) y la densidad (%) de las fallas en el Tramo 6, destacando Grietas Longitudinales/Transversales y en bloque, ambas con un VD de 4 y una densidad del 10%.

TRAMO 7:

**Tabla 18**

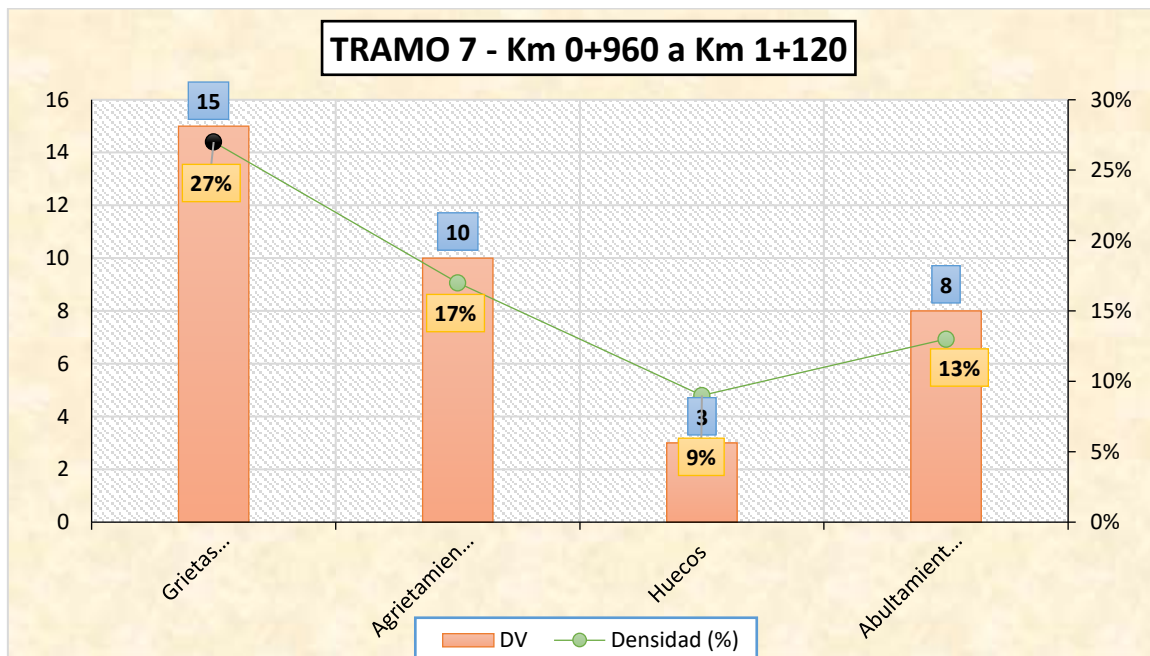
*Estado superficial del tramo 7, Km 0+960 - 1+120.*

Falla	Severidad	Cantidad	Densidad (%)	DV
<b>Grietas Longitudinales/Transversales</b>	Alta	2.7	27	15
<b>Agrietamiento en bloque</b>	Media	1.7	17	10
<b>Huecos</b>	Baja	0.9	9	3
<b>Abultamientos y hundimientos</b>	Media	1.3	13	8

Se identificaron fallas como Grietas Longitudinales/Transversales, Agrietamiento en bloque, Huecos y Abultamientos y hundimientos, con severidades de alta a baja. El valor deducido total (VD) fue de 36, sin aplicar corrección. El PCI calculado fue de 64, clasificando el tramo en condición **"BUENO"**, indicando un deterioro moderado del pavimento.

**Figura 21**

*Valor deducido del tramo 7.*



Se muestra los valores deducidos (VD) y la densidad (%) de las fallas en el Tramo 7, destacándose las Grietas Longitudinales/Transversales con un VD de 15 y una densidad del 27%, seguidas de Agrietamiento en bloque con un VD de 10 y densidad del 17%.

TRAMO 8:

**Tabla 19**

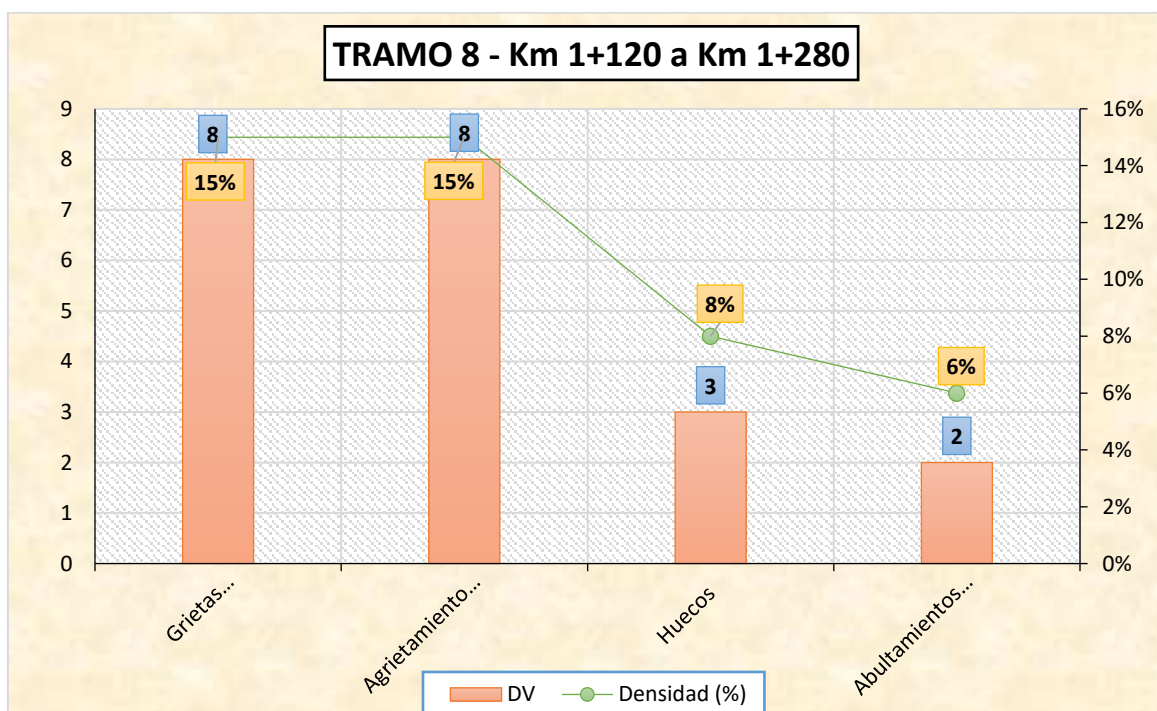
*Estado superficial del tramo 8, Km 1+120 - 1+280.*

Falla	Severidad	Cantidad	Densidad (%)	DV
<b>Grietas Longitudinales/Transversales</b>	Media	1.5	15	8
<b>Agrietamiento en bloque</b>	Media	1.5	15	8
<b>Huecos</b>	Baja	0.8	8	3
<b>Abultamientos y hundimientos</b>	Baja	0.6	6	2

Se identificaron Grietas Longitudinales/Transversales, Agrietamiento en bloque, Huecos y Abultamientos y hundimientos, con severidades entre media y baja. El valor deducido total (VD) fue de 21, sin aplicar corrección. El PCI calculado fue de 79, clasificando el tramo en condición **"MUY BUENO"**, lo que refleja un estado adecuado del pavimento.

**Figura 22**

*Valor deducido del tramo 8.*



Se muestra los valores deducidos (VD) y la densidad (%) de las fallas en el Tramo 8, destacando Grietas Longitudinales/Transversales y en bloque con un VD de 8 y una densidad del 15% cada una.

**Tabla 20**

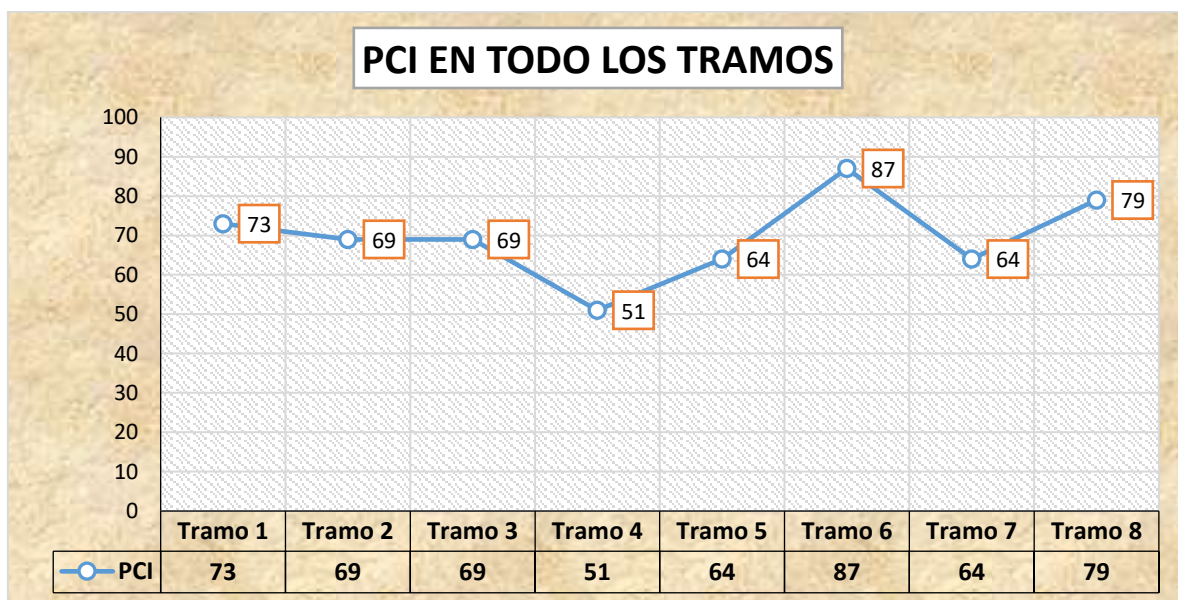
*Resumen de los Resultados del PCI para los 8 Tramos.*

Tramo	PCI Calculado	Estado del Pavimento
1	73	Muy Bueno
2	69	Bueno
3	69	Bueno
4	51	Regular
5	64	Bueno
6	87	Excelente
7	64	Bueno
8	79	Muy Bueno

La tabla muestra el resumen del Índice de Condición del Pavimento (PCI) calculado para 8 tramos, clasificando su estado en categorías como Excelente, Muy Bueno, Bueno y Regular. Los valores de PCI oscilan entre 51 (Regular) y 87 (Excelente), reflejando variaciones en la calidad del pavimento. Esta información es clave para priorizar el mantenimiento vial.

**Figura 23**

*Resumen del PCI, calculados en cada tramo.*



La figura muestra el PCI de 8 tramos, variando entre 51 y 87. Destaca un mínimo en el Tramo 4 (51) y un máximo en el Tramo 6 (87), evidenciando diferencias en la calidad del pavimento. Esto facilita priorizar intervenciones de mantenimiento vial.

#### **4.1.3 Resultados sobre la propuesta de alternativa de intervención en la vía.**

##### **1. Tramo 1: PCI 73 (Muy Bueno)**

**Estado del Pavimento:** El Tramo 1 presenta un PCI de 73, lo que lo clasifica en "Muy Bueno". En este tramo, las principales fallas identificadas son grietas longitudinales y transversales con un grado de severidad medio, así como agrietamiento en bloque en menor medida. Aunque la condición del pavimento es generalmente aceptable, la presencia de estas fallas requiere atención para evitar un deterioro futuro.

**Propuesta de intervención:** Dado que el pavimento en este tramo se encuentra en una condición bastante buena, la intervención recomendada es un mantenimiento preventivo.

Las acciones a realizar son:

- **Sellado de grietas longitudinales y transversales:** Esta intervención tiene como objetivo evitar la filtración de agua, que podría agravar las grietas y acelerar el deterioro del pavimento.
- **Reparación de agrietamientos en bloque:** El agrietamiento en bloque puede aumentar si no se interviene a tiempo, por lo que se debe aplicar un sellado adecuado para evitar la expansión de estas fisuras.
- **Aplicación de una capa de refuerzo superficial:** Esta capa puede ser un tratamiento de microaglomerado o una capa asfáltica delgada, que reforzará la capa superficial, mejorará la resistencia a la abrasión y prolongará la vida útil del pavimento.

##### **2. Tramo 2: PCI 69 (Bueno)**

**Estado del Pavimento:** El Tramo 2 tiene un PCI de 69, lo que indica que el pavimento está en una condición buena, pero muestra un deterioro moderado. Se observan grietas longitudinales, agrietamiento en bloque, y algunos huecos pequeños. Estas fallas no son graves, pero si no se reparan a tiempo, podrían empeorar.

**Propuesta de intervención:** Para este tramo, la intervención debe centrarse en la rehabilitación superficial:

- **Reparación de grietas:** Las grietas longitudinales y transversales deben ser selladas para prevenir filtraciones de agua y evitar la expansión de las fisuras.
- **Relleno de los huecos:** Los huecos deben ser rellenados y nivelados para evitar que se agranden y afecten la calidad de la superficie.
- **Aplicación de una capa de refuerzo superficial:** Esta capa ayudará a mejorar la resistencia del pavimento y protegerá las zonas reparadas, proporcionando un acabado uniforme y duradero.

### 3. Tramo 3: PCI 69 (Bueno)

**Estado del Pavimento:** Al igual que el Tramo 2, el Tramo 3 presenta un PCI de 69, lo que indica que el pavimento se encuentra en una condición buena pero con algunas fallas, principalmente grietas longitudinales, agrietamiento en bloque y abultamientos leves.

**Propuesta de intervención:** Las acciones de intervención para este tramo son similares a las del Tramo 2:

- Reparación de grietas longitudinales y transversales para evitar que el agua penetre en el pavimento.
- Relleno de los agrietamientos en bloque y corrección de los abultamientos para asegurar una superficie uniforme y segura.
- Aplicación de una capa de refuerzo superficial para asegurar que el pavimento tenga una mayor capacidad de carga y resistencia frente a las condiciones climáticas adversas.

### 4. Tramo 4: PCI 51 (Regular)

**Estado del Pavimento:** El Tramo 4 tiene un PCI de 51, lo que lo clasifica como "Regular". Este tramo presenta un deterioro significativo, con grietas longitudinales y transversales, agrietamiento en bloque, huecos y abultamientos y hundimientos. Estas fallas afectan la calidad del pavimento y representan un riesgo para los usuarios de la vía.

**Propuesta de intervención:** En este caso, la intervención debe ser de rehabilitación estructural, ya que el pavimento ha alcanzado un nivel de deterioro que no puede ser corregido solo con mantenimiento preventivo. Las medidas recomendadas incluyen:

- Reconstrucción parcial del pavimento en las áreas más dañadas, especialmente en las zonas donde se observan huecos y abultamientos. Esto puede implicar la remoción de la capa deteriorada y su reemplazo por una nueva capa de pavimento.
- Relleno de grietas y agrietamientos en bloque en las áreas que no requieran reconstrucción completa.
- Corrección de los abultamientos y hundimientos, lo cual podría implicar el uso de maquinaria pesada para nivelar el pavimento y restablecer su geometría original.

#### 5. Tramo 5: PCI 64 (Bueno)

**Estado del Pavimento:** Este tramo presenta un PCI de 64, lo que lo clasifica como bueno, pero con algunas fallas importantes como grietas longitudinales, agrietamiento en bloque, huecos y abultamientos.

**Propuesta de intervención:** La intervención recomendada es una rehabilitación superficial:

- Reparación de grietas y agrietamientos para evitar que el agua penetre en el pavimento.
- Relleno de huecos y nivelación de los abultamientos para asegurar que el pavimento sea seguro y funcional.
- Aplicación de una capa de refuerzo superficial para mejorar la resistencia del pavimento y prolongar su vida útil.

#### 6. Tramo 6: PCI 87 (Excelente)

**Estado del Pavimento:** El Tramo 6 tiene un PCI de 87, lo que indica que el pavimento está en excelentes condiciones, con solo algunas grietas menores que no afectan su funcionalidad general.



**Propuesta de intervención:** No se requiere intervención significativa en este tramo. Sin embargo, se recomienda realizar un mantenimiento preventivo menor, que incluiría:

- Sellado de grietas menores para evitar que se agraven con el tiempo.
- Monitoreo periódico del estado del pavimento para asegurar que se mantenga en buenas condiciones.

## 7. Tramo 7: PCI 64 (Bueno)

**Estado del Pavimento:** El Tramo 7 tiene un PCI de 64, lo que lo clasifica como bueno. Presenta grietas longitudinales, agrietamiento en bloque y huecos, con un deterioro moderado.

**Propuesta de intervención:** La intervención recomendada es una rehabilitación superficial, similar a la de los tramos 2 y 5:

- Reparación de grietas y agrietamientos para prevenir filtraciones de agua.
- Relleno de huecos y nivelación de los abultamientos para mejorar la seguridad vial.
- Aplicación de una capa de refuerzo superficial para prolongar la vida útil del pavimento.

## 8. Tramo 8: PCI 79 (Muy Bueno)

**Estado del Pavimento:** El Tramo 8 tiene un PCI de 79, lo que lo clasifica como muy bueno, con algunas grietas longitudinales y agrietamiento en bloque.

**Propuesta de intervención:** Para este tramo, se recomienda un mantenimiento preventivo:

- Sellado de grietas para evitar que el agua agrave las fisuras.
- Monitoreo regular para asegurar que el pavimento continúe en buenas condiciones.

**Tabla 21***PCI y Necesidad de Intervención.*

Tramo	PCI	Estado del Pavimento	Propuesta de Intervención
Tramo 1	73	Muy Bueno	Mantenimiento preventivo (sellado de grietas y agrietamientos)
Tramo 2	69	Bueno	Rehabilitación superficial (reparación de grietas y agrietamientos)
Tramo 3	69	Bueno	Rehabilitación superficial (reparación de grietas y agrietamientos)
Tramo 4	51	Regular	Rehabilitación estructural (reconstrucción parcial y corrección de fallas)
Tramo 5	64	Bueno	Rehabilitación superficial (reparación de grietas, huecos y abultamientos)
Tramo 6	87	Excelente	Mantenimiento preventivo menor
Tramo 7	64	Bueno	Rehabilitación superficial (reparación de grietas, huecos y abultamientos)
Tramo 8	79	Muy Bueno	Mantenimiento preventivo (sellado de grietas y agrietamientos)

Nota. Elaboración propia

Las propuestas de intervención se basan en los resultados del PCI para mejorar las condiciones de los pavimentos flexibles en Puno. Para los tramos con PCI alto (más de 70), se recomienda mantenimiento preventivo, incluyendo sellado de grietas y aplicación de capa superficial. Para los tramos con PCI medio (60-69), se sugiere rehabilitación superficial, con reparación de grietas, relleno de huecos y nivelación de abultamientos. En tramos con PCI bajo (menos de 60), como el Tramo 4, se requiere rehabilitación estructural, que incluye reconstrucción parcial y corrección de deformaciones. Estas intervenciones buscan restaurar la funcionalidad y prolongar la vida útil de las vías.

## 4.2 Discusión de resultados.

**Variabilidad en el estado del pavimento y su relación con factores externos (Torres, 2021; González y Ramírez, 2022):**

Torres (2021) explora cómo el clima extremo y la intensidad del tráfico pueden deteriorar rápidamente la superficie del pavimento, afectando el PCI en carreteras rurales. Este estudio señala que la variabilidad en el PCI entre tramos consecutivos,

como observaste en tu investigación en Puno, es una manifestación de cómo las cargas de tráfico no distribuidas uniformemente y los cambios climáticos bruscos desgastan el pavimento de forma heterogénea. Las condiciones climáticas en Puno, con frecuentes variaciones de temperatura y exposición a humedad, exacerbadas por cargas pesadas y tráfico irregular, validan el hallazgo de Torres sobre la relación entre clima y tráfico en la resistencia del pavimento.

De forma similar, González y Ramírez (2022) observan que el uso de materiales de alta calidad y un mantenimiento constante permiten alcanzar un PCI superior en varios tramos. Los tramos de Puno que exhiben un PCI más alto probablemente han tenido acceso a mejores materiales o a un mantenimiento periódico adecuado, lo que respalda la necesidad de seguir políticas de mantenimiento planificadas y selectivas para asegurar un PCI constante y evitar reparaciones costosas.

**Tipos de Fallas y su Impacto en la Durabilidad y Seguridad Vial (López, 2021; Martínez y Pérez, 2023):**

López (2021) describe cómo las Grietas Longitudinales/Transversales y los Huecos afectan no solo la estética del pavimento, sino también su durabilidad y la seguridad de los usuarios. En su investigación, las Grietas Longitudinales/Transversales, que alcanzan hasta un 40% de las fallas en pavimentos rurales, permiten la entrada de agua y materiales, debilitando la estructura. Este tipo de falla fue predominante en varios tramos de Puno, lo que sugiere que el pavimento está expuesto a un desgaste progresivo que puede reducir su vida útil si no se interviene adecuadamente.

Martínez y Pérez (2023) también señalan que las Abultamientos y hundimientos y Huecos tienden a aparecer en pavimentos no reforzados o con poco mantenimiento preventivo. Esta observación se alinea con el comportamiento de los tramos en Puno, donde las Abultamientos y hundimientos y Huecos, aunque en menor proporción, impactan negativamente la calidad y confort de la vía, especialmente en áreas de tráfico irregular. Estos autores respaldan la intervención temprana en este tipo de fallas,

sugiriendo que, si no se reparan a tiempo, pueden llevar al colapso de la capa superficial y comprometer la seguridad del pavimento.

**Estrategias de Clasificación e Intervención según el PCI (García, 2022; Huamán, 2021):**

La investigación de García (2022) propone que la clasificación de los tramos según el PCI permite destinar recursos de manera efectiva, priorizando tramos con PCI bajo para rehabilitaciones y aquellos con PCI regular para mantenimiento preventivo. En tu análisis de Puno, esta estrategia de clasificación permite determinar intervenciones adecuadas, desde mantenimiento menor hasta rehabilitación parcial en los tramos con mayor deterioro. García también subraya que esta priorización facilita el monitoreo continuo de las condiciones del pavimento, ajustando las intervenciones de acuerdo con las necesidades cambiantes.

Huamán (2021) destaca el beneficio de intervenciones preventivas en tramos con PCI regular (entre 55 y 70), ya que estos tramos pueden experimentar un rápido deterioro si no se atienden oportunamente. Su análisis sugiere que una política de mantenimiento preventivo en tramos regulares prolonga su vida útil y retrasa la necesidad de intervenciones más profundas y costosas. Este enfoque concuerda con los resultados en los tramos de Puno, donde se sugiere un mantenimiento preventivo para evitar que el deterioro llegue a un estado crítico.

**Justificación del Mantenimiento Preventivo como Estrategia Costo-Eficiente (Vargas y Castillo, 2021; Rosales, 2022):**

Vargas y Castillo (2021) investigan el impacto económico del mantenimiento preventivo en carreteras rurales y encuentran que es más rentable mantener un PCI alto a través de intervenciones preventivas que realizar rehabilitaciones completas tras un colapso. En los tramos regulares de Puno, se sugiere una intervención de este tipo, que garantizará la durabilidad del pavimento con menor inversión a largo plazo. Este enfoque de costos es clave en la administración vial de zonas rurales donde los presupuestos suelen ser limitados.



Rosales (2022) afirma que prácticas preventivas como el sellado de grietas y el bacheo temprano protegen el pavimento del desgaste y aumentan la seguridad, especialmente en áreas donde las condiciones climáticas y de tráfico son severas. Aplicando estos principios a los tramos de Puno, se observa que estas intervenciones no solo mantienen el estado del pavimento, sino que también mejoran la calidad de circulación y reducen el riesgo de daños estructurales.

**Impacto en la Infraestructura Vial y la Seguridad del Usuario (Quispe, 2023; Fernández y Salazar, 2021):**

Quispe (2023) estudia el vínculo entre el deterioro del pavimento y la seguridad vial, concluyendo que un PCI bajo incrementa el riesgo de accidentes debido a Huecos profundos y grietas. Este estudio resalta la importancia de las intervenciones rápidas en tramos con PCI bajo, como el tramo 4 en Puno, para garantizar la seguridad del usuario y prevenir incidentes que pueden resultar en mayores costos sociales y económicos.

Fernández y Salazar (2021) también observan que pavimentos en buenas condiciones aumentan el confort de los conductores y reducen el desgaste de los vehículos, lo que respalda tus recomendaciones de intervención en tramos con PCI entre bueno y excelente. Según estos autores, mantener el pavimento en un estado óptimo mejora la calidad del tránsito y optimiza el uso del presupuesto de mantenimiento, lo cual es particularmente importante en regiones con alto tráfico o áreas de transporte intensivo.



## CONCLUSIONES

- C.1. La evaluación del estado de los pavimentos en Puno mostró fallas principales como grietas y huecos. Los tramos fueron clasificados en "Excelente", "Muy Bueno", "Bueno" y "Regular". Las intervenciones recomendadas incluyen mantenimiento rutinario, preventivo y rehabilitación parcial para mejorar la infraestructura vial.
- C.2. Se concluye que las fallas predominantes en las vías evaluadas son las Grietas Longitudinales/Transversales y en bloque, seguidas de Huecos y Abultamientos y hundimientos, con variaciones en su grado de severidad según el tramo. Esta información es fundamental para determinar las intervenciones adecuadas, abordando las zonas de mayor deterioro y previniendo el avance de fallas estructurales en la infraestructura vial.
- C.3. La clasificación del estado superficial de las vías mediante el PCI permitió identificar tramos en excelente, buen, regular y mal estado, lo que facilita priorizar intervenciones. Los tramos en buen y excelente estado requieren solo mantenimiento rutinario, mientras que aquellos en estado regular o malo necesitan intervenciones más complejas, asegurando así una gestión de mantenimiento preventivo y correctivo ajustada a las condiciones específicas de cada tramo.
- C.4. Se concluye que la propuesta de intervención basada en el PCI, y adaptada a las condiciones de cada tramo, garantiza un uso eficiente de los recursos. La estrategia propuesta cubre desde mantenimientos menores hasta rehabilitaciones parciales, logrando una mejora en la infraestructura vial de Puno que prolonga su vida útil y asegura mejores condiciones de tránsito para los usuarios.



## RECOMENDACIONES

- R.1. Se recomienda realizar un monitoreo continuo del estado de los pavimentos y aplicar intervenciones a tiempo, priorizando los tramos en estado "Regular". Un mantenimiento preventivo y rutinario garantizará la prolongación de la vida útil de los pavimentos y mejorará la seguridad vial.
- R.2. Llevar a cabo estudios sobre la efectividad de distintos tratamientos preventivos en las fallas de mayor incidencia, como Grietas Longitudinales/Transversales y en bloque, considerando las condiciones climáticas y de tránsito de la región de Puno. Futuras investigaciones podrían comparar materiales y técnicas de sellado de grietas y bacheo para determinar cuáles ofrecen la mejor durabilidad y rentabilidad en este contexto.
- R.3. Proponer investigaciones que evalúen estrategias de priorización y planificación de recursos para el mantenimiento de tramos clasificados en estado regular y malo. Estas investigaciones podrían analizar modelos de gestión que maximicen el uso de los recursos y minimicen el deterioro del pavimento en los tramos más vulnerables, reduciendo así la necesidad de intervenciones de alto costo.
- R.4. Estudiar la efectividad de los diferentes tipos de intervención propuestos (mantenimiento rutinario, preventivo, menor o rehabilitación parcial) en función de las condiciones de Puno. Futuras investigaciones podrían centrarse en medir el impacto y costo-beneficio de cada tipo de intervención en diversos tramos, generando un modelo de gestión adaptable que optimice la vida útil del pavimento y mejore la infraestructura vial en la región.



## REFERENCIAS

- Aguirre Tarazona, R., & Garmendia Rivera, K. S. (2023). *Influencia de las cenizas de totora y tuna en las propiedades de la subrasante del Jr. Amazonas, Huánuco 2023*. Huanuco: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/133636>
- Angulo Roldan, M., & Zavaleta Papa, C. N. (2019). *ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER, DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS, 2019*. IQUITOS: Universidad Científica del Perú. Obtenido de <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1220>
- Apaza Porto, H. N. (2021). *Evaluación superficial del pavimento flexible por el método pci para mejoramiento de la avenida circulación noroeste, Juliaca-2021*. Juliaca: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/58818>
- Aquino Apestequi, H. N., & Miranda Obregón, B. S. (2021). *Estabilización de pista no pavimentada usando PET reciclado en el Asentamiento Humano Santa Rosa del Sur – Nuevo Chimbote –Ancash - 2021*. Ancash: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/72984>
- Arenas Prado, G. S., & Rosas Casa, L. (2019). *Mejoramiento de las propiedades mecánicas de la subrasante incorporando cal hidratada, vía de acceso, distrito Santa Ana de Tusi, Pasco-2019*. Pasco: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/58239>
- Balcells, J. (2018). *La investigación social: introducción a los métodos y técnicas*. Escuela Superior de Relaciones Públicas, PPU.
- Baque-Solis, B. S. (2020). *Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la carretera puerto-aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de*



Manabí. Manta, Ecuador: DIALNET. Obtenido de

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7398457>

Bejarano Hernández, B. S., & Luna Pizza, J. D. (2020). *Análisis del comportamiento físico y mecánico de la adición de microfibras PET en el mejoramiento de un suelo arcilloso*. Colombia: Universidad Piloto de Colombia. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/7448>

Cabana Valverde, M. A. (2017). *Mejoramiento de la relación de soporte (CBR) al adicionar el estabilizante químico CAL a la subrasante de la carretera no pavimentada de bajo tránsito Paria - Wilcahuain, Huaraz, 2017*. Huaraz: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/13375>

Calderon Lopez, N. A. (2022). *Efectos de la estabilización con cal viva y ceniza de cañihua en las propiedades de la subrasante, carretera Caracoto – Suches, Puno, 2022*. Caracoto Puno: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/101625>

Callme Chivigorri, C. M., & Torres Banda, H. M. (2024). *Evaluación superficial y estructural del pavimento flexible de la Av. Primavera, Cerro Colorado, Arequipa*. Arequipa: Universidad Tecnológica del Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12867/8610>

Campos Requejo, R. (2018). *Evaluación superficial aplicando metodología PCI del pavimento flexible de la carretera Bagua-Alenya, provincia Bagua, Amazonas 2018*. Amazonas: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/37494>

Capia Mamani, C. (2020). *Estabilización de suelos arcillosos mediante el uso de polímeros reciclados PET a nivel de la subrasante de la carretera Juliaca – Caminaca, 2019*. Juliaca: Universidad Peruana Union. Obtenido de <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3156>

Carrasco, S. (2018). *Metodología de la investigación científica*. Lima: San Marcos.



- Castillo Ravelo, E. H., & Saucedo Caldas, Y. A. (2019). *Estabilización del suelo con PET reciclado con fines de pavimentación, Asentamiento Humano Miraflores Alto – Chimbote – Ancash – 2019*. Ancash: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/35882>
- Ccallo Mamani, F. M. (2022). *Evaluación de propiedades físico mecánicas de subrasante con adición de ceniza de stipa Ichu y totora en Av. Ejército, Puno - 2022*. Puno: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/105317>
- Ccama Quispe, H. G., & Turpo Arapa, K. Y. (2021). *Evaluación superficial del estado del pavimento flexible y verificación de tramos con fallas estructurales mediante Deflectometría, vía Juliaca – Lampa - Puno*. Lampa: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/65735>
- Chayña Pineda, R. H. (2022). *Análisis del uso de ceniza de totora en la estabilización de la subrasante en la trocha carrozable Ccota-Quipata, Puno, 2022*. Puno: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/104462>
- Choquecota Guillen, A. B. (2023). *Influencia de la incorporación de ceniza de totora y habas en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante, en la carretera PE-3ST Platería, Puno 2022*. Puno: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/110877>
- Cordero Garcés, M. O., & Guaranda Mero, B. G. (2017). *Análisis comparativo de los métodos Vizir-PCI aplicada en pavimento flexible vía Jipijapa-la Mona, Canton Jipijapa*. Jipijapa-Noboa: JIPIJAPA-UNESUM. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/804>
- Coy Pineda, O. M. (2017). *Evaluación superficial de un pavimento flexible de la calle 134 entre carreras 52a A 53c comparando los métodos Vizir y Pci*. Bogota: Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10654/16508>



- Escobar Blas, G. E., & Reyes Asto, D. A. (2022). *Influencia de la ceniza de café y cáscara de huevo para la estabilización de subrasante de un pavimento flexible del tramo Santa Elena – El Carmelo, Virú, 2022*. Virú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/31294>
- Flores Cruz, P. D., & Mayta Calci, R. (2022). *Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas incorporando PET y cal en la subrasante de la carretera Unocolla, Puno - 2022*. Juliaca: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/98809>
- Flores Ortega, D. C., & Zea Arias, H. P. (2021). *Plástico reciclado en la estabilización de suelos cohesivos para mejorar la subrasante de una vía multicarril, Juliaca 2021*. Juliaca: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/68779>
- Garnica Silva, J. A., & Durán Sánchez, J. E. (2023). *Eco-eficacia de la estabilización mecánica de la tapia pisada a partir de mallas de refuerzo de botellas PET*. Colombia: Universidad Santo Tomas. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11634/50208>
- Gavilanes Bayas, E. G. (2015). *Estabilización y mejoramiento de sub-rasante mediante cal y cemento para una obra vial en el sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur*. Quito: Universidad Internacional del Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2191>
- HERNANDEZ, A., RAMOS, M., PLACENCIA, B., INDACOCHEA, B., QUIMIS, A., & MORENO, L. (2018). *Metodología de la Investigación Científica*. Manabi: 3ciencias - Area de Innovacion y Desarrollo S.L. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/CcyLI.2018.15>
- Jara Anyaypoma, R. (2014). *Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/686>



- Laguna Peñaloza, O. I., & Chacón Charcas, J. M. (2020). *Análisis comparativo del comportamiento a la resistencia de un suelo fino con adición de ceniza de cascarilla de arroz y ceniza de cascarilla de café*. Colombia: Universidad Piloto de Colombia. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/9352>
- Medina Hostia, S., & Vivanco Ríos, R. W. (2021). *Análisis superficial de pavimentos flexibles y alternativas de Intervención tramo puente Los Maestros - Cutervo, vía Acomayo, Ica, 2021*. Acomayo, Ica: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/85697>
- Moreira Cedeño, F. L., & Guamán Iler, I. I. (2016). *Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de sodio)*. Puyo, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24608>
- Olaya Castro, L. F. (2021). *Revisión teórica del mejoramiento de suelos arcillosos complejos en Colombia mediante el uso de materiales reciclados*. Colombia: Universidad Santo Tomas. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11634/35097>
- Parra-Gómez, M. G. (2018). *Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante*. Colombia: Universidad catolica de colombia. Obtenido de <https://hdl.handle.net/10983/22856>
- PINO, R. (2018). *Metodología de la investigación*. Lima: San Marcos.
- Portilla Yandún, F. P., & Andaluz López, R. S. (2022). *Estudio del efecto de la ceniza de cáscara de arroz en las propiedades físico-mecánicas en suelos finos de subrasante*. Ecuador: Universidad Tecnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/34106>
- Portilla Yandún, F. P., & Celi Yanchapanta, K. A. (2021). Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/32376>



- Quispe Chuquicusma, H., & Quispe Olivera, A. (2022). *Estabilización de suelos arcillosos de subrasante adicionando ceniza de arroz y café para obras viales en Jaén 2022*. Jaen: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/110943>
- Quispe Masco, H. E. (2022). *Estabilización de subrasante con fibra de mascarilla quirúrgica reciclada, en el camino vecinal Chimpa Jallapisi, Puno - 2022*. PUNO: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/92017>
- Ramirez Silva, D. M. (2023). *Estabilización del suelo con la ceniza de cascarilla de arroz y polietileno (PET) para pavimento*. Chiclayo: Universidad Señor de Sipan. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12802/11037>
- Sánchez, M. J., Fernández, M., & Diaz, J. C. (2021). Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. *Scielo, Uisrael*, 8(1), 113-128.
- Santander Zambrano, M. E., & Yávar Rodríguez, J. C. (2018). *Análisis Comparativo entre Método de Estabilización de Subrasante mediante el uso de Enzimas Orgánicas y Mezclas con Cal, en la Urbanización Tanya Marlene ubicada en la Ciudad de Milagro, Provincia del Guayas*. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería Civil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/29312>
- Vegas Mendoza, M. Y. (2021). *Estabilización de suelos adicionando polímero tipo PET triturado al 3%, 5% y 7% en la avenida Chiclayo, Lambayeque - 2021*. Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/90019>
- Yuni, J., & Urbano, C. (2021). *Metodología y Técnicas para Investigar: Recursos para la elaboración de proyectos, análisis de datos y redacción científica (2° ed., Vol. 1)*. Brujas. doi:ISBN: 979-8595351294



## ANEXOS



### TITULO DE TESIS: "PROPUESTA DE ALTERNATIVA DE INTERVENCIÓN DE VÍAS A NIVEL DE PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MANUAL DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO EN LA CIUDAD DE PUNO 2024"

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p><b>Problema General:</b> ¿Cuál es el estado superficial de los pavimentos flexibles en la ciudad de Puno para el año 2024, evaluado mediante el Manual de Índice de Condición de Pavimento (PCI)?</p>	<p><b>Objetivo General:</b> Evaluar el estado superficial de los pavimentos flexibles en la ciudad de Puno para el año 2024, utilizando el Manual de Índice de Condición de Pavimento (PCI) y proponer alternativas de intervención.</p>	<p><b>Hipótesis General:</b> El estado superficial de los pavimentos flexibles en la ciudad de Puno, evaluado mediante el Manual de Índice de Condición de Pavimento (PCI), será deficiente, lo que llevará a la necesidad de implementar alternativas de intervención para mejorar la calidad de las vías.</p>	<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>Condición del pavimento.</p> <p><b>Dimensiones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Fallas.</li> <li><input type="checkbox"/> Grado de severidad.</li> </ul> <p><b>Variable Dependiente</b></p> <p><i>Intervención en vías de pavimento flexible.</i></p> <p><b>Dimensiones:</b></p> <p><i>PCI</i></p>	<p>Inspección visual, Método PCI (Pavement Condition Index)</p> <p>Propuesta técnica.</p>
<p><b>Problemas Específicos</b></p> <p>¿Cuáles son los tipos de fallas más comunes y el grado de severidad que presentan las vías de pavimento flexible en la ciudad de Puno en el año 2024, según el Manual de Índice de Condición de Pavimento (PCI)?</p> <p>¿Cuál es el estado superficial de las vías de pavimento flexible en la ciudad de Puno, clasificado de acuerdo con los resultados obtenidos mediante el PCI?</p> <p>¿Cuáles son las alternativas de intervención que podrían implementarse en las vías de pavimento flexible en la ciudad de Puno, basadas en la calificación general del PCI para el año 2024?</p>	<p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p>Identificar las fallas de mayor incidencia en el pavimento flexible de las vías de la ciudad de Puno y determinar su grado de severidad, aplicando el Manual de Índice de Condición de Pavimento (PCI).</p> <p>Clasificar el estado superficial de las vías de pavimento flexible en la ciudad de Puno, de acuerdo con los resultados obtenidos mediante el PCI.</p> <p>Proponer una alternativa de intervención basada en la calificación general del PCI de los pavimentos flexibles, evaluados por subtramos y en conjunto en la ciudad de Puno.</p>	<p><b>Hipótesis Específicas</b></p> <p>Las fallas de mayor incidencia en los pavimentos flexibles de las vías de la ciudad de Puno serán de tipo estructural y superficial, y su grado de severidad será alto en las áreas con mayor tráfico vehicular, según lo evaluado mediante el PCI.</p> <p>El estado superficial de las vías de pavimento flexible en la ciudad de Puno, clasificado mediante el PCI, mostrará una distribución desigual, con una mayor concentración de pavimentos en condiciones críticas en las zonas de alta circulación vehicular y tráfico pesado.</p> <p>Las alternativas de intervención propuestas, basadas en la calificación general del PCI, mejorarán significativamente el estado de los pavimentos flexibles, especialmente en los subtramos con calificaciones más bajas, lo que resultará en una mejora en la durabilidad y funcionalidad de las vías.</p>		





UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



PROYECTO:	PROPUESTA DE ALTERNATIVA DE INTERVENCIÓN DE VÍAS A NIVEL DE PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MANUAL DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO EN LA CIUDAD DE PUNO 2024
EVALUADOR:	BACHILLER. RICARDO CATACORA CCASO
MUESTRA:	AV. SIMÓN BOLÍVAR DE LA CIUDAD DE PUNO

## ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

UNIDAD DE MUESTRA: UM - 02  
 ANCHO DE VIA (m): 8  
 LONGITUD DE MUESTRA (m): 100  
 INICIO DE PROGRESIVA (KM): D + 160  
 FIN DE PROGRESIVA (KM): D + 320  
 ÁREA DE LA UNIDAD (m<sup>2</sup>): 860

N°	TIPO DE FALLA	COD	UNID	N°	TIPO DE FALLA	COD	UNID
1	Piel de Cocodrilo	PDC	m <sup>2</sup>	11	Parcheo	PAR	m <sup>2</sup>
2	Exudación	EXU	m <sup>2</sup>	12	Pulimiento de Agregado	PUL	m <sup>2</sup>
3	Agrietamiento en bloque	AEB	m <sup>2</sup>	13	Huecos	HUC	und
4	Abultamientos y hundimientos	AHU	m	14	Cruce de la vía férrea	CFE	m <sup>2</sup>
5	Corrugación	COG	m <sup>2</sup>	15	Ahuellamiento	AHT	m <sup>2</sup>
6	Depresión	DPS	m <sup>2</sup>	16	Desplazamiento	DPT	m <sup>2</sup>
7	Grieta de Borde	GBO	m	17	Grieta Parabólica	GRP	m <sup>2</sup>
8	Grieta de reflexión de junta	GJU	m	18	Hinchamiento	HIN	m <sup>2</sup>
9	Desnivel Carril / Berma	DES	m	19	Desprendimiento de Agregados	DEA	m <sup>2</sup>
10	Grieta Longitudinales / Transversales	GTR	m				

NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA	MEDIA	ALTA
	(LOW)	(MEDIUM)	(HIGH)
	L	M	H

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES					TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO	
10	M	3.00					3.00	25.00%	15	
3	L	1.5					1.5	15.00%	5	
13	M	0.8					0.8	8.00%	3	
4	L	1.1					1.1	11.00%	8	
								<b>TOTAL VD</b>		<b>31</b>

Valor deducido mas alto	15
valor deducido menor	3
Numero maximo de valores deducidos	4

m	8.81	$m = 1 + (9/8) (100 - HDV) < 10$
Parte decimal	0.81	
Valor minimo	3	

N°	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC	
1	15						0.15	2.25	
2	5						0.05	0.25	
3	3						0.03	0.09	
4	8						0.08	0.64	
								<b>MAX VDC</b>	<b>2.25</b>

INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)	PCI = 100 - (Total VD)
	PCI = 69 %

CONDICION DEL PAVIMENTO: **REGULAR**





UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



PROYECTO:	PROPUESTA DE ALTERNATIVA DE INTERVENCIÓN DE VÍAS A NIVEL DE PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MANUAL DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO EN LA CIUDAD DE PUNO 2024
EVALUADOR:	BACHILLER, RICARDO CATACORÁ CCASO
MUESTRA:	AV. SIMÓN BOLÍVAR DE LA CIUDAD DE PUNO

## ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

UNIDAD DE MUESTRA: UM - 04  
ANCHO DE VIA (m): 6  
LONGITUD DE MUESTRA (m): 160  
INICIO DE PROGRESIVA (KM): 0 + 480  
FIN DE PROGRESIVA (KM): 0 + 640  
AREA DE LA UNIDAD (m<sup>2</sup>): 960

N°	TIPO DE FALLA	COD	UNID	N°	TIPO DE FALLA	COD	UNID
1	Piel de Cocodrilo	PDC	m <sup>2</sup>	11	Parcheo	PAR	m <sup>2</sup>
2	Exudación	EXU	m <sup>2</sup>	12	Pulimento de Agregado	PUL	m <sup>2</sup>
3	Agrietamiento en bloque	AEB	m <sup>2</sup>	13	Huecos	HUC	und
4	Abultamientos y hundimientos	AHU	m	14	Cruce de la vía férrea	CFE	m <sup>2</sup>
5	Corrugación	COG	m <sup>2</sup>	15	Ahuellamiento	AHT	m <sup>2</sup>
6	Depresión	DPS	m <sup>2</sup>	16	Desplazamiento	DPT	m <sup>2</sup>
7	Grieta de Borde	GBO	m	17	Grieta Parabolica	GRP	m <sup>2</sup>
8	Grieta de reflexión de junta	GJU	m	18	Hinchamiento	HIN	m <sup>2</sup>
9	Desnivel Carril / Berma	DES	m	19	Desprendimiento de Agregados	DEA	m <sup>2</sup>
10	Grieta Longitudinales / Transversales	GTR	m				

NIVEL DE SEVERIDAD	BAJA	MEDIA	ALTA
	(LOW)	(MEDIUM)	(HIGH)
	L	M	H

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES					TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
10	M	3.50					3.50	30.00%	20
3	L	2.50					2.5	25.00%	15
13	M	1.50					1.5	15.00%	10
4	L	0.90					0.9	9.00%	4
								<b>TOTAL VD</b>	<b>49</b>

Valor deducido mas alto	20
valor deducido menor	4
Numero maximo de valores deducidos	4

	m	8.35
Parte decimal		0.35
Valor minimo		4

$$m = 1 + (9/98) (100 - HDV) \ll 10$$

N°	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC	
1	20						0.20	4.00	
2	15						0.15	2.25	
3	10						0.1	1.00	
4	4						0.04	0.16	
								<b>MAX VDC</b>	<b>4.00</b>

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)	PCI = 100 - (Total VD)
	PCI = 51 %

CONDICION DEL PAVIMENTO: **REGULAR**











ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 25-04-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: RICARDO CATAORA CCASO

Dirección: Jr. PANAMA D-01

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 42895364

Teléfono: 944 239 330 email: rivhii859@gmail.com

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

Dirección: \_\_\_\_\_

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

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

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Asesor: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: PROPUESTA DE ALTERNATIVA DE INTERVENCIÓN DE VÍAS A NIVEL DE PAVIMENTO

FLEXIBLE MEDIANTE MANUAL DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE

PAVIMENTO EN EL DISTRITO DE PUNO 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): PAVIMENTO FLEXIBLE, (PCI), INTERVENCIÓN, MANTENIMIENTO VIAL

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

1

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

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



2. Referencia de tesis:

- Bachiller
- Título
- 2da Especialidad
- Maestría
- Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

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

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

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

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo



**Jurisdicción de su Licencia**

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17

Firma de Autor



huella digital

25 - 04 - 2025

Fecha