



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ANÁLISIS DE LAS FALLAS EN LAS CARRETERAS DE
LA REGIÓN DE PUNO Y PROPUESTAS DE
MEJORAMIENTO TÉCNICO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. VICTOR IVAN MAITA BONIFACIO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS DE LAS FALLAS EN LAS CARRETERAS DE
LA REGIÓN DE PUNO Y PROPUESTAS DE
MEJORAMIENTO TÉCNICO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. VICTOR IVAN MAITA BONIFACIO

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

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:



Dr. ARNALDO YANA TORRES

PRIMER MIEMBRO

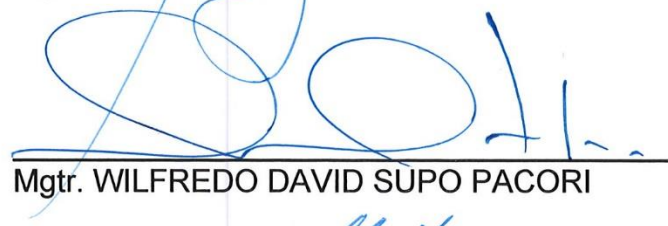
:



Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

SEGUNDO MIEMBRO

:



Mgtr. WILFREDO DAVID SUÑO PACORI

ASESOR DE TESIS

:



Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN :

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1080-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 16 de septiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU-8124 presentado por el (la) Bachiller: **VICTOR IVAN MAITA BONIFACIO** 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. **VICTOR IVAN MAITA BONIFACIO**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **ANÁLISIS DE LAS FALLAS EN LAS CARRETERAS DE LA REGIÓN DE PUNO Y PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO TÉCNICO**, 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. ARNALDO YANA TORRES
- * **1er Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
- * **2do Miembro** : Mgtr. WILFREDO DAVID SUPO PACORI

ARTICULO SEGUNDO. - **RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR**.

ARTICULO TERCERO. - **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **VICTOR IVAN MAITA BONIFACIO**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LAS FALLAS EN LAS CARRETERAS DE LA REGIÓN DE PUNO Y PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO TÉCNICO** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : viernes 26 de septiembre del 2025
- * **HORA** : 11:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 306 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. Fritz Wally Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo
Interésado (a)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 409-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 03 de junio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 3020 por el señor (a): **VICTOR IVAN MAITA BONIFACIO** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 313 - 2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 026- 2025 del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **VICTOR IVAN MAITA BONIFACIO**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ANÁLISIS DE LAS FALLAS EN LAS CARRETERAS DE LA REGIÓN DE PUNO Y PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO TÉCNICO**, 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 **Mgtr. 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° 026- 2025 **aprobandolo** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LAS FALLAS EN LAS CARRETERAS DE LA REGIÓN DE PUNO Y PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO TÉCNICO**, 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): **VICTOR IVAN MAITA BONIFACIO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LAS FALLAS EN LAS CARRETERAS DE LA REGIÓN DE PUNO Y PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO TÉCNICO** 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, **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**.

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 Cs. PURASMgtr. **WALTER J. LIZARRAGA ARMAZA**
DECANO (e)
CIP. 70808UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**Dr. Fritz Willy Mamani Apaza**
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo
interesado (a)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 484-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 20 de junio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 5300, presentado el o (la) Bachiller VICTOR IVAN MAITA BONIFACIO solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 358-2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 152 -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 o (la) Bachiller: VICTOR IVAN MAITA BONIFACIO ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **ANÁLISIS DE LAS FALLAS EN LAS CARRETERAS DE LA REGIÓN DE PUNO Y PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO TÉCNICO**, 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 Mgtr. 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° 152 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **ANÁLISIS DE LAS FALLAS EN LAS CARRETERAS DE LA REGIÓN DE PUNO Y PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO TÉCNICO**.

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 o (la) Bachiller: VICTOR IVAN MAITA BONIFACIO, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LAS FALLAS EN LAS CARRETERAS DE LA REGIÓN DE PUNO Y PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO TÉCNICO** 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 Dr. **MILTON QUISPE HUANCA**.

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 Cs. PURASDr. MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790Dr. Efraín Pajillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo 2024
Interesado (a)



ANÁLISIS DE LAS FALLAS EN LAS CARRETERAS DE LA REGIÓN DE PUNO Y PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO TÉCNICO

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.uancv.edu.pe

Fuente de Internet

2%

2

Submitted to Universidad Andina Nestor
Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

2%

3

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

4

vsip.info

Fuente de Internet

1%

5

ri.uaq.mx

Fuente de Internet

1%

6

dspace.ups.edu.ec

Fuente de Internet

1%

7

repositorio.unjbg.edu.pe

Fuente de Internet

1%

8

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

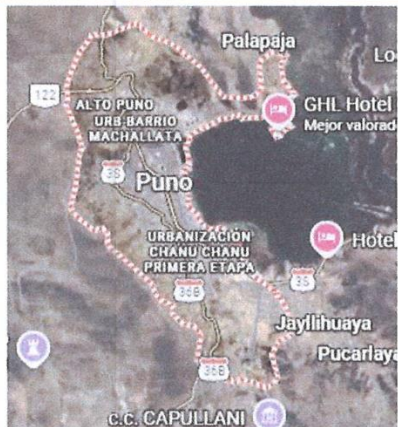


Metadatos Complementarios



Título de la Tesis	
ANÁLISIS DE LAS FALLAS EN LAS CARRETERAS DE LA REGIÓN DE PUNO Y PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO TÉCNICO	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	VICTOR IVAN MAITA BONIFACIO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	76535349
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0007-3829-9908
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02441152
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-0824-8049
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	WILFREDO DAVID SUPO PACORI
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02428673



Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: Puno Distrito: Puno Coordenadas: Latitud: -15.841742343425596 Longitud: -70.02495654461615 URL Maps: https://maps.app.goo.gl/EWs9XoFg9y5aytVB7 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Junio 2024 – Septiembre 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.htm I- Librería	Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03



UNIVERSIDAD ANDINA "MESTRADOR VILLACAMA"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo VICTOR IVAN MAITA BONIFACIO, identificado con DNI
Nro. 76535349, en mi condición de egresado de:

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

INGENIERÍA CIVIL

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

ANÁLISIS DE LAS FALLAS EN LAS CARRETERAS DE LA REGIÓN DE PUNO Y
PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO TÉCNICO

Asesorado por: Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR

Es un tema original.

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

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

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

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

Juliaca 19 de DICIEMBRE del 2025



Firma del Asesor
(obligatoria)



Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A la memoria de mi madre, quien con su amor, sacrificio y fortaleza me brindó las bases para alcanzar este logro académico. Aunque su ausencia es permanente, su ejemplo y valores siguen presentes en cada meta alcanzada. Este trabajo representa el cumplimiento de un compromiso personal y un homenaje a su vida..



AGRADECIMIENTO

Agradezco, en primer lugar, a Dios por brindarme salud, fortaleza y la oportunidad de culminar esta etapa académica. A mi padre, por su apoyo constante, orientación y ejemplo de esfuerzo y responsabilidad, fundamentales para culminar esta etapa académica.

A mis hermanos, por su acompañamiento permanente, comprensión y aliento en los momentos de mayor exigencia.

A mi pareja, por su paciencia, comprensión y apoyo incondicional, los cuales fueron esenciales para la realización de este trabajo.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	xv

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1	Análisis de la Situación problemática.....	17
1.2	Planteamiento del problema.....	18
1.2.1	<i>Problema general</i>	18
1.2.2	<i>Problemas específicos</i>	19
1.3	Objetivos de la investigación.....	19
1.3.1	<i>Objetivo general</i>	19
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i>	19
1.4	Justificación.....	20
1.4.1	<i>Justificación técnica</i>	20
1.4.2	<i>Justificación económica</i>	20
1.4.3	<i>Justificación social</i>	21



1.4.4	<i>Justificación ambiental</i>	21
1.4.5	<i>Justificación metodológica</i>	21
1.5	Hipótesis.....	22
1.5.1	<i>Hipótesis general</i>	22
1.5.2	<i>Hipótesis específicas</i>	22
1.6	Variables e Indicadores.....	23

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1	Antecedentes de la investigación	24
2.1.1	<i>Antecedentes internacionales</i>	24
2.1.2	<i>Antecedentes nacionales</i>	26
2.1.3	<i>Antecedentes locales</i>	28
2.2	Bases teóricas.....	29
2.2.1	<i>Infraestructura Vial</i>	29
2.2.2	<i>Pavimentos</i>	30
2.2.2.1	<i>Pavimento flexible</i>	30
2.2.3	<i>Capas estructurales del Pavimento Flexible</i>	30
2.2.3.1	<i>Carpeta Asfáltica (Superficie de Rodadura)</i>	30
2.2.3.2	<i>Base Granular o Base Estabilizada</i>	31
2.2.3.3	<i>Subbase Granular</i>	31
2.2.3.4	<i>Subrasante (Terreno Natural o Mejorado)</i>	31
2.2.4	<i>Fallas en los pavimentos flexibles</i>	32



2.2.5	<i>Clasificación de fallas</i>	32
2.2.6	Por su origen	32
2.2.6.1	Fallas por insuficiencia estructural	32
2.2.6.2	Fallas por defectos constructivos	33
2.2.6.3	Fallas por fatiga	33
2.2.7	Por el modo en que suceden y se manifiestan	33
2.2.8	<i>Definición de fallas en pavimentos flexibles</i>	34
2.2.8.1	Piel de cocodrilo	34
2.2.8.2	Fisuras en bloque	35
2.2.8.3	Fisuras longitudinales	36
2.2.8.4	Fisuras transversales	36
2.2.8.5	Ahuellamiento	37
2.2.8.6	Hundimientos	37
2.2.8.7	Desplazamiento	37
2.2.8.8	Deslizamiento	37
2.2.8.9	Ondulaciones	37
2.2.8.10	Peladuras	38
2.2.8.11	Pulimientos superficiales	38
2.2.9	<i>Falla por drenaje deficiente</i>	39
2.2.9.1	Humedad en los Bordos	39
2.2.10	<i>Erosión en Cunetas, Bermas y Taludes</i>	40
2.2.10.1	Infiltración hacia la Subrasante	41



2.2.10.2	Fallas por diseño geométrico deficiente	41
2.2.10.3	Pendientes Excesivas	42
2.2.11	<i>Diseño geométrico vial</i>	42
2.2.11.1	Velocidad Directriz	42
2.2.11.2	Radios de Curva	43
2.2.11.3	Peralte	43
2.2.11.4	Curvas de Transición	43
2.2.11.5	Pendiente Longitudinal	43
2.2.11.6	Ancho de Calzada y Carriles	43
2.2.11.7	Bermas / Espaldones	44
2.2.11.8	Bombeo o Corona	44
2.2.12	<i>Señalización Vial</i>	44
2.2.12.1	Señalización vertical	44
2.2.12.2	Señales reglamentarias	44
2.2.12.3	Señales preventivas	45
2.2.12.4	Señales informativas	45
2.2.12.5	Señalización horizontal	45
2.2.12.6	Señalización Vertical en Mal Estado	45
2.2.12.7	Señalización Horizontal Desgastada	46
2.2.13	<i>Drenaje Vial</i>	46
2.2.13.1	Tipos de drenaje en carreteras	47
2.2.13.2	Drenaje superficial	47



2.2.13.3	Principales elementos:	47
2.2.13.4	Drenaje subterráneo	47
2.2.13.5	Elementos principales:	48
2.2.14	<i>Índice de Condición de Pavimento</i>	48
2.2.14.1	Procedimiento básico del PCI.....	48
2.2.14.2	Clasificación del PCI	49
2.3	Marco conceptual.....	50
2.4	Marco normativo.....	55
2.4.1	<i>Normativa Nacional (MTC)</i>	55
2.4.2	<i>Normativa Internacional (ASTM, AASHTO, FHWA, PIARC)</i>	56
2.4.3	<i>Marco legal aplicable</i>	57
2.4.4	Relevancia del marco normativo para la investigación.....	58

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Tipo de investigación.....	59
3.2	Nivel de investigación.....	59
3.3	Diseño de la investigación	59
3.4	Población.....	60
3.5	Muestra.....	61
3.5.1	Caracterización general de los tramos analizados.....	61
3.6	Técnicas de recolección de información.....	65
3.6.1	<i>Observación directa</i>	65



3.6.2	<i>Medición en Campo</i>	65
3.6.3	<i>Registro Fotográfico</i>	65
3.6.4	<i>Análisis Documental</i>	65
3.7	Instrumentos.....	65
3.8	Procedimiento metodológico	65
3.9	Métodos de análisis.....	66
3.9.1	<i>Preparación y organización de la información</i>	66
3.9.2	<i>Análisis del pavimento mediante el PCI</i>	67
3.9.3	<i>Análisis del drenaje superficial</i>	67
3.9.4	<i>Análisis de la señalización vial</i>	68
3.9.5	<i>Integración del análisis y formulación de propuestas</i>	68

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1	Identificar las fallas superficiales en el pavimento tramo Puno-Mañazo	70
4.1.1	Identificar las fallas superficiales en el pavimento tramo Yunguyo – Queñuani	71
4.1.2	<i>Identificar las fallas superficiales en el pavimento tramo Lampa – Mocco</i> ..	72
4.2	Cuadro de Drenaje – Tramo Puno – Mañazo.....	74
4.3	Cuadro de Señalización – Tramo Puno – Mañazo	75
4.4	Cuadro de Drenaje – Tramo Yunguyo – Queñuani	77
4.5	Cuadro de Señalización – Tramo Yunguyo – Queñuani	78
4.6	Cuadro de Drenaje – Tramo Lampa - Mocco	79
4.7	Cuadro de Señalización – Tramo Lampa - Mocco	80



4.8	Resultados de Análisis de la Señalización Vertical y Horizontal	82
4.9	Propuesta de mejoramiento técnico	83
5)	CONCLUSIONES.....	92
6)	RECOMENDACIONES	94
7)	BIBLIOGRAFÍA.....	97
	ANEXOS.....	101



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operalización de Variables	23
Tabla 2 Tipo y manifestaciones de las fallas de los pavimentos flexibles	34
Tabla 3 Clasificación del PCI.....	49
Tabla 4 Características Puno-Mañazo	61
Tabla 5 Características Yunguyo-Queñuani	62
Tabla 6 Tramo Yunguyo-Queñuani	63
Tabla 7 Tramo Puno- Mañazo.....	63
Tabla 8 Características Yunguyo Villa Santa Rosa	64
Tabla 9 Tramo Yunguyo-Villa Santa Rosa	64
Tabla 10 PCI del tramo Puno-Mañazo	70
Tabla 11 PCI del tramo Yunguyo - Queñuani.....	71
Tabla 12 PCI del tramo Lampa - Mocco.....	72
Tabla 13 Cuadro de Drenaje del tramo Puno - Mañazo	74
Tabla 14 Cuadro de Señalización del tramo Puno-Mañazo	75
Tabla 15 Drenaje del tramo Yunguyo – Queñuani	77
Tabla 16 Señalización del tramo Yunguyo – Queñuani.....	78
Tabla 17 Drenaje del tramo Lampa - Mocco	79
Tabla 18 Señalización del tramo Lampa - Mocco.....	80
Tabla 19 Resumen de Drenaje Vial.....	81
Tabla 20 Resumen de la Señalización.....	82
Tabla 21 Propuesta de mejoramiento técnico para la falla superficial del tramo Puno - Mañazo.....	83
Tabla 22 Propuesta de mejoramiento técnico para la falla superficial del tramo Lampa - Mocco	84



Tabla 23 Propuesta de mejoramiento técnico para la falla superficial del tramo Yunguyo - Queñuani	85
Tabla 24 Propuesta de mejoramiento técnico para el drenaje superficial del tramo Puno - Mañazo	86
Tabla 25 Propuesta de mejoramiento técnico para el drenaje superficial del tramo Yunguyo - Queñuani	87
Tabla 26 Propuesta de mejoramiento técnico para el drenaje superficial del tramo Lampa - Mocco.....	88
Tabla 27 Propuesta de mejoramiento técnico para la Señalización del tramo Puno - Mañazo	89
Tabla 28 Propuesta de mejoramiento técnico para la Señalización del tramo Lampa - Mocco	90
Tabla 29 Propuesta de mejoramiento técnico para la Señalización del tramo Yunguyo - Queñuani	91



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Capas de un Pavimento Flexible	32
Figura 2 Piel de Cocodrilo.....	35
Figura 3 Fisuras en Bloque.....	35
Figura 4 Fisura Longitudinal	36
Figura 5 Fisura Transversal	36
Figura 6 Hundimientos	37
Figura 7 Peladuras	38
Figura 8 Pulimiento de Agregados	38
Figura 9 Humedad en los bordes	39
Figura 10 Erosion en cunetas	40
Figura 11 Curva Peligrosa	41
Figura 13 Señalización Vertical en mal estado	45
Figura 14 Señalización Horizontal deteriorada	46
Figura 15 Departamento de Puno	60



RESUMEN

El presente estudio evaluó la condición superficial del pavimento en los tramos Puno–Mañazo, Yunguyo–Queñuani y Lampa - Mocco, aplicando el Índice de Condición del Pavimento (PCI) según la norma ASTM D6433, con el objetivo de diagnosticar el nivel de deterioro y proponer medidas de mejoramiento técnico. La metodología incluyó inspecciones visuales en unidades de muestreo de 240 m², donde se identificaron fallas según tipo, severidad y área afectada. Posteriormente se calcularon los valores de densidad, DV, CDV y PCI para cada tramo. Los resultados muestran que Puno–Mañazo posee un PCI de 37, clasificándose como malo, con presencia significativa de fisuras, baches y deformaciones. Los tramos Yunguyo–Queñuani y Lampa - Mocco registraron PCI entre 40 y 60, lo que refleja una condición regular. De forma complementaria, se identificaron deficiencias en el sistema de drenaje, tales como cunetas colmatadas y alcantarillas obstruidas, así como señalización vial insuficiente o deteriorada. A partir de este diagnóstico, se plantearon propuestas de mejoramiento para Puno–Mañazo, se recomienda rehabilitación estructural, que incluya reciclado en frío y reposición de capas. Para los tramos en condición regular, se sugieren tratamientos superficiales como slurry seal, microaglomerado y recapeo delgado, acompañados del sellado de fisuras. En todos los tramos se propone la rehabilitación del drenaje, la renovación integral de la señalización vial y la implementación de un programa de mantenimiento rutinario y periódico.

Palabras clave: Índice de Condición del Pavimento (PCI); ASTM D6433; fallas del pavimento; drenaje vial; señalización vial; mantenimiento vial; pavimentos flexibles; región Puno.



ABSTRACT

This study evaluated the surface condition of the pavement along the road sections Puno–Mañazo, Yunguyo–Queñuani, and Lampa–Mocco, using the Pavement Condition Index (PCI) method established by ASTM D6433, with the aim of assessing the level of deterioration and proposing technical improvement measures. Visual inspections were carried out in 240 m² sampling units, where pavement distresses were identified according to type, severity, and affected area. Density, DV, CDV, and PCI values were subsequently calculated for each section. The results show that Puno–Mañazo has a PCI of 37, classified as poor, with significant cracking, potholes, and surface deformation. The sections Yunguyo–Queñuani and Lampa–Mocco recorded PCI values between 40 and 60, indicating a fair condition. Additionally, deficiencies in the drainage system—such as clogged ditches and obstructed culverts—were identified, along with inadequate or deteriorated road signage. Based on this diagnosis, structural rehabilitation is recommended for Puno–Mañazo, including cold recycling and layer replacement. For the sections in fair condition, surface treatments such as slurry seal, micro-surfacing, and thin overlays are suggested, together with crack sealing. For all sections, drainage rehabilitation, complete renewal of road signage, and the implementation of a routine and periodic maintenance program are recommended.

Keywords: *Pavement Condition Index (PCI); ASTM D6433; pavement distresses; road drainage; road signage; pavement maintenance; flexible pavements; Puno region.*



INTRODUCCIÓN

La red vial constituye uno de los pilares fundamentales para el desarrollo económico y social de las regiones, ya que facilita el transporte de bienes, servicios y personas, contribuyendo al crecimiento productivo y a la integración territorial. En la región Puno, las carreteras desempeñan un rol estratégico al conectar centros urbanos, comunidades rurales, zonas fronterizas y áreas de actividad comercial. Sin embargo, muchos de estos tramos presentan un avanzado deterioro debido a factores como la falta de mantenimiento, las condiciones climáticas severas propias de la altitud, el tránsito vehicular creciente y la inadecuada gestión del drenaje superficial. Estas condiciones afectan negativamente la seguridad vial, la comodidad del usuario y la vida útil del pavimento.

Ante esta problemática, resulta indispensable contar con metodologías objetivas y cuantificables que permitan evaluar el estado del pavimento y priorizar intervenciones de mantenimiento o rehabilitación. En este contexto, el Índice de Condición del Pavimento (PCI), establecido por la norma ASTM D6433, se ha consolidado como una herramienta eficaz para determinar el nivel de deterioro a partir de la identificación de fallas superficiales según su tipo, severidad y extensión. El PCI no solo proporciona un valor numérico estandarizado entre 0 y 100, sino que permite categorizar el estado del pavimento en términos de excelente, bueno, regular, malo o fallado, facilitando la planificación técnica y la toma de decisiones.

El presente estudio aplica esta metodología en los tramos Puno–Mañazo, Yunguyo–Queñuani y Lampa–Mocco, seleccionados por su importancia funcional dentro de la red vial de Puno y por la presencia visible de fallas que comprometen su operatividad. A través de inspecciones visuales en unidades de muestreo de 240 m², se identificaron fallas como fisuras, baches, deformaciones y pérdida de agregados, además de evaluar el estado del



drenaje superficial y la señalización vial. Posteriormente se calcularon los valores de densidad, DV, CDV y el PCI correspondiente a cada tramo.

Los resultados obtenidos evidencian condiciones de deterioro que oscilan entre malo y regular, lo que refleja la necesidad de intervenciones oportunas para evitar un deterioro progresivo que incremente los costos de rehabilitación. Asimismo, las deficiencias en el sistema de drenaje y en la señalización vial resaltan la importancia de adoptar un enfoque integral que considere no solo el pavimento, sino también los elementos complementarios que garantizan la seguridad y el desempeño vial.

En ese sentido, esta investigación no solo diagnostica el estado actual de los tramos analizados, sino que propone medidas de mejoramiento técnico orientadas a la rehabilitación estructural y superficial, así como la renovación del drenaje y señalización. Con ello, se busca contribuir a la planificación vial y a la gestión eficiente de los recursos destinados al mantenimiento de la infraestructura, fortaleciendo la transitabilidad y seguridad de los usuarios en la región Puno.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Análisis de la Situación problemática

La región Puno presenta características geográficas y climáticas que hacen especialmente vulnerable su infraestructura vial. La combinación de altitudes superiores a los 3 800 m s. n. m., las fuertes variaciones térmicas y las lluvias estacionales intensas generan condiciones que favorecen el deterioro prematuro del pavimento. Según el (Gobierno Regional de Puno, 2022), gran parte de la red vial departamental muestra fallas superficiales como grietas longitudinales y transversales, baches y pérdida de agregados, las cuales están asociadas a la exposición prolongada a bajas temperaturas y al ciclo de congelamiento–deshielo característico del altiplano.

El problema del drenaje constituye uno de los factores más determinantes en la degradación de estas vías. La (Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de Puno, 2023). Reporta que numerosos tramos presentan cunetas colmatadas, alcantarillas obstruidas y erosión lateral, lo cual impide la adecuada evacuación de aguas pluviales. Esta acumulación de agua sobre la calzada genera infiltraciones hacia las capas estructurales, debilitando la base y acelerando la aparición de fallas superficiales.

Asimismo, la señalización vial presenta deficiencias significativas. De acuerdo con el (Gobierno Regional de Puno, 2022) la señalización horizontal en varios tramos se encuentra desgastada por el tránsito y la intemperie, mientras que la señalización vertical muestra pérdida de reflectancia, inclinación o ausencia en zonas críticas como curvas, pendientes y accesos a centros poblados. Estas deficiencias incrementan el riesgo de siniestros viales, especialmente durante la noche y en condiciones de neblina, que son comunes en la región.

La falta de un diagnóstico integral actualizado que permita evaluar simultáneamente el estado del pavimento, el drenaje y la señalización dificulta la planificación y priorización de intervenciones de mantenimiento. Esta situación evidencia la necesidad de un estudio que permita identificar las fallas presentes, sus causas y las acciones técnicas necesarias para mejorar el desempeño funcional y la seguridad de la infraestructura vial en Puno.

1.2 Planteamiento del problema

La falta de una evaluación integral del pavimento ha generado intervenciones que no resuelven la causa raíz del deterioro, provocando un incremento de los costos de operación vehicular, reducción de la vida útil del pavimento, pérdida de seguridad vial e interrupciones en la conectividad regional. A pesar de la importancia de estas vías, no se cuenta con estudios que unifiquen criterios estructurales, funcionales, geométricos y de drenaje en un solo análisis.

Ante esta situación surge la siguiente interrogante principal:

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la condición actual de las fallas superficiales, el sistema de drenaje y la señalización vial en las carreteras Puno–Mañazo, Yunguyo–Queñuani y Lampa - Mocco y qué medidas de mejoramiento técnico pueden implementarse para optimizar su funcionamiento?

1.2.2 Problemas específicos

1. ¿Qué tipo de fallas superficiales presenta el pavimento en las carreteras Puno–Mañazo, Yunguyo–Queñuani y Lampa - Mocco?
2. ¿Cuál es el estado del drenaje superficial en los tramos evaluados y cómo influye en el deterioro del pavimento?
3. ¿En qué condición se encuentra la señalización vial horizontal y vertical en las carreteras estudiadas?
4. ¿Qué mejoras técnicas pueden proponerse para solucionar las fallas del pavimento, mejorar el drenaje y reforzar la señalización vial en las carreteras estudiadas?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la condición actual de las fallas superficiales, el sistema de drenaje y la señalización vial en las carreteras Puno–Mañazo, Yunguyo–Queñuani y Lampa - Mocco, con el fin de proponer medidas de mejoramiento técnico que optimicen su funcionamiento.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Identificar el tipo de fallas superficiales presentes en el pavimento de las carreteras Puno–Mañazo, Yunguyo–Queñuani y Lampa - Mocco.
2. Evaluar el estado del drenaje superficial en los tramos estudiados y determinar su influencia en el deterioro del pavimento.
3. Analizar la condición de la señalización vial horizontal y vertical en las carreteras evaluadas.
4. Formular propuestas de mejoramiento técnico orientadas a corregir las fallas del pavimento, optimizar el drenaje y reforzar la señalización vial de las carreteras estudiadas.

1.4 Justificación

La presente investigación se justifica por su relevancia técnica, económica, social, ambiental y metodológica, dado que busca comprender de manera integral el deterioro de las carreteras de la región Puno y plantear soluciones basadas en criterios de ingeniería.

1.4.1 Justificación técnica

El deterioro progresivo de los pavimentos en la región Puno es consecuencia de una combinación de factores estructurales, funcionales, ambientales y operativos, entre los que destacan: fisuras, desprendimiento de agregados, baches, ahuellamientos, saturación de la subrasante y fallas por fatiga. Estas condiciones se agravan debido al clima del altiplano, con intensos ciclos de congelamiento–deshielo y presencia de lluvias que comprometen el desempeño del pavimento.

La carencia de un diagnóstico integral que incluya la evaluación de PCI, drenaje vial, y señalización ha originado intervenciones superficiales que no resuelven la causa raíz del deterioro. Evaluar simultáneamente estos componentes permite conocer el estado real de la estructura y funcionalidad de cada tramo, identificar los puntos críticos y seleccionar tratamientos adecuados conforme a los manuales del MTC y estándares internacionales.

Por tanto, esta investigación es técnicamente necesaria para establecer criterios confiables de intervención y garantizar la durabilidad del pavimento.

1.4.2 Justificación económica

El mal estado de la infraestructura vial incrementa los costos de operación vehicular, debido al mayor consumo de combustible, desgaste prematuro de componentes y tiempos de traslado más largos. Asimismo, la falta de un diagnóstico adecuado ocasiona reparaciones frecuentes, costosas e ineficientes.

Realizar un análisis integral permite optimizar el uso de los recursos públicos destinados al mantenimiento vial, evitando tratamientos inapropiados y promoviendo

intervenciones correctivas y preventivas que prolonguen la vida útil de la infraestructura. Esto reduce costos de rehabilitación a largo plazo y mejora la eficiencia del transporte terrestre en la región.

1.4.3 Justificación social

La red vial de Puno es la principal vía de acceso para poblaciones rurales y urbanas que dependen del transporte terrestre para actividades comerciales, educativas, turísticas y de salud. El deterioro del pavimento, la deficiencia de la señalización vial y la existencia de curvas peligrosas incrementan el riesgo de accidentes y afectan la calidad de vida de los usuarios.

Mejorar la infraestructura vial mediante intervenciones técnicas adecuadas contribuye directamente a la seguridad vial, accesibilidad, conectividad y bienestar de la población, especialmente de comunidades rurales que dependen en su totalidad de estas rutas para su desarrollo socioeconómico.

1.4.4 Justificación ambiental

El inadecuado manejo del drenaje ocasiona erosión, deslizamientos, infiltración descontrolada y afectación de suelos agrícolas. Además, las intervenciones improvisadas generan un mayor consumo de materiales y energía, incrementando la huella ambiental de los proyectos viales.

La evaluación técnica del drenaje, diseño geométrico y estado del pavimento permite seleccionar tratamientos que minimicen los impactos ambientales, promuevan un manejo adecuado del agua de escorrentía y reduzcan la necesidad de reconstrucciones profundas que generen mayores residuos.

1.4.5 Justificación metodológica

La investigación emplea un enfoque cuantitativo, descriptivo y comparativo, basado en indicadores estandarizados de evaluación vial (PCI), complementados con criterios de

análisis de drenaje, geometría y señalización. Este enfoque permite obtener resultados objetivos, medibles y reproducibles.

La triangulación técnica entre el diagnóstico estructural, funcional, geométrico y operativo garantiza una visión integral de la problemática, fortaleciendo la validez y confiabilidad del estudio y permitiendo formular propuestas de mejoramiento fundamentadas en evidencia técnica.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

Las carreteras Puno–Mañazo, Yunguyo–Queñuani y Lampa - Mocco presentan fallas en el pavimento, deficiencias en el drenaje y problemas de señalización que afectan su buen funcionamiento, y estas pueden mejorarse aplicando medidas técnicas adecuadas.

1.5.2 Hipótesis específicas

1. El pavimento de las carreteras estudiadas presenta fallas superficiales con niveles de severidad que afectan su funcionamiento.
2. El drenaje superficial de los tramos evaluados está en malas condiciones y contribuye al deterioro del pavimento.
3. La señalización vial horizontal y vertical de las carreteras analizadas está deteriorada o incompleta, lo que reduce la seguridad vial.
4. La aplicación de mejoras técnicas en el pavimento, drenaje y señalización permitirá mejorar el estado y funcionamiento de las carreteras estudiadas.

1.6 Variables e Indicadores

Tabla 1

Operalización de Variables

Tipo de variable	Variable	Dimensiones	Indicadores	Tipo de dato	Técnicas	Instrumentos
VARIABLE INDEPENDIENTE (VI)	Condición de la infraestructura vial	Fallas superficiales del pavimento	- Tipo de fallas (grietas, baches, ahuellamiento, desprendimiento).- Severidad de fallas (baja, media, alta).- Extensión afectada (%).- Número de fallas por km.	Cualitativa y cuantitativa	Observación directa y medición de campo	Ficha de evaluación de fallas, registro fotográfico, cinta métrica
		Drenaje superficial	- Estado de cunetas (bueno, regular, malo).- Grado de colmatación (%).- Alcantarillas operativas (%).- Puntos con agua estancada (por km).- Evaluación global del drenaje.	Cualitativa y cuantitativa	Verificación técnica y observación	Ficha de drenaje, lista de verificación, registro fotográfico
		Señalización vial (horizontal y vertical)	- Porcentaje de marcas visibles. - Nivel de desgaste (bueno, regular, malo).- Continuidad de señalización (interrupciones por km).- Número de señales por km.- Estado físico de señales.- Visibilidad y reflectancia (%).- Ubicación adecuada de señales (%).	Cualitativa y cuantitativa	Observación y verificación normativa	Ficha de señalización, inventario de señales, cámara fotográfica
VARIABLE DEPENDIENTE (VD)	Medidas de mejoramiento técnico	Intervenciones propuestas en pavimento, drenaje y señalización	- Número de medidas de intervención. - Tipo de intervención (pavimento, drenaje, señalización). - Nivel de prioridad (alta, media, baja). - Componente atendido por cada intervención.	Cualitativa y cuantitativa	Análisis técnico documental	Matriz de priorización, ficha de propuestas, informes técnicos



CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 *Antecedentes internacionales*

Según (Oblitas Gastelo, Medina Cardozo, & Paredes Asalde, 2021) el Objetivo de su investigación fue analizar los métodos más utilizados para evaluar la condición de pavimentos flexibles mediante una revisión sistemática de 29 investigaciones científicas realizadas entre 2010 y 2020. La metodología empleada fue de tipo documental y analítica, basada en la selección de estudios que aplicaron el Pavement Condition Index (PCI), el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) o ambos. La población estuvo constituida por artículos enfocados en pavimentos urbanos y carreteras de diferentes países, y como instrumento se utilizó una matriz comparativa de indicadores, fallas y metodologías. Los resultados evidenciaron que el PCI sigue siendo el método más completo para caracterizar el deterioro superficial porque identifica fallas, severidades y densidades, mientras que el IRI permite conocer la calidad funcional y la comodidad de la marcha. Concluyó que la combinación de ambos índices ofrece diagnósticos más precisos, evita decisiones incorrectas y permite programar intervenciones más eficientes. Además, resaltó que el comportamiento del pavimento está asociado al drenaje, la estructura y las condiciones geométricas. Este antecedente respalda directamente la metodología de esta investigación, que integra el uso

del PCI y el IRI para analizar el estado del pavimento en distintos tramos, así como su relación con elementos complementarios como el drenaje, la geometría y la señalización.

Por otro lado (Abdualaziz, Abdalrhman, Amgad, Izzi, & Usama, 2023) tuvo como objetivo desarrollar un modelo predictivo del Pavement Condition Index (PCI) utilizando técnicas avanzadas de aprendizaje automático aplicadas a pavimentos urbanos. La investigación adoptó una metodología explicativa y cuantitativa, con una población conformada por bases de datos viales que incluían variables como edad del pavimento, volumen de tránsito, condiciones climáticas, IRI y registros de fallas superficiales. El principal instrumento fue un algoritmo multivariable entrenado con historial de deterioro. Los resultados demostraron que la rugosidad (IRI), la precipitación, la edad del pavimento y la carga vehicular son determinantes en la caída del PCI, especialmente en zonas donde el drenaje no evacúa el agua adecuadamente. El modelo permitió predecir el deterioro con alta precisión, evidenciando que el PCI puede proyectarse en función de variables externas. El estudio concluyó que la evaluación de pavimentos debe integrar indicadores estructurales, funcionales y ambientales para comprender el deterioro real. Este antecedente guarda estrecha relación con la presente investigación, ya que reafirma la importancia de correlacionar PCI, IRI y factores complementarios como drenaje y geometría para explicar el desempeño del pavimento.

Y también (Salas Alfaro, 2018) desarrolló el diseño geométrico, hidráulico y de señalización de un tramo de carretera nacional en Costa Rica con el objetivo de mejorar su transitabilidad y seguridad. La metodología fue aplicada y de campo, utilizando levantamientos topográficos, análisis de radios de curva, peraltes, pendientes longitudinales y cálculos de visibilidad. Asimismo, diseñó el drenaje longitudinal y transversal mediante dimensionamiento de cunetas, alcantarillas y obras de arte. La población estuvo compuesta por el tramo carretero intervenido, mientras que los instrumentos incluyeron normas

AASHTO 2011, modelación hidráulica y el Manual de Señalización Vial. Los resultados revelaron que la vía presentaba geometría deficiente, escasa visibilidad, radios reducidos y drenaje insuficiente, lo que contribuía al deterioro acelerado del pavimento. La propuesta final incluyó una nueva configuración geométrica, una solución integral de drenaje y un plan completo de señalización vertical y horizontal. Concluyó que una carretera funcional requiere una interacción adecuada entre pavimento, geometría, drenaje y señalización. Este antecedente es fundamental para esta tesis, pues evidencia la necesidad de analizar no solo los índices de pavimento, sino también los elementos complementarios que influyen en su desempeño.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Según (Atahui Contreras & Morales Huamán, 2020) tuvo como objetivo evaluar el estado del pavimento flexible de la Av. Malecón Checa en Lima mediante los métodos PCI y VIZIR. La metodología fue descriptiva y de campo, realizando un levantamiento visual por unidades de muestreo, registrando tipo, severidad y extensión de las fallas. La población estuvo conformada por todos los paños del tramo, y el instrumento principal fue la ficha de inspección basada en ASTM D6433. Los resultados revelaron que las fallas predominantes fueron bacheo, grietas en bloque, piel de cocodrilo y desprendimiento superficial, con valores de PCI que ubicaban el tramo entre “regular” y “malo”. El autor identificó que el deterioro estaba directamente asociado con el mal drenaje superficial, pendientes transversales insuficientes y filtraciones laterales. Concluyó que el PCI es una herramienta precisa para evaluar pavimentos urbanos y que la reparación debe considerar la causa raíz del deterioro, especialmente el drenaje. Este antecedente se relaciona directamente con esta investigación, porque permite comparar los valores de PCI obtenidos en diferentes tramos y resalta el impacto del drenaje deficiente como contribuyente al deterioro.

Y también el objetivo de (Niño Guevara, 2021) fue determinar la relación entre el PCI y el IRI en la Av. Sáenz Peña en Lambayeque. La metodología fue cuantitativa, correlacional y aplicada, utilizando PCI para evaluar deterioro superficial mediante unidades muestrales y un perfilómetro para medir la rugosidad longitudinal. La población estuvo conformada por los segmentos establecidos entre intersecciones principales, y el instrumento fue un registro sistemático de fallas y valores de IRI. Los resultados demostraron que un incremento del IRI se corresponde con un descenso del PCI, lo que evidencia que la rugosidad funcional representa el deterioro visual registrado mediante PCI. Asimismo, se identificó que las fallas más críticas estaban asociadas a drenaje insuficiente y zonas con acumulación de agua. La investigación concluyó que ambos indicadores deben utilizarse complementariamente para mejorar la precisión del diagnóstico. Este antecedente es relevante para esta tesis porque evidencia que el PCI y el IRI describen dimensiones diferentes pero relacionadas del desempeño del pavimento, lo cual coincide con el enfoque integral adoptado.

Por último (Valdera Fernández, 2023) tuvo como objetivo rediseñar geométricamente un tramo vial en Lambayeque para mejorar la transitabilidad vehicular y el comportamiento del pavimento. La metodología fue aplicada, utilizando levantamientos topográficos, análisis del alineamiento horizontal y vertical, cálculo de radios de curva, pendientes longitudinales y evaluación del drenaje superficial y transversal. La población estuvo constituida por los sectores críticos identificados mediante inspección de campo, y los instrumentos incluyeron herramientas topográficas, software de diseño vial y modelación hidráulica. Los resultados indicaron que el deterioro del pavimento estaba asociado principalmente a pendientes inadecuadas, falta de bombeo, erosión lateral y alcantarillas colmatadas. El rediseño propuesto incluyó la corrección de radios, aumento de visibilidad, optimización del bombeo, y la reconfiguración del drenaje longitudinal mediante cunetas revestidas. Concluyó que la

geometría deficiente y el drenaje insuficiente son factores determinantes en el deterioro del pavimento. Este antecedente es relevante para esta tesis porque sustenta la necesidad de incluir el análisis geométrico y de drenaje como parte integral de la evaluación de tramos.

2.1.3 Antecedentes locales

Según (Ccama Choque, 2019) tuvo como objetivo evaluar el pavimento flexible del tramo Juliaca–Lampa mediante PCI, CBR y deflexiones Benkelman. La metodología fue aplicada y de campo, con inspección visual para el PCI, calicatas para determinar CBR y mediciones de deflexión para evaluar capacidad estructural. La población consistió en los sectores críticos del tramo, y los instrumentos aplicados fueron fichas ASTM, equipo Benkelman y ensayos de laboratorio. Los resultados evidenciaron PCI extremadamente bajos, entre 4 y 10, clasificando la vía como fallada. El CBR de subrasante mostró valores menores al 5%, indicando suelos de baja capacidad. Además, las deflexiones superaron los valores admisibles, confirmando falla estructural. Se concluyó que el deterioro está estrechamente relacionado con drenaje deficiente, geometría inadecuada y ausencia de mantenimiento. Este antecedente es esencial para la presente investigación debido a que corresponde a la misma región altoandina y presenta condiciones similares a los tramos analizados.

Y también (Machaca Mamani, 2024) tuvo como objetivo evaluar el estado superficial y estructural de la Av. El Sol y la Av. El Ejército en Puno mediante PCI y deflectometría. La metodología fue descriptiva, con levantamiento visual, medición de deflexiones y análisis del drenaje superficial. La población estuvo compuesta por los paños y segmentos establecidos por intersecciones principales. Los resultados mostraron PCI bajos influenciados por la acumulación de agua debido a pendientes transversales inadecuadas y falta de bombeo. Se evidenció la presencia de grietas en bloque, bacheo y deformaciones.

Concluyó que la geometría y el drenaje son variables claves que condicionan el deterioro del pavimento. Este antecedente se relaciona directamente con esta tesis, pues confirma que los problemas observados en Puno están asociados a deficiencias estructurales y geométricas.

Por último (Apaza Cutipa, 2017) tuvo como objetivo evaluar la incidencia del drenaje vial en la conservación de carreteras de bajo volumen de tránsito en la región Puno. La metodología fue descriptiva y de campo, mediante inspección directa de cunetas, alcantarillas, pendientes laterales y capacidad de evacuación del agua. La población estuvo constituida por varios tramos rurales y los instrumentos incluyeron fichas de evaluación hidráulica. Los resultados mostraron que más del 70% de las vías presentaban drenaje insuficiente, generando erosión, pérdida de material granular, saturación de subrasante y bacheo. Concluyó que el drenaje es el principal determinante del deterioro vial en Puno. Este antecedente justifica la inclusión del análisis del drenaje en la presente investigación y explica por qué muchas carreteras regionales presentan deterioro acelerado incluso con bajo tráfico.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 *Infraestructura Vial*

La infraestructura vial se define como el conjunto de obras y elementos físicos diseñados para permitir el tránsito seguro, continuo y eficiente de vehículos y peatones. Esta infraestructura integra carreteras, puentes, obras de drenaje, señalización, sistemas de control del tránsito y otras estructuras complementarias que garantizan la conectividad entre diferentes regiones y sostienen el desarrollo económico y social. Su función principal es asegurar que el transporte terrestre se realice bajo condiciones adecuadas de operación, seguridad y comodidad (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2018).

2.2.2 Pavimentos

El pavimento es una estructura conformada por capas superpuestas de materiales granulares y/o ligados, diseñadas para soportar y distribuir las cargas del tránsito hacia la subrasante. Su función principal es brindar una superficie de rodadura segura, durable y resistente al desgaste, además de garantizar confort, fricción adecuada y capacidad estructural frente a las condiciones climáticas y operacionales. El diseño de un pavimento considera factores como el tipo de suelo, el volumen de vehículos, el clima, los materiales disponibles y los criterios de desempeño, con el fin de asegurar una vida útil óptima y reducir costos de mantenimiento (American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2012)

2.2.2.1 Pavimento flexible

El pavimento flexible es una estructura conformada por una carpeta asfáltica apoyada sobre capas granulares (base y subbase), diseñada para distribuir las cargas vehiculares mediante un comportamiento predominantemente elástico. Las tensiones originadas por el tránsito se concentran en la superficie y se reducen progresivamente con la profundidad, razón por la cual la calidad de las capas superiores es determinante para el desempeño del sistema. Este tipo de pavimento es susceptible al ahuellamiento, fisuración por fatiga y deformaciones plásticas cuando las cargas superan la capacidad estructural o cuando existe presencia de humedad excesiva en la subrasante. Su desempeño está directamente relacionado con el diseño estructural, la resistencia de los materiales, la compactación y la eficiencia del drenaje (Huang Y. H., 2004).

2.2.3 Capas estructurales del Pavimento Flexible

2.2.3.1 Carpeta Asfáltica (Superficie de Rodadura)

La carpeta asfáltica es la capa superior del pavimento flexible y su función principal es proporcionar una superficie segura, lisa y resistente al desgaste. Está conformada por

mezclas asfálticas diseñadas para soportar esfuerzos de tracción, abrasión, deformaciones y cargas repetidas del tránsito. Además, actúa como barrera impermeable, evitando la infiltración de agua hacia las capas inferiores (Asphalt Institute, 2007).

2.2.3.2 Base Granular o Base Estabilizada

La base granular es una de las capas estructurales más importantes, ubicada directamente debajo de la carpeta asfáltica. Su función es distribuir las cargas, proporcionar rigidez estructural y evitar deformaciones excesivas de la superficie. Debe estar compuesta por agregados de alta calidad y cumplir requisitos de gradación, durabilidad y resistencia.

2.2.3.3 Subbase Granular

La Subbase Granular es una capa intermedia dentro de la estructura de un pavimento flexible, ubicada entre la base granular (o estabilizada) y la subrasante. Su función principal es proporcionar soporte adicional y mejorar la capacidad estructural del pavimento, garantizando que las cargas transmitidas desde los vehículos sean distribuidas de manera adecuada hacia el terreno natural (American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2012).

2.2.3.4 Subrasante (Terreno Natural o Mejorado)

La subrasante es la capa de terreno natural o mejorado que sirve como fundamento del pavimento. Es la base sobre la cual se construyen las capas superiores (subbase, base y carpeta asfáltica), por lo que su comportamiento influye directamente en la capacidad estructural, la durabilidad y el desempeño de toda la carretera. Una subrasante adecuada garantiza que las cargas vehiculares sean soportadas sin generar deformaciones excesivas ni fallas prematuras (Huang Y. , 2004).

Figura 1*Capas de un Pavimento Flexible*

Nota: Google Gemini (IA)

2.2.4 Fallas en los pavimentos flexibles

Gran parte de la tecnología desarrollada en pavimentos tiene por objeto evitar la aparición de todo un conjunto de deterioros y fallas, donde se a logrado establecer una relación causa – efecto, que permita desarrollar todo un conjunto de normas de criterio de proyecto y conservación (ABANTO, 2002).

2.2.5 Clasificación de fallas

2.2.6 Por su origen

2.2.6.1 Fallas por insuficiencia estructural

Se trata de pavimentos contruidos con material inapropiados en cuanto a resistencia o con material de buena calidad, pero de espesor insuficiente. Esta falla se produce cuando

las combinaciones de resistencia al esfuerzo cortante de cada capa y sus espesores no son los adecuados para que se establezca un mecanismo de resistencia apropiado (ABANTO, 2002).

2.2.6.2 Fallas por defectos constructivos

Se trata de pavimentos quizá bien proporcionados y con materiales superficiales resistentes, en cuya construcción se han producido errores o defectos que comprometen el comportamiento conjunto (ABANTO, 2002).

2.2.6.3 Fallas por fatiga

Son pavimentos que originalmente estuvieron quizá en condiciones apropiadas, pero por la continua repetición de las cargas de tránsito sufrieran efectos de fatiga, la degradación estructural y, en general, pérdida de resistencia y deformación acumulada (ABANTO, 2002).

2.2.7 Por el modo en que suceden y se manifiestan

La tabla presenta esta clasificación, con todas las fallas primariamente referidas a tres tipos: fractura, hinchamiento, deformación y desintegración. También se presenta una diferenciación posterior de estos tres tipos en otros según la gravedad del efecto asociados a estos las causas mecánicas más comunes y en algunas ocasiones, los orígenes son las mismas para los tres tipos de fallas principales y se relacionan siempre con el efecto de tránsito, las características y estructuración del pavimento y la naturaleza del apoyo que proporciona el terreno de fundación, pero las variables específicas principales que más influyen en cada tipo de fallas si pueden ser algo diferente. (ABANTO, 2002).

Tabla 2*Tipo y manifestaciones de las fallas de los pavimentos flexibles*

Tipo	Manifestación	Causas
Fracturamiento	Agrietamiento	Exceso de carga (insuficiencia estructural, Repetición de carga (fatiga), Cambio de temperatura, Cambio des de Humedad, Ondulamiento por fuerzas horizontales
		Destrucción por Exceso de carga, Repetición agrietamiento de carga
	Deformación	Deformación permanente Exceso de carga, Proceso de deformación viscosa

Nota: (ABANTO, 2002)

2.2.8 Definición de fallas en pavimentos flexibles

2.2.8.1 Piel de cocodrilo

Son fisuras interconectadas formando pequeños polígonos irregulares; bordes irregulares; y ángulos agudos (ABANTO, 2002).

Figura 2*Piel de Cocodrilo**Nota:* (ABANTO, 2002)**2.2.8.2 Fisuras en bloque**

Son figuras y grietas interconectadas formando grandes o pequeños polígonos, bordes regulares, ángulos vivos y netos, muchos a 90° (ABANTO, 2002).

Figura 3*Fisuras en Bloque**Nota:* (ABANTO, 2002)

2.2.8.3 Fisuras longitudinales

Son las fisuras o grietas longitudinales paralelas al eje, en general, su ubicación refleja las causas más probables en huellas de canalización de tránsito, en centro o cercanos a los bordes de calzada (ABANTO, 2002).

Figura 4

Fisura Longitudinal



Nota: (ABANTO, 2002)

2.2.8.4 Fisuras transversales

Son las fisuras o grietas rectilíneas perpendiculares al eje, de longitud variable, de repetirse a intervalos equidistantes, ver fisuras por reflexión (ABANTO, 2002).

Figura 5

Fisura Transversal



Nota: (ABANTO, 2002)

2.2.8.5 Ahuellamiento

Son las depresiones longitudinales continuas a lo largo de las huellas de canalización del tráfico de longitud mayor de 6m (ABANTO, 2002).

2.2.8.6 Hundimientos

Son las pérdidas de perfil original de presiones localizadas, fallas por corte o punzonamiento (ABANTO, 2002).

Figura 6

Hundimientos



Nota: (ABANTO, 2002)

2.2.8.7 Desplazamiento

Son levantamientos y corrimientos de material formando cordones, deformación dependiente del tiempo (ABANTO, 2002).

2.2.8.8 Deslizamiento

Corrimiento y distorsiones a veces con levantamiento, principalmente transversales al eje (ABANTO, 2002).

2.2.8.9 Ondulaciones

Son ondulaciones perpendiculares al eje con valles y crestas a los intervalos aproximadamente de 0.6m una de otra (ABANTO, 2002).

2.2.8.10 Peladuras

Son los desprendimientos de agregados de la capa asfáltica de rodamiento pueden distinguirse por peladuras superficiales desuniforme (ABANTO, 2002).

Figura 7

Peladuras



Nota: (ABANTO, 2002)

2.2.8.11 Pulimientos superficiales

son los agregados excesivamente pulidos en la superficie del pavimento, los agregados ya no cuentan con presencia de asfalto (ABANTO, 2002).

Figura 8

Pulimiento de Agregados



Nota: (ABANTO, 2002)

2.2.9 *Falla por drenaje deficiente*

El agua es uno de los principales enemigos del pavimento. Cuando no es evacuada adecuadamente, produce daños severos y acelerados.

2.2.9.1 *Humedad en los Bordes*

Es la acumulación de agua en los laterales del pavimento por falta de bombeo o cunetas colmatadas. Genera desintegración superficial y debilitamiento estructural (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2013).

Causas:

- Cunetas colmatadas.
- Falta de bombeo o pendiente transversal.
- Drenaje superficial insuficiente.

Figura 9

Humedad en los Bordes



Nota: Ruta Puno - Mañazo

2.2.10 Erosión en Cunetas, Bermas y Taludes

Ocurre cuando el agua sin control desgasta los materiales laterales, provocando pérdida de soporte del pavimento (Asphalt Institute, 2007).

Características:

- Pérdida de material granular.
- Cavidades laterales.
- Riesgo de socavación del pavimento.

Causas:

- Agua sin control.
- Falta de disipadores.
- Diseño hidráulico deficiente.

Figura 10

Erosión en Cunetas



Nota: Ruta Puno - Mañazo

2.2.10.1 *Infiltración hacia la Subrasante*

Es una de las fallas más graves porque reduce el CBR y genera problemas estructurales.

Efectos:

- Baches recurrentes.
- Deformaciones profundas.
- Asentamientos diferenciales.

2.2.10.2 *Fallas por diseño geométrico deficiente*

Estas fallas no son del pavimento en sí, pero afectan su desempeño y la seguridad vial.

Curvas Peligrosas

Las curvas peligrosas son tramos de la vía que, debido a su diseño, visibilidad limitada o sucesión, requieren que los conductores reduzcan significativamente la velocidad y extremen las precauciones para evitar accidentes. Su peligrosidad radica en la posibilidad de perder el control del vehículo si se toman a una velocidad inadecuada.

Figura 11

Curva Peligrosa



Consecuencias:

- Accidentalidad.
- Deslizamientos sobre superficie húmeda.
- Incremento del IRI.

2.2.10.3 Pendientes Excesivas

Provocan mayor esfuerzo en vehículos, pérdida de tracción y problemas de drenaje superficial.

Falta de Sobreanchos

Genera conflictos vehiculares y reduce la capacidad de maniobra.

Fallas por señalización deficiente

Aunque no afectan directamente la estructura, sí aumentan el riesgo vial y están estrechamente relacionadas con los tramos donde existe deterioro.

2.2.11 Diseño geométrico vial

El diseño geométrico vial es la disciplina de la ingeniería que determina la configuración física de una carretera mediante la definición de elementos en planta, alzado y sección transversal. Su objetivo es garantizar condiciones adecuadas de seguridad, confort, eficiencia y capacidad operativa para los usuarios, tomando en cuenta factores como la velocidad directriz, el tránsito proyectado, las características del terreno, el drenaje y la interacción vehículo-vía (American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2012).

2.2.11.1 Velocidad Directriz

La velocidad directriz es la velocidad seleccionada como base para el diseño de los elementos geométricos. A partir de ella se determinan los radios mínimos de curva, peraltes, distancias de visibilidad y pendientes. Una velocidad mal seleccionada puede ocasionar

riesgos de derrape, pérdida de control y aumento del número de accidentes (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2018).

2.2.11.2 Radios de Curva

El radio de curva determina la suavidad del giro. Radios pequeños generan fuerzas centrífugas altas que pueden causar derrapes o deslizamientos, especialmente si el pavimento está húmedo (American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2012).

2.2.11.3 Peralte

El peralte es la inclinación transversal del pavimento hacia el interior de la curva, diseñada para contrarrestar la fuerza centrífuga. Un peralte inadecuado puede ocasionar pérdida de adherencia y aumentar el IRI por deformaciones (American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2012).

2.2.11.4 Curvas de Transición

Las transiciones permiten un cambio progresivo entre rectas y curvas, mejorando la comodidad y la seguridad del usuario (American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2012).

2.2.11.5 Pendiente Longitudinal

La pendiente es la inclinación del eje vial respecto al plano horizontal. Pendientes muy altas provocan pérdida de potencia en vehículos pesados, mayor esfuerzo de frenado y riesgo de derrapes.

2.2.11.6 Ancho de Calzada y Carriles

El ancho de carril determina la seguridad en maniobras y la capacidad vial. En carreteras de dos sentidos, el estándar suele ser entre 3.00 y 3.60 m (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2018).

2.2.11.7 Bermas / Espaldones

Son áreas laterales destinadas a emergencias, soporte lateral del pavimento y drenaje superficial. Su buen estado reduce fallas como humedad en bordes y desprendimiento lateral (American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2012).

2.2.11.8 Bombeo o Corona

La calzada debe poseer una pendiente transversal hacia ambos lados para evacuar el agua. Un bombeo insuficiente incrementa fallas por humedad y acelera la degradación del pavimento (American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2012).

2.2.12 Señalización Vial

La señalización vial es el conjunto de dispositivos visuales colocados estratégicamente en la infraestructura vial con el objetivo de regular, advertir y guiar a los usuarios para lograr una circulación segura, eficiente y ordenada. Constituye un elemento fundamental del sistema de control del tránsito, ya que informa sobre las condiciones de la vía, los riesgos presentes y las prohibiciones o recomendaciones necesarias para minimizar los accidentes (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2018).

2.2.12.1 Señalización vertical

Comprende las señales colocadas sobre postes o estructuras, diseñadas para transmitir mensajes gráficos de regulación, advertencia o información a los conductores.

Se subclasifica en:

2.2.12.2 Señales reglamentarias

Indican obligaciones, restricciones o prohibiciones (p. ej., “Pare”, “Velocidad máxima”, “No adelantar”). Su incumplimiento puede generar infracciones.

2.2.12.3 Señales preventivas

Advierten sobre riesgos o condiciones peligrosas en la vía (curvas pronunciadas, badenes, zonas escolares, estrechamientos).

2.2.12.4 Señales informativas

Brindan información de orientación, servicios y destinos (rutas, distancias, hospitales, estaciones de servicio) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2018).

2.2.12.5 Señalización horizontal

Es el conjunto de marcas pintadas sobre la calzada, tales como líneas de carril, pasos peatonales, flechas, símbolos y textos, sirve para canalizar flujos vehiculares, delimitar zonas de circulación y reforzar mensajes de señales verticales (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2018).

2.2.12.6 Señalización Vertical en Mal Estado

- Señales caídas, borrosas o inexistentes.
- Disminuye la capacidad de advertencia al conductor.

Figura 12

Señalización Vertical en mal estado



Nota: Lampa - Mocco)

2.2.12.7 Señalización Horizontal Desgastada

- Líneas invisibles bajo lluvia o de noche.
- Afecta la guía del conductor.
- Se correlaciona con accidentes en zonas de curvas.

Figura 13

Señalización Horizontal deteriorada



Nota: Yunguyo - Queñuani

2.2.13 Drenaje Vial

El drenaje vial comprende el conjunto de obras, dispositivos y técnicas destinadas a captar, conducir y evacuar el agua superficial y subterránea para evitar que afecte la estructura del pavimento y las condiciones de operación de la vía. Su correcta implementación es fundamental para garantizar la durabilidad del pavimento flexible, ya que la humedad excesiva disminuye la capacidad portante de la subrasante, acelera el deterioro

de las capas granulares y favorece la aparición de fallas como ahuellamiento, baches y agrietamientos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2013).

2.2.13.1 Tipos de drenaje en carreteras

El sistema de drenaje vial se divide en drenaje superficial y drenaje subterráneo. Ambos trabajan en conjunto para evitar la acumulación de agua y proteger la estructura del pavimento (Austroads, 2016).

2.2.13.2 Drenaje superficial

Es el encargado de evacuar el agua de lluvia que cae directamente sobre la calzada. Incluye componentes que permiten el flujo superficial fuera del área vehicular.

2.2.13.3 Principales elementos:

- **Bombeo transversal (corona):** pendiente transversal que dirige el agua hacia los bordes.
- **Cunetas laterales:** recogen y conducen el agua que escurre de la calzada.
- **Canales de drenaje:** estructuras para evacuar grandes caudales.
- **Berma y espaldón:** zonas de apoyo para disipar la humedad lateral.
- **Alcantarillas:** permiten el cruce de agua bajo la vía.

Una deficiencia en estos elementos provoca acumulación de agua (encharcamiento), lo que favorece la infiltración hacia las capas del pavimento y acelera la formación de baches (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2013).

2.2.13.4 Drenaje subterráneo

Tiene como función captar y evacuar el agua que se encuentra en el subsuelo o que se infiltra desde la superficie, especialmente en zonas con suelos finos o con alto nivel freático.

2.2.13.5 Elementos principales:

- **Drenes longitudinales:** tuberías perforadas ubicadas al borde del pavimento.
- **Filtros y geotextiles:** materiales que permiten la filtración y evitan el arrastre de partículas.
- **Camas drenantes:** capas granulares con alta permeabilidad.
- **Pozos de inspección:** facilitan el mantenimiento del sistema.

Un drenaje subterráneo inapropiado genera saturación de la subrasante, pérdida de capacidad portante y hundimientos (depressions) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2013).

2.2.14 Índice de Condición de Pavimento

El Pavement Condition Index (PCI) es un indicador numérico que evalúa la condición superficial de un pavimento flexible o rígido mediante la identificación, clasificación y cuantificación de fallas. Su valor varía entre 0 (pavimento fallado) y 100 (condición excelente), y permite determinar el estado funcional del pavimento, identificar fallas críticas y priorizar intervenciones de mantenimiento y rehabilitación. El método PCI está estandarizado en la norma ASTM D6433, ampliamente utilizada por instituciones como el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE. UU. y organismos de gestión vial en diversos países. El índice se obtiene evaluando una serie de fallas como agrietamientos, ahuellamiento, desprendimiento de agregados, baches, depresiones, entre otras, considerando su tipo, severidad y densidad dentro de unidades de muestreo definidas (ASTM Internacional, 2010).

2.2.14.1 Procedimiento básico del PCI

El cálculo del PCI sigue los siguientes pasos:

- División del tramo en unidades de muestreo.

- Inspección visual para identificar fallas.
- Determinación de severidad (baja, media, alta).
- Cuantificación de área o longitud afectada.
- Cálculo de los valores de deducción (DV).
- Obtención del valor corregido de deducción (CDV).
- Cálculo del PCI final.

2.2.14.2 Clasificación del PCI

Tabla 3

Clasificación del PCI

Rango	Clasificación
100-85	Excelente
85-70	Muy bueno
70-55	Bueno
55-40	Regular
40-25	Malo
25-10	Muy malo
10-0	Fallado

Nota: ASTM Internacional (D6433)

2.3 Marco conceptual

Pavimento

Estructura formada por capas sucesivas diseñada para resistir las cargas vehiculares y distribuir los esfuerzos hacia la subrasante, garantizando una superficie segura y confortable (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2018)..

Pavimento flexible

Sistema compuesto por materiales bituminosos y capas granulares, cuyo comportamiento mecánico es predominantemente elástico (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2018).

Pavimento rígido

Estructura formada por losas de concreto hidráulico caracterizada por alta rigidez y capacidad para distribuir cargas sobre amplias áreas (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2018).

Carpeta asfáltica

Capa superior del pavimento flexible compuesta por una mezcla de agregados minerales y betún asfáltico. Proporciona adherencia, resistencia al desgaste y confort de rodadura (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2018).

Base granular

Capa estructural ubicada inmediatamente debajo de la carpeta asfáltica. Está compuesta por agregados triturados o seleccionados que distribuyen las cargas hacia la subbase (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2018).

Base estabilizada

Base granular mejorada mediante la adición de cal, cemento, asfalto o agentes químicos, lo que incrementa su resistencia mecánica y durabilidad (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2018).

Subbase granular

Capa situada entre la base y la subrasante. Contribuye a la distribución de cargas, mejora la estabilidad y favorece el drenaje interno del pavimento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2018).

Subrasante

Terreno natural o tratado que sirve como fundación de la estructura del pavimento. Su capacidad portante se mide mediante el ensayo CBR (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2018).

PCI (Pavement Condition Index)

Índice que evalúa la condición superficial del pavimento mediante la identificación, cuantificación y severidad de fallas. Su valor varía entre 0 (fallado) y 100 (excelente) (ASTM Internacional, 2024).

IRI (International Roughness Index)

Indicador que mide la irregularidad longitudinal del pavimento en m/km. Refleja el nivel de confort y la calidad de la superficie de rodadura (Sayers, Gillespie, & C. A, 1986).

Fallas viales

Deterioros que afectan la superficie o estructura del pavimento debido al tránsito, clima, drenaje deficiente o errores de construcción y diseño (ASTM Internacional, 2010).



Ahuellamiento

Deformación longitudinal que ocurre en la trayectoria del vehículo. Es consecuencia de cargas repetidas, mala compactación o debilitamiento de capas inferiores (ASTM Internacional, 2010).

Baches

Depresiones o huecos generados por la pérdida de material de la superficie. Generalmente se forman por filtraciones de agua, fatiga o disgregación de agregados (ASTM Internacional, 2010).

Agrietamientos

Fisuras en el pavimento clasificados en longitudinales, transversales, en bloque o por fatiga, los cuales indican deterioro estructural o envejecimiento (ASTM Internacional, 2010).

Piel de cocodrilo

Patrón de grietas interconectadas que forma una malla, indicando colapso estructural producido por cargas repetitivas en zonas debilitadas (ASTM Internacional, 2010).

Pérdida de agregados

Fenómeno donde la capa asfáltica pierde partículas minerales por envejecimiento del asfalto, baja adherencia o acción mecánica del tránsito (ASTM Internacional, 2010).

Exudación (bleeding)

Afloramiento de betún asfáltico hacia la superficie, producto del exceso de asfalto o altas temperaturas, disminuyendo la fricción de la calzada (ASTM Internacional, 2010).

Diseño geométrico vial

Proceso que determina la configuración física de la carretera en planta, perfil y sección transversal, garantizando seguridad, funcionalidad y eficiencia para los usuarios (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2013).

Velocidad directriz

Velocidad seleccionada como parámetro de diseño para determinar radios, peraltes, pendientes y distancias de visibilidad (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2013).

Curvas horizontales

Elementos del trazado en planta que permiten cambiar la dirección de la carretera. Se definen mediante radio, longitud y peralte (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2013).

Curvas verticales

Transiciones en el perfil longitudinal de la vía entre dos pendientes. Pueden ser convexas (crestas) o cóncavas (vaguadas) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2013).

Peralte

Inclinación transversal de la calzada en curvas horizontales destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga y mejorar la estabilidad del vehículo (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2013).

Pendiente longitudinal

Inclinación del eje de la carretera respecto al plano horizontal. Afecta la seguridad, el drenaje y el rendimiento de los vehículos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2013).

Sección transversal

Representación perpendicular a la vía donde se observan carriles, bermas, bombeo y otros elementos complementarios (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2013).

Drenaje vial

Sistema de estructuras destinadas a evacuar el agua superficial y subterránea de la carretera, protegiendo las capas del pavimento y evitando saturación (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2013).

Señalización vertical

Conjunto de señales colocadas perpendicularmente a la vía que regulan, advierten e informan al usuario (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2013).

Señalización horizontal

Marcas sobre la superficie del pavimento que guían y ordenan la circulación de los vehículos, tales como líneas, símbolos y flechas (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2013).

Cunetas

Canales laterales que permiten captar y conducir el agua superficial hacia sistemas de drenaje (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2013).

Obras de arte

Estructuras como alcantarillas, pontones y drenes transversales que permiten la conducción del agua y evitan erosión o inundaciones (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2018).

Nivel de servicio

Grado de comodidad, seguridad y funcionalidad que ofrece una carretera bajo determinadas condiciones de tránsito (NACIONAL, 2019).

Mantenimiento vial

Conjunto de actividades destinadas a conservar la infraestructura en condiciones adecuadas. Puede ser rutinario, periódico o de emergencia (American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2012).

2.4 Marco normativo

2.4.1 Normativa Nacional (MTC)

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) regula el diseño, evaluación y mantenimiento de la infraestructura vial mediante manuales y normas técnicas. Los documentos esenciales para esta investigación son los siguientes:

a) Manual de Señalización Vial – Dispositivos de Control del Tránsito (2016)

Regula:

- Señalización vertical (reglamentarias, preventivas, informativas)
- Señalización horizontal
- Dispositivos auxiliares
- Criterios de visibilidad y ubicación

Permite evaluar la condición y funcionalidad de la señalización en los tramos estudiados.

2.4.2 Normativa Internacional (ASTM, AASHTO, FHWA, PIARC)

Complementa los estándares nacionales aportando metodologías globalmente aceptadas.

a) ASTM D6433 – Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement

Condition Index (PCI)

Norma fundamental para:

- La clasificación de fallas
- Cuantificación de severidad y extensión
- Cálculo del PCI

Es la base para el análisis visual del pavimento. (ASTM Internacional, 2024)

b) ASTM D1883 – Standard Test Method for CBR

Establece:

- Procedimiento de ensayo
- Equipos requeridos
- Cálculo del CBR

Complementa la norma MTC E-051.

c) AASHTO T193 – The Moisture-Density Relation and CBR of Soils

Norma internacional equivalente a ASTM D1883. Aporta criterios adicionales de compactación y humedad.

d) AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (1993)

Documento referencia para:



- Diseño estructural de pavimentos flexibles
- Factores de tránsito, clima y subrasante
- Comportamiento mecánico de capas

Utilizado para interpretar las fallas estructurales observadas.

e) FHWA – Manual for Pavement Distress Identification

Guía para identificar:

- Tipos de fallas
- Severidad
- Mecanismos causantes

Da soporte técnico al análisis detallado del deterioro.

f) PIARC – Manual de Gestión de Pavimentos

Incluye:

- Estrategias de mantenimiento
- Evaluación del ciclo de vida
- Sistemas de gestión vial

Útil para la propuesta de mejoramiento técnico.

2.4.3 Marco legal aplicable

a) Ley N.º 27181 – Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre

Promueve seguridad vial, conservación de infraestructura y tránsito vehicular eficiente.

b) Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial

Establece lineamientos para operación, conservación y evaluación técnica de carreteras.

c) Política Nacional de Transporte Terrestre

Busca mejorar la calidad, eficiencia y sostenibilidad de la infraestructura vial.

2.4.4 Relevancia del marco normativo para la investigación

El uso de estas normas garantiza que el diagnóstico del pavimento y el análisis de drenaje, geometría y señalización se realicen:

- Bajo estándares técnicos reconocidos
- Con procedimientos verificables y comparables
- Con validez estructural y operativa
- Según reglamentos vigentes en el Perú

Permite además justificar técnicamente las propuestas de intervención y asegurar su viabilidad.



CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, porque busca resolver un problema real asociado al estado de la infraestructura vial de los tramos Puno–Mañazo, Yunguyo–Queñuani y Yunguyo–Villa Santa Rosa, proponiendo medidas técnicas de mejoramiento basadas en los resultados obtenidos.

3.2 Nivel de investigación

El nivel de investigación es descriptivo–evaluativo.

Descriptivo, porque se identifican y caracterizan las fallas superficiales, el estado del drenaje y la señalización vial.

Evaluativo, porque se analiza la condición de cada componente para determinar su influencia en el funcionamiento de las carreteras y establecer medidas de mejoramiento técnico.

3.3 Diseño de la investigación

El diseño es no experimental, transversal y descriptivo:

- **No experimental**, porque no se manipulan variables, sino que se observan tal como se presentan en el contexto real.
- **Transversal**, porque la recolección de datos se realiza en un único periodo.

- **Descriptivo**, porque se analiza el estado de la infraestructura vial mediante observación directa y fichas técnicas.

Esquema del diseño:

M→O

donde:

M = Muestra (tramos viales estudiados)

O = Observación, registro y medición del estado del pavimento, drenaje y señalización.

3.4 Población

La población está conformada por la totalidad de la infraestructura vial de la región Puno, correspondiente a vías departamentales y locales.

Figura 14

Departamento de Puno



Nota: Google Maps

3.5 Muestra

La muestra está constituida por tres carreteras seleccionadas por su importancia funcional y reportes de deterioro:

3.5.1 Caracterización general de los tramos analizados

En esta sección se presenta una descripción técnica de los tramos seleccionados en la muestra. El propósito es contextualizar las condiciones iniciales de cada vía.

Carretera Puno – Mañazo

Tabla 4

Características Puno-Mañazo

Ubicación	Altitud	Longitud.	Clima predominante	Características del entorno	Relevancia funcional	Problemas principales
Provincia de Puno, región Puno	3 820 – 4 100 m s. n. m.	30 km	Frío de altura, heladas, temperaturas bajo 0 °C	Terreno ondulado, pastizales, escorrentía superficial	Conecta Puno con Mañazo; uso para transporte local y ganadero	Grietas térmicas, baches, pérdida de agregados, drenaje insuficiente, señalización desgastada

Nota: Google Maps

Carretera Yunguyo – Queñuani



Tabla 5

Características Yunguyo-Queñuani

Ubicación	Altitud m s. n. m.	Longitud	Clima predominante	Características del entorno	Relevancia funcional	Problemas principales
Provincia de Yunguyo, región Puno	3 825 – 3 900 m s. n. m.			12 km	Terreno Altiplánico húmedo, agrícolas, cercanía a cuerpos de agua	Cunetas colmatadas, erosión lateral, señalización deficientes, desgaste de pintura

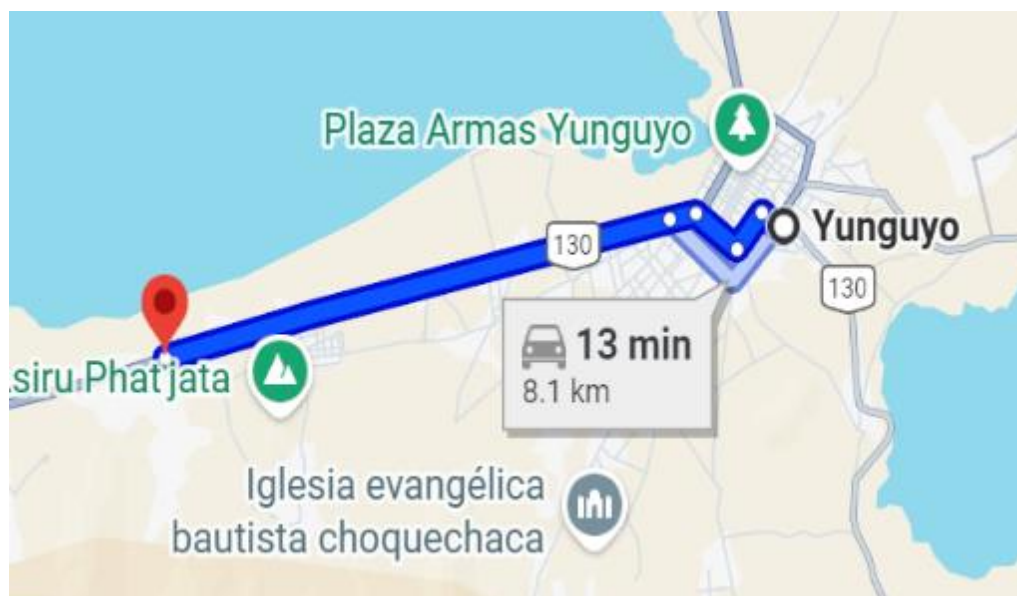
Tabla 7

Tramo Puno- Mañazo



Tabla 6

Tramo Yunguyo-Queñuani



Nota: Google Maps

3. Carretera Yunguyo – Villa Santa Rosa

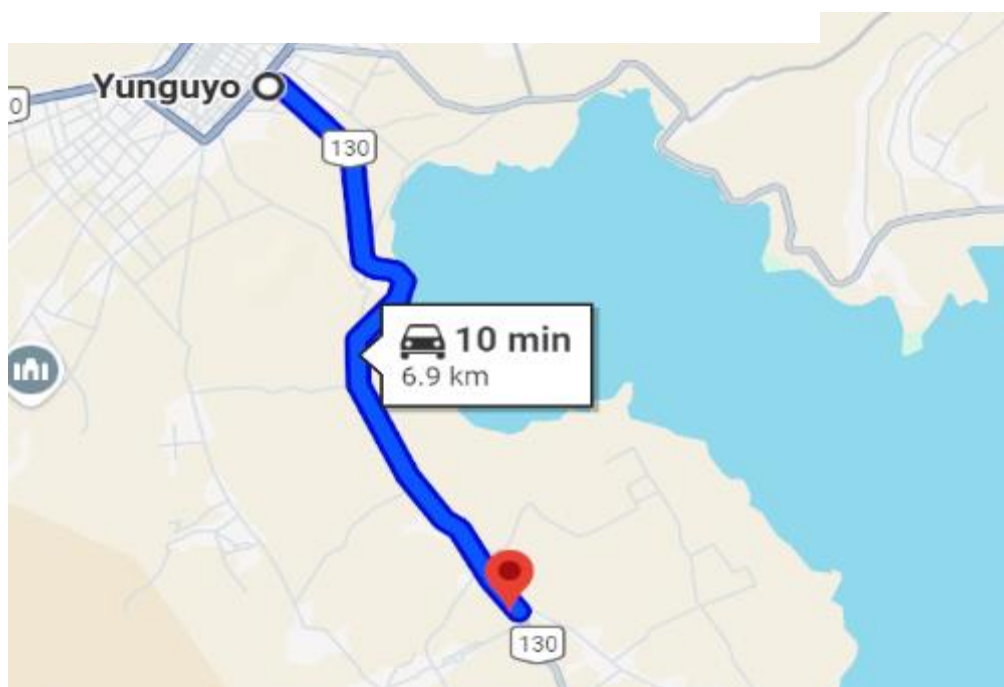
Tabla 8

Características Yunguyo Villa Santa Rosa

Ubicación	Altitud aprox.	Longitud.	Clima predominante	Características del entorno	Relevancia funcional	Problemas principales
Provincia de Yunguyo, región Puno	3 820 – 3 900 m s. n. m.	16 km	Frío y húmedo, lluvias estacionales, vientos	Topografía suave, áreas agrícolas, escorrentías temporales	Conecta Yunguyo con Villa Santa Rosa; ruta estratégica para transporte rural	Acumulación de agua, fallas superficiales, señalización deficiente, baja visibilidad nocturna

Tabla 9

Tramo Yunguyo-Villa Santa Rosa



Nota: Google Maps

3.6 Técnicas de recolección de información

Se emplearon las siguientes técnicas:

3.6.1 *Observación directa*

Para identificar y clasificar fallas superficiales del pavimento, evaluar el drenaje y revisar la señalización vial.

3.6.2 *Medición en Campo*

Para determinar áreas afectadas, niveles de severidad, número de fallas por km y grado de colmatación.

3.6.3 *Registro Fotográfico*

Para documentar con evidencia visual el estado de pavimento, drenaje y señalización.

3.6.4 *Análisis Documental*

Para estructurar propuestas de mejora técnica basadas en normas, manuales y literatura especializada (MTC, Provias, ASTM, AASHTO)..

3.7 Instrumentos

Los instrumentos utilizados fueron:

- Ficha de evaluación de fallas del pavimento (adaptada de PCI – ASTM D6433).
- Ficha de inspección de drenaje superficial.
- Ficha de inventario y evaluación de señalización vial.
- Cámara fotográfica o smartphone para el registro visual.
- Cinta métrica para mediciones.
- Matriz de priorización técnica para proponer mejoras.

3.8 Procedimiento metodológico

- Recolección de información previa (mapas, reportes de Provías y DRTC–Puno).

- Planificación del trabajo de campo (definición de tramos y logística).
- Aplicación de fichas de pavimento, drenaje y señalización en campo.
- Clasificación de fallas según tipo y severidad.
- Análisis del estado del drenaje (colmatación, capacidad, continuidad).
- Evaluación de la señalización según visibilidad, estado y ubicación.
- Procesamiento de datos mediante tablas y gráficos comparativos.
- Determinación de problemas prioritarios por tramo.
- Elaboración de propuestas de mejoramiento técnico.

3.9 Métodos de análisis

Para analizar la información obtenida en campo sobre las fallas del pavimento, el drenaje y la señalización vial, se utilizarán tablas y gráficos estadísticos, los cuales permiten organizar, comparar y visualizar claramente los resultados de cada tramo evaluado. El análisis se realizará de la siguiente manera:

3.9.1 Preparación y organización de la información

Los datos recogidos en las fichas PCI, fichas de drenaje y fichas de señalización serán revisados y ordenados por:

- Tramo
- Unidad de muestreo
- Tipo de elemento (pavimento, drenaje, señalización)

La información se trasladará a tablas de registro en hojas de cálculo (por ejemplo, en Excel), diferenciando:

- Fallas del pavimento

- Elementos de drenaje
- Señalización horizontal y vertical

3.9.2 *Análisis del pavimento mediante el PCI*

Para cada unidad de muestreo se realizará lo siguiente:

Identificar tipo de falla

A partir de la norma ASTM D6433 identificamos los tipos de fallas, severidad y su área.

Cálculo de densidad de fallas

- A partir de la ficha PCI se calculará la densidad (%) de cada tipo de falla (área fallada / área de la unidad $\times 100$).

Obtención de los Deduct Values (DV)

- Utilizando las curvas y tablas del método PCI (ASTM D6433), se obtendrá el DV correspondiente a cada tipo de falla según su densidad y severidad.

Cálculo del TDV, CDV y PCI

- Se sumarán los DV para obtener el Total Deduct Value (TDV).
- Se determinará el Corrected Deduct Value (CDV) según el número de DV significativos.
- Finalmente, se calculará el PCI de cada unidad:

$$PCI=100-CDV$$

3.9.3 *Análisis del drenaje superficial*

A partir de la ficha de drenaje se registrará para cada tramo:

- Estado de cunetas (bueno, regular, malo)

- Grado de colmatación (%)
- Estado de alcantarillas (operativas / no operativas)
- Puntos con agua estancada (número por kilómetro)

Se elaborarán tablas resumen por tramo, donde se indicará:

- % de cunetas en buen/regular/mal estado
- % de alcantarillas operativas
- Número de puntos con estancamiento

3.9.4 Análisis de la señalización vial

Con la ficha de señalización se evaluará para cada tramo:

- Señalización horizontal: porcentaje de marcas visibles, nivel de desgaste.
- Señalización vertical: número de señales por km, estado físico, reflectancia, ubicación.

Se elaborarán tablas por tramo, indicando:

- % de demarcación visible
- % de señales en buen/regular/mal estado
- número de señales por kilómetro

3.9.5 Integración del análisis y formulación de propuestas

Finalmente, se integrarán los resultados de:

- **PCI del pavimento**
- **Estado del drenaje**
- **Condición de la señalización**



mediante cuadros comparativos, con el fin de:

- Identificar los tramos o sectores con mayor deterioro y riesgo.
- Relacionar fallas del pavimento con deficiencias de drenaje y señalización.
- Establecer prioridades de intervención.
- Formular propuestas de mejoramiento técnico específicas para:
 - ✓ Pavimento (bacheo, recapado, rehabilitación, etc.)
 - ✓ Drenaje (limpieza de cunetas, reparación o ampliación de alcantarillas, perfilado)
 - ✓ Señalización (repintado, reposición, mejora de reflectancia y ubicación)

De esta manera, el método de análisis permitirá pasar de los datos de campo a conclusiones claras y propuestas técnicas justificadas para las carreteras estudiadas.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Identificar las fallas superficiales en el pavimento tramo Puno-Mañazo

Tabla 10

PCI del tramo Puno-Mañazo

Nº de Muestras	Area de la Muestra(m)	PCI de tramo	Muestra * PCI
1	240	23	5520
2	240	26	6240
3	240	25	6000
4	240	36	8640
5	240	34	8160
6	240	29	6960
7	240	33	7920
8	240	42	10080
9	240	41	9840
10	240	54	12960
11	240	43	10320
12	240	26	6240
13	240	62	14880
TOTAL=	3120		113760

utilizando la siguiente formula:

$$PCI_a = \Sigma_{i=1}^m (PCI_{ai} \times A_{ai}) / \Sigma_{i=1}^m A_{ai}$$
$$PCI = \frac{113760}{3120} = 37$$

PCI general = 37 lo que nos da una condición Mala

El cuadro presenta los valores del Índice de Condición del Pavimento (PCI) obtenidos en las unidades de muestreo evaluadas a lo largo del tramo Puno–Mañazo, considerando un área constante de 240 m² por muestra. Los resultados muestran variabilidad en los valores de PCI, con registros que oscilan entre condiciones malas y regulares, lo que evidencia un estado heterogéneo del pavimento. A partir del cálculo del PCI ponderado por área, se obtuvo un valor promedio de PCI = 37, el cual clasifica al tramo en condición mala, indicando un nivel de deterioro significativo asociado a la presencia de fallas superficiales que afectan la funcionalidad y serviciabilidad del pavimento.

4.1.1 Identificar las fallas superficiales en el pavimento tramo Yunguyo – Queñuani

Tabla 11

PCI del tramo Yunguyo - Queñuani

Nº de Muestras	Area de la Muestra(m)	PCI de tramo	Muestra * PCI
1	240	34	8160
2	240	31	7440
3	240	48	11520
4	240	34	8160
5	240	46	11040
6	240	39	9360
7	240	42	10080
8	240	63	15120
9	240	22	5280
10	240	48	11520
TOTAL=	2400		97680

$$PCI = \frac{97680}{2400} = 41$$

PCI general = 41 lo que nos da una condición Regular

El cuadro muestra los valores del Índice de Condición del Pavimento (PCI) correspondientes a las unidades de muestreo evaluadas en el tramo Yunguyo–Queñuani, considerando un área uniforme de 240 m² por muestra. Los valores de PCI presentan variabilidad entre las distintas unidades, con registros que abarcan desde condiciones malas hasta buenas, lo que evidencia un comportamiento no uniforme del estado superficial del pavimento. Mediante el cálculo del PCI ponderado por área, se obtuvo un valor promedio de PCI = 41, el cual clasifica al tramo en condición regular, indicando la presencia de fallas superficiales de severidad moderada que afectan la funcionalidad del pavimento, aunque sin comprometer de manera crítica su capacidad de servicio.

4.1.2 Identificar las fallas superficiales en el pavimento tramo Lampa – Mocco

Tabla 12

PCI del tramo Lampa - Mocco

Nº de Muestras	Area de la Muestra(m)	PCI de tramo	Muestra * PCI
1	240	34	8160
2	240	44	10560
3	240	54	12960
4	240	36	8640
5	240	50	12000
6	240	74	17760
7	240	61	14640
8	240	38	9120
9	240	47	11280
TOTAL=	2160		105120

$$PCI = \frac{105120}{2160} = 49$$



PCI general = 41 lo que nos da una condición Regular

El cuadro presenta los valores del Índice de Condición del Pavimento (PCI) obtenidos en las unidades de muestreo evaluadas a lo largo del tramo Lampa–Mocco, considerando un área constante de 240 m² por muestra. Los resultados evidencian variabilidad en los valores de PCI entre las distintas unidades, con registros que oscilan entre condiciones regulares y buenas, lo que refleja un estado superficial no uniforme del pavimento. A partir del cálculo del PCI ponderado por área, se obtuvo un valor promedio de PCI = 49, el cual clasifica al tramo en condición regular, indicando la presencia de fallas superficiales de severidad moderada que afectan la funcionalidad del pavimento, aunque sin comprometer de manera significativa su capacidad de servicio.

4.2 Cuadro de Drenaje – Tramo Puno – Mañazo

Tabla 13

Cuadro de Drenaje del tramo Puno - Mañazo

N.º	Elemento de drenaje	Progresiva (km)	Tipo / sección	Estado (B/R/M)	Deficiencias observadas	Recomendación técnica
1	Cuneta lateral derecha	0+000 – 2+000	Tierra trapezoidal	Malo	Colmatación por sedimentos y vegetación; flujo superficial desbordado hacia calzada.	Limpieza, reperfilado y revestimiento en puntos críticos.
2	Cuneta lateral izquierda	2+000 – 4+000	Tierra	Regular	Tramos interrumpidos, pequeños taludes erosionados.	Continuidad de cuneta y protección contra erosión.
3	Alcantarilla tubular Ø 0.90 m	2+800	Hormigón	Malo	Boca de salida parcialmente obstruida, socavación local.	Descolmatación y enrocado en salida.
4	Alcantarilla tubular Ø 1.20 m	5+100	Hormigón	Regular	Funcionamiento aceptable, sin sedimentos significativos.	Mantenimiento rutinario preventivo.

El cuadro muestra que el sistema de drenaje del tramo Puno–Mañazo presenta deficiencias en cunetas y alcantarillas, principalmente por colmatación de sedimentos, presencia de vegetación y obstrucciones parciales. Estas condiciones reducen la eficiencia del drenaje superficial y transversal, favoreciendo la acumulación de agua y contribuyendo al deterioro del pavimento.

4.3 . Cuadro de Señalización – Tramo Puno – Mañazo

Tabla 14

Cuadro de Señalización del tramo Puno-Mañazo

N.º	Tipo de señal	Ubicación / Progresiva	Estado (B/R/M)	Deficiencia principal	Recomendación
1	Preventiva: “Curva peligrosa”	1+150 (Curva 1)	Malo	Placa oxidada, baja reflectancia, parcialmente inclinada.	Reposición de señal con lámina reflectiva tipo III.
2	Preventiva: “Pendiente”	4+200	Ausente	No se advierte pendiente > 8%, riesgo en época de lluvia.	Colocar señal P-21 y panel de longitud de tramo en rampa.
3	Reglamentaria: “Velocidad máxima 60 km/h”	0+100	Regular	Ubicación adecuada, pero con suciedad superficial.	Limpieza y verificación de visibilidad.

N.º	Tipo de señal	Ubicación / Progresiva	Estado (B/R/M)	Deficiencia principal	Recomendación
4	Horizontal: eje central continuo	0+000 – 6+000	Malo	Pintura desgastada, en varios puntos inexistente.	Repintado con pintura termoplástica reflectiva.
5	Horizontal: bordes de calzada	0+000 – 6+000	Muy malo	No se distingue límite de calzada en noche/lluvia.	Implementar líneas de borde y tachas reflectivas en curvas.

El cuadro de señalización del tramo Puno–Mañazo muestra deficiencias tanto en la señalización vertical como en la demarcación horizontal. Se identifican señales preventivas en mal estado, con pérdida de reflectividad y problemas de inclinación, así como ausencia de señalización en sectores con pendientes pronunciadas. Asimismo, la señalización horizontal presenta desgaste significativo, dificultando la correcta identificación del eje y los bordes de la calzada, especialmente en condiciones de baja visibilidad. En conjunto, estos resultados indican que la señalización existente no cumple adecuadamente su función de advertencia y guiado, lo que incrementa el riesgo para los usuarios de la vía.

4.4 Cuadro de Drenaje – Tramo Yunguyo – Queñuani

Tabla 15

Drenaje del tramo Yunguyo – Queñuani

N.º	Elemento de drenaje	Progresiva (km)	Tipo	Estado (B/R/M)	Deficiencias observadas	Recomendación técnica
1	Cuneta lateral derecha	0+000 – 2+000	Tierra	Malo	Colmatación, vegetación, erosión lateral	Revestimiento y limpieza periódica.
2	Cuneta lateral izquierda	2+000 – 4+000	Tierra	Regular	Tramos discontinuos por deslizamientos	Continuidad y protección de taludes.
3	Alcantarilla tubular	3+500	Ø 0.90 m	Malo	Entrada obstruida, socavación leve	Descolmatación y enrocado.
4	Alcantarilla tubular	5+200	Ø 1.20 m	Regular	Flujo reducido por sedimentos de río	Limpieza y protección en boca de salida.

El cuadro muestra deficiencias en cunetas y alcantarillas del tramo Yunguyo–Queñuani, principalmente por colmatación, vegetación y obstrucciones parciales. Estas condiciones reducen la eficiencia del drenaje y favorecen la acumulación de humedad, afectando el desempeño del pavimento

4.5 Cuadro de Señalización – Tramo Yunguyo – Queñuani

Tabla 16

Señalización del tramo Yunguyo – Queñuani

N.º	Tipo de señal	Ubicación / Progresiva	Estado (B/R/M)	Deficiencia detectada	Recomendación
1	Preventiva (Curva peligrosa)	1+450	Malo	Lámina deteriorada, baja reflectancia	Reponer con lámina reflectiva Tipo III.
2	Preventiva (Pendiente)	4+100	Ausente	No se advierte pendiente > 8%	Instalar señal P-21 con panel auxiliar.
3	Reglamentaria (Vel. Máx.)	0+200	Regular	Parcialmente sucia, reduce visibilidad	Limpieza / reposicionamiento.
4	Informativa (Localidad / Puente)	3+800	Ausente	No se indican puntos críticos	Instalar señalización direccional.
5	Señal horizontal (Eje central)	0+000 – 6+000	Muy Malo	Pintura desgastada, casi inexistente	Repintado con pintura termoplástica + tachas.
6	Señal horizontal (Bordes)	Todo el tramo	Muy Malo	Bordes sin demarcación visible	Implementar líneas de borde reflectivas.

El cuadro evidencia deficiencias en la señalización vertical y horizontal del tramo Yunguyo–Queñuani, destacando señales preventivas deterioradas o ausentes y demarcación horizontal en muy mal estado. Estas condiciones reducen la visibilidad, el adecuado guiado al conductor y la capacidad de advertencia, afectando la seguridad vial a lo largo del tramo evaluado

Cuadro de Drenaje – Tramo Lampa - Mocco

Tabla 17

Drenaje del tramo Lampa - Mocco

N.º	Elemento de drenaje	Progresiva (km)	Tipo	Estado (B/R/M)	Problemas observados	Recomendación
1	Cuneta lateral derecha	0+000 – 1+000	Tierra	Malo	Colmatación; erosión lateral	Limpieza y reperfilado.
2	Cuneta lateral izquierda	1+000 – 2+000	Tierra	Malo	Obstrucción total; invasión vegetal	Rehabilitación completa.
N.º	Elemento de drenaje	Progresiva (km)	Tipo	Estado (B/R/M)	Problemas observados	Recomendación
3	Alcantarilla tubular	2+500	Ø 0.90 m	Regular	Flujo reducido por sedimentos	Descolmatación y protección.
4	Alcantarilla tubular	3+200	Ø 1.20 m	Malo	Boca de salida erosionada	Enrocado y disipación de energía.

El cuadro evidencia que el sistema de drenaje del tramo Lampa–Mocco presenta deficiencias importantes, principalmente en las cunetas laterales, las cuales se encuentran colmatadas, erosionadas u obstruidas por vegetación. Asimismo, las alcantarillas tubulares muestran reducción de capacidad hidráulica debido a sedimentos y procesos de erosión en las bocas de salida. Estas condiciones afectan el adecuado escurrimiento de las aguas y representan un factor que contribuye al deterioro del pavimento.

4.6 Cuadro de Señalización – Tramo Lampa - Mocco

Tabla 18

Señalización del tramo Lampa - Mocco

N.º	Tipo de señal	Ubicación / Progresiva	Estado (B/R/M)	Deficiencia	Recomendación
1	Preventiva (Curva peligrosa)	0+300	Malo	Placa oxidada, baja reflectancia	Reponer con Tipo III.
2	Preventiva (Pendiente)	1+300	Ausente	No se advierte pendiente del 9%	Colocar señal P-21 y panel auxiliar.
3	Reglamentaria (Vel. Máx.)	2+500	Regular	Parcialmente inclinada	Reposición.
4	Informativa (Localidad / dirección)	3+200	Ausente	No orienta al conductor	Instalar señal de orientación.
5	Señalización horizontal (Eje)	Todo el tramo	Muy mala	Pintura totalmente desgastada	Repintado termoplástico.
6	Bordes de calzada	Todo el tramo	Muy mala	Bordes inexistentes	Implementar líneas y tachas reflectivas.

Tabla 19

Resumen de Drenaje Vial

Tramo	Principales deficiencias de drenaje	Efectos en el pavimento	Cumple EG– 2013	Severidad
Puno-Mañazo	Cunetas y rejillas colmatadas; encharcamiento; pendiente transversal insuficiente.	Baches, pérdida de agregados, humedad en bordes.	No cumple	Alta
	Cunetas deficientes; alcantarillas azolvadas; infiltración en bordes; erosión.	Fallas estructurales severas: PCI muy bajo, hundimientos, piel de cocodrilo.		
Yunguyo -	Cunetas erosionadas; colmatación; infiltración a capas inferiores.	Ahuellamiento, hundimientos, deterioro progresivo.	No cumple	Alta
Queñuani	Humedad en bermas; alcantarillas tapadas; escurrimiento sobre calzada.	IRI alto, deformaciones, baches.		
Lampa -	Drenaje inexistente en varios sectores; escurrimiento no encauzado.	Deterioro severo, zonas blandas, fracturas.	No cumple	Media – Alta
Mocco	Cunetas discontinuas; charcos en depresiones; pocas obras transversales.	Encharcamiento, desprendimiento de agregados, fisuras.		

4.7 Resultados de Análisis de la Señalización Vertical y Horizontal

Tabla 20

Resumen de la Señalización

Tramo	Problemas principales	Cumplimiento normativo (MTC 2018)	Severidad
Puno- Mañazo	Señales deterioradas; pintura inexistente; rejillas de tránsito sin control	No cumple	Alta
	Ausencia de señales; marcas nulas; falta de delineadores		
Yunguyo - Queñuani	Señales preventivas insuficientes; pintura desgastada; falta de tachas	No cumple	Alta
	Falta total de pintura; señales mal ubicadas		
Lampa - Mocco	Señalización inexistente; falta de todo tipo de señales		Alta
	Señales insuficientes; pintura desgastada	No cumple	Media
	Pintura desgastada; señales dañadas		

4.8 Propuesta de mejoramiento técnico

El mejoramiento técnico se plantea en función del análisis integral realizado, considerando que los tramos evaluados presentan deterioro superficial, deficiencias en el drenaje y señalización deficiente.

Tabla 21

Propuesta de mejoramiento técnico para la falla superficial del tramo Puno - Mañazo

Aspecto	Descripción
Tramo evaluado	Puno – Mañazo
PCI promedio	37
Condición del pavimento	Malo
Fallas funcionales identificadas	Fisuración severa, baches, ahuellamientos y deformaciones superficiales
Tipo de intervención	Rehabilitación funcional intensiva
Actividades de mejoramiento técnico	• Bacheo profundo en áreas localizadas• Sellado de fisuras severas y extensas• Corrección de ahuellamientos mediante fresado y reposición de mezcla• Colocación de carpeta asfáltica de refuerzo
Objetivo técnico	Recuperar la funcionalidad del pavimento y mejorar la regularidad superficial
Resultado esperado	Incremento significativo del PCI y mejora de la seguridad y confort de circulación

La propuesta de mejoramiento técnico se sustenta en el bajo valor del PCI del tramo Puno–Mañazo, el cual evidencia un deterioro funcional severo del pavimento. Las actividades planteadas buscan recuperar la funcionalidad y mejorar la seguridad y regularidad superficial de la vía.

Tabla 22

Propuesta de mejoramiento técnico para la falla superficial del tramo Lampa - Mocco

Aspecto	Descripción
Tramo evaluado	Lampa – Mocco
PCI promedio	40 – 60
Condición del pavimento	Regular
Fallas funcionales identificadas	Fisuras longitudinales y transversales, baches aislados, ahuellamientos leves
Tipo de intervención	Mantenimiento funcional periódico
Actividades de mejoramiento técnico	• Sellado de fisuras • Bacheo superficial • Corrección puntual de ahuellamientos leves • Recapado asfáltico delgado
Objetivo técnico	Restituir la serviciabilidad y retardar el avance del deterioro funcional
Resultado esperado	Estabilización del deterioro y mejora gradual del PCI

La propuesta se fundamenta en la condición regular del pavimento del tramo Lampa–Mocco, evidenciada por valores de PCI entre 40 y 60. Las intervenciones planteadas buscan mantener la funcionalidad del pavimento y retardar el avance del deterioro superficial.

Tabla 23*Propuesta de mejoramiento técnico para la falla superficial del tramo Yunguyo - Queñuani*

Aspecto	Descripción
Tramo evaluado	Yunguyo – Queñuani
PCI promedio	40 – 60
Condición del pavimento	Regular
Fallas funcionales identificadas	Fisuración moderada, desprendimiento superficial, pérdida de textura
Tipo de intervención	Mantenimiento funcional preventivo
Actividades de mejoramiento técnico	• Sellado de fisuras • Aplicación de lechada asfáltica o micropavimento • Corrección superficial de zonas deterioradas
Objetivo técnico	Mejorar la condición superficial y prolongar la vida útil del pavimento
Resultado esperado	Incremento del nivel de servicio y reducción del deterioro progresivo

La propuesta se basa en la condición regular del pavimento del tramo Yunguyo–Queñuani, con valores de PCI entre 40 y 60 que evidencian deterioro superficial moderado. Las acciones planteadas permiten mejorar la condición superficial y prolongar la vida útil del pavimento.

Tabla 24*Propuesta de mejoramiento técnico para el drenaje superficial del tramo Puno - Mañazo*

Aspecto	Descripción
Tramo evaluado	Puno – Mañazo
Condición del pavimento (PCI)	Malo (PCI $\approx$ 37)
Problemas de drenaje identificados	Cunetas colmatadas, alcantarillas obstruidas, acumulación de agua sobre la calzada
Tipo de intervención	Rehabilitación y mejoramiento del sistema de drenaje
Actividades de mejoramiento técnico	• Limpieza y descolmatación de cunetas • Desobstrucción y mantenimiento de alcantarillas • Reconformación de pendientes transversales • Implementación de subdrenes en zonas críticas
Objetivo técnico	Reducir la infiltración de agua en la estructura del pavimento
Resultado esperado	Disminución del deterioro acelerado y mejora de la durabilidad del pavimento

La propuesta de mejoramiento del drenaje se fundamenta en las deficiencias identificadas en cunetas y alcantarillas del tramo Puno–Mañazo, las cuales favorecen la acumulación e infiltración de agua. Las acciones planteadas buscan reducir el deterioro acelerado y mejorar la durabilidad del pavimento.

Tabla 25

Propuesta de mejoramiento técnico para el drenaje superficial del tramo Yunguyo - Queñuani

Aspecto	Descripción
Tramo evaluado	Yunguyo – Queñuani
Condición del pavimento (PCI)	Regular (PCI 40 – 60)
Problemas de drenaje identificados	Deficiencias en cunetas, saturación de bordes del pavimento
Tipo de intervención	Mantenimiento y optimización del drenaje superficial
Actividades de mejoramiento técnico	• Limpieza y reconformación de cunetas • Rehabilitación de alcantarillas existentes • Implementación de drenaje longitudinal en zonas húmedas
Objetivo técnico	Controlar la humedad en la subrasante y capas granulares
Resultado esperado	Reducción del deterioro por humedad y mejora del desempeño del pavimento

La propuesta se basa en la condición regular del pavimento y en las deficiencias de drenaje identificadas en el tramo Yunguyo–Queñuani. Las acciones planteadas buscan controlar la humedad y reducir el deterioro del pavimento asociado a la acumulación de agua.

Tabla 26*Propuesta de mejoramiento técnico para el drenaje superficial del tramo Lampa - Mocco*

Aspecto	Descripción
Tramo evaluado	Lampa – Mocco
Condición del pavimento (PCI)	Regular (PCI 40 – 60)
Problemas de drenaje identificados	Cunetas parcialmente colmatadas, drenaje superficial deficiente
Tipo de intervención	Mantenimiento periódico del drenaje
Actividades de mejoramiento técnico	• Limpieza periódica de cunetas • Reparación de alcantarillas menores • Mejoramiento del bombeo de la calzada
Objetivo técnico	Evitar la acumulación de agua superficial
Resultado esperado	Prevención de fallas funcionales y prolongación de la vida útil del pavimento

La propuesta de mejoramiento del drenaje se fundamenta en la condición regular del pavimento y en las deficiencias superficiales identificadas en el tramo Lampa–Mocco. Las acciones planteadas buscan evitar la acumulación de agua y prevenir el desarrollo de fallas funcionales en el pavimento.

Tabla 27*Propuesta de mejoramiento técnico para la Señalización del tramo Puno - Mañazo*

Aspecto	Descripción
Tramo evaluado	Puno – Mañazo
Situación observada	Señalización vertical insuficiente o deteriorada; demarcación horizontal desgastada
Tipo de intervención	Mejoramiento integral de señalización
Actividades de mejoramiento técnico	• Reposición/instalación de señales verticales (preventivas, reglamentarias e informativas) • Pintado de línea central y bordes con material reflectante • Colocación de tachas reflectivas en zonas críticas (curvas, accesos, pendientes) • Implementación de elementos de seguridad (delineadores, hitos)
Objetivo técnico	Incrementar seguridad vial y reducir riesgo de accidentes
Resultado esperado	Mejor visibilidad nocturna y en lluvia; mayor orden y control del tránsito

La propuesta de mejoramiento de la señalización del tramo Puno–Mañazo se fundamenta en las deficiencias observadas en la señalización vertical y horizontal. Las acciones planteadas buscan incrementar la seguridad vial, mejorar la visibilidad y fortalecer el control del tránsito.

Tabla 28*Propuesta de mejoramiento técnico para la Señalización del tramo Lampa - Mocco*

Aspecto	Descripción
Tramo evaluado	Lampa – Mocco
Situación observada	Señales verticales parcialmente deterioradas; demarcación horizontal con pérdida de visibilidad
Tipo de intervención	Mantenimiento y reforzamiento de señalización
Actividades de mejoramiento técnico	• Mantenimiento y reposición puntual de señales verticales deterioradas • Repintado de demarcación horizontal (eje, bordes, zonas de adelantamiento prohibido) • Señalización específica en curvas y cruces (chevrone, señales de reducción de velocidad)
Objetivo técnico	Mantener condiciones adecuadas de guiado y control del tránsito
Resultado esperado	Mejora del nivel de seguridad y confort de conducción

La propuesta de señalización del tramo Lampa–Mocco se fundamenta en el deterioro parcial de las señales verticales y la pérdida de visibilidad de la demarcación horizontal. Las acciones planteadas buscan reforzar el guiado del conductor y mejorar la seguridad vial del tramo.

Tabla 29*Propuesta de mejoramiento técnico para la Señalización del tramo Yunguyo - Queñuani*

Aspecto	Descripción
Tramo evaluado	Yunguyo – Queñuani
Situación observada	Señalización preventiva insuficiente; marcas viales desgastadas o discontinuas
Tipo de intervención	Reforzamiento de señalización preventiva y demarcación
Actividades de mejoramiento técnico	• Instalación de señales preventivas en sectores críticos (curvas, pendientes, zona urbana o escolar si aplica) • Demarcación horizontal reflectante (línea central y bordes) • Colocación de delineadores/hitos en tramos con baja visibilidad
Objetivo técnico	Mejorar la advertencia temprana y la orientación del conductor
Resultado esperado	Mayor seguridad en condiciones de baja visibilidad y reducción de maniobras riesgosas

La propuesta de señalización del tramo Yunguyo–Queñuani se fundamenta en la insuficiencia de señalización preventiva y el desgaste de la demarcación horizontal. Las acciones planteadas buscan mejorar la advertencia temprana y la orientación del conductor, incrementando la seguridad vial.

CONCLUSIONES

Conclusión 1

En los tramos analizados predominan fallas de tipo agrietamiento (fisuras longitudinales y transversales, fisuración tipo piel de cocodrilo y fisuras en bloque), baches, hundimientos y pérdida de agregados, lo que evidencia un deterioro generalizado tanto estructural como funcional del pavimento. El análisis del PCI muestra que el tramo Puno–Mañazo presenta un PCI general de 37, clasificado como condición mala; mientras que el tramo Yunguyo–Queñuani alcanza un PCI general de 41, correspondiente a condición regular, evidenciando deterioro moderado. En el caso del tramo Lampa–Mocco, los resultados lo ubican dentro del rango de PCI 40–60, lo que también indica una condición regular con deterioro moderado.

Conclusión 2

Ninguno de los tramos evaluados cumple con los criterios mínimos establecidos por el MTC para drenaje superficial (EG–2013). Se identificaron cunetas colmatadas o erosionadas, alcantarillas obstruidas, escurrimiento no encauzado y presencia frecuente de encharcamientos en calzada y bermas. Estas deficiencias de drenaje se relacionan directamente con la aparición y agravamiento de fallas como baches, ahuellamientos, humedad en bordes y pérdida de agregados, confirmando que el agua es uno de los agentes más determinantes en el deterioro acelerado del pavimento en los tramos estudiados.

Conclusión 3

La señalización en las tres carreteras es insuficiente y, en la mayoría de los casos, no cumple con las exigencias del MTC 2018. Se evidenció ausencia de señales preventivas y reglamentarias en zonas críticas, placas deterioradas con baja reflectancia, marcas horizontales totalmente desgastadas y carencia de tachas o dispositivos complementarios de seguridad. Esta situación incrementa el riesgo de siniestros viales, especialmente en

condiciones de baja visibilidad, y demuestra que la señalización no acompaña el nivel de servicio esperado ni las características geométricas de los tramos analizados.

Conclusión 4

El análisis integral de PCI, drenaje y señalización permitió formular propuestas diferenciadas por nivel de deterioro. Para el tramo Puno–Mañazo, con PCI bajo, se recomienda un reforzamiento estructural del pavimento, mediante reciclado en frío y nueva carpeta asfáltica, complementado con sellado de fisuras y corrección de deformaciones. Para los tramos Yunguyo–Queñuani y Lampa–Mocco, cuyos PCI se ubican en el rango de deterioro moderado, se propone recapeo (overlay), aplicación de slurry seal o microaglomerado y mantenimiento superficial, acompañado del sellado de fisuras de baja severidad. Asimismo, para todos los tramos se plantea la rehabilitación integral del drenaje, la renovación completa de la señalización horizontal y vertical y la implementación de un programa de mantenimiento rutinario y periódico que incluya limpieza de cunetas y alcantarillas, repintado de marcas viales y reposición de señales.

Conclusión general

En síntesis, el deterioro observado en las carreteras Puno–Mañazo, Yunguyo–Queñuani y Lampa – Mocco es el resultado de la interacción de fallas estructurales del pavimento, drenaje deficiente, limitaciones geométricas y señalización inadecuada, agravadas por la falta de un mantenimiento sistemático. La aplicación de las medidas de mejoramiento propuestas permitiría recuperar la capacidad estructural, mejorar la comodidad y seguridad de la circulación, y optimizar el desempeño global de la red vial analizada.

RECOMENDACIONES

Recomendación 1

Se recomienda implementar un programa de mantenimiento periódico basado en los resultados del Índice de Condición del Pavimento (PCI), priorizando los tramos con condición mala o regular, con el fin de evitar que el deterioro avance hacia etapas donde la rehabilitación es más costosa. Para tramos con PCI menor a 40, se aconseja ejecutar intervenciones estructurales como reciclado en frío, reposición de capas asfálticas y corrección de deformaciones, dado que el mantenimiento superficial no es suficiente para recuperar la capacidad del pavimento. Para tramos con PCI entre 40 y 60, es recomendable emplear tratamientos superficiales como slurry seal, microaglomerados y recapeos delgados, además del sellado de fisuras, con el fin de prolongar la vida útil del pavimento y retardar el deterioro. Se sugiere actualizar periódicamente la evaluación PCI, al menos cada dos años, para contar con un historial del desempeño del pavimento y planificar inversiones de manera eficiente.

Recomendación 2

Se recomienda realizar una limpieza y rehabilitación integral de cunetas, alcantarillas y sistemas de drenaje longitudinal, debido a que el agua es uno de los principales agentes que aceleran el deterioro del pavimento.

Deben ampliarse o rediseñarse los elementos de drenaje en zonas donde se evidencian encharcamientos o erosión lateral, garantizando que el escurrimiento fluya sin obstrucciones.

Implementar mantenimiento rutinario, especialmente en temporada de lluvias, para evitar colmataciones, desbordes o infiltraciones hacia la base y subrasante.

En sectores críticos, se recomienda instalar cunetas revestidas, disipadores o filtros laterales que disminuyan la erosión y protejan la estructura del pavimento.

Recomendación 3

Renovar completamente la señalización vertical, empleando láminas reflectivas de alta visibilidad (grado ingeniería o grado diamante), especialmente en curvas, pendientes y zonas urbanas.

Repintar las marcas de señalización horizontal respetando la normativa vigente, incluyendo líneas de borde, ejes, pasos peatonales y zonas de advertencia.

Incorporar dispositivos complementarios como tachas reflectivas, delineadores, hitos kilométricos y señales preventivas en zonas de alto riesgo.

Implementar un plan de mantenimiento anual de señalización, que considere reposición, limpieza y verificación de reflectancia.

Recomendación 4

Se recomienda que las instituciones responsables establezcan un sistema de gestión de pavimentos (SGP) que permita priorizar intervenciones según niveles de deterioro, tráfico, riesgos y presupuesto disponible.

Considerar la inclusión de evaluaciones estructurales complementarias (deflectometría, IRI, capacidad portante) para obtener un diagnóstico más completo del pavimento y sustentar decisiones de inversión.

Realizar estudios de tránsito actualizados para determinar si el tipo de pavimento y el espesor actual son adecuados para la demanda vehicular.

Fomentar la capacitación continua del personal encargado de la evaluación y mantenimiento vial, asegurando que se apliquen correctamente los estándares como el ASTM D6433, EG-2013 y MTC 2018.



Recomendación general

Priorizar los trabajos en temporada seca para asegurar una correcta adherencia y curado de los materiales. Mantener registros actualizados de todas las intervenciones realizadas en los tramos, lo que facilitará futuras evaluaciones y auditorías técnicas. Coordinar con municipalidades, gobiernos regionales y pobladores para garantizar el cuidado y preservación de las vías, reduciendo la acumulación de basura, invasión de bermas o vertimiento de agua sobre la calzada. Considerar en próximos estudios el análisis del impacto del clima altoandino (heladas, radiación UV, humedad) en la velocidad de deterioro del pavimento.

BIBLIOGRAFÍA

- ABANTO, J. C. (2002). *LOS PAVIMENTOS EN LAS VIAS TERRESTRES CALLES, CARRETERAS Y AEROPISTAS*. CAJAMARCA - PERU: UNICERSITARIA UNC.
- Abdualaziz, A. A., Abdalrhman, M., Amgad, H., Izzi, M. Y., & Usama, H. (2023). Predicting pavement condition index based on the utilization of machine learning techniques: A case study. *Journal of Road Engineering*, 266-278.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (2012). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*. Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).
- Apaza Condorcallo , R. (2022). *EVALUACION DEL ESTADO DE CONSERVACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO EL METODO INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO DE LA VIA CHASQUI - PILCUYO*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Apaza Cutipa, R. (2017). *Incidencia del drenaje vial en la conservación de carreteras de bajo volumen de tránsito en la región Puno*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano (UNA-Puno).
- Asphalt Institute. (2007). *MS-1: Asphalt Mix Design Methods*. Lexington: Asphalt Institute.
- ASTM Internacional. (2010). *Standard practice for roads and parking lots pavement condition index surveys (ASTM D6433)*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- ASTM Internacional. (2024). *ASTM D6433 - Practica Estandar para la Evaluacion de Pavimentos*. West Conshohocken, PA: ASTM Internacional.
- Atahui Contreras, J. C., & Morales Huamán, G. G. (2020). *Evaluación de la condición del pavimento flexible aplicando las metodologías vizir y pci para proponer alternativas de mantenimientos –Av. Malecón Checa*. Lima: Universidad Ricardo Palma.



- Austroroads. (2016). *Guide to Road Design: Part 5 – Drainage*. Sydney: Austroroads.
- Canchaco Ordoño, E. (2021). *Evaluación de Fallas en Pavimento Flexible, Aplicando Metodología PCI y Estudio de Regularidad Superficial en la Vía Plateria - Acora*. Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Ccama Choque, R. J. (2019). *Evaluación del pavimento flexible en la ruta PE-3S, tramo: Juliaca-Lampa, mediante PCI, CBR y deflexiones Benkelman*. Puno, Peru: Universidad Nacional del Altiplano (UNA-Puno).
- 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: Universidad Cesar Vallejo.
- Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de Puno. (2023). *Informe Anual de mantenimiento vial*. Puno: Gobierno Regional de Puno.
- Gobierno Regional de Puno. (2022). *Evaluación de la Infraestructura Vial Departamental*. Puno: Gobierno Regional de Puno.
- Huanca Tarazona, S., & Rojas Quispe, A. (2019). *Propuesta de mejora del diseño vial del óvalo La Curva de Chorrillos validado con el software Vissim 9.0*.
- Huang, Y. (2004). *Pavement analysis and design*. Pearson/Prentice Hall.
- Huang, Y. H. (2004). *Pavement Analysis and Design*. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall.
- M. d. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico*.
- Machaca Mamani, J. (2024). *Evaluación del estado superficial y estructural de las avenidas El Sol y El Ejército en Puno mediante PCI y deflectometría*. Puno, Peru: Universidad Nacional del Altiplano (UNA-Puno).



- Manrique Quenallata, C. (2024). *Evaluacion Superficial del Pavimento Flexible con el Metodo del Indice de Condicion del Pavimento Mediante la Fotogrametria Aerea de la Via Lampa - Caracara*. Juliaca: Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2013). *Manual de Carreteras: Auscultación y Evaluación de Pavimentos*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2013). *Manual de Carreteras: Auscultación y Evaluación de Pavimentos*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (DG-2018)*. lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de Transportes Y Comunicaciones. (2018). *Plan Nacional de Infraestructura de Transporte o Reporte de la Condicion de la Red Vial*. Lima: Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC).
- Mohamed Y., S. (2005). *Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots*.
- NACIONAL, P. (2019). *Manual de Carreteras*.
- Niño Guevara, L. F. (2021). *Correlación entre el Pavement Condition Index (PCI) y el Índice de Regularidad Internacional (IRI) para el estado del pavimento de la Av. Sáenz Peña, Chiclayo - 2021*. Lambayeque, Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (UNPRG).
- Oblitas Gastelo, B., Medina Cardozo, I., & Paredes Asalde, C. (2021). Índice de regularidad internacional e índice de condición de pavimento para definir niveles de serviciabilidad de pavimentos. *ITECKNE*, 170-175.
- Paucar Curo, E. (2019). *Evaluacion de Pavimentos Flexibles y Rigidos Aplicando las Metodologias de Inspeccion Visual de Zonas y Rutas en Rieasgo e Indice de*



Condicion del Pavimento para el Mantenimiento vial, caso la Av. Floral y Jr. Carabaya. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.

Provias Nacional. (2017). *Informe de Gestion o Estudio de Dediciencias en la Red Vial Nacional.* Lima: Provias Nacional.

Salas Alfaro, K. (2018). *Diseño geométrico vial y secciones de drenaje para el mejoramiento del tramo de carretera de la Ruta Nacional No. 707, comprendido entre San Pablo de Turrubares y la Ruta Nacional No. 27.* Cartago, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC).

Sayers, M., Gillespie, T., & C. A, Q. (1986). *The International Road Roughness Experiment: Establishing Correlation and a Calibration Standard for Measurements".*

Valdera Fernández, B. S. (2023). *Diseño Geométrico y Drenaje en Carreteras Regionales: Una Propuesta de Rediseño de la Vía en el Sector El Milagro de la Ciudad de Lambayeque.* Lambayeque, Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (UNPRG).

Vilca Callata, R., & Cuba Asillo, A. (2020). *Evaluacion Superficial en Pavimentos Flexibles Aplicando la Metodologia PCI, IRI y Deflectometria en la via AV. Floral y el Sol de la ciudad de Puno.* Puno: Universidad Nacional del Altiplano.



ANEXOS



Matriz de consistencia

Título: ANÁLISIS DE FALLAS EN LAS CARRETERAS DE LA REGIÓN DE PUNO Y PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO TÉCNICO

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
P.G.: ¿Cuál es el estado actual del pavimento y cuáles son las principales deficiencias viales (estructurales, funcionales, geométricas, de drenaje y señalización) en los tramos seleccionados de la región Puno según análisis documental?	OBJETIVO GENERAL: Evaluar el estado actual del pavimento y las deficiencias viales en los tramos seleccionados de la región Puno mediante análisis documental.	HIPÓTESIS GENERAL: El pavimento de los tramos evaluados presenta deterioro estructural y funcional significativo, acompañado de deficiencias en drenaje, diseño geométrico y señalización, evidenciado en los valores documentales de PCI, IRI, CBR y deflexiones.			
PE1: ¿Qué tipos de fallas, funcionales y de drenaje se presentan con mayor frecuencia en los tramos analizados?	OE1: Identificar los tipos de fallas estructurales, funcionales y de drenaje presentes en los tramos analizados.	HE1: Los tramos evaluados presentan fallas estructurales, funcionales y de drenaje de ocurrencia frecuente.	Variable: Fallas del pavimento.	• Tipos de fallas • Severidad • Extensión • Humedad en bordes	Técnica: Análisis documental. Instrumentos: Fichas y matrices.
PE2: ¿Cuáles son las causas técnicas, ambientales y operacionales que originan el deterioro del pavimento?	OE2: Determinar las causas técnicas, ambientales y operacionales que originan el deterioro del pavimento.	HE2: El deterioro se origina por causas técnicas, ambientales y operacionales.	Variable: Causas del deterioro.	• Tránsito • Clima	Técnica: Análisis documental. Instrumentos: Fichas técnicas.
PE3: ¿Cuál es la condición estructural y funcional del pavimento según PCI, drenaje y señalización?	OE3: Evaluar la condición vial integral mediante PCI, IRI, CBR y análisis complementario.	HE3: Los valores indican condición estructural y funcional deficiente.	Variable: Condición vial integral.	• PCI • Deflexiones • Drenaje • Geometría • Señalización	Técnica: Revisión comparativa. Instrumentos: Tablas y matrices.
PE4: ¿Qué alternativas de mejoramiento estructural, funcional, geométrico y de drenaje resultan más adecuadas?	OE4: Proponer alternativas de mejoramiento para los tramos evaluados.	HE4: Existen alternativas técnicas aplicables según el nivel de deterioro.	Variable: Mejoramiento vial.	• Intervención estructural • Correcciones de drenaje • Mejoras geométricas • Señalización	Técnica: Análisis propositivo. Instrumentos: Fichas y propuesta técnica.



PANEL FOTOGRAFICO

Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Puno-Mañazo	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-1	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabolica o por deslizamiento
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel camil-berna	14. Ahuellamiento	
5. Comutación	10. Fisuras longitudinales v transversales	15. Desolazamiento	

PASO Nº01: Identificacion de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
1	4.22	M	1.76%	16.1
1	1.35	B	0.56%	3.2
2	2.72	M	1.13%	5.1
7	5.23	A	2.18%	24
10	5.98	M	2.49%	21.4
10	6.88	A	2.87%	38.7
11	3.95	M	1.65%	19.6
11	4.52	A	1.88%	33.8
12	3.12	B	1.30%	11.8
13	4.36	M	1.82%	23.2

HDV= 38.7

q= 10

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

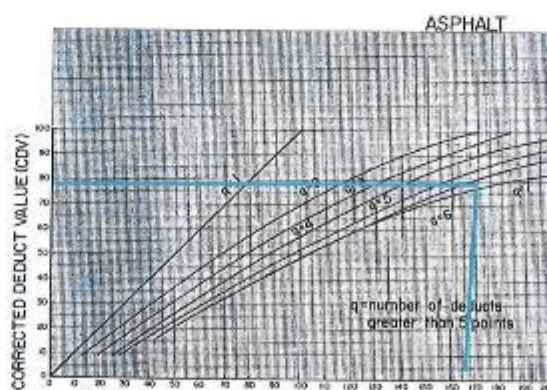
m= 6.62959184

m= 7

m	DV
1	38.7
2	33.8
3	24
4	23.2
5	19.6
6	16.1
7	11.8
TOTAL=	167.2

CDV= 77

PCI= 23



$$PCI = 100 - CDV$$

Rango	Calificación
100-95	Excelente
85-78	Muy bueno
75-65	Bueno
55-49	Regular
40-25	Malo
25-20	Muy malo
10-0	Pobres

Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Puno-Mañazo	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-2	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabolica o por deslizamiento
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel caril-berna	14. Ahuellamiento	
5. Comuación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento	

PASO N°01: Identificación de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
1	3.8	M	1.58%	15
2	1.1	B	0.46%	2.8
2	2.4	M	1.00%	10.5
7	4.95	A	2.06%	22.8
7	5.5	M	2.29%	20.3
10	6.2	A	2.58%	36.5
11	3.6	M	1.50%	18.4
11	4.2	A	1.75%	31.9
12	2.85	B	1.19%	10.9
12	4	M	1.67%	21.7

HDV= 36.5

q= 10

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

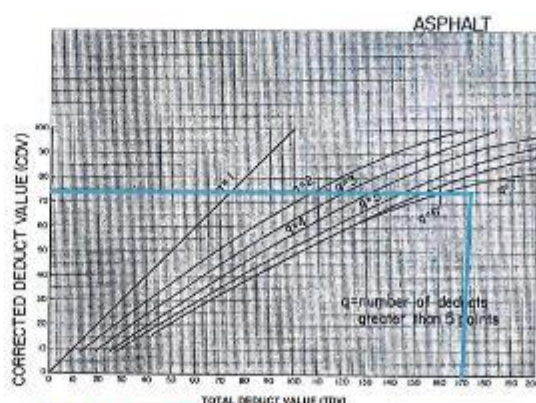
m= 6.83163265

m= 7

m	DV
1	36.5
2	31.9
3	22.8
4	21.7
5	20.3
6	18.4
7	15
TOTAL=	166.6

CDV= 74

PCI= 26



$$PCI = 100 - CDV$$

Rango	Clasificación
100-85	Excelente
85-70	Muy buena
70-55	Buena
55-40	Regular
40-25	Mala
25-10	Muy mala
10-0	Pésimo

Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Puno-Mañazo	Ancho de la Calzada= 8 m
Unidad de Muestra: UM-3	Longitud de la Vía= 30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra: 240 m2

Tipos de Falla

- | | | | |
|---------------------------------|--|---|--|
| 1. Piel de cocodrilo | 6. Depresión | 11. Parches y parches de cortes utilitarios | 16. Fisura parabolica o por deslizamiento |
| 2. Exudación | 7. Fisura de borde | 12. Agregado pulido | 17. Hinchamiento |
| 3. Fisuras en bloque | 8. Fisura de reflexión de junta | 13. Baches | 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 9. Desnivel caril-berma | 14. Ahuellamiento | |
| 5. Comuación | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desplazamiento | |

PASO Nº01: Identificación de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
1	4.5	M	1.88%	17
1	1.2	B	0.50%	3
1	2.6	M	1.08%	5
5	4.8	A	2.00%	22
7	5.7	M	2.38%	20.9
8	6.5	A	2.71%	37.6
11	3.7	M	1.54%	18.9
11	4.4	A	1.83%	32.9
13	2.9	B	1.21%	11.1
13	4.1	M	1.71%	22.3

HDV= 37.6

q= 10

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

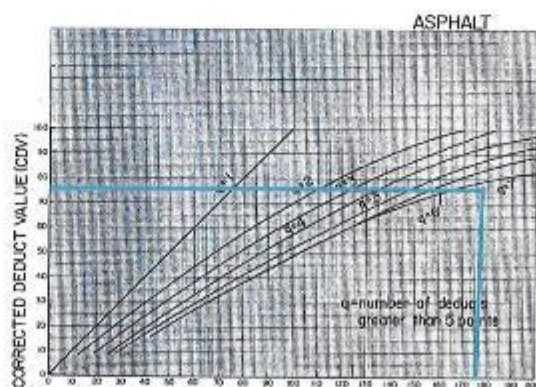
m= 6.73061224

m= 7

m	DV
1	37.6
2	32.9
3	22.3
4	22
5	20.9
6	18.9
7	17
TOTAL=	171.6

CDV= 75

PCI= 25



$$PCI = 100 - CDV$$

Range	Classification
100-85	Excellent
85-70	Very Good
70-55	Good
55-40	Fair
40-25	Poor
25-10	Very Poor
10-0	Failed

Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Puno-Mañazo	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-4	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

- | | | | |
|---------------------------------|--|---|--|
| 1. Piel de cocodrilo | 6. Depresión | 11. Parches y parches de cortes utilitarios | 16. Fisura parabolica o por deslizamiento |
| 2. Exudación | 7. Fisura de borde | 12. Agregado pulido | 17. Hinchamiento |
| 3. Fisuras en bloque | 8. Fisura de reflexión de junta | 13. Baches | 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 9. Desnivel caril-bemia | 14. Ahuellamiento | |
| 5. Comucación | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desplazamiento | |

PASO Nº01: Identificacion de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
3	2.8	M	1.17%	6.5
5	4.6	A	1.92%	22
7	3.2	M	1.33%	9.5
9	2.5	B	1.04%	4.8
10	6.9	A	2.88%	39
11	4.3	A	1.79%	32.4
13	2.9	M	1.21%	17.5

HDV= 39

q= 7

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

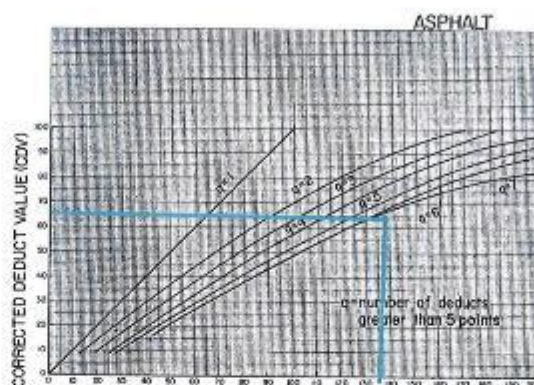
m= 6.60204082

m= 7

m	DV
1	39
2	32.4
3	22
4	17.5
5	9.5
6	6.5
7	4.8
TOTAL=	131.7

CDV= 64

PCI= 36



$$PCI = 100 - CDV$$

Rango	Calificación
10-15	Excelente
16-20	Muy Buena
21-25	Buena
26-30	Regular
31-35	Mala
36-40	Muy mala
41-45	Terrible

Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Puno-Mañazo	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-5	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

- | | | | |
|---------------------------------|--|---|--|
| 1. Pel de cocodrilo | 6. Depresión | 11. Parches y parches de cortes utilitarios | 16. Fisura parabolica o por deslizamiento |
| 2. Exudación | 7. Fisura de borde | 12. Agregado pulido | 17. Hinchamiento |
| 3. Fisuras en bloque | 8. Fisura de reflexión de junta | 13. Baches | 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 9. Desnivel carril-berna | 14. Ahuellamiento | |
| 5. Comuación | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desolazamiento | |

PASO N°01: Identificación de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
1	3.9	M	1.63%	15.8
4	2.2	B	0.92%	4.1
5	4.8	M	2.00%	11.5
7	6.1	A	2.54%	28.2
9	3.4	M	1.42%	9.3
10	7.2	A	3.00%	40
12	2.7	B	1.13%	10.5
13	3.85	M	1.60%	21

HDV= 40

q= 8

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

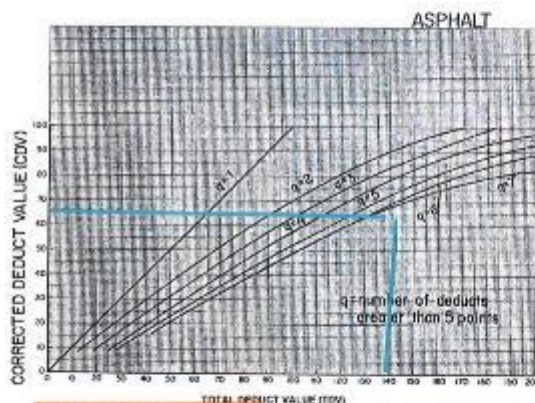
$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

m= 6.51020408

m= 7

m	DV
1	40
2	28.2
3	21
4	15.8
5	11.5
6	10.5
7	9.3
8	4.1
TOTAL=	136.3
CDV=	66

PCI= 34



$$PCI = 100 - CDV$$

Rango	Calificación
100-85	Excelente
85-70	Muy bueno
70-55	Bueno
55-40	Regular
40-25	Mala
25-10	Muy mala
10-0	Fallada

Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Puno-Mañazo	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-6	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

- | | | | |
|---------------------------------|--|---|--|
| 1. Piel de cocodrilo | 6. Depresión | 11. Parches y parches de cortes utilitarios | 16. Fisura parabólica o por deslizamiento |
| 2. Exudación | 7. Fisura de borde | 12. Agregado pulido | 17. Hinchamiento |
| 3. Fisuras en bloque | 8. Fisura de reflexión de junta | 13. Baches | 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 9. Desnivel caril-berma | 14. Ahuellamiento | |
| 5. Comuación | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desplazamiento | |

PASO N°01: Identificacion de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
1	4.25	A	1.77%	24.5
3	2.1	M	0.88%	5.8
5	3.9	B	1.63%	8.2
7	5.7	M	2.38%	14.5
8	3.3	B	1.38%	6.1
10	6.4	A	2.67%	37
11	4.8	M	2.00%	20
13	2.95	A	1.23%	33

HDV= 37

q= 8

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

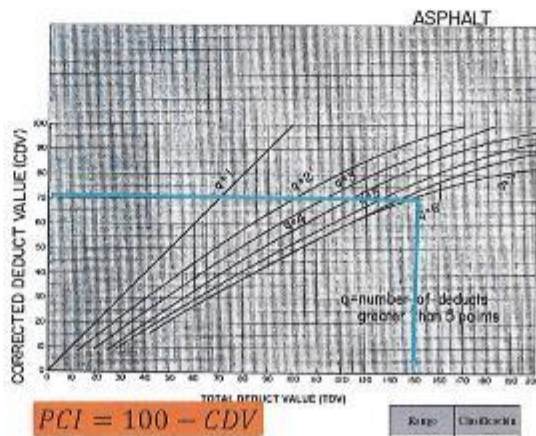
$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

m= 6.78571429

m= 7

m	DV
1	37
2	33
3	24.5
4	20
5	14.5
6	8.2
7	6.1
8	5.8
TOTAL=	143.3
CDV=	71

PCI= 29



Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Puno-Mañazo		Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra:	UM-7	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio		Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabolica o por deslizamiento
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel camil-borma	14. Ahuellamiento	
5. Comuación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento	

PASO N°01: Identificación de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
2	3.6	M	1.5	9.5
4	2.4	B	1	4
6	5.2	A	2.17	27
7	4.1	M	1.71	13.8
9	3.3	B	1.38	6.2
10	6.8	A	2.83	38.8
12	2.9	M	1.21	11.2
13	4.7	A	1.96	34.5

HDV= 38.8

q= 8

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

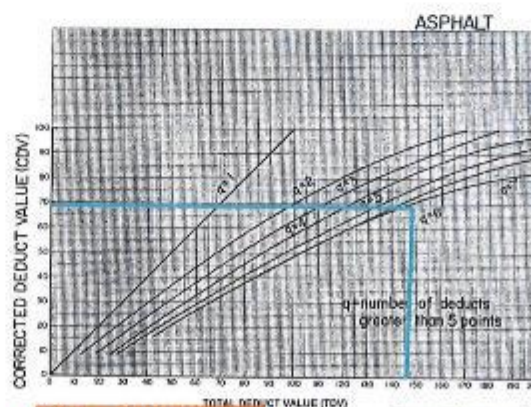
$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

m= 6.62040816

m= 7

m	DV
1	38.8
2	34.5
3	27
4	13.8
5	11.2
6	9.5
7	6.2
8	4
TOTAL=	141
CDV=	67

PCI= 33



$$PCI = 100 - CDV$$

Range	Classification
100-85	Excellent
85-70	Very Good
70-55	Good
55-40	Fair
40-25	Marginal
25-10	Unacceptable

Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Puno-Mañazo	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-8	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

- | | | | |
|---------------------------------|--|---|--|
| 1. Piel de cocodrilo | 6. Depresión | 11. Parches y parches de cortes utilitarios | 16. Fisura parabolica o por deslizamiento |
| 2. Exudación | 7. Fisura de borde | 12. Agregado pulido | 17. Hinchamiento |
| 3. Fisuras en bloque | 8. Fisura de reflexión de junta | 13. Baches | 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 9. Desnivel canil-berna | 14. Ahuellamiento | |
| 5. Corrucción | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desolazamiento | |

PASO N°01: Identificación de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
1	3.4	B	1.42	3.8
3	2.7	M	1.13	6.2
5	4.9	A	2.04	22.5
6	3.8	B	1.58	7
8	2.5	M	1.04	7.8
10	7.1	A	2.96	39.5
11	4	M	1.67	18.7
13	3.2	M	1.33	18.2

HDV= 39.5

q= 8

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

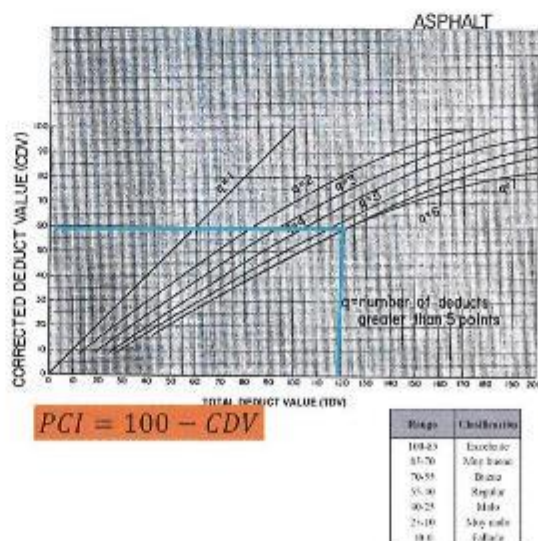
$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

m= 6.55612245

m= 7

m	DV
1	39.5
2	22.5
3	18.7
4	18.2
5	7.8
6	7
7	6.2
8	3.8
TOTAL=	119.9
CDV=	58

PCI= 42



Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Puno-Mañazo	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-9	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabólica o por deslizamiento
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel camil-berra	14. Ahuellamiento	
5. Corrosión	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento	

PASO N°01: Identificación de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
1	3.2	M	1.33	14.5
5	4.8	A	2	22
8	2.6	B	1.08	5.5
10	6.4	M	2.67	22.8
13	3.5	A	1.46	32

HDV= 32

q= 5

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

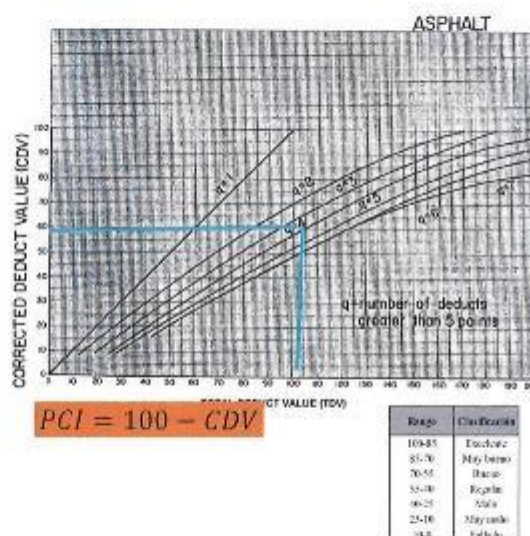
m= 7.24489796

m= 7

m	DV
1	32
2	22.8
3	22
4	14.5
5	5.5
6	2
7	2

TOTAL=	100.8
CDV=	59

PCI= 41



Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Puno-Mañazo	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-10	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabolica o por deslizamiento
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel camil-berna	14. Ahuellamiento	
5. Comuación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento	

PASO Nº01: Identificación de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
1	3.8	B	1.58	3.5
4	2.1	M	0.88	6.8
6	3.6	A	1.5	18
8	2.9	M	1.21	8.2
10	5.7	A	2.38	36.2
13	4.2	M	1.75	21.9

HDV= 36.2

q= 6

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

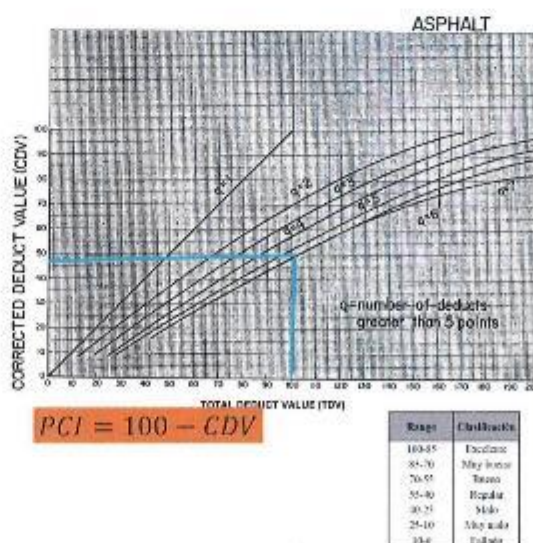
m= 6.85918367

m= 7

m	DV
1	36.2
2	21.9
3	18
4	8.2
5	6.8
6	3.5
7	2

TOTAL=	96.6
CDV=	46

PCI= 54



Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Puno-Mañazo	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-11	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

- | | | | |
|---------------------------------|--|---|--|
| 1. Pel de cocodrilo | 6. Depresión | 11. Parches y parches de cortes utilitarios | 16. Fisura parabolica o por deslizamiento |
| 2. Exudación | 7. Fisura de borde | 12. Agregado pulido | 17. Hinchamiento |
| 3. Fisuras en bloque | 8. Fisura de reflexión de junta | 13. Baches | 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 9. Desnivel camil-barras | 14. Ahuellamiento | |
| 5. Corrucción | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desplazamiento | |

PASO Nº01: Identificación de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
1	3.4	M	1.42	15.2
3	2.2	B	0.92	4.7
5	4.9	A	2.04	22.7
7	3.6	M	1.5	12.8
9	2.8	B	1.17	6
10	6.3	A	2.63	37.5
13	3.7	M	1.54	20

HDV= 37.5

q= 7

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

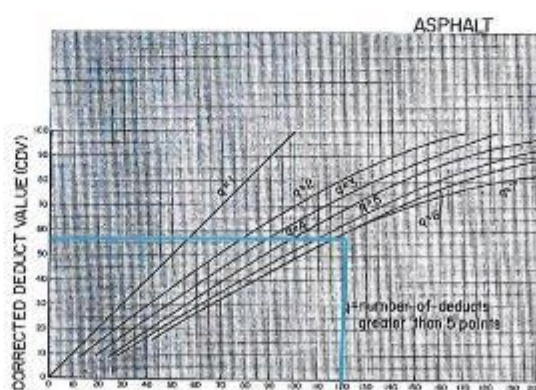
m= 6.73979592

m= 7

m	DV
1	15.2
2	4.7
3	22.7
4	12.8
5	6
6	37.5
7	20

TOTAL=	118.9
CDV=	57

PCI= 43



$$PCI = 100 - CDV$$

Range	Classification
100-85	Excellent
84-70	Very Good
69-55	Good
54-40	Satisfactory
39-25	Fair
24-10	Very Poor
9-6	Failed

Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Puno-Mañazo	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-12	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

- | | | | |
|---------------------------------|--|---|--|
| 1. Piel de cocodrilo | 6. Depresión | 11. Parches y parches de cortes utilitarios | 16. Fisura parabolica o por desizamiento |
| 2. Exudación | 7. Fisura de borde | 12. Agregado pulido | 17. Hinchamiento |
| 3. Fisuras en bloque | 8. Fisura de reflexión de junta | 13. Baches | 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 9. Desnivel caril-berma | 14. Ahuellamiento | |
| 5. Comucación | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desplazamiento | |

PASO N°01: Identificación de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
1	3.6	A	1.5	22.8
3	2.4	M	1	6
4	1.8	B	0.75	3.3
5	4.2	M	1.75	11.9
6	3.1	A	1.29	17
7	5.8	M	2.42	15
8	2.7	B	1.13	5.9
10	6.9	A	2.88	39
11	3.9	M	1.63	18.5
13	4.3	A	1.79	33.5

HDV= 39

q= 10

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

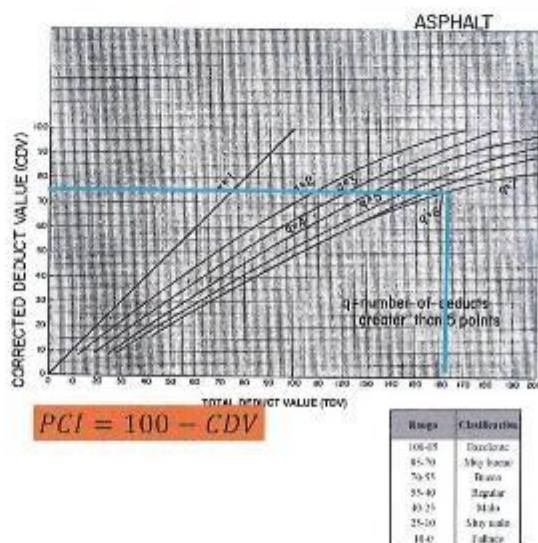
m= 6.60204082

m= 7

m	DV
1	39
2	33.5
3	22.8
4	18.5
5	17
6	15
7	11.9

TOTAL=	157.7
CDV=	74

PCI= 26



Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Puno-Mañazo	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-13	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabolica o por deslizamiento
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-borde	14. Ahuellamiento	
5. Comuación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento	

PASO N°01: Identificación de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
1	2.8	M	1.17	12.5
5	4.5	A	1.88	21.5
9	3.2	B	1.33	6.5
13	3.9	M	1.63	20.2

HDV= 21.5

q= 4

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

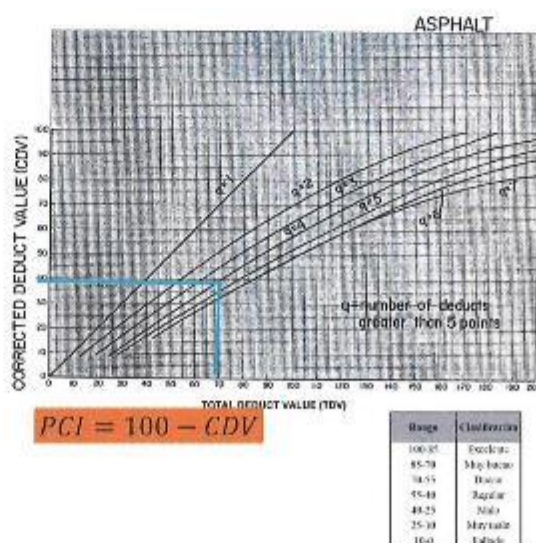
$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

m= 8.20918367

m= 8

m	DV
1	21.5
2	20.2
3	12.5
4	6.5
5	2
6	2
7	2
8	2
TOTAL=	66.7
CDV=	38

PCI= 62



Calculo del PCI del tramo

Nº de Muestras	Area de la Muestra(m)	PCI de tramo	Muestra * PCI
1	240	23	5520
2	240	26	6240
3	240	25	6000
4	240	36	8640
5	240	34	8160
6	240	29	6960
7	240	33	7920
8	240	42	10080
9	240	41	9840
10	240	54	12960
11	240	43	10320
12	240	26	6240
13	240	62	14880
TOTAL=	3120		113760

$$PCI_a = \sum_{i=1}^m (PCI_{ai} \times A_{ai}) / \sum_{i=1}^m A_{ai}$$

Entonces...

PCI=	36.4615385
------	------------

Rango	Clasificación
100-85	Excelente
85-70	Muy bueno
70-55	Bueno
55-40	Regular
40-25	Malo
25-10	Muy malo
10-0	Fallado

El PCI de todo el tramo analizado es 37

CONDICION= MALO

Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Yunguyo - Queñuani	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-1	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

- | | | | |
|---------------------------------|--|---|--|
| 1. Piel de cocodrilo | 6. Depresión | 11. Parches y parches de cortes utilitarios | 16. Fisura parabolica o por deslizamiento |
| 2. Exudación | 7. Fisura de borde | 12. Agregado pulido | 17. Hinchamiento |
| 3. Fisuras en bloque | 8. Fisura de reflexión de junta | 13. Baches | 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 9. Desnivel camil-berna | 14. Ahuellamiento | |
| 5. Comuación | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desplazamiento | |

PASO Nº01: Identificación de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
1	3.8	M	1.58	15.5
4	2.6	B	1.08	4.5
7	4.9	A	2.04	23
8	3.3	M	1.38	8
10	5.7	A	2.38	36
11	2.9	B	1.21	7
12	4.4	M	1.83	11.5
13	6.1	A	2.54	34

HDV= 36

q= 8

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

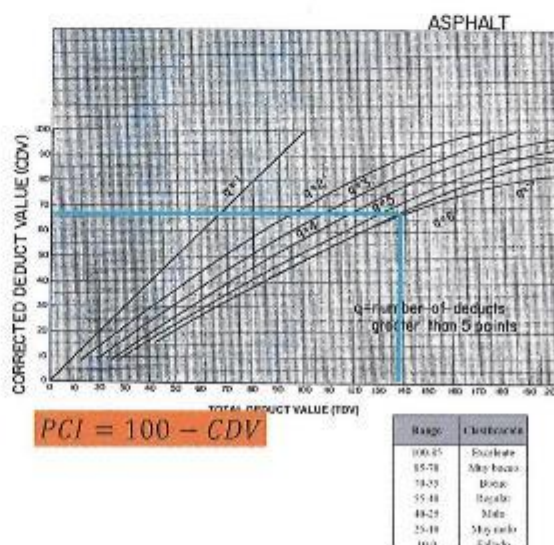
$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

m= 6.87755102

m= 7

m	DV
1	36
2	34
3	23
4	15.5
5	11.5
6	8
7	7
8	4.5
TOTAL=	139.5
CDV=	66

PCI= 34



Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Yunguyo - Queñuani	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-2	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

- | | | | |
|---------------------------------|--|---|--|
| 1. Piel de cocodrilo | 6. Depresión | 11. Parches y parches de cortes utilitarios | 16. Fisura parabolica o por deslizamiento |
| 2. Exudación | 7. Fisura de borde | 12. Agregado pulido | 17. Hinchamiento |
| 3. Fisuras en bloque | 8. Fisura de reflexión de junta | 13. Baches | 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 9. Desnivel camil-borla | 14. Ahuellamiento | |
| 5. Comucación | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desclazamiento | |

PASO Nº01: Identificación de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
1	4.2	A	1.75	23.8
2	3.1	M	1.29	9.2
3	2.8	B	1.17	5
5	5.6	A	2.33	23.8
6	3.5	M	1.46	10.2
8	2.4	B	1	5.7
9	4.8	A	2	27.5
11	3.9	M	1.63	18.5
13	5.3	A	2.21	34.8

HDV= 34.8

q= 9

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

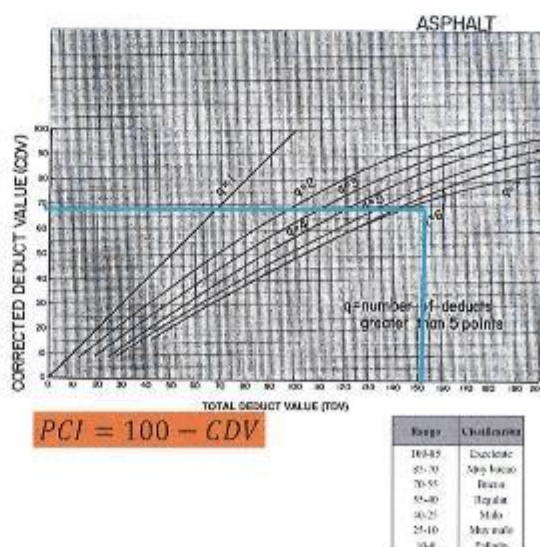
m= 6.9877551

m= 7

m	DV
1	34.8
2	27.5
3	23.8
4	23.8
5	18.5
6	10.2
7	9.2
TOTAL=	147.8

CDV= 69

PCI= 31



Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Yunguyo - Queñuani	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-3	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

- | | | | |
|---------------------------------|--|---|--|
| 1. Piel de cocodrilo | 6. Depresión | 11. Parches y parches de cortes utilitarios | 16. Fisura parabólica o por deslizamiento |
| 2. Exudación | 7. Fisura de borde | 12. Agregado pulido | 17. Hinchamiento |
| 3. Fisuras en bloque | 8. Fisura de reflexión de junta | 13. Baches | 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 9. Desnivel camil-berna | 14. Ahuellamiento | |
| 5. Corrucción | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desolazamiento | |

PASO Nº01: Identificación de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
1	3.5	M	1.46	14.8
4	2.7	A	1.13	14
6	3.1	B	1.29	6.8
7	5.2	M	2.17	14.9
9	4	B	1.67	7
10	6.6	A	2.75	38.2
12	2.9	M	1.21	11.2

HDV= 38.2

q= 7

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

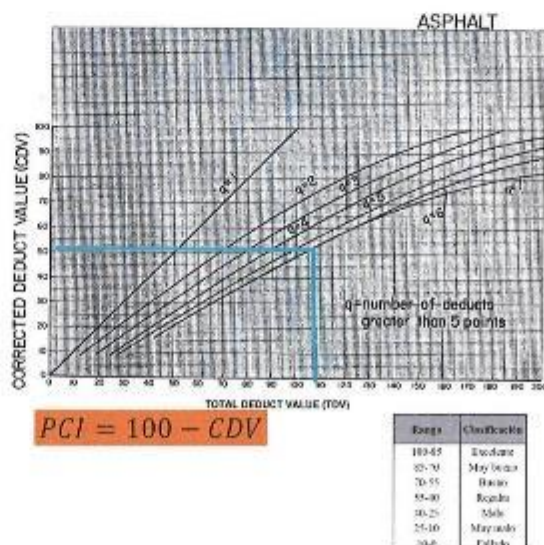
m= 6.6755102

m= 7

m	DV
1	38.2
2	14.9
3	14.8
4	14
5	11.2
6	7
7	6.8
TOTAL=	106.9

CDV= 52

PCI= 48





Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Yunguyo - Queñuani	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-4	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

- | | | | |
|---------------------------------|--|---|--|
| 1. Piel de cocodrilo | 6. Depresión | 11. Parches y parches de cortes utilitarios | 16. Fisura parabolica o por deslizamiento |
| 2. Exudación | 7. Fisura de borde | 12. Agregado pulido | 17. Hinchamiento |
| 3. Fisuras en bloque | 8. Fisura de reflexión de junta | 13. Baches | 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 9. Desnivel carril-berma | 14. Ahuellamiento | |
| 5. Comucación | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desolazamiento | |

PASO Nº01: Identificación de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
1	3.9	M	1.63	15.2
3	2.5	B	1.04	4.8
5	4.7	A	1.96	22.3
6	3.2	M	1.33	9.8
8	5.6	A	2.33	24.5
9	2.8	B	1.17	6.2
10	6.3	A	2.63	38
13	3.6	M	1.5	19.5

HDV= 38

q= 8

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

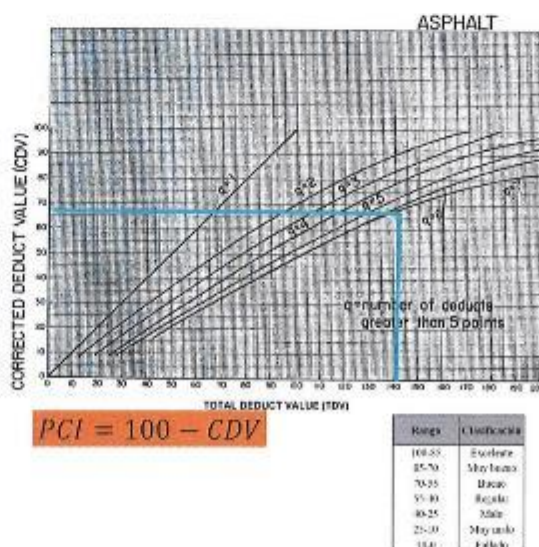
$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

m= 6.69387755

m= 7

m	DV
1	38
2	24.5
3	22.3
4	19.5
5	15.2
6	9.8
7	6.2
8	4.8
TOTAL=	135.5
CDV=	66

PCI= 34



Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Yunguyo - Queñuani	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-5	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabolica o por deslizamiento
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-bermia	14. Ahuellamiento	
5. Comocación	10. Fisuras longitudinales v transversales	15. Desolazamiento	

PASO N°01: Identificacion de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
1	4.1	M	1.71	15.9
2	2.9	B	1.21	6.8
4	3.2	A	1.33	14.8
6	4.5	M	1.88	12.5
8	3	B	1.25	5.9
10	7.2	A	3	40
13	4.8	M	2	20.8

HDV= 40

q= 7

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

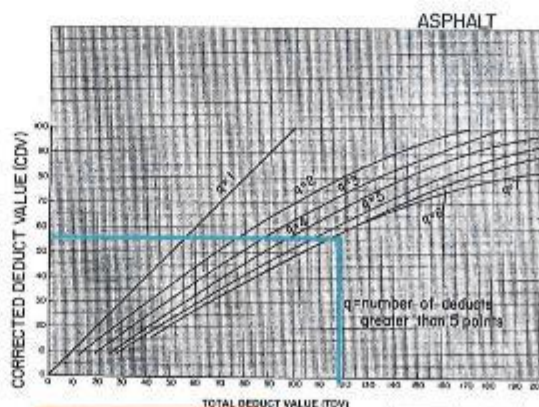
m= 6.51020408

m= 7

m	DV
1	40
2	20.8
3	15.9
4	14.8
5	12.5
6	6.8
7	5.9
TOTAL=	116.7

CDV= 54

PCI= 46



PCI = 100 - CDV

Range	Conditioning
100-55	excellent
55-50	Very Good
50-25	Good
25-10	Regular
10-0	Very poor
0-0	Failure

Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Yunguyo - Queñuani	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-6	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabolica o por deslizamiento
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel camli-bemia	14. Ahuellamiento	
5. Comuación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento	

PASO Nº01: Identificacion de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
1	3.7	M	1.54	15
3	2.2	B	0.92	4.5
4	2.8	M	1.17	7.2
5	4.4	A	1.83	21.5
7	5.1	M	2.13	14.8
8	3	M	1.25	8
9	3.9	B	1.63	7.5
10	6.8	A	2.83	39
13	4	M	1.67	20

HDV= 39

q= 9

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

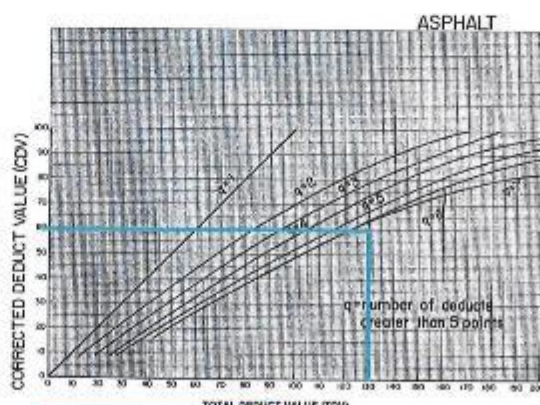
$$m = 6.60204082$$

$$m = 7$$

m	DV
1	39
2	21.5
3	20
4	15
5	14.8
6	8
7	7.5
TOTAL=	125.8

$$CDV = 61$$

$$PCI = 39$$



$$PCI = 100 - CDV$$

Rango	Calificación
100-25	Excelente
85-70	Muy Buena
70-55	Buena
55-40	Regular
40-25	Mala
25-10	Muy mala
10-0	Indefinida

Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Yunguyo - Queñuani	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-7	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

- | | | | |
|---------------------------------|--|---|--|
| 1. Piel de cocodrilo | 6. Depresión | 11. Parches y parches de cortes utilitarios | 16. Fisura parabolica o por deslizamiento |
| 2. Exudación | 7. Fisura de borde | 12. Agregado pulido | 17. Hinchamiento |
| 3. Fisuras en bloque | 8. Fisura de reflexión de junta | 13. Baches | 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 9. Desnivel camil-berma | 14. Ahuellamiento | |
| 5. Comuación | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desclazamiento | |

PASO N°01: Identificación de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
1	3.6	M	1.5	15
2	2.5	B	1.04	6.5
4	4.2	A	1.75	16
6	5.8	M	2.42	13
7	3.1	M	1.29	12
9	2.9	B	1.21	6.8
10	6.4	A	2.67	38
13	4.6	M	1.92	21

HDV= 38

q= 8

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

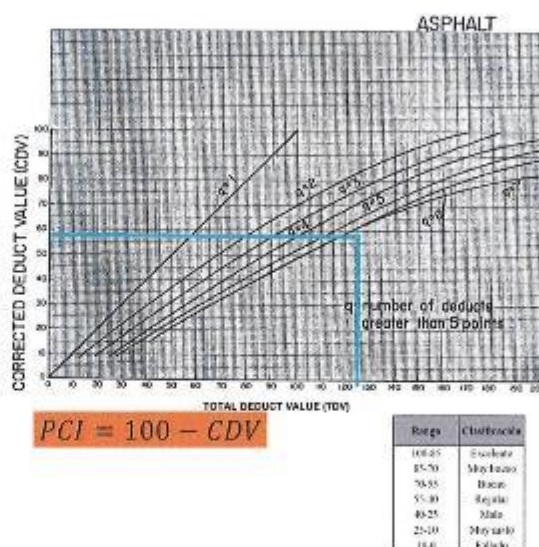
$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

m= 6.69387755

m= 7

m	DV
1	38
2	21
3	16
4	15
5	13
6	12
7	6.8
8	6.5
TOTAL=	121.8
CDV=	58

PCI= 42



Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Método PCI

Lugar: Yunguyo - Queñuani	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-8	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

- | | | | |
|---------------------------------|--|---|--|
| 1. Piel de cocodrilo | 6. Depresión | 11. Parches y parches de cortes utilitarios | 16. Fisura parabolica o por deslizamiento |
| 2. Exudación | 7. Fisura de borde | 12. Agregado pulido | 17. Hinchamiento |
| 3. Fisuras en bloque | 8. Fisura de reflexión de junta | 13. Baches | 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 9. Desnivel carril-bierna | 14. Ahuellamiento | |
| 5. Corrucción | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desplazamiento | |

PASO Nº01: Identificación de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
1	2.9	B	1.21	3.2
5	4.8	M	2	12
10	5.9	A	2.46	37
13	3.4	M	1.42	19

HDV= 37

q= 4

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

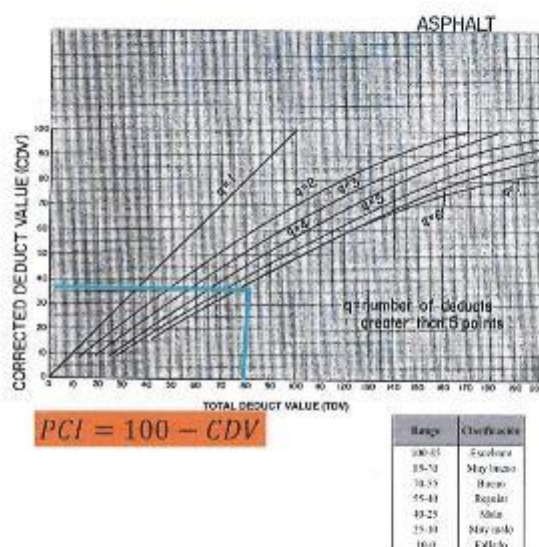
m= 6.78571429

m= 7

m	DV
1	37
2	19
3	12
4	3.2
5	2
6	2
7	2
TOTAL=	77.2

CDV= 37

PCI= 63



Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Yunguyo - Queñuani	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-9	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m ²

Tipos de Falla

- | | | | |
|---------------------------------|--|---|--|
| 1. Piel de cocodrilo | 6. Depresión | 11. Parches y parches de cortes utilitarios | 16. Fisura parabólica o por deslizamiento |
| 2. Exudación | 7. Fisura de borde | 12. Agregado pulido | 17. Hinchamiento |
| 3. Fisuras en bloque | 8. Fisura de reflexión de junta | 13. Baches | 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 9. Desnivel carril-berna | 14. Ahuellamiento | |
| 5. Corrosión | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desolazamiento | |

PASO N°01: Identificación de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
1	3.4 M		1.42	14.7
1	2.2 B		0.92	3
2	3 A		1.25	12.5
3	2.6 M		1.08	6
4	3.8 A		1.58	14.5
5	4.9 M		2.04	12.3
6	3.4 B		1.42	7
7	5.6 A		2.33	24.6
8	2.9 M		1.21	8.1
9	3.1 B		1.29	6.7
10	6.8 A		2.83	39
11	4.2 M		1.75	18.8

HDV= 24.6

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

$$m = 1 + \frac{9}{98}(100 - HDV)$$

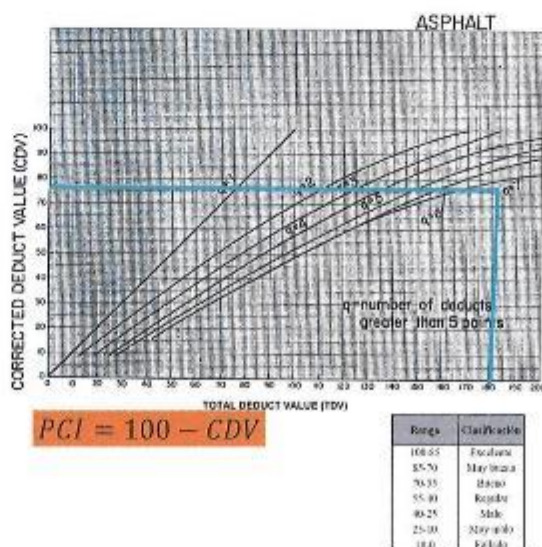
m	DV
1	39
2	33.8
3	24.6
4	18.8
5	18.5
6	14.7
7	14.5
8	12.5
TOTAL=	176.4
CDV=	78

PCI= 22

q= 10

m= 7.9244898

m= 8



Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Yunguyo - Queñuani	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-10	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

- | | | | |
|---------------------------------|--|---|--|
| 1. Piel de cocodrilo | 6. Depresión | 11. Parches y parches de cortes utilitarios | 16. Fisura parabólica o por deslizamiento |
| 2. Exudación | 7. Fisura de borde | 12. Agregado pulido | 17. Hinchamiento |
| 3. Fisuras en bloque | 8. Fisura de reflexión de junta | 13. Baches | 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 9. Desnivel caril-borra | 14. Ahuellamiento | |
| 5. Comocación | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desplazamiento | |

PASO N°01: Identificación de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
1	3.1	M	1.29	14
4	2.4	B	1	4.2
6	3.8	A	1.58	18.5
7	5.1	M	2.13	14.8
10	6.4	A	2.67	38
13	4.2	M	1.75	20

HDV= 38

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

m	DV
1	38
2	20
3	18.5
4	14.8
5	14
6	4.2

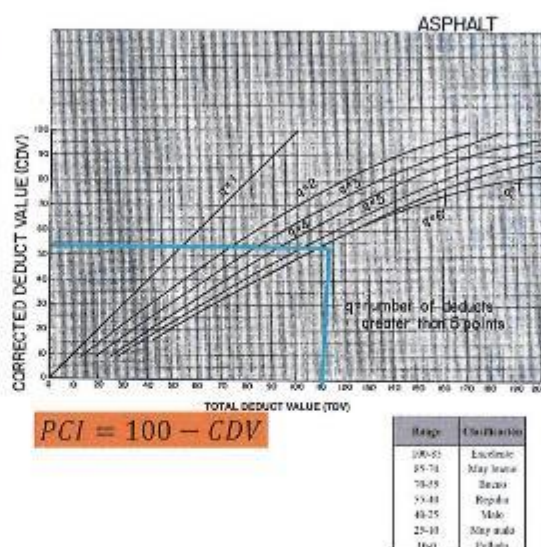
TOTAL=	109.5
CDV=	52

PCI= 48

q= 6

m= 6.69387755

m= 7



Calculo del PCI del tramo

Nº de Muestras	Area de la Muestra(m)	PCI de tramo	Muestra * PCI
1	240	34	8160
2	240	31	7440
3	240	48	11520
4	240	34	8160
5	240	46	11040
6	240	39	9360
7	240	42	10080
8	240	63	15120
9	240	22	5280
10	240	48	11520
TOTAL=	2400		97680

$$PCI_a = \sum_{i=1}^m (PCI_{ai} \times A_{ai}) / \sum_{i=1}^m A_{ai}$$

Entonces...

PCI=	40.7
------	------

Rango	Clasificación
100-85	Excelente
85-70	Muy bueno
70-55	Bueno
55-40	Regular
40-25	Malo
25-10	Muy malo
10-0	Fallado

El PCI de todo el tramo analizado es 41

CONDICION= REGULAR

Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Lampa - Mocco	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-1	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabolica o por deslizamiento
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel caril-berma	14. Ahuellamiento	
5. Comuación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desclazamiento	

PASO N°01: Identificación de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
1	3.5	M	1.46	14.6
3	2.6	B	1.08	4.8
5	4.8	A	2	22
6	3.1	M	1.29	10.5
7	5.9	M	2.46	15.2
9	2.7	B	1.13	6
10	6.3	A	2.63	38
13	4	M	1.67	19.5

HDV= 38

q= 8

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

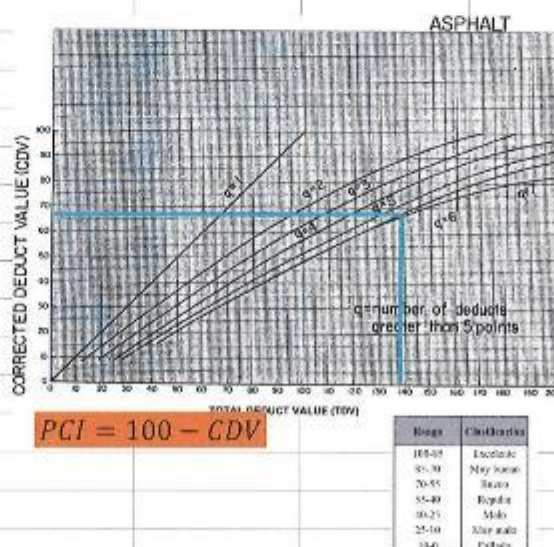
$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

m= 6.69387755

m= 7

m	DV
1	38
2	22
3	19.5
4	15.2
5	14.6
6	10.5
7	6
8	4.8
TOTAL=	130.6
CDV=	66

PCI= 34



Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Lampa - Mocco	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-2	Longitud de la Via=	30 m
Inspección Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabolica o por deslizamiento
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel camil-berma	14. Ahuellamiento	
5. Corrosión	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento	

PASO N°01: Identificación de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
1	3.2	B	1.33	3.4
2	2.8	M	1.17	9
4	4.1	A	1.71	15.8
6	3.5	M	1.46	10
8	2.6	B	1.08	5.7
9	4.8	M	2	12.5
10	6.7	A	2.79	39
13	3.6	M	1.5	19

HDV= 39

q= 8

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

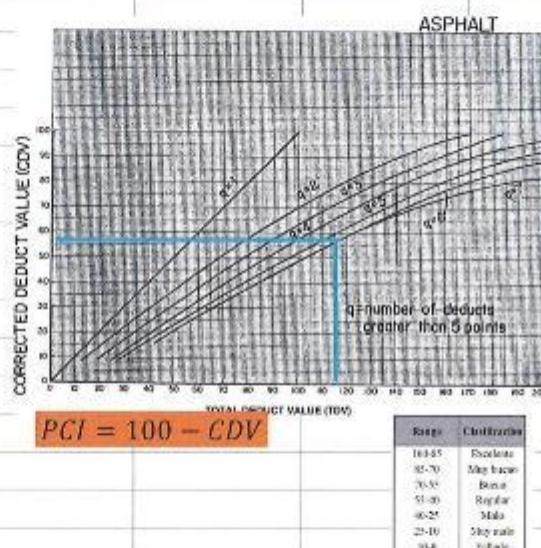
$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

m= 6.60204082

m= 7

m	DV
1	39
2	19
3	15.8
4	12.5
5	10
6	9
7	5.7
8	3.4
TOTAL=	114.4
CDV=	56

PCI= 44



Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Lampa - Mocco	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-3	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabólica o por deslizamiento
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel caril-bermia	14. Ahuellamiento	
5. Comuación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento	

PASO N°01: Identificación de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
1	2.7	M	1.13	13
5	4.5	A	1.88	21.8
10	6.2	A	2.58	38
13	3.3	B	1.38	6.5

HDV= 38

q= 4

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

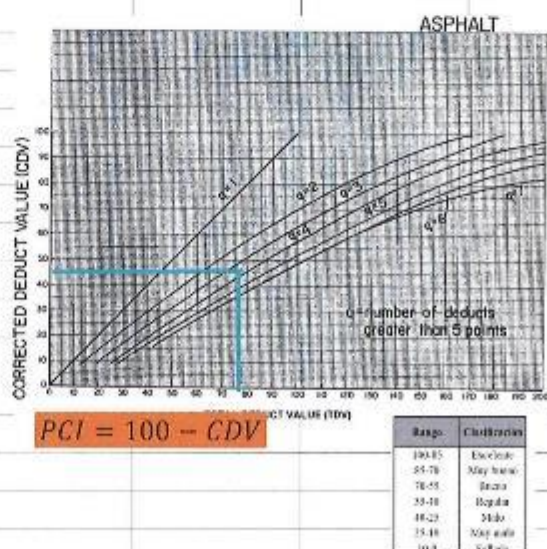
m= 6.69387755

m= 7

m	DV
1	38
2	21.8
3	13
4	6.5

TOTAL=	79.3
CDV=	46

PCI= 54





Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Lampa - Mocco	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-4	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabolica o por deslizamiento
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel camil-berna	14. Ahuellamiento	
5. Conuación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desclazamiento	

PASO Nº01: Identificación de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
1	3.1	M	1.29	13.8
2	2.4	B	1	6
3	3.2	M	1.33	6.8
4	4.1	A	1.71	15.8
5	5.3	M	2.21	12.9
6	3	B	1.25	7
8	2.8	M	1.17	8
9	4.7	A	1.96	27
10	6.5	A	2.71	38.5
13	3.9	M	1.63	19.8

HDV= 38.5

q= 10

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

m= 6.64795918

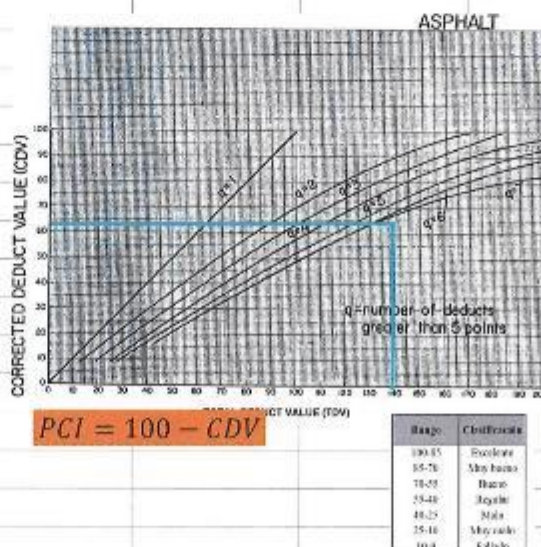
m= 7

m	DV
1	38.5
2	27
3	19.8
4	15.8
5	13.8
6	12.9
7	8

TOTAL= 135.8

CDV= 64

PCI= 36





Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Lampa - Mocco	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-5	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabolica o por deslizamiento
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento	
5. Comuación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento	

PASO N°01: Identificacion de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
1	2.9	M	1.21	13
4	3.2	B	1.33	4.5
5	4.8	A	2	22
7	5.1	M	2.13	14.8
10	6.4	A	2.67	38
13	3.6	B	1.5	6.2

HDV= 38

q= 6

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

m= 6.69387755

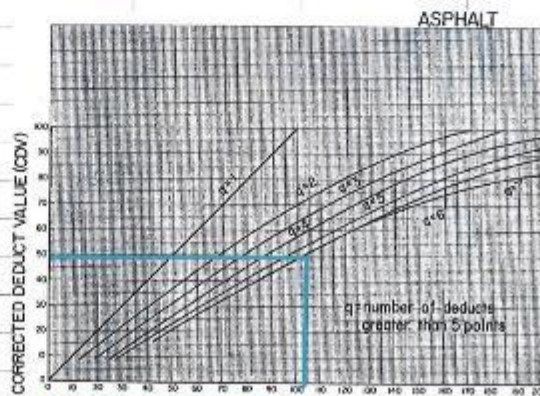
m= 7

m	DV
1	38
2	22
3	14.8
4	13
5	6.2
6	4.5
7	2

TOTAL= 100.5

CDV= 50

PCI= 50



PCI = 100 - CDV

Range	Condition
100-90	Excellent
85-70	Very Good
70-55	Good
55-40	Fair
40-25	Not Good
25-10	Very Poor
10-0	Failed



Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Lampa - Mocco	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-6	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabolica o por deslizamiento
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento	
5. Corrosión	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desclazamiento	

PASO N°01: Identificacion de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
1	2.4	M	1	12.5
10	5.8	A	2.42	37

HDV= 37

q= 2

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

m= 6.78571429

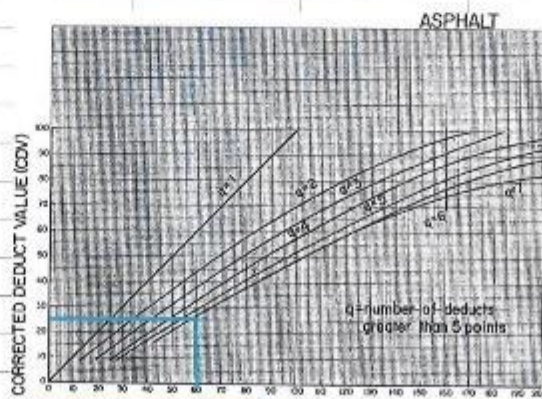
m= 7

m	DV
1	37
2	12.5
3	2
4	2
5	2
6	2
7	2

TOTAL= 59.5

CDV= 26

PCI= 74





Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Lampa - Mocco	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-7	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabólica o por deslizamiento
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento	
5. Comuación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desolazamiento	

PASO N°01: Identificación de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
2	3.1	B	1.29	6.2
4	2.8	M	1.17	7.5
6	3.6	A	1.5	18.5
9	4.2	M	1.75	12.8
13	3.4	A	1.42	33

HDV= 33

q= 5

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

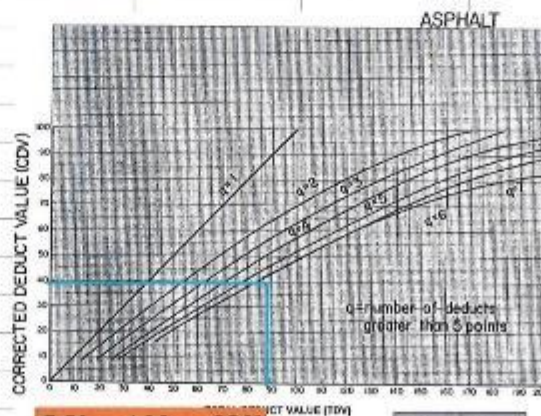
$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

m= 7.15306122

m= 8

m	DV
1	33
2	18.5
3	12.8
4	7.5
5	6.2
6	2
7	2
8	2
TOTAL=	84
CDV=	39

PCI= 61





Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Lampa - Mocco	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-8	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabólica o por deslizamiento
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berna	14. Ahuellamiento	
5. Comuación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Descolzamiento	

PASO Nº01: Identificación de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
1	3	M	1.25	13.5
3	2.5	B	1.04	4.7
5	4.6	A	1.92	21.8
7	5.2	M	2.17	15
8	2.9	M	1.21	8.2
10	6.1	A	2.54	37.2
11	3.7	M	1.54	18
12	2.8	B	1.17	10.2

HDV= 37.2

q= 8

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

m= 6.76734694

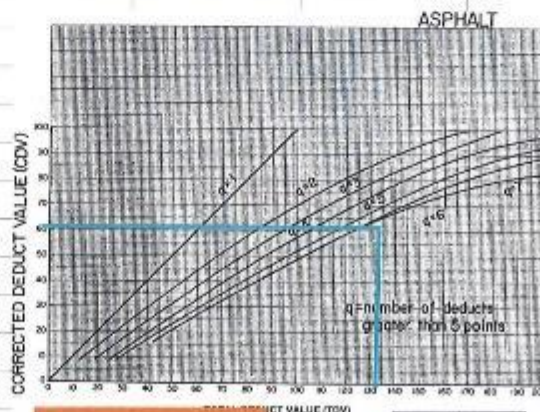
m= 7

m	DV
1	37.2
2	21.8
3	18
4	15
5	13.5
6	10.2
7	8.2

TOTAL= 123.9

CDV= 62

PCI= 38



$$PCI = 100 - CDV$$

Rango	Calificación
100-85	Excelente
85-70	Muy bueno
70-55	Buena
55-40	Regular
40-25	Mala
25-10	Muy mala
0-8	Faltoso



Hoja de Registro de Datos para Pavimentos Flexibles Mediante el Metodo PCI

Lugar: Lampa - Mocco	Ancho de la Calzada=	8 m
Unidad de Muestra: UM-9	Longitud de la Via=	30 m
Inspeccion Realizada por: Victor Ivan Maita Bonifacio	Area de la muestra:	240 m2

Tipos de Falla

1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabolica o por deslizamiento
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel caril-berna	14. Ahuellamiento	
5. Comuación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento	

PASO N°01: Identificacion de Fallas

Tipo de Falla	Area Total	Severidad	Densidad	DV
1	3.4	B	1.42	3.8
4	2.7	M	1.13	7.2
6	3.9	A	1.63	18.8
7	4.5	M	1.88	14.8
10	6.2	A	2.58	38
13	3.1	M	1.29	19

HDV= 38

q= 6

1.2 Calculamos la Cantidad de DV

$$m = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

m= 6.69387755

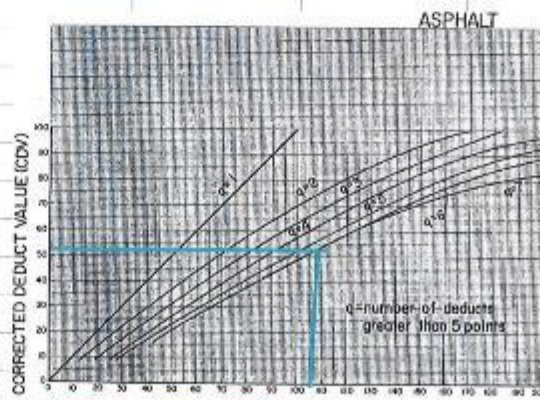
m= 7

m	DV
1	38
2	19
3	18.8
4	14.8
5	7.2
6	3.8
7	2

TOTAL= 103.6

CDV= 53

PCI= 47



$$PCI = 100 - CDV$$

Range	Classification
100-90	Excellent
85-70	Very Good
70-65	Good
55-40	Regular
40-20	Minor
15-10	Major
10-0	Failed



Calculo del PCI del tramo

Nº de Muestras	Area de la Muestra(m)	PCI de tramo	Muestra * PCI
1	240	34	8160
2	240	44	10560
3	240	54	12960
4	240	36	8640
5	240	50	12000
6	240	74	17760
7	240	61	14640
8	240	38	9120
9	240	47	11280
TOTAL=	2160		105120

$$PCI_a = \sum_{i=1}^m (PCI_{ai} \times A_{ai}) / \sum_{i=1}^m A_{ai}$$

Entonces...

PCI= 48.6666667

Rango	Clasificación
100-85	Excelente
85-70	Muy bueno
70-55	Bueno
55-40	Regular
40-25	Malo
25-10	Muy malo
10-0	Fallado

El PCI de todo el tramo analizado es 49

CONDICION= REGULAR



TRAMO:	DESCRIPCION
PUNO - MAÑAZO	FISURA LONGITUDINAL



TRAMO:	DESCRIPCION
PUNO - MAÑAZO	FISURA TRANSVERSAL



TRAMO:	DESCRIPCION
PUNO - MAÑAZO	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADO



TRAMO:	DESCRIPCION
PUNO - MAÑAZO	FALTA DE DRENAJE EN CALZADA, CUNETAS TOTALMENTE COLMATADAS, FALTA DE MANTENIMIENTO



TRAMO:	TIPO DE FALLA
PUNO - MAÑAZO	POR FALTA DE SEÑALIZACION, ACCIDENTE



TRAMO:	TIPO DE FALLA
PUNO - MAÑAZO	BACHES DE SEVERIDAD ALTO



TRAMO:	TIPO DE FALLA
PUNO - MAÑAZO	NO EXISTE PINTURA REFLECTIVA NI SEÑAL Y PAVIMENTO EN MAL ESTADO



TRAMO:	TIPO DE FALLA
PUNO - MAÑAZO	PRECENCIA DE BACHES, PINTURA REFLECTIVA EN MAL ESTADO, BARANDA DE PROTECCION EN MAL ESTADO



TRAMO:	DESCRIPCION
YUNGUYO - QUEÑUANI	FISURA LONGITUDINAL Y FALLA TIPO PIEL DE COCODRILO



TRAMO:	DESCRIPCION
YUNGUYO - QUEÑUANI	BACHE DE ALTA SEVERIDAD



TRAMO:	DESCRIPCION
YUNGUYO - QUEÑUANI	NO EXISTE SEÑALIZACION DE CURVA PELIGROSA



TRAMO:	DESCRIPCION
YUNGUYO - QUEÑUANI	DESPRENDIMIENTO DE BORDE



TRAMO:	DESCRIPCION
YUNGUYO - QUEÑUANI	FALTA DE LIMPIEZA DE CUNETAS



TRAMO:	DESCRIPCION
YUNGUYO - QUEÑUANI	DESPRENDIMIENTO DE BORDES



TRAMO:	DESCRIPCION
YUNGUYO - QUEÑUANI	NO EXISTE ZANJAS DE CORONACION



TRAMO:	DESCRIPCION
YUNGUYO - QUEÑUANI	PIEL DE COCODRILO - BARANDAS DE PROTECCION EN MAL ESTADO



TRAMO:	DESCRIPCION
YUNGUYO - QUEÑUANI	PONTONES SATURADOS DE BASURA



TRAMO:	DESCRIPCION
YUNGUYO - QUEÑUANI	PINTURA REFLECTIVA EN MAL ESTADO

	
TRAMO:	DESCRIPCION
LAMPA - MOCCO	PIEL DE COCODRILO

	
TRAMO:	DESCRIPCION
LAMPA - MOCCO	BACHES DE NIVEL ALTO, FISURACION TRANVERSAL



TRAMO:	DESCRIPCION
LAMPA - MOCCO	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS



TRAMO:	DESCRIPCION
LAMPA - MOCCO	PARCHEO DE NIVEL ALTO



TRAMO:	DESCRIPCION
LAMPA - MOCCO	PINTURA REFLECTIVA EN MAL ESTADO



TRAMO:	DESCRIPCION
LAMPA - MOCCO	FALTA DE SEÑALIZACION Y PINTURA REFLECTIVA EN MAL ESTADO



TRAMO:	DESCRIPCION
LAMPA - MOCCO	LIMPIEZA DE CUNETAS



TRAMO:	DESCRIPCION
LAMPA - MOCCO	NO EXISTE SEÑALIZACION VERTICAL



TRAMO:	DESCRIPCION
LAMPA - MOCCO	FISURAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES



TRAMO:	DESCRIPCION
LAMPA - MOCCO	PARCHEO DE NIVEL ALTO



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 19/12/2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: VICTOR IVAN MAITA BONIFACIO	
Dirección: Jr. Tiahuanaco Nro 648 Barrio José Antonio Encinas - Puno	
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 76535349	
Teléfono: 900187848	email: victorkayz.1997@gmail.com
Nombres y Apellidos:	
Dirección:	
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:	
Teléfono:	email:
Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS	
Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL	
Título o Grado Académico a optar: INGENIERO CIVIL	
Asesor: Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR	
Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:	
Trabajo de Investigación ☐	Tesis ☒
Trabajo de Suficiencia Profesional ☐	Trabajo Académico ☐
Título: ANÁLISIS DE LAS FALLAS EN LAS CARRETERAS DE LA REGIÓN DE PUNO Y PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO TÉCNICO	
Palabras claves, (3 a 5 términos): Índice de Condición del Pavimento (PCI); ASTM D6433; fallas del pavimento; drenaje vial; señalización vial; mantenimiento vial; pavimentos flexibles; región Puno.	
¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2} ?	
2	

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

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



2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☒ 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

19 - DICIEMBRE - 2025

Fecha