



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



**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
Y EL SOFTWARE ADMINISTRACIÓN Y DESARROLLO DE CARRETERAS
4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO
AVENIDA ORGULLO AYMARA, PUNO 2024**

TESIS PRESENTADA POR:
BRAYAN RENAN CUTIPA QUISPE

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN: GEOTÉCNIA Y TRANSPORTES

JULIACA – PERÚ
2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
Y EL SOFTWARE ADMINISTRACIÓN Y DESARROLLO DE CARRETERAS
4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO
AVENIDA ORGULLO AYMARA, PUNO 2024**

TESIS PRESENTADA POR

BRAYAN RENAN CUTIPA QUISPE

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL

MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES

APROBADA POR:

PRESIDENTE

:

Dr. OSCAR VICENTE MIAMONTE CALLA

PRIMER MIEMBRO

:

Dr. ARNALDO YANA TORRES

SEGUNDO MIEMBRO

:

Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

ASESOR DE TESIS

:

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50



TESIS UANCV

UNIVERSIDAD ANDINA

“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”

ESCUELA DE POSGRADO



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

“OFICINA DE INVESTIGACIÓN”



RESOLUCIÓN DIRECTORAL N°0131-2025-D-EPG-UANCV/J

Juliaca, 20 de junio del 2025

VISTOS:

El expediente N° 14776 presentado por el (la) Bachiller: **BRAYAN RENAN CUTIPA QUISPE** quien solicita nominación de jurados, fecha y hora de sustentación de tesis, en la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez”.

CONSIDERANDO:

Que, el (a) Bachiller: **BRAYAN RENAN CUTIPA QUISPE** con número de DNI 47216093 con número de matrícula 1610200311 ha solicitado asignación de jurados, Fecha y hora de sustentación de la Tesis Titulada: **APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO Y EL SOFTWARE ADMINISTRACIÓN Y DESARROLLO DE CARRETERAS 4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO AVENIDA ORGULLO AYMARA, PUNO 2024** para optar el GRADO de: **MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL** Mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES** de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez;

Que, de conformidad con lo previsto en el artículo 18° del Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, **COMITÉ DE INVESTIGACIÓN**;

Que, mediante Resolución N°1510-2024 -USA-EPG/UANCV SE APRUEBA Y AUTORIZA LA EJECUCION DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACION y con Resolución N°2202-2024-USA-EPG/UANCV, se APRUEBA y AUTORIZA EL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) Titulada: **APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO Y EL SOFTWARE ADMINISTRACIÓN Y DESARROLLO DE CARRETERAS 4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO AVENIDA ORGULLO AYMARA, PUNO 2024** La misma que pertenece a la Línea de Investigación: **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50**;

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos en su artículo 28° **DE LA SUSTENTACIÓN**.

Y estando, la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y el Director de la Escuela de Posgrado mediante acta de sorteo de jurado, con registro N° 000106 de fecha: 12 de mayo de 2025 se nomina jurados.

Que, conforme al artículo 66° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado de la UANCV, establece que la Tesis de Posgrado es un trabajo de investigación científica original de actualidad y de alto valor científico;

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

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - DECLARAR APTO para la sustentación presencial del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN** (borrador de tesis), **TITULADO: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO Y EL SOFTWARE ADMINISTRACIÓN Y DESARROLLO DE CARRETERAS 4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO AVENIDA ORGULLO AYMARA, PUNO 2024** del (la) Bach: **BRAYAN RENAN CUTIPA QUISPE**, para optar el GRADO de: **MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL** Mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES**, en virtud de los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO. - NOMINAR JURADOS para la sustentación presencial y defensa de la tesis a los siguientes docentes ordinarios:

Presidente	: Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Primer miembro	: Dr. ARNALDO YANA TORRES
Segundo miembro	: Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
Asesor	: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

ARTÍCULO TERCERO. - PROGRAMAR FECHA Y HORA de sustentación como se detalla:

Fecha	: Viernes 04 de julio del 2025
Hora	: 10:00 a.m..
Lugar	: Aula N°307 Centro Comercial N° 03 UANCV-JULIACA

ARTÍCULO CUARTO. - El Director de la Escuela de Posgrado queda encargado del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, comuníquese y archívese.


UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA DE POSGRADO
Dr. Javier Romulo Quispe Zapana
DIRECTOR (e)

**RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 02202-2024-USA-EPG/UANCV**

Juliaca, 10 de diciembre de 2024

VISTOS:

El Expediente N° 2024-013485 de fecha 31 de octubre de 2024, el (la) Bach. **BRAYAN RENAN CUTIPA QUISPE**, con DNI N° 47216093, código de matrícula N° 1610200311, quien solicita Revisión de Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis); **INFORME N° 001074-2024-UI-EPG-UANCV** y el **Anexo (04 o 05) "Ficha de Opinión del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis)"** del 02 de diciembre de 2024, que fue revisada por el Comité de Investigación de la Escuela de Posgrado.

CONSIDERANDO:

Que, las Unidades de Investigación son unidades académicas que agrupan a docentes y estudiantes de diversas disciplinas, en razón del desarrollo de investigación científica, tecnológica y humanista de acuerdo al Estatuto Universitario Modificado 2020 de nuestra primera Casa Superior de Estudios.

Que, con Expediente N° 2024-013485 el (la) Bach. **BRAYAN RENAN CUTIPA QUISPE**, solicita la revisión y aprobación del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis) titulado: **APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO Y EL SOFTWARE ADMINISTRACIÓN Y DESARROLLO DE CARRETERAS 4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO AVENIDA ORGULLO AYMARA, PUNO 2024** Línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50**, para optar el **GRADO** de **MAESTRO EN INGENIERIA CIVIL**, mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos plasmado en la Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R.

Que, el Comité de Investigación emitió su opinión **FAVORABLE** al Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis).

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado, corroboró el asesoramiento en el Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis) del **ASESOR Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**; y,

Estando, la opinión favorable del Comité de Investigación, según **INFORME N° 001074-2024-UI-EPG-UANCV** y el **Anexo (04 o 05) "Ficha de Opinión del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis)"** en concordancia con el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R, de conformidad a lo que establece la Ley Universitaria N° 30220, Ley de Creación de la UANCV N° 23738 y Modificatoria N° 24661 y el Estatuto de la UANCV, que confiere facultades a la unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado.

SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR Y AUTORIZAR EL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, titulado: **APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO Y EL SOFTWARE ADMINISTRACIÓN Y DESARROLLO DE CARRETERAS 4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO AVENIDA ORGULLO AYMARA, PUNO 2024** presentado por el (la) Bach. **BRAYAN RENAN CUTIPA QUISPE**, en virtud de los considerandos expuestos.

ARTICULO SEGUNDO.- RATIFICAR, como **ASESOR** al (a) **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**.

ARTICULO TERCERO. - DISPONER que la Escuela de Posgrado, la Secretaría Académica y administrativa, quedan encargados del cumplimiento de la presente resolución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



Dr. Leopoldo Veneciano Condori Cari
DIRECTOR (e)

RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 01510-2024-USA-EPG/UANCV

Juliaca, 23 de Setiembre de 2024

VISTOS:

El Expediente N° 2024-010875 de fecha 03 de setiembre de 2024, el (la) Bach. BRAYAN RENAN CUTIPA QUISPE, con DNI N° 47216093, código de matrícula N° 1610200311, quien solicita Revisión de propuesta de Investigación; **INFORME N° 00516-2024-UI-EPG-UANCV** y el Anexo (02 o 03) "Ficha de Opinión de la Propuesta de Investigación" del 13 de setiembre de 2024, que fue revisada por el Comité de Investigación de la Escuela de Posgrado.

CONSIDERANDO:

Que, las Unidades de Investigación son unidades académicas que agrupan a docentes y estudiantes de diversas disciplinas, en razón del desarrollo de investigación científica, tecnológica y humanista de acuerdo al Estatuto Universitario Modificado 2020 de nuestra primera Casa Superior de Estudios.

Que, con Expediente N° 2024-010875 el (la) Bach. BRAYAN RENAN CUTIPA QUISPE, solicita la revisión y aprobación de la propuesta de Investigación titulado: **APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO Y EL SOFTWARE ADMINISTRACIÓN Y DESARROLLO DE CARRETERAS 4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO AVENIDA ORGULLO AYMARA, PUNO 2024** Línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50**, para optar el GRADO de MAESTRO EN INGENIERIA CIVIL con mención en: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos plasmado en la Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R.

Que, el Comité de Investigación emitió su opinión **FAVORABLE** a la propuesta de investigación.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado, corroboró la propuesta del **ASESOR Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**, quien debe estar acreditado y facultado para orientar y ayudar al asesorado en el proceso de elaboración del trabajo de investigación (Tesis) de acuerdo a la **DIRECTIVA N° 004-2019-UANCV-VRAD-OI**; y,

Estando, la opinión favorable del Comité de Investigación, según **INFORME N° 00516-2024-UI-EPG-UANCV** y el Anexo (02 o 03) "Ficha de Opinión de la Propuesta de Investigación" en concordancia con el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R, de conformidad a lo que establece la Ley Universitaria N° 30220, Ley de Creación de la UANCV N° 23738 y Modificatoria N° 24661 y el Estatuto de la UANCV, que confiere facultades a la unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado.

SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR Y AUTORIZAR LA EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, titulado: **APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO Y EL SOFTWARE ADMINISTRACIÓN Y DESARROLLO DE CARRETERAS 4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO AVENIDA ORGULLO AYMARA, PUNO 2024** presentado por el (la) Bach. BRAYAN RENAN CUTIPA QUISPE, en virtud de los considerandos expuestos.

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER, como **ASESOR** al Dr. EFRAIN PARILLO SOSA.

ARTICULO TERCERO. - DISPONER que la Escuela de Posgrado, la Secretaría Académica y administrativa, quedan encargados del cumplimiento de la presente resolución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA
"NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA DE POSGRADO
Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR (a)



APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA ÍNDICE DE SIMILITUD DEL PAVIMENTO Y EL SOFTWARE ADMINISTRACIÓN Y DESARROLLO DE CARRETERAS 4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO AVENIDA ORGULLO AYMARA, PUNO 202

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

ÍNDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

15%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Andina Nestor
Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

11%

2

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.uns.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

repositorio.uancv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

6

vsip.info

Fuente de Internet

<1%

7

Submitted to Universidad Alas Peruanas

Trabajo del estudiante

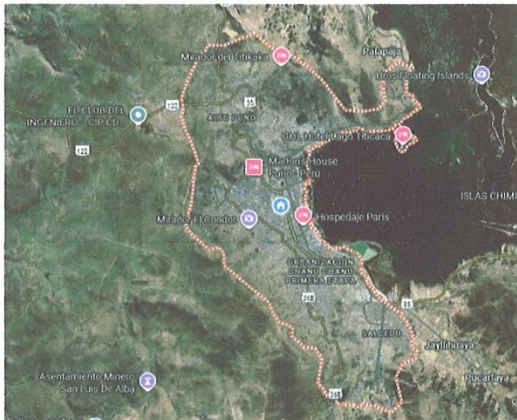
<1%



Metadatos complementarios

TÍTULO DE LA TESIS	
APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO Y EL SOFTWARE ADMINISTRACIÓN Y DESARROLLO DE CARRETERAS 4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO AVENIDA ORGULLO AYMARA, PUNO 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	BRAYAN RENAN CUTIPA QUISPE
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	47216093
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0008-6808-1683
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02416058
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-7567-039X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0005-6613-6925
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6740-5024



Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-6657-665X
Datos de investigación	
Línea de investigación	TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50
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: -15.18127021 Longitud: -70.5277442 https://maps.app.goo.gl/FVe5Dred7Rkaso2b8 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Marzo 2025 – Julio 2025
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUSCO
ESCUELA DE POSTGRADO
Dr. Jesús Mamani Mamani
DIRECTOR
DE INVESTIGACIÓN - EPG



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo BRAYAN RENAN CUTIPA QUISPE, identificado con DNI

Nro. 47216093 en mi condición de egresado de:

☐ Escuela Profesional

☐ Programa de Segunda Especialidad,

☒ Programa de Maestría o Doctorado

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

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

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO Y EL SOFTWARE ADMINISTRACIÓN Y DESARROLLO DE CARRETERAS 4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO AVENIDA ORGULLO AYMARA, PUNO 2024

Asesorado por: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

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 13 de Octubre del 2025


Firma del Asesor
(obligatoria)


FIRMA (obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

En eterna gratitud y reconocimiento dedico esta tesis a mis queridos padres José Renán Cutipa Luque, Carmen Quispe Zapana y a mi hermano quienes me han enseñado a desarrollar hábitos positivos y valores brindándome su apoyo incondicional en todo momento.



AGRADECIMIENTO

A la escuela de posgrado de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" y a su plana docente, que contribuyeron en nuestra formación profesional.

Al Dr. Parillo Sosa Efraín por su constante preocupación, aportando conocimientos y experiencia profesional en el desarrollo del presente trabajo.

A mi familia por el respaldo proporcionado, no solo durante la realización de este proyecto sino a lo largo de toda mi vida.

A quienes apoyaron y colaboraron en el trabajo de campo que se realizó con la finalidad de elaborar este trabajo.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ABREVIATURAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN	xv

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2.1 Pregunta General	2
1.2.2 Preguntas Específicas	2
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.3.1 Justificación Técnica	3
1.3.2 Justificación Económica.....	3
1.3.3 justificación social	3
1.4. OBJETIVOS.....	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Objetivos Específicos.....	4
1.5. HIPÓTESIS.....	4
1.5.1 Hipótesis General	4



1.5.2 Hipótesis Específicas	4
1.6. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. PRECEDENTES DEL ESTUDIO	6
2.1.1 Nivel Internacional	6
2.1.2 Nivel Nacional	9
2.1.3 Nivel Regional.....	14
2.2. BASES TEÓRICAS.....	15
2.2.1. Pavimento.....	15
2.2.2 Fallas En Pavimento Flexible	17
2.2.3. Evaluación De Pavimentos	36
2.2.4 Mantenimiento Vial	65
2.3 MARCO CONCEPTUAL	68

CAPÍTULO III

MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	72
3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	72
3.3 NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	73
3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	74
3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA	74
3.6. TÉCNICAS FUENTES E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	76
3.6.1 Técnicas	76
3.6.2 Instrumentos	77
3.7. DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	77



CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE.....	78
4.1.1 Evaluación superficial de la av. orgullo Aymara mediante el método PCI	78
4.1.2 Evaluación- superficial de la av. orgullo aymara utilizando el software HDM-4.....	85
4.2 IDENTIFICACION DE LAS FALLAS MÁS INFLUYENTES EN EL PAVIMENTO.....	96
4.2.1 Identificación de las fallas más influyentes en la av. orgullo Aymara	96
4.3 PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL DETERIORO DEL PAVIMENTO.....	97
4.3.1 Alternativas de solución a los deterioros de la av. orgullo Aymara ..	97
4.3 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	98
CONCLUSIONES	100
RECOMENDACIONES	102
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103
ANEXOS.....	107



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rangos de clasificación del PCI.	39
Tabla 2. Relación longitud ancho de calzada.	40
Tabla 3. Niveles de gravedad de los deterioros PCI.....	42
Tabla 4. Correlación del tipo de mantenimiento y rehabilitación con el PCI. 47	
Tabla 5. Opciones de reparación para fallas en pavimento asfáltico – PCI. 47	
Tabla 6. Clasificación por humedad.....	61
Tabla 7. Clasificación por temperatura.	62
Tabla 8. Clasificación de unidades de muestra - PCI - Av. Orgullo Aymara. 83	
Tabla 9. Estado de las unidades de muestreo - PCI - Av. Orgullo Aymara. . 84	
Tabla 10. Clasificación según PCI de la Av. Orgullo Aymara.	85
Tabla 11. Comparación de la metodología PCI y el software HDM-4 en la Av. Orgullo Aymara.	95
Tabla 12. Fallas PCI - Av. Orgullo Aymara.	96
Tabla 13. Propuesta de reparación de fallas del pavimento en la Av. Orgullo Aymara.....	97
Tabla 14. Tipo de mantenimiento a realizar en la Av. Orgullo Aymara.....	98
Tabla 15. Contrastación de hipótesis.....	99



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sección típica de un pavimento flexible.....	16
Figura 2. Sección típica de un pavimento rígido.....	16
Figura 3. Sección típica de un pavimento mixto.....	17
Figura 4. Piel de cocodrilo.....	19
Figura 5. Exudación.....	19
Figura 6. Agrietamiento en bloque.....	20
Figura 7. Abultamientos y hundimientos.....	21
Figura 8. Corrugación.....	21
Figura 9. Depresión.....	22
Figura 10. Grieta de borde.....	23
Figura 11. Grieta de reflexión de junta.....	23
Figura 12. Desnivel carril / berma.....	24
Figura 13. Grietas longitudinales y transversales.....	25
Figura 14. Parcheo y acometidas de servicios públicos.....	26
Figura 15. Pulimentos de agregados.....	27
Figura 16. Huecos.....	28
Figura 17. Cruce de vía férrea.....	28
Figura 18. Ahuellamiento.....	29
Figura 19. Desplazamiento.....	30
Figura 20. Grietas parabólicas.....	30
Figura 21. Hinchamiento.....	31
Figura 22. Meteorización / desprendimiento de agregados.....	32
Figura 23. Pérdida de la película de ligante.....	33
Figura 24. Descascaramiento.....	33



Figura 25. Afloramiento de mortero.	34
Figura 26. Afloramiento de agua.....	35
Figura 27. Erosión de las bermas.	35
Figura 28. Segregación.....	36
Figura 29. Ciclo de vida de la vía con y sin mantenimiento.....	37
Figura 30. Esquema global HDM-4.....	50
Figura 31. Espacio de trabajo del HDM-4.....	50
Figura 32. Ventana principal del ingreso de datos.....	51
Figura 33. Características básicas de vehículos.	53
Figura 34. Datos de un estándar de conservación.	54
Figura 35. Datos de un estándar de mejora.	55
Figura 36. Datos del tipo velocidad/capacidad.	56
Figura 37. Ingreso de datos de análisis de proyecto.	57
Figura 38. Ubicación de la Av. Orgullo Aymara – Puno.....	76
Figura 39. Formato de inspección para pavimentos asfálticos – PCI.....	80
Figura 40. Hoja de cálculo de la clasificación PCI de la unidad de muestreo.	82
Figura 41. Estado de las unidades de muestreo – PCI – Av. Orgullo Aymara.	85
Figura 42. Modelo de tráfico de la Av. Orgullo Aymara en el HDM-4.....	86
Figura 43. Tipo de velocidad/capacidad de la Av. Orgullo Aymara en el HDM- 4.....	87
Figura 44. Zonas climáticas de la Av. Orgullo Aymara en el HDM-4.....	88
Figura 45. Redes de carreteras de la Av. Orgullo Aymara en el HDM-4.....	88
Figura 46. Parques de vehículos de la Av. Orgullo Aymara en el HDM-4... ..	89



Figura 47. Conservación normal de la Av. Orgullo Aymara en el HDM-4.....	90
Figura 48. Mejora general de la Av. Orgullo Aymara en el HDM-4.....	90
Figura 49. Definición del proyecto de la Av. Orgullo Aymara en el HDM-4. .	91
Figura 50. Especificación de alternativas de la Av. Orgullo Aymara en el HDM-4.....	91
Figura 51. Análisis de proyecto de la Av. Orgullo Aymara en el HDM-4.	92
Figura 52. Informes generados de la Av. Orgullo Aymara en el HDM-4.....	93



ABREVIATURAS

ASTM: American Society of Testing Materials.

BM: Banco Mundial.

CDV: Valor deducido corregido.

DV: Valor Deducido.

HDM: Highway Development and Management.

LCPC: Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

MIT: Massachusetts Institute of Technologies.

MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

PCI: Pavement Condition Index.

RDWE: Road Deterioration and Works Effects.

RUE: Road User Effects.

SEE: Safety, Energy and Environmental Effects.

TIR: Tasa Interna de Retorno.

TMDA: Tránsito Medio Diario Anual.

UPZ: Unidad de Planeamiento Zonal.

VAN: Value At Risk.



RESUMEN

En la actualidad, las vías representan una fuente significativa de inversión para el país, respaldada por los beneficios que aportan a los usuarios. Además, actúan como un motor económico, ya que reducen tanto el tiempo de traslado como los costos operativos de los vehículos. Por ello, es crucial que las vías alcancen su vida útil proyectada y mantengan el nivel de servicio para el cual fueron diseñadas.

En la ciudad de Puno, se notan condiciones deficientes para el tránsito vehicular, siendo el principal elemento la inadecuada conservación de las vías. El propósito de esta tesis fue analizar un pavimento clave de la ciudad mediante el uso del software HDM-4 y la metodología del "Índice de Condición del Pavimento" (PCI), con el fin de sugerir un plan de mantenimiento de carreteras. Para lograrlo, se realizó la revisión de la Av. Orgullo Aymara, una vía simbólica con pavimentación flexible.

Como resultado, se determinó que la vía asfáltica de la Av. Orgullo Aymara presenta un ponderado, en estado muy bueno, con un PCI medio de 74.34. Sin embargo, requiere una conservación vial, específicamente trabajos de conservación rutinario que deben realizarse antes del inicio de las temporadas de lluvias. Las fallas más significativas identificadas incluyen el pulimento de agregados, el parcheo y las grietas longitudinales y transversales.

Por otro lado, al utilizar el programa HDM - 4, se consiguió un resultado del pavimento calificado como muy bueno, con un PCI ponderado de 70.20.

Palabras Claves: Conservación, pavimentación, programa y rutinario.



ABSTRACT

Currently, roads represent a significant source of investment for the country, backed by the benefits they bring to users. In addition, they act as an economic engine, since they reduce both travel time and vehicle operating costs. Therefore, it is crucial that the roads reach their projected useful life and maintain the level of service for which they were designed.

In the city of Puno, poor conditions for vehicular traffic are noted, the main element being the inadequate maintenance of the roads. The purpose of this thesis was to analyze a key city pavement using HDM-4 software and the "Pavement Condition Index" (PCI) methodology, in order to suggest a road maintenance plan. To achieve this, a review of Av. Orgullo Aymara was carried out, a symbolic road with flexible paving.

As a result, it was determined that the asphalt road on Av. Orgullo Aymara presents a weighted, in very good condition, with an average PCI of 74.34. However, it requires road maintenance, specifically routine maintenance work that must be carried out before the start of the rainy seasons. The most significant failures identified include aggregate polishing, patching, and longitudinal and transverse cracks.

On the other hand, when using the HDM - 4 program, a pavement result was obtained that was rated as very good, with a weighted PCI of 70.20.

Keywords: Conservation, paving, program and routine.



INTRODUCCIÓN

El desarrollo socioeconómico y la calidad de vida, especialmente en comunidades con alto potencial productivo, dependen en gran medida de la infraestructura vial y de la conectividad que ofrecen mediante rutas nacionales, rutas vecinales, rutas de sendero y puentes. La ausencia o el deterioro de estas infraestructuras complica el transporte de productos hacia los mercados más importantes, esto conlleva a una disminución de la producción agropecuaria, elevados gastos en transporte, prolongados periodos de desplazamiento y una mayor duración de los viajes, en última instancia, una reducción en los ingresos. Todo esto contribuye al aumento de la pobreza en el país.

La insuficiente infraestructura vial para la transitabilidad genera accidentes automovilísticos, malestar en la población e impactos sociales que ponen en riesgo la vida y el bienestar de los pacientes. Por lo tanto, la preservación de las vías es crucial para asegurar un nivel de servicio óptimo operativo óptimo desde una perspectiva económica, asegurando en todo momento condiciones de transitabilidad continuas, cómodas y seguras.

Por lo tanto, es fundamental comprender y llevar a cabo una adecuada conservación vial, la cual se define como la serie de acciones de ingeniería vial destinadas a evitar el deterioro prematura de los componentes de la vía. En este contexto, el monitoreo visual diario del camino se convierte en una actividad rutinaria clave, conocida como "conservación rutinaria", que engloba acciones para corregir de manera inmediata los defectos detectados. La segunda etapa, denominada "conservación periódica", abarca intervenciones que no requieren reparación en el momento, que son identificables y,



basándose en la experiencia y el requerimiento del tránsito, pueden ser planificadas para ser ejecutadas en partes específicas. La prioridad de estas intervenciones se determina en el campo mediante registros del estado del camino.

Es crucial destacar que, para realizar un estudio de la vía, es imprescindible identificar tanto su estado actual como la condición en la que se halla, analizando su comportamiento tanto desde una perspectiva de función como de estructura.

Potenciar la usabilidad de un pavimento pasa por analizar su utilidad práctica para facilitar la circulación de las personas, donde la comodidad y la navegabilidad son cualidades principales. Frase: Imperfecciones como fisuras, roturas, reparaciones, marcas de neumáticos, piezas que desaparecen y más pueden aparecer en el suelo ondulado.

El comportamiento estructural de un pavimento está vinculado a su estado físico, lo que conlleva la presencia de hundimientos, hinchamientos, irregularidades u otros inconvenientes que puedan impactar únicamente en la capacidad de carga y soporte de la estructura del pavimento.

El uso del programa HDM-4 y su comparación con la metodología del "Índice de Condición del Pavimento" nos brindará resultados exhaustivos acerca del estado presente de la vía en estudio, además de las diferencias en los resultados entre ambos procedimientos. Además, facilitará la identificación de los elementos que afectan tanto al software HDM-4 como en el PCI, lo que ayudará a determinar cuál de estos métodos es más adecuado para evaluar un pavimento flexible.



El programa HDM - 4 se trata de un conjunto de instrumentos desarrollados con el propósito de simplificar el proceso de toma de decisiones al analizar y optimizar las inversiones destinadas al mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de vías. Esta solución es útil para llevar a cabo evaluaciones de proyectos, programas y políticas de conservación en términos tanto técnicos como económicos.

El Índice de Condición del Pavimento (PCI, por sus siglas en inglés) se calcula a partir de los datos obtenidos mediante un inventario visual que evalúa el estado del pavimento. Este análisis identifica el tipo, la severidad y la cantidad de cada deterioro presente. El PCI fue concebido como un indicador que refleja tanto la integridad estructural del pavimento como el estado funcional de su superficie. Los datos recopilados durante el inventario brindan una comprensión detallada de las causas de los daños, así como de su relación con factores como las cargas de tráfico o las condiciones climáticas.

La escala del PCI permite prever la condición futura del pavimento, evaluar el efecto de diversas estrategias de mantenimiento y establecer las necesidades de conservación y rehabilitación.

La vía objeto de estudio es la Av. Orgullo Aymara, ubicada en la ciudad de Puno, que cuenta con una vía asfáltica. Este pavimento es uno de los principales de la provincia debido a su tránsito considerable diario. Esta parte se utilizará para reunir datos sobre las fallas de la vía asfáltica y evaluarlas aplicando el método del "Índice de Condición del Pavimento" (PCI). A través de un análisis y revisión de este método, se podrán obtener conclusiones precisas. Además, con el uso del programa HDM - 4, se realizará un estudio



tanto in situ como en oficina, lo que permitirá una correcta planificación y programación de las actividades vinculadas al mantenimiento de dicho pavimento.

El presente trabajo se estructura en cinco capítulos, los cuales se detallan a continuación:

- En el capítulo I se describen los aspectos generales del proyecto, incluyendo el planteamiento del problema, la justificación, los objetivos establecidos, entre otros datos relevantes y necesarios para el desarrollo del trabajo.
- En el capítulo II se presenta el marco teórico de la tesis, que proporciona los conceptos necesarios para comprender los fundamentos que serán utilizados en el desarrollo del proyecto.
- En el capítulo III se expone el método de investigación empleado, donde se detalla el tipo, nivel y diseño de la investigación, así como la población, la muestra y los instrumentos de recolección de datos utilizados.
- En el capítulo IV se detallan los resultados obtenidos de la evaluación realizada al tramo seleccionado (Av. Orgullo Aymara) y se presenta la comparación entre el software HDM-4 y la metodología empleada, el PCI.

Por último, se muestran conclusiones y recomendaciones extraídas del presente trabajo de tesis. Además, se incorporan las relaciones bibliográficas pertinentes y los anexos pertinentes que apoyan el avance de la idea central discutida.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

La condición de las vías asfálticas en la ciudad de Puno muestra los mismos desafíos que impactan a varias infraestructuras de carreteras a escala nacional, mostrando diferentes clases de averías y/o deterioros en su estructura. En la mayoría de las situaciones, estas fallas ocurren en la vida útil de los pavimentos, lo que indica que no se está realizando un mantenimiento apropiado en la ciudad.

En la actualidad, se observa diversas fallas en la superficie que necesitan un estudio detallado del pavimento, con el fin de establecer sistemas adecuados para su rehabilitación y mantenimiento, además de promover la implementación de nuevas metodologías de conservación superficial.

Debido a este problema, se solicita inspeccionar y estudiar la Av. Orgullo Aymara de la ciudad de Puno, una vía asfáltica, con el objetivo de identificar los factores que contribuyen al deterioro superficial de los pavimentos, y así encontrar una posible solución al problema.

Los pavimentos en la ciudad de Puno enfrentan problemas que ocasionan daños en el paquete de capas de la vía.



1.2 FORMULACIÓN DEL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El pavimento es una estructura de la superficie compuesta por diferentes capas de distintos elementos, los cuales sirven como acabado de una vía, ya sea para vehículos o peatones. Su propósito es proporcionar resistencia estructural para soportar el paso de vehículos o personas, además de controlar la erosión causada por el agua o el viento sobre los materiales que conforman la vía, complementando así su estructura.

Un pavimento en una ciudad se construye por diversas razones, como el impulso del desarrollo urbano, la capacidad de soportar el peso de los elementos que usan el pavimento, el beneficio pro ambiente, asegurando un adecuado escurrimiento de aguas de lluvia, entre otros factores.

Se ha observado un aumento de la cantidad de tráfico en Puno, y un mayor tráfico genera diversas fallas en las estructuras viales, ya sea de pavimento asfáltico o de concreto. Esto provoca malformaciones y grietas que aceleran el deterioro de la estructura. Por esta razón, la evaluación y el mantenimiento de las vías son fundamentales para asegurar que la infraestructura vial cumpla con el tiempo de servicio para el cual fue diseñada.

1.2.1 Pregunta General

¿Cuál es el estado del pavimento en la Av. Orgullo Aymara de la ciudad de Puno utilizando la metodología PCI y el software HDM-4?

1.2.2 Preguntas Específicas

¿Cuáles son los tipos, el nivel de severidad y las causas de las fallas y/o deterioros de la Av. Orgullo Aymara en la ciudad de Puno?

¿Cuáles son las soluciones a los diferentes tipos de fallas y/o deterioros de la Av. Orgullo Aymara en la ciudad de Puno?



1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Justificación Técnica

Toda vía tiene que alcanzar la vida de diseño para la que fue diseñado, lo cual requiere la realización de mantenimientos rutinarios y periódicos adecuados. Se notan dificultades en las diversas calles de la ciudad de Puno, por lo que resulta crucial entender en profundidad la condición de sus carreteras.

Por estas razones, es crucial ofrecer soluciones alternativas para las diversas fallas y/o deterioros presentes en los pavimentos flexibles de la ciudad de Puno.

En consecuencia, la evaluación de los pavimentos de la ciudad de Puno resulta crucial para las obras de infraestructura y el mantenimiento vial, constituyéndose como un elemento clave para la adecuada conservación de estos.

1.3.2 Justificación Económica

Con una evaluación apropiada y la ejecución de los mantenimientos pertinentes, se conseguirá disponer de vías que brinden un servicio de calidad, seguridad y comodidad. Esto permitirá disminuir los gastos en el transporte urbano para los usuarios de estos caminos.

1.3.3 justificación social

Los principales agraciados de este trabajo son ingenieros que trabajan en el campo de pavimentos y estudiantes de carreras afines y estudiantes de ingeniería interesados en realizar trabajos parecidos. Tendrán acceso a un material de consulta el cual les permitirá profundizar en el uso del programa HDM - 4 en pavimentos y en el método de Pavment Condition Index.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Aplicar la metodología PCI y el software HDM-4 para evaluar el estado del pavimento flexible de la Av. Orgullo Aymara de la ciudad de Puno.

1.4.2 Objetivos Específicos

Identificar los tipos, nivel de severidad y causas de las fallas y/o deterioros que se encuentren en la Av. Orgullo Aymara de la ciudad de Puno.

Proponer alternativas de solución para las fallas y/o deterioros en la Av. Orgullo Aymara de la ciudad de Puno.

1.5 HIPÓTESIS

1.5.1 Hipótesis General

El estado del pavimento flexible en la avenida Orgullo Aymara de la ciudad de Puno, evaluado mediante la metodología PCI y el software HDM-4, es muy bueno.

1.5.2 Hipótesis Específicas

El pavimento flexible de la Av. Orgullo Aymara presenta fallas de tipo superficial, con niveles de severidad bajos, medios y altos, cuyas causas principales son la falta de mantenimiento periódico, el mal drenaje y el tránsito vehicular constante.

Las soluciones a las fallas y/o deterioros encontrados en la Av. Orgullo Aymara de la ciudad de Puno son aplicar las medidas correctivas necesarias de acuerdo al tipo de falla y nivel de severidad encontrado.



1.6 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLES DEPENDIENTES

Estado del pavimento.

VARIABLES INDEPENDIENTES

- Software HDM-4.
- Metodologías PCI.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 PRECEDENTES DEL ESTUDIO

2.1.1 Nivel Internacional

Análisis de sensibilidad de los modelos de deterioro del HDM-4 para pavimentos asfálticos.

AUTOR: Ricardo Solorio Murillo, Roberto Israel Hernández Domínguez y José Antonio Gómez López.

ENTIDAD, PAÍS Y AÑO: Instituto Mexicano del Transporte, México 2004

OBJETIVO: Analizar la sensibilidad de los modelos de deterioro del HDM-4 para pavimentos asfálticos, tomando en cuenta la variedad de condiciones en la que pueden aplicarse.

METODOLOGÍA: Considera diversos porcentajes de variación de los parámetros y toma en cuenta el nivel de deterioro de los pavimentos en el momento de evaluar el impacto de los distintos parámetros de entrada.

RESULTADO: El análisis permitió entender con mayor claridad el funcionamiento interno de los modelos del HDM-4 y su sensibilidad frente a variaciones en los parámetros de entrada.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES: Solorio, Hernandez y Gómez (2004) afirman que la programación modular de los modelos del HDM-4 mejora su comprensión y permite su futura integración en sistemas de gestión vial adaptados a las necesidades específicas de cada entidad (p.81).

Metodología para la calibración de los modelos de deterioro de pavimentos generados por el programa HDM-4.

AUTOR: Javier Ernesto Argueta Mejía y Elsa Elida Castro Hernández.

ENTIDAD, PAÍS Y AÑO: Universidad de El Salvador. El Salvador 2009

OBJETIVO: Analizar la sensibilidad de los modelos de deterioro del HDM-4 aplicados a pavimentos asfálticos, identificando los parámetros con mayor impacto sobre indicadores como el IRI y el número estructural.

METODOLOGÍA: Se empleó un enfoque variando porcentualmente cada parámetro individual mientras se mantuvieron constantes los demás. Además, se reprogramaron los modelos en Excel para facilitar el análisis automatizado.

RESULTADO: El estudio permitió clasificar los parámetros según su sensibilidad, identificando aquellos que afectan significativamente el pronóstico del IRI y el número estructural en diferentes niveles de deterioro.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES: Argueta & Castro (2009) dicen que la programación separada de los modelos mejoró la comprensión de su lógica interna. Además, se recomienda jerarquizar variables clave para garantizar información precisa en la gestión de pavimento (p.293).

Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos

AUTOR: Ricardo Javier Miranda Rebolledo

ENTIDAD, PAÍS Y AÑO: Universidad Austral de Chile, Chile 2010

OBJETIVO: Describir los tipos de deterioros en pavimentos flexibles y rígidos, sus causas y los métodos de reparación aplicables.



METODOLOGÍA: Revisión teórico-descriptiva sobre los componentes de pavimentos y patologías comunes, complementada con análisis de casos prácticos y técnicas de reparación empleadas.

RESULTADO: Identificación de los principales deterioros para ambos tipos de pavimento y descripción de sus causas, junto con un catálogo ilustrativo de técnicas de reparación usadas en distintas situaciones.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES: Miranda (2010) Sostiene que todavía no existe una verdadera conciencia de que conservar los pavimentos resulta más económico que repararlos. Además de generar un ahorro de millones de pesos, permite brindar mejores condiciones de serviciabilidad y mayor comodidad a los usuarios (p.75).

Aplicación y comparación de las diferentes metodologías de diagnóstico para la conservación y mantenimiento del tramo Pr 00+000 – Pr 01+020 de la vía al llano (Dg 78 Bis Sur – calle 84 Sur) en la UPZ Yomasa

AUTOR: Cristian Camilo Sierra Díaz y Andrés Felipe Rivas Quintero

ENTIDAD, PAÍS Y AÑO: Universidad Católica de Colombia. Colombia 2016

OBJETIVO: Comparar la eficacia de las metodologías VIZIR y PCI para diagnosticar la condición del pavimento en el tramo DG 78 Bis Sur – calle 84 Sur.

METODOLOGÍA: Se realizó inspección visual del tramo utilizando ambos métodos: PCI para evaluar tanto fallas estructurales como funcionales, y VIZIR para categorizar daños tipo A (estructurales) y tipo B (funcionales). Luego se compararon los resultados para cada metodología.

RESULTADO: PCI identificó una mayor diversidad de fallas y permitió un diagnóstico más detallado del estado del pavimento. VIZIR resultó más

sencillo de aplicar, enfocándose principalmente en daños tipo A y clasificando el tramo en estado "Bueno–Marginal".

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES: Sierra & Rivas (2016) Señalan que los métodos VIZIR y PCI utilizados para evaluar el estado de un pavimento difieren ampliamente en sus criterios de valoración. VIZIR destaca por ser más simple, fácil de interpretar y de aplicar, pues define un sistema de penalización más práctico. Además, distingue claramente entre los daños Tipo A, asociados a fallas estructurales, y los daños Tipo B, relacionados con fallas funcionales (p.62).

2.1.2 Nivel Nacional

Aplicación del software HDM-4 en la gestión de estrategias para el mantenimiento de la carretera Santa-Tamborreal.

AUTOR: Yoel Alejos Sabino y Edson André Cribillero Ortega.

ENTIDAD, PAÍS Y AÑO: Universidad Nacional del Santa. Perú 2017

OBJETIVO: Aplicar el software HDM-4 para gestionar estrategias de mantenimiento en la carretera Santa-Tamborreal, elaborando planificaciones de conservación.

METODOLOGÍA: Se modelaron tres tramos de la carretera: dos con tratamiento tipo bicapa en estado regular y uno con carpeta asfáltica en frío que requería reconstrucción total. Se utilizaron funciones del HDM-4 para planificar intervenciones correctivas y predictivas conforme a las características por tramo.

RESULTADO: El uso del HDM-4 permitió proponer escenarios de mantenimiento que mantienen niveles adecuados de serviciabilidad y optimizan el uso de recursos en el periodo evaluado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES: Alejos y Cribillero (2017) Señalan que los resultados evidencian que el uso del software HDM-4 en la planificación de estrategias de mantenimiento para la carretera Santa Tambo Real constituye una herramienta útil para apoyar la elección de la alternativa de conservación más conveniente, al obtener un VAN y una TIR favorables, así como un IRI apropiado durante todo el periodo evaluado (p.244).

Implementación del Sistema de Gestión de Pavimentos con Herramienta HDM-4 para la Red Vial Nro. 5 Tramo Ancón – Huacho – Pativilca.

AUTOR: Jorge Eduardo Montoya Goicochea.

ENTIDAD, PAÍS Y AÑO: Universidad Ricardo Palma. Perú 2007

OBJETIVO: Implementar un sistema de gestión de pavimentos mediante el software HDM-4 adaptado a la Red Vial N° 5 (Tramo Ancón – Huacho – Pativilca), con base en formatos de datos estructurados y homogéneos.

METODOLOGÍA: Se diseñaron y estandarizaron formatos Excel para recolección y procesamiento de datos; se construyó una base de datos compatible con HDM-4 y se definieron tramos homogéneos para el análisis periódico del deterioro. Se calibraron procedimientos de entrada de datos y flujos operativos del sistema.

RESULTADO: El sistema permitió estructurar y procesar información vial de forma eficiente, generando tramos comparables a lo largo del tiempo. Se facilitaron los procesos de planeamiento vial y se optimizó la toma de decisiones mediante un sistema homogéneo de datos.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES: Montoya (2007) Plantea que la puesta en marcha de un Sistema de Gestión de Pavimentos no requiere necesariamente de un software especializado para organizar y administrar la información a analizar; en este estudio se diseñaron hojas de cálculo en Excel para recopilar, estructurar y procesar los datos destinados a la Base de Datos del HDM-4, lo que permitió apoyar el análisis del comportamiento del deterioro (p.385).

Innovación del método VIZIR en estrategias de conservación y mantenimiento de carreteras con bajo volumen de tránsito.

AUTOR: Edwin Wilder Apolinario Morales.

ENTIDAD, PAÍS Y AÑO: Universidad Nacional de Ingeniería. Perú 2012

OBJETIVO: Innovar el método VIZIR para adaptar su uso en carreteras de bajo volumen de tránsito, a fin de definir estrategias de conservación y mantenimiento más eficaces.

METODOLOGÍA: Aplicación del método original VIZIR en un tramo representativo (carretera Cañete–Chupaca) y desarrollo de una versión mejorada (ESBVT). Posteriormente, comparación con metodologías existentes como PCI para evaluar su consistencia, facilidad de uso y sensibilidad ante deterioros específicos.

RESULTADO: El método innovado permitió discriminar tipos de deterioros más relevante en carreteras rurales de bajo tránsito, mostrando mayor precisión en la evaluación superficial y mejor correspondencia con los resultados del PCI respecto a la clasificación y severidad de daños.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES: Apolinario (2012) Señala que, al comparar los métodos VIZIR y PCI respecto a los daños de ahuellamiento (de carácter estructural) y huecos (de tipo superficial), se evidencia que VIZIR no toma en cuenta la presencia de baches en la calzada, aunque sí otorga gran relevancia a los ahuellamientos. En cambio, el método PCI considera los huecos como un factor altamente influyente en la evaluación, mientras que el ahuellamiento recibe una valoración más moderada (p.131).

La deformación permanente en las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en el Perú.

AUTOR: Néstor W. Huamán Guerrero

ENTIDAD, PAÍS Y AÑO: Universidad Nacional de Ingeniería. Perú 2011

OBJETIVO: Efectuar un estudio bibliográfico exhaustivo sobre los mecanismos responsables de la deformación permanente del pavimento asfáltico en Perú, considerando causas geográficas, climatológicas y materiales.

METODOLOGÍA: Investigación documental centrada en análisis de literatura técnica sobre tecnología del asfalto, propiedades de la mezcla, influencia climática y uso de ensayos de laboratorio.

RESULTADO: Se determinó factores clave que provocan deformación permanente en pavimentos: susceptibilidad térmica, selección inadecuada de ligantes asfálticos, condiciones de agregados y efectos constructivos. Se identifica la necesidad de desarrollar especificaciones adaptadas a las regiones climáticas del país.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES: Huamán (2011) Sostiene que, debido a la variada geografía del Perú, en regiones como la selva alta, la selva

baja y la zona costera, sobre todo en época de verano, se registran temperaturas elevadas. Estas condiciones térmicas intensas provocan que las capas asfálticas se expongan a calor extremo, volviéndolas vulnerables a deformaciones permanentes, derivadas de la susceptibilidad térmica propia de la composición química del asfalto (p.128).

Cálculo del Índice de Condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla.

AUTOR: Edgar Daniel Rodríguez Velásquez

ENTIDAD, PAÍS Y AÑO: Universidad de Piura. Perú 2009

OBJETIVO: Aplicar el método PCI para determinar el Índice de Condición del pavimento en la avenida Luis Montero, distrito de Castilla, analizando 1 200 m lineales de pista para identificar fallas y cuantificar su estado.

METODOLOGÍA: Se realizó inspección visual de 1 200 m de pavimento flexible, siguiendo el procedimiento ASTM D6433: muestreo por unidades, registro de fallas, cálculo de valor deducido y PCI para cada unidad de muestra.

RESULTADO: El pavimento presentó un PCI ponderado de 49, correspondiente al estado "regular". La mayoría de fallas fueron funcionales y no comprometían la estructura del pavimento, resultado atribuido en parte a obras de reparación realizadas en 2008.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES: Rodríguez (2009) Asegura que en las áreas evaluadas donde se presentaron fallas estructurales, como baches, fisuras, depresiones y parches, con densidades superiores al 0.1%, los valores de PCI obtenidos fueron bajos, reflejando un pavimento en mal estado. Incluso fallas de baja severidad generan un daño considerable. Este

tipo de deterioros afecta tanto la estructura como la serviciabilidad, reduciendo la comodidad y seguridad de quienes transitan por la vía (p.106).

2.1.3 Nivel Regional

Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la región de Puno.

AUTOR: Katia Humpiri Pineda.

ENTIDAD, PAÍS Y AÑO: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.
Perú 2015

OBJETIVO: Diagnosticar en detalle los daños superficiales presentes en diversos proyectos de pavimentos flexibles de la región de Puno para definir criterios adecuados de mantenimiento.

METODOLOGÍA: Inspección visual minuciosa de las vías seleccionadas, registro y clasificación de fallas identificando severidad baja, media y alta. Elaboración de fichas de campo y planillas de cómputo para el monitoreo y la posterior priorización de intervenciones.

RESULTADO: Se constató alta incidencia de fisuras longitudinales y transversales, ahuellamientos y desgaste superficial, junto con otros deterioros menores. Los niveles de severidad varían de bajos a altos, lo que justifica intervenciones diferenciadas según tipo y magnitud del daño. Es una de las pocas tesis locales con un tema similar.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES: Humpiri (2015) Sostiene en su tesis de investigación de esta misma universidad, que los defectos y daños superficiales con mayor presencia en el área analizada corresponden a fisuras longitudinales y transversales, ahuellamientos, desgaste de la capa superior y otros deterioros. Estas manifestaciones surgen por fallas en el diseño, en el

proceso constructivo o en la operación de la vía, lo que repercute negativamente en el desempeño final de la infraestructura. Por ello, es fundamental realizar una evaluación adecuada del pavimento para definir el tipo de mantenimiento más apropiado, contribuyendo así a una correcta conservación vial (p.100).

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1. Pavimento

Está conformado por una serie de capas superpuestas y horizontales, diseñadas y construidas de manera técnica utilizando materiales correctos y adecuadamente compactos. Estas capas se fijan en la subrasante del pavimento, la cual se obtiene mediante el traslado de terrenos durante la etapa de exploración. Estas estructuras deben ser capaces de resistir los esfuerzos generados por las solicitudes constantes del tráfico durante el tiempo que el pavimento fue diseñado (Montejo, 2006).

Los pavimentos se pueden clasificar según su forma en la que distribuyen las solicitudes recibidas en la capa superficial hacia la subrasante, así como por los cambios de una o múltiples capas debido a diferentes motivos. De este modo, es posible clasificar los pavimentos en tres tipos principales, diferenciados principalmente por la composición y características de su estructura:

Pavimentos Flexibles

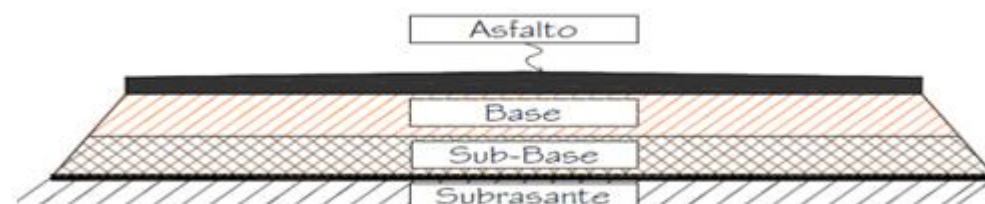
Este tipo de pavimento, también conocido como vía asfáltica, se compone por llevar una capa de asfalto en la parte superficial de rodadura, lo que ocasiona que las capas por debajo sufran pequeñas deformaciones sin

que la vía general se vea comprometida. El sistema también incluye una base y una subbase, recostadas en la sub rasante (Leguía & Pacheco, 2016).

Este tipo de pavimento es de bajo presupuesto en términos de ejecución inicial, con un tiempo de diseño útil que varía de 10 y 15 años. Sin embargo, requiere un mantenimiento más frecuente y costoso para que logre cumplir con su periodo de diseño.

Figura 1.

Sección típica de un pavimento flexible.



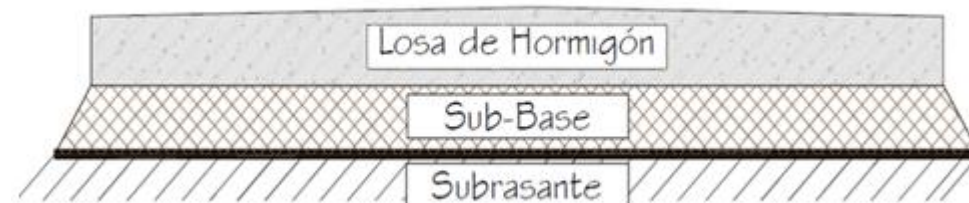
Nota. (Armijos, 2009).

Pavimentos Rígidos

Una estructura rígida está compuesta por losas de concreto, con o sin refuerzo, y no se adapta a las malformaciones de las capas por debajo. Su estructura incluye la losa por encima de una sub base y está encima de la subrasante. Aunque su precio está por encima que el de los pavimentos asfálticos, su vida útil es mayor, oscilando en promedio entre unos 20 y 40 años. (Medina & De La Cruz, 2015).

Figura 2.

Sección típica de un pavimento rígido.



Nota. (Armijos, 2009).

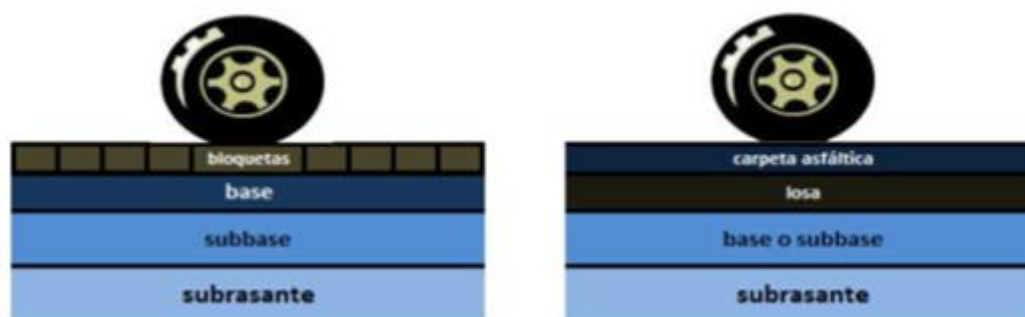
Pavimentos Mixtos

Llamado también pavimento híbrido, es una combinación de flexible y rígido, se colocan bloques de concreto prefabricado en lugar de la carpeta asfáltica. El objetivo de este tipo de pavimento es disminuir la velocidad límite de los vehículos, ya que los bloques producen una ligera vibración en los autos al circular sobre ellas. Es ideal para zonas urbanas, pues garantiza seguridad y comodidad para los usuarios.

Los pavimentos que combinan una capa asfáltica sobre un pavimento rígido, pueden presentar fisuras de reflexión de junta, donde las grietas del pavimento rígido se transmiten a la capa asfáltica superior. (Leguía & Pacheco, 2016).

Figura 3.

Sección típica de un pavimento mixto.



Nota. (Rodríguez, 2009).

2.2.2 Fallas En Pavimento Flexible

CALIDAD DE TRÁNSITO

Al realizar la inspección de daños en un pavimento, es fundamental analizar el tráfico o el confort de uso, ya que esto permitirá determinar el nivel de severidad correspondiente. A continuación, se proporciona una guía general que facilita la clasificación del grado de severidad de la calidad del tránsito.

L: (Low: Bajo). Se perciben las vibraciones en el vehículo, pero no es necesaria una reducción de velocidad.

M: (Medium: Medio). Las vibraciones en el vehículo son significativas y se requiere alguna reducción de la velocidad.

H: (High: Alto). Las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable, creando una incomodidad importante o un alto potencial de peligro o daño severo al vehículo.

La calidad del tránsito se mide al recorrer la superficie de asfalto en un vehículo de tamaño normal, manteniendo la velocidad que se permite por la normativa legal. La evaluación de las zonas próximas a los carteles de "PARE" debe realizarse a una velocidad habitual de frenado al aproximarse a la misma (Vásquez, 2002).

Piel De Cocodrilo

Esta falla superficial, se caracteriza por daños interconectados que van formando polígonos de diferentes formas. Este tipo de daño ocurre en zonas que están expuestas a repetidas cargas de tráfico.

El agrietamiento por fatiga comienza en la base de la capa asfáltica, donde los esfuerzos y las deformaciones unitarias de tensión son más altos. Posteriormente, las grietas se extienden hacia la superficie en forma de fisuras longitudinales que se conectan entre sí. Además, el envejecimiento del ligante asfáltico también contribuye a este daño, ya que reduce la flexibilidad del pavimento.

Esta falla superficial refleja el deterioro de la capacidad de soporte de la vía, reduciendo su resistencia a las solicitudes del tráfico (Rodríguez, 2009).

Figura 4.

Piel de cocodrilo.



Nota. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Exudación

La exudación es una capa de material bituminoso en la superficie del pavimento que crea una capa brillante y pegajosa. Se produce por un exceso de asfalto en la mezcla, una aplicación excesiva de sello asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire.

La exudación ocurre cuando el bitumen topea los espacios vacíos de la mezcla a temperaturas considerables, lo que provoca que el material emerja y se expanda superficialmente en la vía (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009).

Figura 5.

Exudación.



Nota. (Rodríguez, 2009).

Agrietamiento En Bloque

Son grietas interconectadas que dividen el pavimento en formas aproximadamente rectangulares. Los bloques varían de tamaño de 0.3m x 0.3m a 3.0m x 3.0 m. Las grietas en bloque se originan por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios.

Normalmente ocurre sobre una gran parte del pavimento, pero algunas veces aparece únicamente en áreas sin tránsito. Difiere de la piel de cocodrilo en que este último forma pedazos más pequeños, de muchos lados y ángulos agudos. También que la piel de cocodrilo es originada por cargas repetidas de tránsito y, por tanto, se encuentra en áreas sometidas a cargas vehiculares (Vásquez, 2002b).

Figura 6.

Agrietamiento en bloque.



Nota. (Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica, 2002)

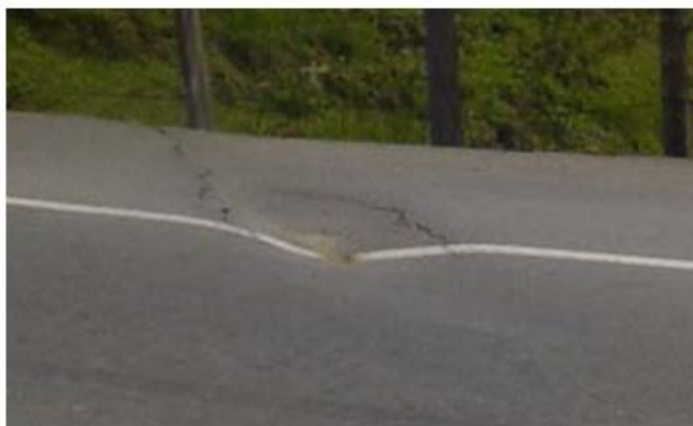
Abultamientos Y Hundimientos

Estos deterioros son traslados verticales ascendentes, ubicadas en zonas específicas del pavimento. Estos pueden originarse por levantamientos o deformaciones de losas de hormigón con una capa de hormigón asfáltico sobre ellas, expansión a causa de la congelación e infiltración. En cambio, los

hundimientos son mínimos y bruscos movimientos descendentes en la superficie del pavimento (Pereda, 2014).

Figura 7.

Abultamientos y hundimientos.



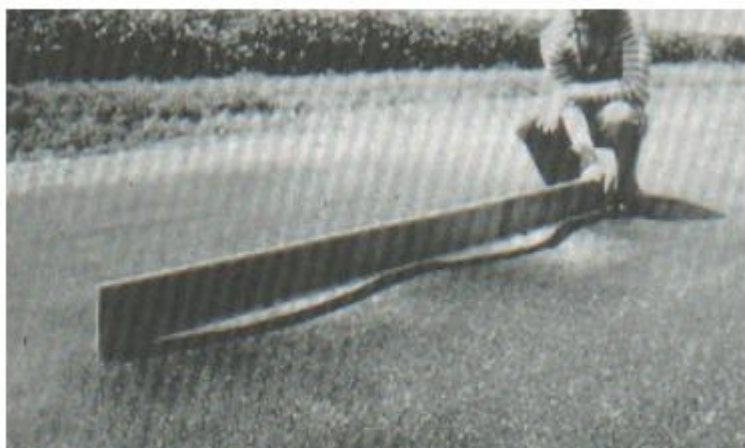
Nota. (Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Vías, 2006).

Corrugación

La corrugación en pavimentos son series de cimas y depresiones muy cercanas que ocurren a intervalos bastante regulares (A menos de 3 m.). Causado por la acción del tránsito (Zonas de aceleración y frenado) combinada con una carpeta o una base inestable (Medina & De La Cruz, 2015).

Figura 8.

Corrugación.



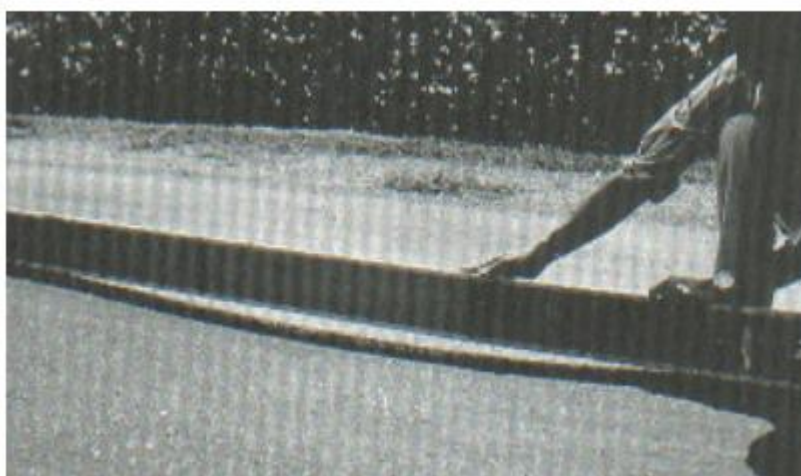
Nota. (Vásquez, 2002).

Depresión

Las depresiones en el pavimento son partes donde su superficie se encuentra ligeramente más baja en comparación con el área circundante. Estas pueden identificarse visualmente por las marcas de agua que se acumulan en ellas. Por lo general, se originan debido al asentamiento de la sub rasante o a problemas en la fase de construcción. Este tipo de irregularidad provoca cierta rugosidad en la vía y, si las depresiones son profundas o se llenan de agua, existe el riesgo de hidroplaneo. En contraste, estas fallas se caracterizan por descensos abruptos en el nivel del pavimento (Pereda, 2014).

Figura 9.

Depresión.



Nota. (Vásquez, 2002).

Grieta De Borde

Es el desgaste progresivo de los laterales de la vía, provocado por el tráfico en vías con laterales sin pavimentar, donde los vehículos circulan entre la berma y el pavimento (Coronado, 2000).

Figura 10.

Grieta de borde.



Nota. (Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Vías, 2006).

Grieta De Reflexión De Junta

Al respecto, Coronado (2000), menciona que “se presentan sólo en pavimentos mixtos constituidos por una superficie asfáltica sobre un pavimento rígido con juntas. Consiste en la propagación hacia la superficie asfáltica de las juntas del pavimento de concreto. Como consecuencia, por efecto de la reflexión, se observan en la superficie fisuras longitudinales y/o transversales” (Citado en Humpiri, 2015, p. 65).

Figura 11.

Grieta de reflexión de junta.



Nota. (Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Vías, 2006).

Desnivel Carril / Berma

Se refiere al incremento en la separación de la junta existente entre el pavimento y la berma. Este daño permite la infiltración de agua hacia la estructura del pavimento provocando su deterioro (Miranda, 2010). Generalmente está relacionada con la erosión, el asentamiento de la berma o la colocación de sobrecarpetas en el pavimento sin ajustar el nivel de la berma.

Figura 12.

Desnivel carril / berma.



Nota. (Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Vías, 2006).

Grietas Longitudinales Y Transversales

Las primeras fallas mencionadas se desarrollan en toda la parte superficial de la vía, en la misma dirección al eje del pavimento. Su ubicación proporciona pistas sobre su posible origen, lo que es crucial para su evaluación. Inicialmente, aparecen como fisuras simples, pero con el tiempo, el deterioro puede generar ramificaciones laterales y fisuras paralelas, un fenómeno conocido como "multiplicidad".

Las grietas transversales atraviesan la parte superficial de la vía de forma perpendicular al eje del pavimento. Pueden abarcar por completo el ancho de

la vía o únicamente los primeros 0.60 metros desde el borde. En algunos casos, se presentan con una distribución regular. Como las grietas longitudinales, pueden evolucionar formando ramificaciones y fallas en el mismo sentido (Departamento de Administración y Evaluación de pavimentos, 2016).

Figura 13.

Grietas longitudinales y transversales.



Nota. (Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Vías, 2006).

Parcheo Y Acometidas De Servicios Públicos

Este deterioro es una parte del pavimento que ha sido reemplazada por completo para reparar el pavimento existente, aunque su desempeño suele ser inferior al de la sección original. A menudo, se utiliza para facilitar el colocado o corrección de redes de servicios.

Si la intervención se limita al reemplazo de una parte o en su totalidad de la carpeta de asfalto, se llama parcheo. En cambio, si incluye el cambio de una

parte o en su totalidad de las capas inferiores, se denomina bacheo (Leguía & Pacheco, 2016).

Figura 14.

Parcheo y acometidas de servicios públicos.



Nota. (Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Vías, 2006).

Pulimento De Agregados

Este perjuicio se origina por la reiteración de cargas de los vehículos, que provocan que el material en la parte superficial del pavimento se torne suave al contacto, disminuyendo de manera significativa la adhesión con las ruedas. Cuando el agregado que se expone es escaso, la textura del pavimento deja de ayudar de forma efectiva a disminuir la velocidad del móvil. Se reconoce el pulido de los agregados a través de inspecciones que muestran la degradación del material superficial y su suavidad al contacto. Adicionalmente, se verifica cuando los resultados de pruebas de oposición al deslizamiento indican valores inferiores o una reducción considerable en comparación con evaluaciones previas (Bardales & Cheng, 2013).

Figura 15.*Pulimentos de agregados.**Nota. (Vásquez, 2002).***Huecos**

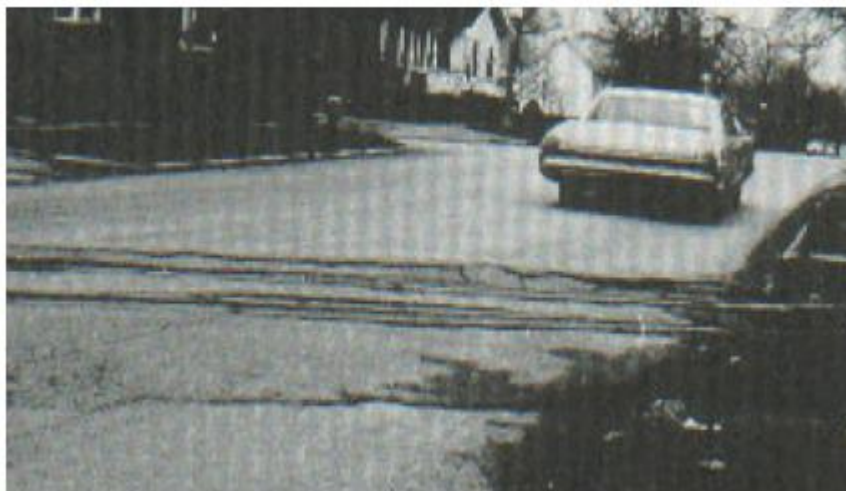
Los huecos son depresiones en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo. Los huecos se producen cuando el tráfico desprende pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o porque se ha alcanzado una condición de piel de cocodrilo de severidad alta. Con frecuencia los huecos son daños asociados a la condición de la estructura del pavimento y no deben confundirse con desprendimiento o meteorización. Cuando los huecos son producidos por piel de cocodrilo de alta severidad deben registrarse como huecos, no como meteorización (Vásquez, 2002).

Figura 16.*Huecos.*

Nota. (Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Vías, 2006).

Cruce De Vía Férrea

Las fallas relacionados con estos cruces incluyen depresiones o abultamientos que se forman en el contorno de los rieles (Vásquez, 2002).

Figura 17.*Cruce de vía férrea.*

Nota. (Vásquez, 2002).

Ahuellamiento

Esta falla es una depresión en la parte superficial que se forma en la ruta seguida por las llantas.

Suele ir de la mano con un levantamiento en zonas cercanas a la depresión y la aparición de fisuras.

Un ahuellamiento considerable puede causar un deterioro estructural de la vía y aumentar el riesgo de hidroplaneo, por lo que es importante considerarlo (Huamán, 2011).

Figura 18.

Ahuellamiento.



Nota. (Corros et al., 2009).

Desplazamiento

El desplazamiento es un corrimiento longitudinal y permanente de una zona localizada en la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie. Normalmente, ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables.

También suceden estas fallas cuando las vías flexibles se topan con las vías rígidas. En este escenario, el incremento en la longitud de los pavimentos rígidos provoca el movimiento de cambio de lugar (Vásquez, 2002).

Figura 19.

Desplazamiento.



Nota. (Corros et al., 2009).

Grietas Parabólicas

Son fallas que tienen la forma de luna partida a la mitad que crecen con el tiempo, presentando ambos lados afilados en el sentido del tráfico. Se originan debido al frenado o cambio de dirección de las llantas, lo que provoca desplazamiento de la parte superficial del pavimento (Miranda, 2012).

Figura 20.

Grietas parabólicas.



Nota. (Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Vías, 2006).

Hinchamiento

Al respecto, El Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica (2002), mencionan que "el hinchamiento es el abultamiento localizado en la superficie del pavimento, en forma de una onda larga y gradual de longitud mayor a 3.00 m, que distorsiona el perfil de la carretera. Ocurre debido a la expansión del suelo de fundación (suelos expansivos) y el congelamiento del material de la subrasante. El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial" (Citado en Auccahuaqui & Corahua, 2016, p. 113).

Figura 21.

Hinchamiento.



Nota. (Corros et al., 2009).

Meteorización / Desprendimiento De Agregados

Al respecto, Vásquez (2002), menciona que "la meteorización y el desprendimiento de agregados son la pérdida de la superficie del pavimento debida a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Este daño indica que el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable o que la mezcla presente es de pobre calidad. Además, el desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo,

vehículos de orugas. El ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados debidos al derrame de aceites también se consideran como desprendimiento" (Citado en Conza, 2016, p. 46).

Figura 22.

Meteorización / desprendimiento de agregados.



Nota. (Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Vías, 2006).

Perdida De La Película De Ligante

Este deterioro es resultado del desgaste con el pasar del tiempo de la capa de bitumen que recubre los agregados, que cambia debido a la influencia del tiempo y de la circulación. La razón principal de esta degradación radica en la hidrofilia de estos materiales. Puede ocurrir también por una mala calidad del asfalto, junto con la polución de los materiales y los resultados de elementos dañinos (Instituto Nacional de Vías, 2008).

Figura 23.

Perdida de la película de ligante.



Nota. (Instituto Nacional de Vías, 2008).

Descascaramiento

Se refiere a la pérdida de fragmentos en zonas superficiales, sin alcanzar el nivel de la capa flexible influye en las capas bajas. Las principales razones de esta degradación se relacionan con una continuidad insuficiente entre zona asfáltica y la zona subyacente, además de una altura deficiente de la capa superficial (Instituto Nacional de Vías, 2008).

Figura 24.

Descascaramiento.



Nota. (Instituto Nacional de Vías, 2008).

Afloramiento De Mortero

Se refiere al surgimiento de agua, acompañada de agregados finos de la misma zona fundamental. La existencia de marcas o acumulación de agregado en la parte superficial se evidencia en el borde de las fisuras (Instituto Nacional de Vías, 2008).

Figura 25.

Afloramiento de mortero.



Nota. (Instituto Nacional de Vías, 2008).

Afloramiento De Agua

Se manifiesta por la presencia del líquido en la superficie del pavimento cuando no hay precipitaciones pluviales, se presenta por las fisuras y por las áreas segregadas del pavimento. La carencia de un adecuado sistema de drenaje interno resulta ser la causa principal de este tipo de deterioro (Instituto Nacional de Vías, 2008).

Figura 26.

Afloramiento de agua.



Nota. (Instituto Nacional de Vías, 2008).

Erosión De Las Bermas

Se refiere a la devastación de los laterales, cuyo motivo es un sistema de drenaje en la superficie insuficiente (Instituto Nacional de Vías, 2008).

Figura 27.

Erosión de las bermas.



Nota. (Instituto Nacional de Vías, 2008).

Segregación

Se refiere al reparto inconsistente de los materiales finos y gruesos, lo que resulta en una ausencia de uniformidad en los atributos y propiedades de la combinación, causando un reducido significativo en la durabilidad del asfalto (Instituto Nacional de Vías, 2008).

Figura 28.

Segregación.



Nota. (Instituto Nacional de Vías, 2008).

2.2.3. Evaluación De Pavimentos

Realizar un análisis en las vías implica una evaluación que revela como se encuentra en ese momento el pavimento y su superficie, con el objetivo de considerar de inmediato actividades de conservación y mantenimiento que permitan extender su periodo de diseño. En este contexto, resulta crucial seleccionar y llevar a cabo un estudio imparcial que se ajuste al ámbito en el que se halle (Leguía & Pacheco, 2016).

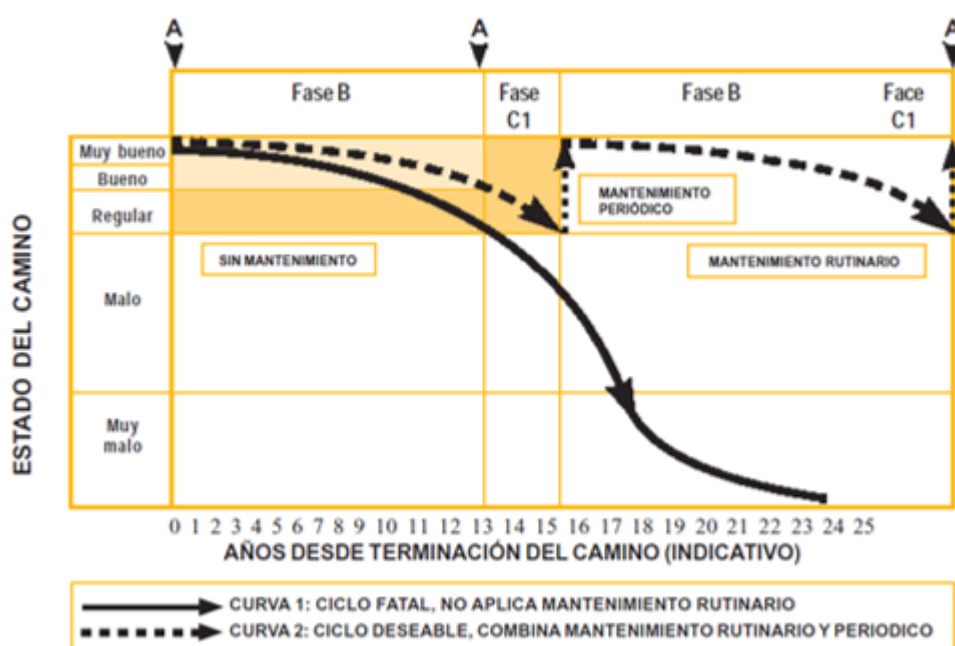
Es crucial llevar a cabo una evaluación regular del pavimento, ya que esta nos permitirá identificar de manera oportuna las fallas en la parte superficial;

de esta manera, podremos realizar trabajos de corrección adecuados y garantizar que el pavimento alcance la funcionalidad diseñada.

Esta acción nos facilitará la optimización de costos al asegurar que el camino satisfaga toda su vida útil.

Figura 29.

Ciclo de vida de la vía con y sin mantenimiento.



Nota. (Menéndez, 2003).

Las vías son estructuras creadas para proporcionar al conductor seguridad y confort al conducir, lo que implica que el camino debe proporcionar un nivel de servicio que se ajuste a la solicitud requerida (Cristian & Andres, 2016).

La evaluación funcional o superficial tiene como finalidad examinar una carretera para detectar los daños que influyen en el pavimento y en la calidad del tránsito, permitiendo establecer su estado actual (Leguía & Pacheco, 2016).

En la actualidad, se dispone de varias metodologías para evaluar la superficie de los pavimentos (siendo la más utilizada y conocida el PCI) las cuales no requieren equipos altamente especializados para su aplicación.

Estas técnicas se basan principalmente en la inspección visual, que generalmente incluye una revisión preliminar seguida de una evaluación más detallada.

Método De Evaluación Superficial Pavement Condition Index (Pci)

Dado el desafío presente para gestionar y administrar el mantenimiento de las carreteras, en 1978 M.Y. Shahin y S.D. Khon publicaron el método del PCI utilizado hasta ahora.

Es un procedimiento que implica determinar la condición del pavimento mediante inspección visual, identificando la clase, gravedad y número de fallos detectados. Este método es sencillo de aplicar y no necesita de instrumentos especializados, ya que se evalúa la condición del pavimento de forma indirecta (Rodriguez, 2009).

El deterioro de la estructura de un pavimento está en función de la clase de daño, su severidad y cantidad de este. El método PCI introduce los "valores deducidos", como un modelo para calcular un factor de ponderación. Este con el fin de representar el grado de afectación de cada combinación obtenida de los tres factores: clase de daño, nivel de severidad y cantidad sobre la condición del pavimento.

El PCI es un indicador numérico que se encuentra con un valor cero para un pavimento deteriorado o deficiente, y cien para un pavimento muy bueno o eficiente. La siguiente tabla muestra los rangos de PCI junto con la descripción correspondiente de la condición de la vía.

Tabla 1.*Rangos de 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. (Vásquez, 2002).

Procedimiento De Evaluación De La Condicion Del Pavimento

El proceso comprende comenzar una fase de trabajo en la vía o in situ, donde se determinan las fallas considerando su tipo, gravedad y magnitud. Este dato se documenta en formatos pre establecidos de revisión de pavimentos de asfalto y concreto.

De estos factores, la clase se refiere al tipo de daño o deterioro superficial encontrado en el pavimento considerando los mencionados en el manual del PCI.

La severidad representa el grado de daño o deterioro identificado, y se clasifica según los resultados de la inspección en tres niveles: L (Low: Bajo), M (Medium: Medio) y H (High: Alto).

La extensión indica la zona que está considerando el tipo de daño o deterioro.

Unidades De Muestreo

La vía a evaluar se divide en unidades de muestreo, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura.

Para pavimentos asfálticos, el área de la unidad de muestra se situará entre 230.0 ± 93.0 metros cuadrados. El cuadro muestra relaciones entre la longitud y el ancho.

Tabla 2.

Relación longitud ancho de calzada.

Ancho de calzada (m)	Longitud de las unidades de muestreo (m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

*Nota. (Vásquez, 2002).***Determinación De Las Unidades De Muestreo Para Evaluación**

La "Evaluación de un Proyecto" requiere la revisión de todas las unidades involucradas. No obstante, si no es posible, se determina el número mínimo de unidades de muestra "n" a ser inspeccionadas a través de la siguiente fórmula, la cual genera un cálculo del P C I ± 5 del promedio verdadero con una fiabilidad del 95%.

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

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestra a evaluar.

N: Número total de unidades de muestra en la sección del pavimento

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

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Si se realizar una inspección inicial, se asume una desviación estándar (σ) del PCI de 10 para pavimentos asfálticos (rango de PCI de 25). Para las siguientes inspecciones se usará la desviación estándar real (o el rango PCI) de la inspección previa.

Selección De Las Unidades De Muestreo Para Inspección

Una vez determinada la cantidad de unidades de muestreo, se deben distribuir de forma homogénea a lo largo de la sección del pavimento. La primera unidad debe escogerse al azar.

El intervalo de muestreo se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$i = \frac{N}{n}$$

Donde:

N: Número total de unidades de muestra disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

i: Intervalo de muestreo, éste se redondea al número entero inferior.

Se seleccionará la primera muestra al azar del grupo de muestra 1 hasta i . Las demás unidades de muestra a inspeccionar serán las que se encuentren ubicadas a incremento i de espaciamiento.

Selección De Las Unidades De Muestreo Adicionales

Una muestra adicional es una unidad de muestra inspeccionada adicionalmente a las seleccionadas aleatoriamente para incluir unidades de muestra no representativas en la determinación de la condición del pavimento. Estas unidades presentan condiciones extremas, muy pobres o excelentes, que no son típicas de la sección, y fallas poco comunes, como los cortes en el pavimento para instalaciones. Si una unidad de muestra con fallas inusuales es seleccionada aleatoriamente debe ser contabilizada como una muestra adicional y otra muestra aleatoria debe ser elegida. Si todas las unidades de muestra son inspeccionadas no existen Muestras Adicionales.(NORMA ASTM, 2005).

Se analiza las UM adicionales cuando sea necesario, basándose en el criterio y concepto previamente establecidos.

Procedimiento De Inspección

- Inspeccionar individualmente cada unidad de muestra seleccionada.
- Registrar el tramo y número de sección, así como el número y tipo de unidad de muestra (al azar o adicional).
- Registrar el tamaño de unidad de muestra.
- Realizar la inspección de las fallas, cuantificando cada nivel de severidad y registrando la información obtenida.
- El método de medición se encuentra detallado en la descripción de cada falla.
- Repetir este procedimiento para cada unidad de muestra a ser inspeccionada.

Tabla 3.

Niveles de gravedad de los deterioros PCI.

DAÑOS O FALLAS	SEVERIDAD		
	LOW (Bajo)	MEDIUM (Medio)	HIGH (Alto)
1.- Piel de cocodrilo. Unidad de medición: m ²	Grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con unas pocas o ninguna interconectadas. Las grietas no están descascaradas, es decir, no presentan rotura del material a lo largo de los lados de la grieta.	Desarrollo posterior de grietas piel de cocodrilo del nivel L, en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente descascaradas.	Red o patrón de grietas que ha evolucionado de tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y descascarados los bordes. Algunos pedazos pueden moverse bajo el tránsito.
2.- Exudación. Unidad de medición: m ²	La exudación ha ocurrido solamente en un grado muy ligero y es detectable únicamente durante unos pocos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o a los vehículos.	La exudación ha ocurrido hasta un punto en el cual el asfalto se pega a los zapatos y vehículos únicamente durante unas pocas semanas del año.	La exudación ha ocurrido de forma extensa y gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos al menos durante varias semanas al año.
3.- Agrietamiento en bloque. Unidad de medición: m ²	Bloques definidos por grietas de baja severidad, como se define para grietas longitudinales y transversales.	Bloques definidos por grietas de severidad media	Bloques definidos por grietas de alta severidad.
4.- Abultamientos y hundimientos. Unidad de medición: ml	Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de baja severidad.	Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad media.	Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad alta.

5.- Corrugación. Unidad de medición: m2	Corrugaciones producen una calidad de tránsito de baja severidad.	Corrugaciones producen una calidad de tránsito de mediana severidad.	Corrugaciones producen una calidad de tránsito de alta severidad.																				
6.- Depresión. Unidad de medición: m2	Máxima profundidad de la depresión: 13.0 a 25.0 mm.	Máxima profundidad de la depresión: 25.0 a 51.0 mm.	Máxima profundidad de la depresión: Más de 51.0 mm.																				
7.- Grieta de borde. Unidad de medición: ml	Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.	Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.	Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde.																				
8.- Grieta de reflexión de junta. Unidad de medición: ml	Existe 1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm, 2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).	Existe una de las condiciones: 1. Grieta sin relleno con ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm. 2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio. 3. Grieta rellena de cualquier ancho rodeado de un ligero agrietamiento aleatorio.	Existe una de las condiciones: 1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de un agrietamiento aleatorio 2. de media o alta severidad. Grietas sin relleno de más de 76.0 mm. 3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas (la grieta está severamente fracturada).																				
9.- Desnivel carril / berma. Unidad de medición: ml	La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma está entre 25.0 y 51.0 mm.	La diferencia está entre 51.0 mm y 102.0 mm.	La diferencia en elevación es mayor que 102.00 mm.																				
10.- Grietas Longitudinales y transversales. Unidad de medición: ml	Existe 1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm.	Existe una de las condiciones: 1. Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm. 2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm, rodeada grietas aleatorias pequeñas. 3. Grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas aleatorias pequeñas.	Existe una de las condiciones: 1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas aleatorias pequeñas de severidad media o alta. 2. Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho. 3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas.																				
11.- Parcheo. Unidad de medición: m2	El parche está en buena condición buena y es satisfactorio. La calidad del tránsito se califica como de baja severidad o mejor.	El parche está moderadamente deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de severidad media.	El parche está muy deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de alta severidad. Requiere pronta sustitución.																				
12.- Pulimento de agregados. Unidad de medición: m2	No se define ningún nivel de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de ser incluido en una evaluación de la condición y contabilizado como defecto.																						
13.- Huecos. Unidad de medición: und	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Profundidad máxima del hueco</th><th colspan="3">Diámetro medio (mm)</th></tr> <tr> <th></th><th>102 a 203 mm</th><th>203 a 457 mm</th><th>457 a 762 mm</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12.7 a 25.4 mm</td><td>BAJO</td><td>BAJO</td><td>MEDIO</td></tr> <tr> <td>> 25.4 a 50.8 mm</td><td>BAJO</td><td>MEDIO</td><td>ALTO</td></tr> <tr> <td>> 50.8 mm</td><td>MEDIO</td><td>MEDIO</td><td>ALTO</td></tr> </tbody> </table>			Profundidad máxima del hueco	Diámetro medio (mm)				102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm	12.7 a 25.4 mm	BAJO	BAJO	MEDIO	> 25.4 a 50.8 mm	BAJO	MEDIO	ALTO	> 50.8 mm	MEDIO	MEDIO	ALTO
Profundidad máxima del hueco	Diámetro medio (mm)																						
	102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm																				
12.7 a 25.4 mm	BAJO	BAJO	MEDIO																				
> 25.4 a 50.8 mm	BAJO	MEDIO	ALTO																				
> 50.8 mm	MEDIO	MEDIO	ALTO																				
14.- Cruce de vía férrea. Unidad de medición: m2	El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.	El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.	El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad alta.																				
15.- Ahuellamiento. Unidad de medición: m2	Profundidad media del ahuellamiento: 6.0 a 13.0 mm.	Profundidad media del ahuellamiento: >13.0 mm a 25.0 mm.	Profundidad media del ahuellamiento: H: > 25.0 mm.																				
16.- Desplazamiento. Unidad de medición: m2	El desplazamiento causa calidad de tránsito de baja severidad.	El desplazamiento causa calidad de tránsito de severidad media.	El desplazamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.																				
17.- Grieta parabólica (slippage) Unidad de medición: m2	Ancho promedio de la grieta menor que 10.0 mm.	Existe una de las condiciones: 1. Ancho promedio de la grieta entre 10.0 mm y 38.0 mm.	Existe una de las condiciones: 1. Ancho promedio de la grieta mayor que 38.0 mm. 2. El área alrededor de la grieta																				

18.- Hinchamiento. Unidad de medición: m ²	El hinchamiento causa calidad de tránsito de baja severidad. El hinchamiento de baja severidad no es siempre fácil de ver, pero puede ser detectado conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección de pavimento. Si existe un hinchamiento se producirá un movimiento hacia arriba.	El hinchamiento causa calidad de tránsito de severidad media.	El hinchamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.
19.- Desprendimiento de agregados. Unidad de medición: m ²	Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. En el caso de derramamiento de aceite, puede verse la mancha del mismo, pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda.	Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda.	Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores que 10.0 mm y profundidades menores que 13.0 mm; áreas ahuecadas mayores se consideran huecos. En el caso de derramamiento de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto ligante y el agregado está suelto.

Nota. (Vásquez, 2002).

Cálculo Del Pci

Una vez finalizada el análisis de campo, procede llevarse a cabo el trabajo en oficina para calcular el PCI. Esto se fundamenta en los resultados extraídos de las diferentes fallas en función de la cantidad y gravedad.

Cálculo Para Pavimento Asfáltico

Etapas 1. Cálculo de los valores deducidos (DV):

- Sumar la cantidad de daño para cada nivel de severidad. El daño puede medirse en área, longitud o por unidad según su tipo.
- Dividir la cantidad de cada tipo de daño, en cada nivel de severidad, entre el área total de la unidad de muestreo y expréselo en porcentaje. Esta será la densidad para cada tipo de daño y nivel de severidad.
- Determine el valor deducido para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas de "Valor deducido del daño" que se muestran en los anexos.

Etapla 2. Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos (m).

- d. Si ninguno o solamente un valor deducido individual es mayor que 2%, el valor deducido total es usado en lugar del máximo valor deducido corregido (CDV) para determinar el PCI; caso contrario, el máximo CDV debe ser determinado usando los pasos e y f.
- e. Ordenar en una lista de mayor a menor los valores deducidos individuales.
- f. Se determina el número máximo admisible de valores deducidos (m) utilizando la siguiente fórmula:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$$

Donde:

m_i : Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción para la unidad de muestreo i .

HDV_i : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i .

- g. El número de valores individuales deducidos se reduce al valor m , inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que m se utilizan todos los que se tengan.

Etapla 3. Cálculo del máximo valor deducido corregido (CDV). El máximo CDV se determina mediante un proceso iterativo.

- h. Determine el número de valores deducidos " q " mayores que 2.0.
- i. Determine el "Valor deducido total" sumando todos los valores deducidos individuales.
- j. Determine el CDV con " q " (En la primera iteración $q=m$) y el "Valor Deducido Total" en la curva de corrección de acuerdo al tipo de pavimento que se muestran en los anexos.

- k. En la siguiente iteración, se cambia el menor valor deducido por 2% para luego sumar y hallar un nuevo valor deducido total, en este caso el valor q es igual a " $m - 1$ ". Se repite el mismo procedimiento hasta logra que $q = 1$.
- l. El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso, valor que nos permitirá hallar el PCI mediante la siguiente fórmula:

$$PCI = 100 - \text{máx. CDV}$$

Donde:

máx.CDV: Máximo valor deducido corregido.

PCI: Índice de condición del pavimento.

Cálculo Del PCI De La Sección Del Pavimento

Si se consideran la totalidad de las UM, la media estimados en las unidades de muestreo será el PCI de la zona pavimentada. Es importante realizar este paso.

Si se utilizó la técnica de muestreo aleatoria sistemática o con representatividad de la sección, el PCI de la sección del pavimento será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo inspeccionadas.

Si se usaron unidades de muestreo adicionales se usa un promedio ponderado calculado con la siguiente fórmula.

$$PCI_S = \frac{[(N - A) \times PCI_R] + (A \times PCI_A)}{N}$$

Donde:

PCI_S : PCI de la sección del pavimento.

PCI_R : PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.

PCI_A : PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

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

A: Numero adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

Mantenimiento Vial Según El Índice De Condición Del Pavimento.

El mantenimiento se sostiene en 03 consideraciones clave. Primero es el lugar donde se inician las labores de conservación, segundo es el punto ideal para la rehabilitación y el punto de fallo que están vinculados con el grado de falla de la vía. Este trabajo se distingue de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 4.

Correlación del tipo de mantenimiento y rehabilitación con el PCI.

TIPO DE MANTENIMIENTO	PCI	ESCALA
Rutinario (Mantenimiento menor)	85-100	EXCELENTE
	70-85	MUY BUENO
Rutinario (Mantenimiento menor)	55-70	BUENO
Periódico (Mantenimiento mayor efectivo)	40-55	REGULAR
Rehabilitación	25-40	MALO
Rehabilitación y Reconstrucción	10-25	MUY MALO
	00-10	FALLADO

Nota. (Jugo, 2005).

El método PCI ofrece alternativas de corrección para las distintas averías en vías asfálticas, de acuerdo a su gravedad, como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 5.

Opciones de reparación para fallas en pavimento asfáltico – PCI.

DAÑOS O FALLAS	SEVERIDAD		
	LOW (Bajo)	MEDIUM (Medio)	HIGH (Alto)
1.- Piel de cocodrilo.	No se hace nada, sello superficial. Sobrecarpeta.	Parcheo parcial o en toda la profundidad (Full Depth). Sobrecarpeta. Reconstrucción.	Parcheo parcial o Full Depth. Sobrecarpeta. Reconstrucción.
2.- Exudación.	No se hace nada.	Se aplica arena / agregados y cilindrado.	Se aplica arena / agregados y cilindrado (precalentando si fuera necesario).

3.- Agrietamiento en bloque.	Sellado de grietas con ancho mayor a 3.0 mm. Riego de sello.	Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.	Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.
4.- Abultamientos y hundimientos.	No se hace nada.	Reciclado en frío. Parcheo profundo o parcial.	Reciclado (fresado) en frío. Parcheo profundo o parcial. Sobrecarpeta.
5.- Corrugación.	No se hace nada.	No se hace nada. Reconstrucción.	Reconstrucción.
6.- Depresión.	No se hace nada.	Parcheo superficial, parcial o profundo.	Parcheo superficial, parcial o profundo.
7.- Grieta de borde.	No se hace nada. Sellado de grietas con ancho mayor a 3 mm.	Sellado de grietas. Parcheo parcial - profundo.	Parcheo parcial - profundo.
8.- Grieta de reflexión de junta.	Sellado para anchos superiores a 3.00 mm.	Sellado de grietas. Parcheo de profundidad parcial.	Parcheo de profundidad parcial. Reconstrucción de la junta.
9.- Desnivel carril / berma.	Renivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.		
10.- Grietas long y transversal.	No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor que 3.0 mm.	Sellado de grietas.	Sellado de grietas. Parcheo parcial.
11.- Parcheo.	No se hace nada.	No se hace nada. Sustitución del parche.	Sustitución del parche.
12.- Pulimento de agregados.	No se hace nada. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.	Fresado y sobrecarpeta.	Fresado y sobrecarpeta.
13.- Huecos.	No se hace nada. Parcheo parcial o profundo.	Parcheo parcial o profundo.	Parcheo profundo.
14.- Cruce de vía férrea.	No se hace nada.	Parcheo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.	Parcheo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.
15.- Ahuellamiento.	No se hace nada. Fresado y sobrecarpeta.	Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta.	Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta.
16.- Desplazamiento.	No se hace nada. Fresado.	Fresado. Parcheo parcial o profundo.	Fresado. Parcheo parcial o profundo.
17.- Grieta parabólica (slippage)	No se hace nada. Parcheo parcial.	Parcheo parcial.	Parcheo parcial.
18.- Hinchamiento.	No se hace nada.	No se hace nada. Reconstrucción.	Reconstrucción.
19.- Desprendimiento de agregados.	No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial.	Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.	Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción.

Nota. (Vásquez, 2002).

Software The Highway Development And Management Series HDM-4

El modelo HDM nace en 1968 impulsado por el Banco Mundial (BM) y apoyado por una serie de instituciones a lo largo de los años entre ellas destacan el Massachusetts Institute of Technologies (MIT), el Laboratoire

Central des Ponts et Chaussées (LCPC), el Transport and Road Research Laboratory (TRRL) y la Universidad de Birmingham.

El programa HDM - 4 se emplea eficientemente para respaldar las decisiones a través del estudio y la mejora de inversiones vinculadas al mantenimiento, rehabilitación y edificación de carreteras. Este programa facilita la valoración de iniciativas, programas y políticas de conservación desde un punto de vista técnico y financiero.

Su operación está basada en un modelo que calcula las interacciones asociadas con el deterioro de las vías, el impacto de las actividades de conservación y los costos de usos vehiculares.

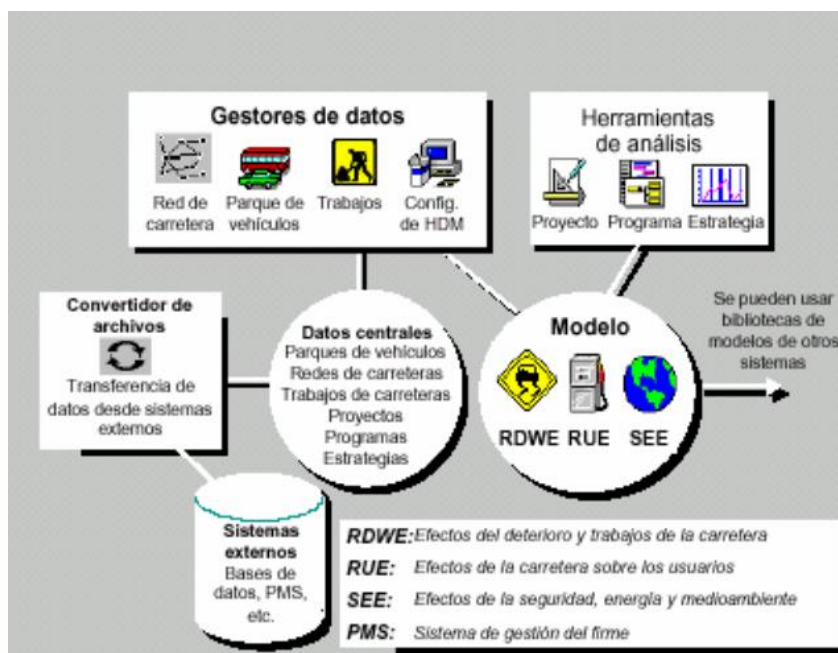
Las principales funciones del HDM - 4 incluyen el estudio de las fallas y las repercusiones en la preservación de vías, para una variedad de opciones para mantenerlas. Así que, determina los gastos de uso vehicular basándose en la condición de la vía, establece los costos por año de la gestión de vía y de las personas que usarán, para las diferentes opciones de mantenimiento establecidas. Finalmente, se analizan las opciones de mantenimiento, generando la verificación presupuestal de estas. Así, se cuenta con una extensos datos para determinar cuáles de las actividades planteadas de conservación traerán más beneficio (Alejos & Cribillero, 2017).

Estructura General Del HDM-4

La estructura empleada en el programa HDM - 4 expande las oportunidades de estudio, permitiendo examinar políticas de desarrollo y administración de una red de carreteras. A continuación en la figura 30 se muestra un esquema general del flujo de información del programa HDM - 4 (Montoya, 2007).

Figura 30.

Esquema global HDM-4.

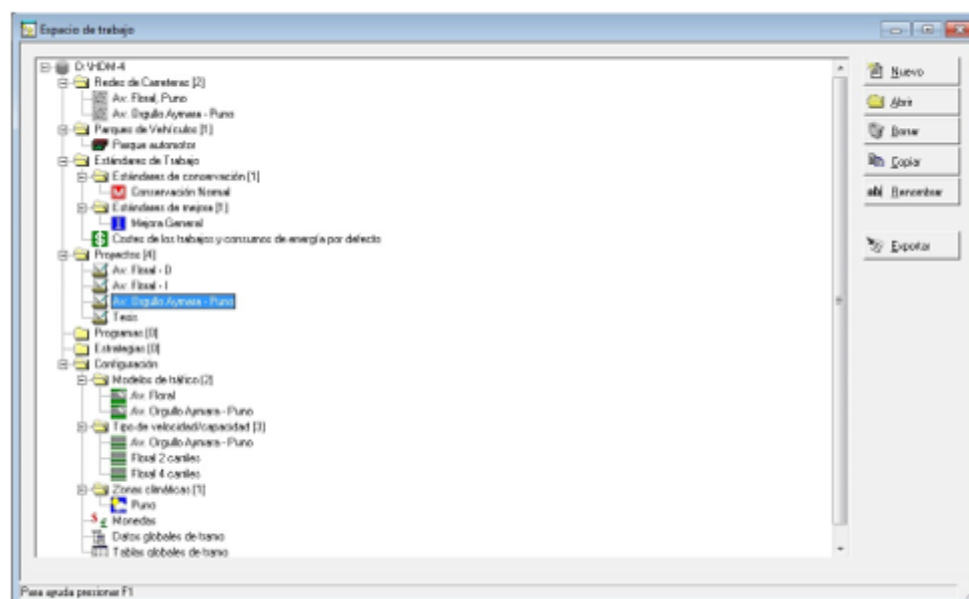


Nota. (Montoya, 2007).

El lugar de trabajo está concebido para conocer los conceptos y características, además ofrece acceso a los servicios más relevantes de HDM-4 (Montoya, 2007).

Figura 31.

Espacio de trabajo del HDM-4.



Nota. HDM-4.

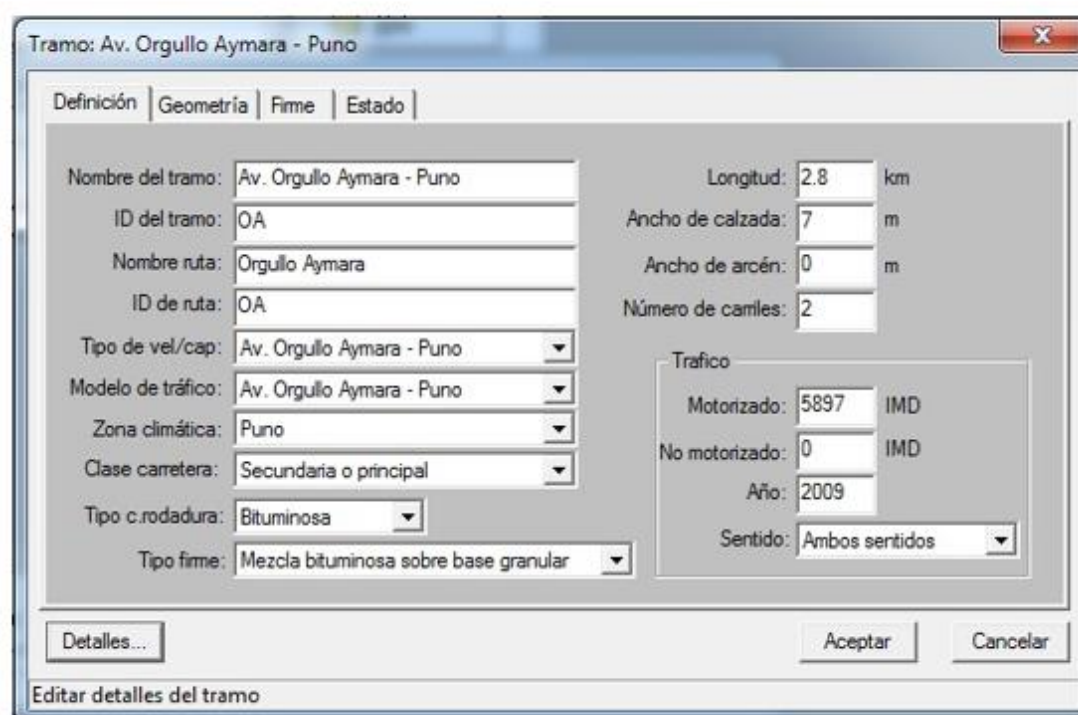
- Base de Datos: Módulos de Redes de Carreteras, de Flotas y de Estándares de Mejoramiento y Conservación;
- Niveles de Análisis: Módulos de Proyectos, de Programas y de Estrategias;
- Módulo de Configuración, para ajustar los valores típicos de determinadas variables o rangos de las mismas, a condiciones locales.

Módulo De Redes De Carreteras

Esta parte se utiliza para registrar la información que conforman el registro de las secciones de la red de carreteras. En el HDM-4, la parte representa la unidad básica de estudio y se define a través de diversos parámetros. La estructura de acceso de información está organizada mediante fichas con acceso fácil, los cuales facilitan el registro ordenado de la información en cada ficha correspondiente.

Figura 32.

Ventana principal del ingreso de datos.



The screenshot shows a software window titled "Tramo: Av. Orgullo Aymara - Puno". It contains several input fields and dropdown menus organized into two main columns. The left column includes fields for "Nombre del tramo", "ID del tramo", "Nombre ruta", "ID de ruta", "Tipo de vel/cap", "Modelo de tráfico", "Zona climática", "Clase carretera", "Tipo c.rodadura", and "Tipo firme". The right column includes fields for "Longitud", "Ancho de calzada", "Ancho de arcén", "Número de carriles", and a "Tráfico" section with "Motorizado", "No motorizado", "Año", and "Sentido". At the bottom, there are buttons for "Detalles...", "Aceptar", and "Cancelar", and a status bar that says "Editar detalles del tramo".

Field	Value	Unit
Nombre del tramo	Av. Orgullo Aymara - Puno	
ID del tramo	OA	
Nombre ruta	Orgullo Aymara	
ID de ruta	OA	
Tipo de vel/cap	Av. Orgullo Aymara - Puno	
Modelo de tráfico	Av. Orgullo Aymara - Puno	
Zona climática	Puno	
Clase carretera	Secundaria o principal	
Tipo c.rodadura	Bituminosa	
Tipo firme	Mezcla bituminosa sobre base granular	
Longitud	2.8	km
Ancho de calzada	7	m
Ancho de arcén	0	m
Número de carriles	2	
Motorizado	5897	IMD
No motorizado	0	IMD
Año	2009	
Sentido	Ambos sentidos	

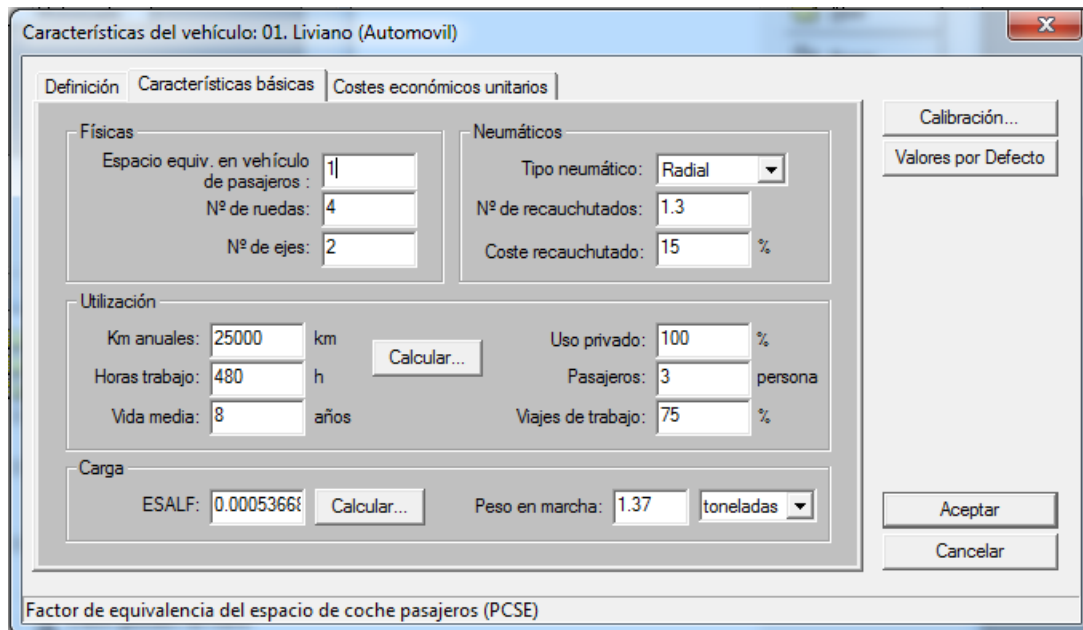
Nota. HDM-4.

La información a proporcionar se debe detallar, entre otros aspectos, las consideraciones siguientes:

- Denominación, longitud y clasificación funcional de la sección.
- Clima: selección de zona climática definida en el módulo de Configuración.
- Datos de tránsito: TMDA de vehículos motorizados y no motorizados, patrones de flujo de tránsito y de distribución de velocidades. El resto de los datos de tránsito se ingresa en la evaluación a nivel de Proyecto, Programa o Estrategia.
- Datos de diseño geométrico: ancho de calzada y bermas, número de trochas, curvatura horizontal, subidas más bajadas, altitud promedio, etc.
- Datos de estructura de pavimentos: tipo de superficie, información sobre capas estructurales y subrasante, capacidad estructural del paquete, edad desde intervenciones realizadas, estado de deterioro del pavimento, condiciones de drenaje, texto superficial, coeficientes de ajuste de modelos, etc. (Montoya, 2007).

Módulo De Flotas

En esta parte se incorporan las principales características de los móviles que conforman las flotas que transitarán por las secciones de la red vial. Esta información sirve para calcular los costos asociados a los usuarios de la vía. La información se introduce tomando como base vehículos tipificados. Estos valores pueden ajustarse según las condiciones específicas de cada país o región, adaptándose a las particularidades locales (Montoya, 2007).

Figura 33.*Características básicas de vehículos.**Nota.* HDM-4.

Módulo De Éstándares De Conservación Y Mejora

Se definen los criterios a implementar en el pavimento para superar su estado y eficacia. Estas reglas comprenden asociaciones de trabajos que se realizan, de forma programada o por necesidad de respuesta, en un periodo previamente determinado. Después de su implementación, producen una alteración en uno o varios de los indicadores de condición estructural y funcional de la carretera, tales como el aumento en la capacidad estructural, la disminución de la rugosidad IRI, la mejora en la capacidad para acomodar el tránsito de vehículos, entre otros factores (Montoya, 2007).

- **ÉSTÁNDARES DE CONSERVACIÓN:** Tiene como finalidad beneficiar la condición de los pavimentos, ya sean asfaltados o sin pavimentar. En el caso de pavimentos flexibles, las intervenciones pueden incluir parchado de fisuras, tratamientos en la superficie, rellenos, riegos de neblina, pequeños refuerzos, lechadas asfálticas, refuerzos con mezclas, mezclas

abiertas en frío, y aplicaciones con asfaltos polimerizados, entre otros. Es esencial definir las especificaciones del diseño de cada actividad, así como el momento oportuno y las condiciones en las que se implementará. Además, deben considerarse los costos involucrados y los impactos que estas acciones tendrán en el estado de función y de estructura de la vía.

Figura 34.

Datos de un estándar de conservación.

Estándar de conservación: Conservación Normal

General

Nombre: Conservación Normal

Código: CN

Tipo capa rodadura: Bituminosa

Aceptar

Cancelar

Tareas

Bacheo	B
Sellado de fisuras	SF

Nueva tarea...

Copiar tarea

Borrar tarea

Editar...

Nombre de este estándar de conservación

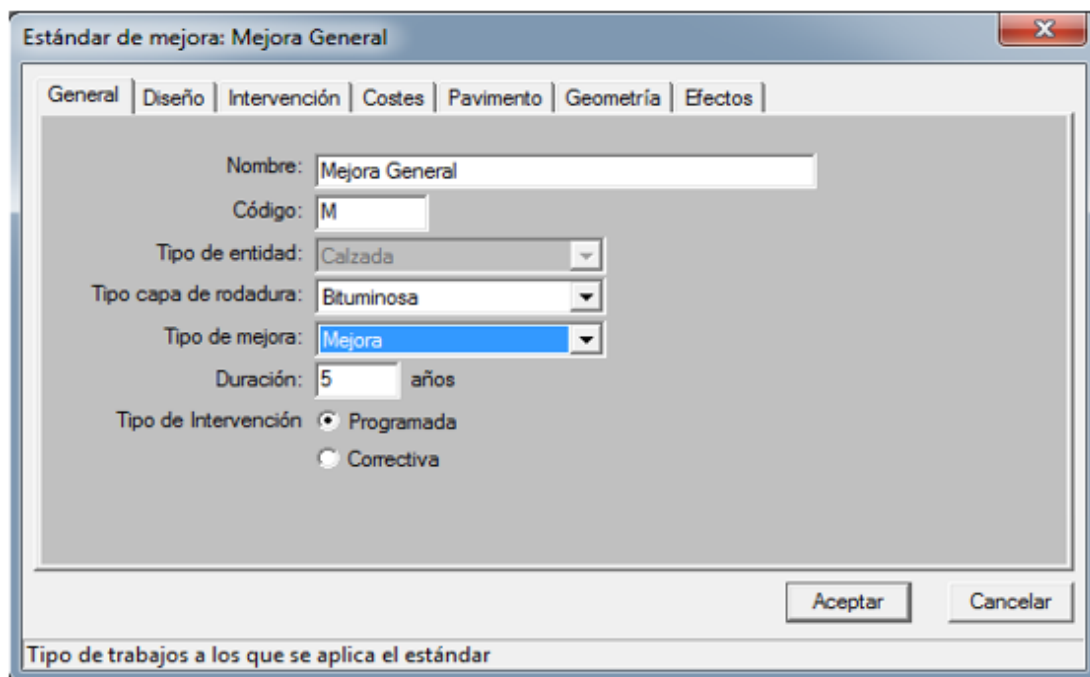
Nota. HDM-4.

- **ÉSTANDARES DE MEJORA:** Implementan un avance en la calidad del pavimento y en el rendimiento general de la carretera. Dentro de las tareas que conforman este tipo de normas se incluyen el realineamiento longitudinal, la incorporación o ensancha de trochas, la reconstrucción a mitad o a fondo y la edificación nueva. Estas actividades pueden llevarse a cabo utilizando pavimentos de rigidez o flexibilidad. Al especificar la puesta en práctica de un estándar de este tipo, se debe determinar las

consideraciones de diseño, pavimentación, presupuesto, efectos en el tráfico y condiciones aplicativas.

Figura 35.

Datos de un estándar de mejora.



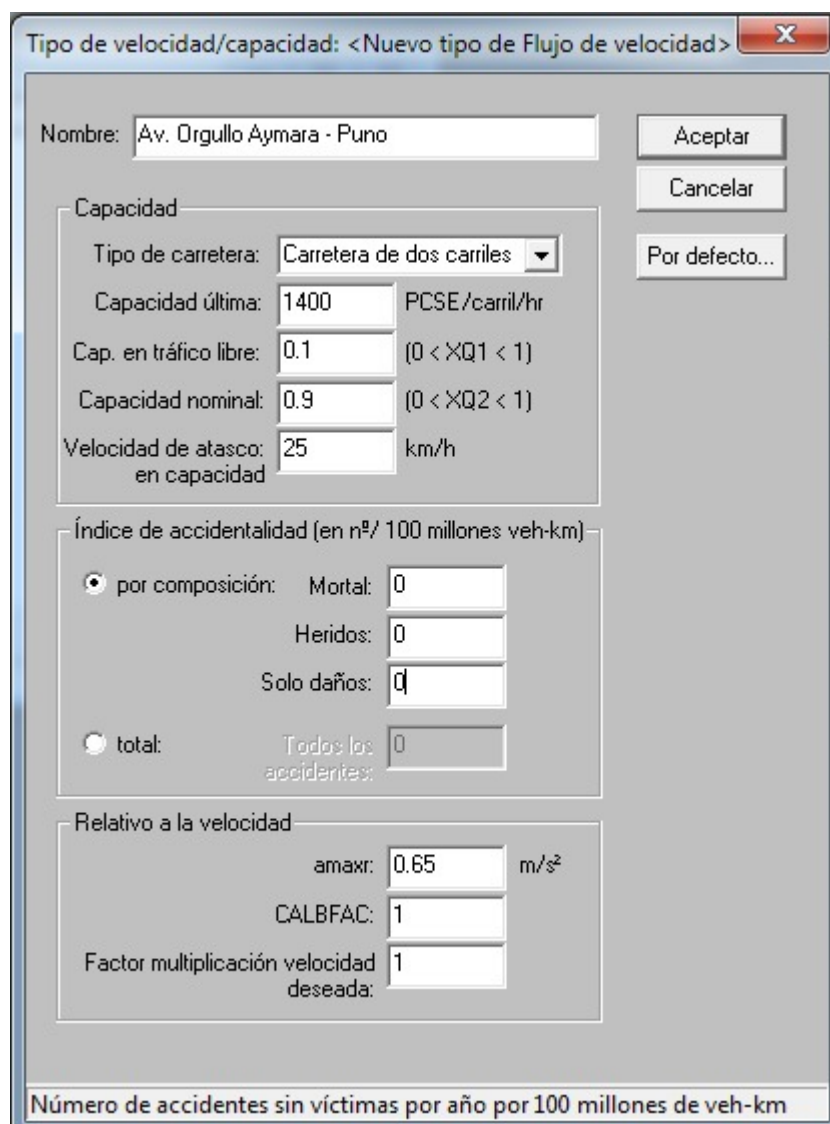
Nota. HDM-4.

Módulo De Configuración

En este módulo se definen características generales relativas a ciertos aspectos tales como patrones de tránsito, relación de velocidad/capacidad, que depende de la geometría transversal de la calzada, o zonas climáticas, que están definidas por diversos parámetros tales como índice de humedad, precipitaciones, temperaturas medias, rango de temperaturas, índice de congelamiento porcentaje del tiempo con la calzada recubierta de nieve o agua, etc (Montoya, 2007).

Figura 36.

Datos del tipo velocidad/capacidad.



Nota. HDM-4.

Módulo De Análisis De Proyectos

Este módulo nos facilita configurar los datos principales para el análisis, incluyendo el tiempo de evaluación, las monedas de ingreso y egreso, la selección de las secciones y flotas a analizar, así como la repartición por porcentaje de los diferentes vehículos que conforman la flota.

Posteriormente, se establecen las normas a implementar y se determina la opción base, el descuento porcentual a emplear y si se considerarán en el

estudio los gastos relacionados con el uso de energía, la polución y los incidentes. Una vez establecidos estos elementos, se lleva a cabo el análisis, luego se puede pasar a la etapa de creación de informes. Hasta la versión 1.3, estos reportes se presentan en formato tabular y son exportables a cualquier planilla de cálculo.

Los reportes generados permiten evaluar la evolución proyectada del deterioro para las opciones evaluadas, el gasto físico en el funcionamiento de los vehículos y los gastos totales de edificación, preservación y manejo, ajustados a la tasa de descuento establecida. Además, el software entrega el valor actual neto y la tasa interna de retorno, que facilitan la comparación entre alternativas para identificar la más rentable o, en términos equivalentes, aquella de menor costo actualizado. Con base en estos resultados y el costo con disponibilidad, el proyectista puede seleccionar la opción más adecuada para satisfacer las necesidades de la red evaluada (Montoya, 2007).

Figura 37.

Ingreso de datos de análisis de proyecto.

Nota. HDM-4.

Módulo De Análisis De Programas

Está diseñado para analizar diferentes partes de manera simultánea, permitiendo en una etapa inicial la formulación de un programa sin limitaciones, en el que las opciones se ordenan optando por el mayor beneficio en relación con el costo de inversión.

Posteriormente, el HDM-4 permite optimizar el programa inicial considerando las restricciones presupuestarias y los períodos definidos por el analista. Esta optimización genera una planificación estructurada por años, priorizando las alternativas con más lucratividad dentro de las restricciones presupuestarias fijadas para cada periodo de tiempo.

El software utiliza como criterio principal de priorización el índice beneficio/costo, calculado como el incremento del Valor Actual Neto de los beneficios dividido entre el aumento de los precios a invertir. De esta forma, se asigna prioridad a aquellas alternativas que ofrecen un mayor incremento de beneficios por unidad de inversión (Montoya, 2007).

Módulo De Análisis De Estrategias

Se analizan los efectos de implementar una política amplia de mejora del estado de la red, o bien se lleva a cabo el estudio del impacto en la red de diversos niveles de distribución de fondos, o incluso se establece qué condiciones para la implementación de estrategias pueden ser las más ventajosas en determinadas situaciones.

Los resultados que se buscan son universales e indicativos, con el objetivo de establecer directrices de acción, y deben ser entendidos con facilidad en los niveles de decisión política.

El módulo de estrategias tiene la capacidad de crear estrategias optimizadas desde la perspectiva no solo se trata de la rentabilidad, sino también de la condición que se pueda lograr en la red, expresada en términos de aumento de la rugosidad IRI media (Montoya, 2007).

El Sistema Hdm-4

El sistema se basa en las relaciones físicas y económicas derivadas de una investigación sobre el deterioro de las carreteras, el impacto de su conservación y los costos asociados al uso de los vehículos. Para determinar las opciones más efectivas de conservación y mejora para los diferentes tramos de carretera evaluados en un análisis específico, se emplean los siguientes modelos.

- **MODELOS DE DETERIORO, Y EFECTOS DE LAS OBRAS (RDWE):**

Por las siglas Road Deterioration and Works Effects permiten predecir, para un periodo de análisis definido por el usuario, la evolución del estado físico de las carreteras en función de las solicitudes impuestas por el tránsito, de las condiciones climatológicas, y del tipo de pavimento; asimismo, los modelos estiman los efectos de las obras de conservación y mejoramiento más usuales.

- **MODELOS DE EFECTOS PARA LOS USUARIOS (RUE):** Por las siglas Road User Effects son utilizados para calcular los efectos del estado físico y las condiciones de operación de las carreteras sobre los usuarios de las mismas, en términos de indicadores como los costos de operación vehicular y los tiempos de recorrido. También se emplean para obtener los beneficios derivados de las inversiones en proyectos carreteros.

- **MODELOS DE SEGURIDAD, ENERGÍA Y EFECTOS AMBIENTALES**

(SEE): Tienen como objetivo establecer los impactos del estado en que se encuentra la vía en factores como el porcentaje de accidentes, equipo de edificación, uso de energía vinculado al uso de los vehículos y la liberación de contaminantes

A través de estos modelos, el HDM-4 estima las condiciones de la vía y los recursos necesarios para su mantenimiento según cada estrategia planteada. También calcula las velocidades y los recursos durante su uso, considerando cada año del período a ser evaluado, cada sección de la vía y cada opción o estrategia de mantenimiento.

Luego se aplican los precios y costes unitarios especificados por los usuarios para determinar los costes económicos de las distintas alternativas. Se procede realizando el cálculo de los beneficios relativos de las diferentes alternativas, seguido del cálculo del valor actual y de la tasa de rentabilidad. Finalmente, se comparan los resultados obtenidos de cada opción para identificar la respuesta más eficiente, es decir, aquella que permite reducir al máximo los costos de transporte para la sociedad en su conjunto (Argueta & Castro, 2009).

Deterioros De Los Pavimentos Flexibles En El HDM-4

Se citan las razones que causan la degradación de las vías y se detallan los deterioros que se han tomado en cuenta.

Causas Del Deterioro De Pavimentos

Entre los factores principales que influyen en el deterioro de los pavimentos, se pueden mencionar los siguientes:

- **FACTORES CLIMATOLÓGICOS:** El HDM-4 incorpora al análisis los aspectos climatológicos mediante parámetros relacionados con la humedad y la temperatura, los cuales se establecen a partir de las Tablas 06 y 07. Para caracterizar las condiciones de humedad se utilizan variables que describen la precipitación y la humedad libre en la zona de estudio, mientras que las condiciones de temperatura se especifican con base en promedios anuales, rangos de variación mensual y número de días con temperaturas por arriba de un cierto límite.

El HDM - 4 considera los parámetros siguientes asociados con la humedad, junto con las lluvias del mes en promedio.

- **Índice de humedad.** Está basado en el índice de Thornthwaite e indica que tan seco o húmedo es una zona climática determinada.
- **Duración de la estación seca.** Este indicador divide al año en dos estaciones y se indica como fracción del mismo.

Tabla 6.

Clasificación por humedad.

Categoría	Precipitación Media Anual (mm)
Árido	< 300
Semiárido	300 a 800
Subhúmedo	800 a 1600
Húmedo	1500 a 3000
Muy Húmedo	> 2400

Nota. HDM-4.

En términos de temperatura, el programa HDM - 4 emplea las siguientes condiciones:

- **Rango promedio de temperaturas.** Comprende todas las temperaturas medias mensuales del año, o la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura media mensual, de cada uno de los meses del año.
- **Días con temperaturas mayores a 32° C.** Número de días en el año, en los cuales la temperatura ambiente excede los 32° C.

Tabla 7.

Clasificación por temperatura.

Categoría	Promedio Anual de Rangos de Temperatura (°C)
Tropical	20 a 35
Subtropical Cálido	-5 a 45
Subtropical Frio	-10 a 30
Templado Frio	-20 a 25
Templado con Congelamiento	-40 a 20

Nota. HDM-4.

- **REPRESENTACIÓN DEL TRÁNSITO:** El HDM-4 utiliza los siguientes parámetros para representar el tránsito:
 - **Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA).** En vías con un carril por sentido, se calcula como el total del tránsito aforado en los dos sentidos del tramo en estudio, dividido entre los 365 días del año.

En carreteras con más de un carril por sentido, suele calcularse el TDPA que corresponde a cada sentido.
 - **Composición vehicular.** Se expresa en términos de los porcentajes de tráfico de los diferentes tipos de vehículos que utilizan el camino, con respecto al TDPA.
 - **Tasa de crecimiento.** Corresponde a un porcentaje de incremento anual del TDPA.

- **Número total de ejes.** Es el número total de ejes que cruzan determinada sección del tramo en estudio durante un año.
- **Ejes equivalentes.** Se definen como el número total de aplicaciones de un eje sencillo dual estándar de 80kN, que provocarían el mismo daño al camino, durante un año, que los ejes del vehículo considerado.
- **HISTORIAL DE REPARACIONES:** Hace referencia a las tareas de conservación, restauración y edificación llevadas a cabo en el camino a través del tiempo.

El HDM-4 considera este aspecto a través de las siguientes condiciones vinculados con que tan antiguo se realizó el estudio:

AGE1: Tiempo transcurrido en años desde el último tratamiento preventivo, sello, sobrecarpeta, reconstrucción o construcción nueva.

AGE2: Tiempo transcurrido en años desde el último sello, sobrecarpeta, reconstrucción o construcción nueva.

AGE3: Tiempo transcurrido en años desde la última sobrecarpeta, reconstrucción o construcción nueva.

AGE4: Tiempo transcurrido en años desde la última reconstrucción, o construcción nueva.

- **DISEÑO GEOMÉTRICO:** Se contemplan factores como la distancia de anchura de cada carril y las restricciones, los alineamientos tanto vertical como horizontal.
- **CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DEL PAVIMENTO:** Se determina a través de factores como la cantidad estructural, la altura de las capas, las clases de agregado, las deflexiones y la capacidad en un estado rígido de la sub rasante.

Deterioros De Los Pavimentos Flexibles En El HDM-4

El programa HDM - 4 representa la degradación de las vías a través de la simulación del deterioro de los pavimentos:

- **DETERIOROS SUPERFICIALES:**

- Agrietamiento
- Desprendimientos
- Baches
- Rotura de borde

De los deterioros mencionados, los tres primeros presentan dos etapas distintivas: La fase inicial abarca el período previo a la manifestación del deterioro, mientras que la fase de progreso corresponde al intervalo en el que tanto el área afectada como la severidad del daño aumentan. En el rompimiento del borde, en su modelado se considera la fase de avance.

- **DETERIOROS RELACIONADOS CON LA DEFORMACIÓN DEL PAVIMENTO:**

- Rodera
- Irregularidad

Se sostiene que este tipo de degradaciones fluctúan de manera constante, solo se modelan a través de ecuaciones de avance.

- **DETERIOROS RELACIONADOS CON LA TEXTURA SUPERFICIAL:**

Se vinculan con la habilidad del asfalto para prevenir el deslizamiento de los vehículos. Para valorar la condición de la vía en este sector, el HDM - 4 emplea los indicadores:

- Profundidad de la textura
- Resistencia al deslizamiento

Los parámetros anteriores también cambian constantemente, es por eso que, se modelan mediante ecuaciones de avance.

2.2.4 Mantenimiento Vial

El mantenimiento vial engloba actividades para conservar el estado de una carretera y sus elementos, como espesores superficiales, drenaje y estructuras, asegurando que sigan funcionando eficientemente. Se puede definir como un conjunto de intervenciones preventivas para prevenir las fallas anticipadas de los elementos que conforman el pavimento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Niveles De Intervención En Mantenimiento Vial

Se refieren a las distintas acciones aplicadas a la vía o al pavimento, clasificadas según la magnitud de los trabajos. Van desde intervenciones simples pero permanentes, como la conservación rutinaria, hasta aquellas más complejas y costosas (Menéndez, 2003).

En los niveles de operación se tiene:

- a) **Mantenimiento rutinario.** - Consiste en la reparación localizada de pequeños defectos en la superficie de rodadura; en la nivelación de la misma y de las bermas; en el mantenimiento regular de los sistemas de drenaje (zanjas, cunetas, etc.), de los taludes laterales, de los bordes y otros elementos accesorios de las vías; en el control del polvo y de la vegetación; la limpieza de las zonas de descanso y de los dispositivos de señalización (Menéndez, 2003).
- b) **Mantenimiento periódico.** – Se refiere a la reparación y renovación parcial extensiva que se lleva a cabo cada cierto periodo en las carreteras, con el objetivo de prevenir deterioros que perjudiquen la estructura

fundamental y la superficie de las carreteras. Se toma en cuenta el ciclo de vida de las carreteras y su posible deterioro temporal debido a las cargas generadas por el tráfico de vehículos (Hamilton et al., 1999).

- c) **Rehabilitación.** - Consiste en la reparación selectiva y de refuerzo estructural, previa demolición parcial de la estructura existente. La rehabilitación procede cuando la vía se encuentra demasiado deteriorado como para poder resistir una mayor cantidad de tránsito en el futuro. Tiene como propósito restablecer la capacidad estructural y la calidad de la superficie de rodadura (Menéndez, 2003).
- d) **Reconstrucción.** – Se trata de la renovación total de la estructura del camino, es necesario llevar a cabo previamente la destrucción de una parte o del total de la infraestructura. Las posibles razones son un fallo en la edificación o la falta de una conservación apropiada (Hamilton et al., 1999).

Actividades De Mantenimiento Vial En Pavimento Flexible

Mantenimiento Rutinario

En la conservación habitual se incluyen las medidas implementadas localmente, entre ellas se tiene:

- a) **Sellado de grietas.** - El sello de grietas (aberturas mayores a 3 mm) consiste en la colocación de materiales especiales sobre o dentro de las fisuras del pavimento, incluyendo las correspondientes a los túneles, puentes y demás elementos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

- b) **Parcheo superficial.** - Comprende la reparación de baches y el reemplazo de áreas que se encuentren deterioradas, siempre que afecten a la superficie de rodadura, encontrándose en buenas condiciones la base granular y demás capas de suelos. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).
- c) **Parcheo profundo.** - Consiste en la reparación, bacheo o reemplazo de una parte severamente deteriorada de la estructura del pavimento, cuando el daño afecte tanto a la o las capas asfálticas, como parte de la base y/o subbase de la vía, incluyendo los correspondientes a los túneles, puentes y demás elementos. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Mantenimiento Periódico

- a) **Fresado de carpeta asfáltica.** - En frío es un procedimiento en el que una maquina equipada con un cilindro que rueda, con dureza en sus dientes, remueve vías rígidas y flexibles, hasta alcanzar una distancia determinada. Este mantenimiento debe realizarse con especialistas asignados (Jugo, 2005).
- b) **Sobrecarpeta (recapeos).**- Consiste en la colocación de una o más capas de mezcla asfáltica sobre la superficie de rodadura de un pavimento, incluyendo los correspondientes a los túneles, puentes y demás elementos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

2.3 MARCO CONCEPTUAL

- **Abrasión:** Desgaste mecánico de agregados y rocas resultante de la fricción y/o impacto.
- **Acarreo:** Transporte de materiales a diferentes distancias en el área de la obra
- **Aditivo:** Producto químico o mineral que modifica una o más propiedades de un material o mezcla de éstas.
- **Ahuellamiento:** Surcos o huellas que se presentan en la superficie de rodadura de una carretera pavimentada o no pavimentada y que son el resultado de la consolidación o movimiento lateral de los materiales por efectos del tránsito.
- **Alcantarilla:** Un elemento perteneciente al sistema de drenaje superficial de una vía, construido paralelamente al eje del camino o siguiendo la dirección natural del escurrimiento. Puede fabricarse con madera, piedra, concreto, metales u otros materiales. Generalmente se instala en quebradas, cursos de agua o en zonas donde se requiere descargar el caudal proveniente de las cunetas.
- **Bache:** Depresión que se forma en la superficie de rodadura producto del desgaste originado por el tránsito vehicular y la desintegración localizada.
- **Badén:** Estructura construida con piedra y/o concreto para permitir el paso vehicular sobre quebradas de flujo estacional o de flujos de agua menores. A su vez, permiten el paso de agua, materiales y de otros elementos sobre la superficie de rodadura.
- **Base:** Se coloca sobre la subbase o la subrasante, así como por debajo de la capa de rodadura, y está conformada por un material previamente

seleccionado y tratado. Esta capa de base constituye un componente esencial dentro de una estructura de pavimento.

- **Compactación:** Proceso, ya sea manual o mediante equipos, que reduce la cantidad total de vacíos presentes en suelos, mezclas asfálticas, morteros y concretos frescos elaborados con cemento Portland.
- **Conservación vial:** Son intervenciones técnicas encaminadas a conservar, de forma continua y prolongada, las condiciones adecuadas de la infraestructura vial, garantizando un nivel de servicio eficiente para el usuario. Estas labores pueden ejecutarse de manera rutinaria o periódica.
- **Construcción:** Ejecución de obras en una vía nueva que incorpora características geométricas alineadas con las normas vigentes de diseño y construcción.
- **Cunetas:** Una excavación o canal ubicado a los costados de las vías de transporte terrestre que, por encontrarse a un nivel inferior, capta el agua de lluvia y la dirige hacia un punto donde no genere inundaciones ni afectaciones.
- **Drenaje:** Es el proceso de retirar el agua acumulada en la superficie del terreno a causa de inundaciones, encharcamientos o anegamientos. Puede efectuarse de manera natural o mediante intervenciones artificiales, utilizando zanjas, conductos, tuberías, sumideros o dispositivos de captación.
- **Fatiga:** Es un proceso que se produce cuando un material o componente se somete a cargas repetidas, lo que provoca que se inicie y crezcan pequeñas grietas que pueden derivar en una falla final.

- **Fisura:** Ruptura en la superficie del material que suele tener un ancho inferior a 1 mm.
- **Fractura:** Abertura profunda y acentuada, de entre 0.5 y 1.5 mm, que puede ser visible a simple vista.
- **Gestión de pavimento:** Tiene como finalidad mejorar la distribución de los recursos económicos, considerando los costos vinculados a las diferentes alternativas de mantenimiento y rehabilitación.
- **Grieta:** Fractura, de variados orígenes, con un ancho mayor a 3 milímetros, pudiendo ser en forma transversal o longitudinal al eje de la vía.
- **Hundimiento:** Depresión o descenso de la superficie del pavimento en un área localizada.
- **Mantenimiento periódico:** Conjunto de actividades programables cada cierto periodo. Estas actividades pueden ser manuales o mecánicas y están referidas principalmente a: i) reposición de capas de rodadura, colocación de capas nivelantes y sello, ii) reparación o reconstrucción puntual de capas inferiores del pavimento, iii) reparación o reconstrucción puntual de túneles, muros, obras de drenaje, elementos de seguridad vial y señalización, iv) reparación o reconstrucción puntual de la plataforma de carretera y v) reparación o reconstrucción puntual de los componentes de los puentes tanto de la superestructura como de la subestructura.

- **Mantenimiento rutinario:** Conjunto de actividades que se realizan en las vías con carácter permanente para conservar sus niveles de servicio. Estas actividades pueden ser manuales o mecánicas referidas a labores de limpieza, bacheo, perfilado, roce, reparación de juntas de dilatación, pintura y drenaje en la superestructura y subestructura de los puentes.
- **Niveles de servicio:** Indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, y que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su condición superficial, funcional, estructural, y de seguridad.
- **Permeabilidad:** Habilidad de un material para dejar pasar un fluido a través de él sin que su estructura interna se vea modificada.
- **Señalización vial:** Conjunto de elementos visuales, sonoros y físicos en las vías públicas que guían, advierten y regulan el tránsito para garantizar la seguridad y mejorar el flujo vehicular. Incluye señales de tráfico, marcas en el pavimento y dispositivos como semáforos y barreras.
- **Transitabilidad:** Capacidad de una vía o ruta para ser recorrida de manera segura y eficiente por vehículos y peatones. Depende del estado del pavimento, la señalización, las condiciones climáticas y otros factores que afectan el flujo y la seguridad del tráfico.



CAPÍTULO III

MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El presente estudio adopta un enfoque **cuantitativo**, ya que se basa en la recolección y análisis de datos numéricos obtenidos a través del programa HDM - 4 y metodología Pavment Condition Index, además se consultará información de conceptos y ensayos de las metodologías, incluido los textos sobre daños en vías asfálticas y rígidas. Basándose en las investigaciones presentadas en esta tesis proyecto, se llevará a cabo una implementación práctica del tema.

Se llevará a cabo el análisis mediante la recopilación y el procesamiento de la información obtenida en la vía de estudio, realizando una comparación de las respuestas calculadas por la metodología empleada y los resultados del software, En el final del informe se dará un análisis de las diferencias, por último, se elaborarán los comentarios y sugerencias finales.

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según el objetivo que se trata de alcanzar, se trata de una investigación aplicada, porque nos fundamentamos en una estructura previamente

identificada (método del PCI) para solucionar el problema propuesto (Esteban, 2016).

En este caso, se aplican herramientas y metodologías previamente desarrolladas y validadas, como el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI) y el software Highway Development and Management (HDM-4), las cuales permiten evaluar de forma técnica y objetiva el estado actual del pavimento. A partir del análisis comparativo entre ambos enfoques, se pretende identificar el método más adecuado para el diagnóstico vial y, en función de ello, proponer estrategias de mantenimiento vial efectivas y oportunas.

Además, el carácter aplicado de la investigación se evidencia en su orientación hacia la toma de decisiones por parte de autoridades municipales y profesionales del área de ingeniería vial, quienes podrán utilizar los resultados como una guía para priorizar intervenciones, optimizar recursos y mejorar la transitabilidad urbana en zonas con alta carga vehicular.

3.3 NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

El nivel de la presente investigación es descriptivo-comparativo, ya que se centra en describir detalladamente el estado actual del pavimento flexible de la avenida Orgullo Aymara a través de dos metodologías de evaluación: el método PCI y el software HDM-4. A su vez, se realiza una comparación entre los resultados obtenidos por ambos métodos para determinar similitudes, diferencias y la pertinencia de su aplicación en el contexto urbano de la ciudad de Puno.

Este nivel permite identificar las principales fallas del pavimento, establecer su grado de severidad y proponer alternativas de conservación vial basadas en evidencias cuantificables.

3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Será observacional o no experimental, ya que se lleva a cabo una vez que el fenómeno a estudiar ya ha ocurrido, sin manipular las variables involucradas.

3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

Aunque es verdad que la población se refiere a la totalidad de individuos, objetos o fenómenos que serán analizados, se seleccionará una muestra que se consideraría un subgrupo de la población y se busca que dicha muestra sea representativa.

La población para el proyecto a llevar a cabo serán las vías asfálticas de la ciudad de Puno. Y el método para seleccionar la muestra representativa se basa en un muestreo no aleatorio o no aleatorio. Dado que se seleccionará de manera deliberada la Av. Orgullo Aymara y no por casualidad.

MUESTREO NO PROBABILISTICO

Son útiles cuando se realiza investigaciones exploratorias. Se seleccionan los componentes basándose en diversos criterios vinculados a las particularidades de la exploración. Para este escenario, será deliberado, dado que la Av. Orgullo Aymara es un pavimento principal en la ciudad de Puno que atraviesa gran cantidad de tráfico y, por consiguiente, presenta una variedad de deterioros significativos.



CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA (AV. ORGULLO AYMARA)

La Av. Orgullo Aymara de la ciudad tiene propiedades que se detallan posteriormente:

Nombre: Orgullo Aymara

Tipo de vía: Avenida

Número de vías: 1

Número de carriles: 2

Tipo de pavimento: Flexible

Ancho de calzada: 7.00 m.

Longitud: 2.8 km.

Año de construcción: 1999

Tráfico IMD: 5897 veh/día.

Clasificación por orografía: Terreno plano.

Clasificación por humedad: Subhúmedo.

Índice de humedad: 54 %.

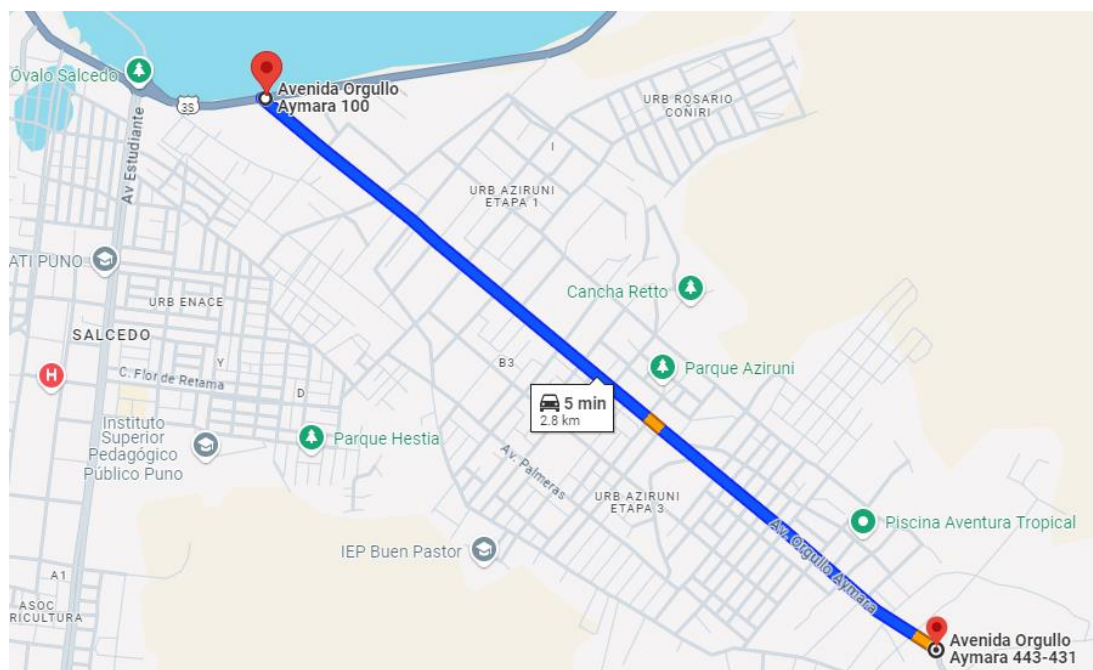
Precipitación media mensual: 60 mm.

Temperatura media: 8 °C.

Altitud: 3835 m.s.n.m.

Figura 38.

Ubicación de la Av. Orgullo Aymara – Puno.



Nota. (Google maps, s. f.).

Se analizará la situación del pavimento flexible de la Av. Orgullo Aymara de la ciudad de Puno, identificando las causas y proponiendo soluciones para las fallas y deterioros observados. Esto se logrará a través de una gestión estratégica de mantenimiento, aplicando las acciones necesarias para su conservación.

3.6. TÉCNICAS FUENTES E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

3.6.1 Técnicas

Los métodos operativos estructurados que se emplearán para recolectar la información requerida para verificar o contrastar la hipótesis de investigación serán la observación y el estudio de referencias.

3.6.2 Instrumentos

Los instrumentos de investigación que se utilizarán en el estudio serán el software HDM-4, guías o fichas de observación y recolección de datos, manuales de metodología PCI, entre otros.

Para la recolección de datos, se diseñó y empleó una ficha técnica específica que permite registrar de manera ordenada y sistemática las fallas observadas en el pavimento flexible, de acuerdo con los criterios establecidos por la metodología Pavement Condition Index (PCI). Este instrumento fue elaborado considerando los diferentes tipos de deterioro, sus niveles de severidad (bajo, medio y alto), así como la extensión de los daños en cada unidad de muestreo.

La Figura 39 Formato de inspección para pavimentos asfálticos – PCI, muestra el modelo de ficha de recolección de datos utilizado durante el trabajo de campo. Este instrumento fue aplicado en cada unidad de muestreo de la avenida Orgullo Aymara, permitiendo documentar información precisa sobre el estado del pavimento. La estructura, contenido y aplicación de esta ficha serán explicados con mayor detalle en el siguiente capítulo, en el cual se presenta el análisis de resultados.

3.7. DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Se procederá a realizar el análisis con los datos obtenidos en campo con el software HDM-4 y la metodología PCI obteniendo el estado de las vías estudiadas y las estrategias para el mantenimiento del pavimento.



CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS

Para llevar a cabo el presente estudio, se realizó una evaluación de la Av. Orgullo Aymara en la ciudad de Puno, una vía de 2.8 km con dos carriles. Se utilizaron 28 unidades de muestreo que fueron evaluadas de forma autónoma mediante el software HDM-4 y la metodología PCI.

4.1 ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

4.1.1 Evaluación superficial de la av. orgullo Aymara mediante el método PCI

Recolección De Datos – PCI

Con el uso de la metodología PCI, se llevó a cabo el análisis en la Av. Orgullo Aymara. Se determina las UM para una vía de 2+800 km de longitud y un ancho medio de 7 m. El método dictamina que la zona de la UM debe situarse en el intervalo 230.0 ± 93.0 m². En un ancho de 7 metros, elegimos una longitud de UM de 33.33 m, por motivos de la eficacia del control y al espectro que define el método.

Con la información se determina la cantidad mínimo de UM, donde para nuestro caso:

- Para el total de la vía:

$$N=2800/33.33=84.00$$

$$\sigma=10$$

$$e=5\%$$

$$n = \frac{84 \times 10^2}{\frac{5^2}{4} \times (84 - 1) + 10^2} = 13.58$$

Luego el intervalo de muestreo será:

$$i=84/13.58=6.19\approx 6$$

El número de unidades de muestreo será:

$$n=84/6=14$$

Para el método PCI, el primer paso es desarrollar un instrumento de recolección de información en el lugar con los datos recolectados de las UM y el intervalo. A continuación, se detalla a fondo haciendo uso una muestra como punto de referencia para una mejor comprensión.

La muestra escogida aleatoriamente fue la OA – 01 la cual indica las progresivas del km 0 + 0 0 0 - km 0 + 0 3 3 . 3

Figura 39.

Formato de inspección para pavimentos asfálticos – PCI.

	UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ ESCUELA DE POSGRADO	EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - MÉTODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)			
		INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO			
		EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO			
Proyecto:	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO				
Nombre de Vía:	Av. Orgullo Aymara - C.P. Jayllihua	Unidad de Muestra:	OA - 01		
Evaluador:	Brayan Renan Cutipa Quispe	Longitud de tramo (m):	33.3		
Progresiva inicial:	0+000	Ancho de Vía (m):	7		
Progresiva final:	0+033.3	Área de la unidad (m2):	233.1		
Fecha:	07/10/2024				

FALLAS PAVIMENTO ASFALTICO			
Nº	Daño	Cod.	Unidad.
1	Piel de cocodrilo.	PC	m2
2	Exudación.	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque.	BLO	m2
4	Abultamientos y hundimientos	ABH	ml
5	Corrugación.	COR	m2
6	Depresión.	DEP	m2
7	Grieta de borde.	GB	ml
8	Grieta de reflexión de junta.	GR	ml
9	Desnivel carril / berma.	DN	ml
10	Grietas long y transversal.	GLT	ml
11	Parcheo.	PA	m2
12	Pulimento de agregados.	PU	m2
13	Huecos.	HUE	und
14	Cruce de vía férrea.	CVF	m2
15	Ahuellamiento.	AHU	m2
16	Desplazamiento.	DES	m2
17	Grietas parabólica (slippage)	GP	m2
18	Hinchamiento.	HN	m2
19	Desprendimiento de agregados.	DAG	m2

SEVERIDADES		
LOW	BAJA	L
MEDIUM	MEDIA	M
HIGH	ALTA	H

UBICACIÓN DE DETERIOROS EN TRAMO EVALUADO						
KM 0+033.3						
KM 0+000						

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES					TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR D.
DEP	H	0.35					0.35	0.15%	12.15
GLT	M	2.50	1.50	3.00	2.50	5.00	14.50	6.22%	13.29
PA	M	0.64					0.64	0.27%	4.72
PU	-	231.00					231.00	99.10%	19.88

Nota. Elaboración propia.

- A. Aquí se presentará la información pertinente del pavimento en análisis (Av. Orgullo Aymara), se especificará el título de la tesis, la UM (OA – 01), la distancia (33 . 3 metros), el ancho (7 metros), el área de estudio (233 .1 metros cuadrados), las progresivas correspondientes (0+000 al 0+033.3), la fecha (07/10/2024) y el autor.
- B. Se presentan las clases de fallas de acuerdo al PCI con su correspondiente código para facilitar el relleno del instrumento sugerido. Además, se señalan las magnitudes de las averías (L, M y H).
- C. Se indica la localización de los deterioros en la zona de estudio y la distancia correspondiente.
- D. Se establecen las condiciones para el análisis:
- **Daño y severidad:** Se encontraron 4 tipos de fallas con diferentes severidades que son desprendimiento (DEP), grietas longitudinales y transversales (GLT), parcheo (PA) y pulimento de agregados (PU).
 - **Cantidades parciales y total:** Se registran la información de campo observados en la UM para cada clase de deterioro y su correspondiente gravedad, los cuales se expresan en cantidades parciales. Posteriormente, se realiza una sumatoria para calcular el total del deterioro y la gravedad en la zona de estudio analizado.
 - **Densidad:** Se determinó dividiendo la totalidad de los datos parciales entre el área de la UM, para obtener una medida de la concentración de la falla en esa área específica:
- Pulimento de agregados (99.10%).
- L: no hay fallas con esta severidad.
- M: grietas longitudinal y transversal (6.22%) y parcheo (0.27%).

H: depresión (0.15%).

- **Valor deducido:** Para finalizar, se determinó el valor deducido empleando los ábacos ubicados en la parte final (anexos) en función del deterioro y la gravedad:

Pulimento de agregados (19.88).

L: no hay fallas con esta severidad.

M: grietas longitudinal y transversal (13.29) y parcheo (4.72).

H: depresión (12.15).

Para finalizar el cálculo PCI, se empleó el instrumento para su comprensión.

Figura 40.

Hoja de cálculo de la clasificación PCI de la unidad de muestreo.

		UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ ESCUELA DE POSGRADO		EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)							
				INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO							
				EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO							
Proyecto:		APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO									
Nombre de Vía:		Av Orgullo Aymara - C.P. Jayllhuaya - Puno		Unidad de Muestra:		OA - 01					
Evaluador:		Brayan Renan Cutipa Quispe		Longitud de tamo (m):		33.3					
Progresiva inicial:		0+000		Ancho de Vía (m):		7					
Progresiva final:		0+033.3		Área de la unidad (m2):		233.1					
Fecha:		07/10/2024									
Nro.	m	q	VALORES DEDUCIDOS				VDI	CDV	PCI	CLASIFICACION	
1	8.00	4.00	19.88	13.29	12.15	4.72		50.04	26.03	70.88	MUY BUENO
2		3.00	19.88	13.29	12.15	2.00		47.32	29.12		
3		2.00	19.88	13.29	2.00	2.00		37.17	27.74		
4		1.00	19.88	2.00	2.00	2.00		25.88	25.88		

Nota. Elaboración propia.

E. En esta parte se colocará los datos relevantes de la vía en estudio, Así como el formato anterior se indica el nombre del proyecto, la unidad de muestra, el lado, la longitud, el ancho, el área de la muestra, las

progresivas que corresponde, la fecha de evaluación y el nombre del evaluador.

F. Luego se calculó el número máximo de valores deducidos m , que para el ejemplo $m=1+9/98*(100-19.88) = 8.36$, donde consideramos 8 para nuestro análisis. Este valor representa el número máximo de valores deducidos a considerar.

Posterior a ello se realizó un proceso iterativo determinando el valor deducido total con la suma de los valores deducidos para la primera iteración y cambiando el menor valor deducido por 2% para la siguiente iteración, para el ejemplo $VDT_{q=4} = 50.04$, $VDT_{q=3} = 47.32$, $VDT_{q=2} = 37.17$, $VDT_{q=1} = 25.88$

Se determinó el Valor Deducido Corregido (CDV) a partir del VDT, utilizando los ábacos del Anexo A, para el ejemplo $CDV_1 = 26.03$, $CDV_2 = 29.12$, $CDV_3 = 27.74$ y $CDV_4 = 25.88$. Donde el valor del PCI para la unidad de muestra será $PCI = 100 - \text{máx. CDV}$. Para el ejemplo $PCI = 100 - 29.12 = 70.88$. El cual corresponde a una clasificación "Muy Bueno" para la UM.

Cálculo De La Condición De Pavimento Metodología PCI

Se ha calculado el índice de confianza para todas las UM. De inmediato, se presenta el valor P C I y la categoría correspondiente a la UM.

Tabla 8.

Clasificación de unidades de muestra - PCI - Av. Orgullo Aymara.

UNIDAD DE MUESTRA	PROGESIVA		VALOR PCI	CLASIFICACIÓN
	INICIAL	FINAL		
OA - 01	0+000	0+033.3	70.88	MUY BUENO
OA - 02	0+200	0+233.3	76.12	MUY BUENO
OA - 03	0+400	0+433.3	76.12	MUY BUENO
OA - 04	0+600	0+633.3	63.43	BUENO
OA - 05	0+800	0+833.3	77.39	MUY BUENO
OA - 06	1+000	1+033.3	72.35	MUY BUENO
OA - 07	1+200	1+233.3	78.18	MUY BUENO

OA - 08	1+400	1+433.3	76.18	MUY BUENO
OA - 09	1+600	1+633.3	78.18	MUY BUENO
OA - 10	1+800	1+833.3	76.40	MUY BUENO
OA - 11	2+000	2+033.3	74.90	MUY BUENO
OA - 12	2+200	2+233.3	73.26	MUY BUENO
OA - 13	2+400	2+433.3	73.26	MUY BUENO
OA - 14	2+600	2+633.3	74.07	MUY BUENO

Nota. Elaboración propia.

Según el cuadro mostrado, se presenta el estado de las UM, resultando lo siguiente.

Tabla 9.

Estado de las unidades de muestreo - PCI - Av. Orgullo Aymara.

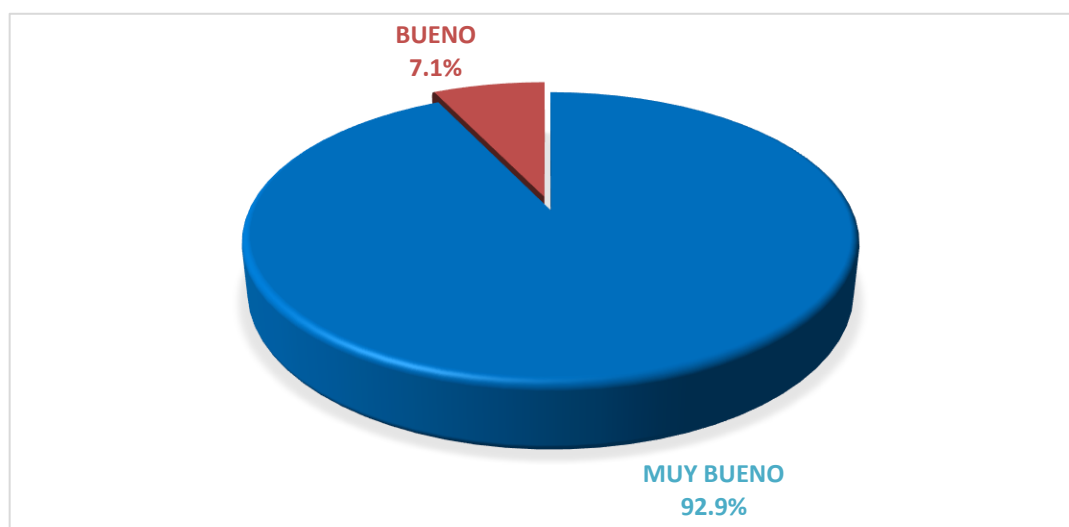
ESTADO	UNIDADES DE MUESTREO	PORCENTAJE
EXCELENTE	0	0.0%
MUY BUENO	13	92.9%
BUENO	1	7.1%
REGULAR	0	0.0%
MALO	0	0.0%
MUY MALO	0	0.0%
FALLADO	0	0.0%
TOTAL	14	100.0%

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con el método P C I, existen situaciones de designación. En el cuadro mostrado, se puede apreciar que el 92.9% corresponde a 13 unidades de muestra en un estado muy bueno y el 7.1% a 1 unidad de muestra en un estado bueno. Estas son las UM a tener mayor consideración del pavimento.

Figura 41.

Estado de las unidades de muestreo – PCI – Av. Orgullo Aymara.



Nota. Elaboración propia.

Para concluir el método P C I, se llevó a cabo una media de los resultados de P C I de las UM de la Av. Orgullo Aymara - Puno con el fin de encontrar el estado de la vía. Se consiguieron valores numéricos de 74.34 que señalan una clasificación muy positiva de la situación del pavimento.

Tabla 10. Clasificación según PCI de la Av. Orgullo Aymara.

AV. ORGULLO AYMARA - PUNO	PCI PROMEDIO	CLASIFICACIÓN PCI
Longitud Total 2.8 km	74.34	Muy bueno

Nota. Elaboración propia.

4.1.2 Evaluación- superficial de la av. orgullo aymara utilizando el software HDM-4

INGRESO DE DATOS EN EL SOFTWARE HDM-4

CONFIGURACIÓN DEL HDM-4

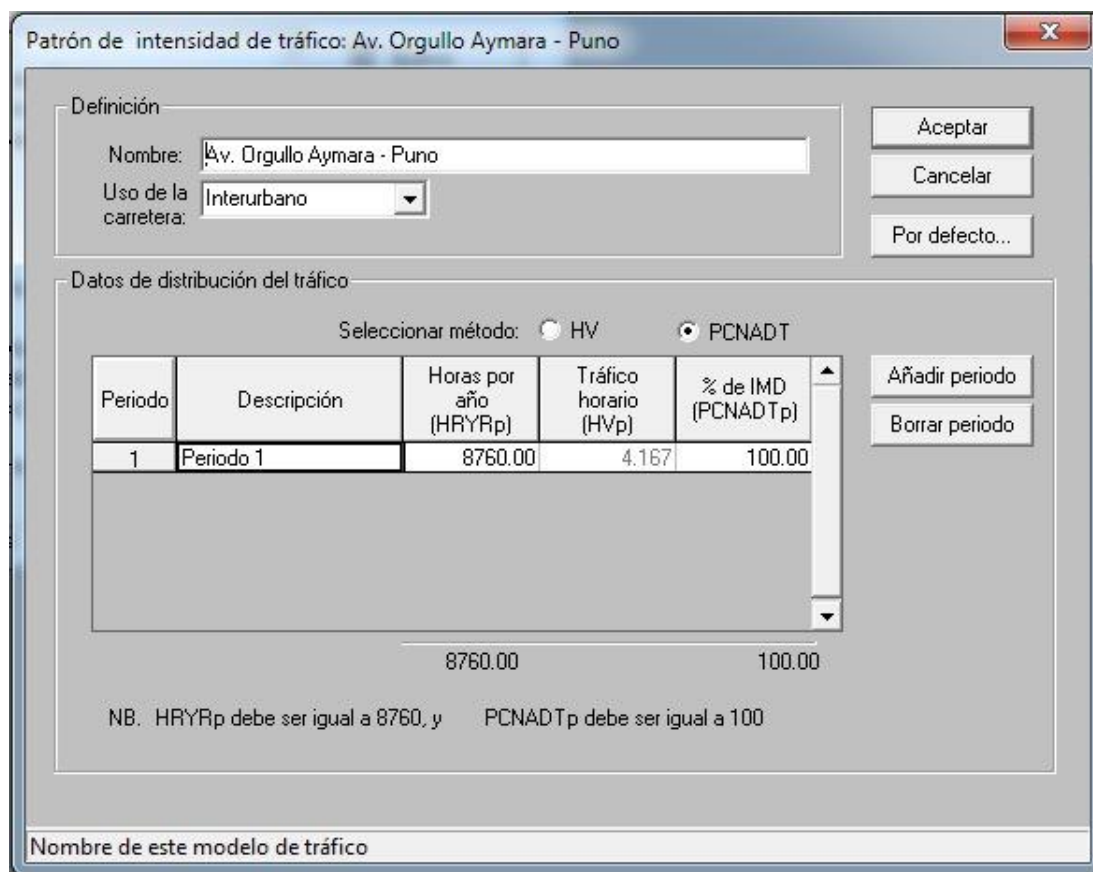
- **MODELOS DE TRÁFICO**

Se inicia elaborando un modelado de tránsito donde se introdujeron la información requerida: el nombre, el uso de la vía, el número de horas anuales

que el pavimento permanecerá en uso y otros, así como se visualiza en la siguiente figura.

Figura 42.

Modelo de tráfico de la Av. Orgullo Aymara en el HDM-4.



Patrón de intensidad de tráfico: Av. Orgullo Aymara - Puno

Definición

Nombre: Av. Orgullo Aymara - Puno

Uso de la carretera: Interurbano

Aceptar

Cancelar

Por defecto...

Datos de distribución del tráfico

Seleccionar método: ☐ HV ☒ PCNADT

Período	Descripción	Horas por año (HRYRp)	Tráfico horario (HVp)	% de IMD (PCNADTp)
1	Periodo 1	8760.00	4.167	100.00

Añadir periodo

Borrar periodo

8760.00 100.00

NB. HRYRp debe ser igual a 8760, y PCNADTp debe ser igual a 100

Nombre de este modelo de tráfico

Nota. HDM-4.

- **TIPO DE VELOCIDAD/CAPACIDAD Y ZONAS CLIMÁTICAS**

Se continuó con la introducción de la información sobre el cuadro de vel - cap se utiliza el botón preestablecido para una vía de 02 carriles, y en el cuadro de ambiente climatológico con la información donde se ubica la Av. Orgullo Aymara - Puno, tal como se ilustra en las siguientes figuras.

Figura 43.

Tipo de velocidad/capacidad de la Av. Orgullo Aymara en el HDM-4.

Tipo de velocidad/capacidad: <Nuevo tipo de Flujo de velocidad> X

Nombre:

Capacidad

Tipo de carretera:

Capacidad última: PCSE/carril/hr

Cap. en tráfico libre: ($0 < XQ1 < 1$)

Capacidad nominal: ($0 < XQ2 < 1$)

Velocidad de atasco:
en capacidad km/h

Índice de accidentalidad (en nº/ 100 millones veh-km)

☒ por composición: Mortal:
Heridos:
Solo daños:

☐ total: Todos los accidentes:

Relativo a la velocidad

amaxr: m/s²

CALBFAC:

Factor multiplicación velocidad deseada:

Número de accidentes sin víctimas por año por 100 millones de veh-km

Nota. HDM-4.

Figura 44.

Zonas climáticas de la Av. Orgullo Aymara en el HDM-4.

Nota. HDM-4.

REDES DE CARRETERAS

Se llevó a cabo una red en la Av. Orgullo Aymara - Puno, empleando los datos introducidos en el software previamente en la configuración, tal como se ilustra a continuación.

Figura 45.

Redes de carreteras de la Av. Orgullo Aymara en el HDM-4.

ID	Descripción	Fecha últ. modif.	Tipo de capa de rodadura	Tipo de firme	Longitud (km)	Ancho calzada(m)	Intensidad de Tráfico	Carriles	Tipo de velocidad/cap	Modelo de tráfico	Zona climática	Clase carretera	Año de la IMD
0A	Av. Orgullo Aymara	21/10/2024	Bituminosa	Mezcla bituminosa	2.8	7.00	Ambos s	2.00	Av. Orgullo A	Av. Orgullo A	Puno	Secundaria c	2009

Nota. HDM-4.

PARQUES DE VEHÍCULOS

Posteriormente, se lleva a cabo la recopilación de información necesaria en el aparcamiento de la vía en análisis, tal como se presenta en la figura. En el caso de la Av. Orgullo Aymara, se emplearon cuatro clases de móviles: el coche, bus, camión y combi. Los cuales son el transporte más destacado que circulan en la carretera.

Figura 46.

Parques de vehículos de la Av. Orgullo Aymara en el HDM-4.

Nombre	Clase	Fecha últ. modif.	Tipo base	Categoría
01. Liviano (Automovil)	Vehículos de repa	15/04/2019	Vehículo de reparto lig	Motorizado
Bus 2E	Autobuses	30/04/2019	Minibus	Motorizado
Camión 2E	Camiones	30/04/2019	Camión ligero	Motorizado
Combi	Coche de pasajero	30/04/2019	Coche medio	Motorizado

Nota. HDM-4.

ESTANDARES DE TRABAJO

Se continuó realizando la elaboración de una normativa de mantenimiento y una normativa para mejorar la Avenida Orgullo Aymara, estas normativas se aplicarán en el pavimento cada cinco 5 años, un tiempo estimado durante el cual la oficina de mantenimiento del municipio lleva a cabo estas actividades.

Figura 47.

Conservación normal de la Av. Orgullo Aymara en el HDM-4.

Tareas	
Bacheo	B
Sellado de fisuras	SF

Nota. HDM-4.

Figura 48.

Mejora general de la Av. Orgullo Aymara en el HDM-4.

Tipo de Intervención	
☒	Programada
☐	Correctiva

Nota. HDM-4.

ESTADO DEL PAVIMENTO SEGÚN EL SOFTWARE HDM-4

Ingresado los datos en el software, se realizó la generación del informe sobre el estado anual de la carretera, para ello el procedimiento a seguir se puede apreciar en las siguientes figuras.

- Inicialmente. Se establece el proyecto a llevar a cabo y se escogen los segmentos, móviles y tránsito habitual.

Figura 49.

Definición del proyecto de la Av. Orgullo Aymara en el HDM-4.

The screenshot shows the 'Proyecto: Av. Orgullo Aymara - Puno' window in the HDM-4 software. The 'General' tab is active, displaying the following fields and options:

- Descripción:** Av. Orgullo Aymara - Puno
- Analizar por:** ☐ Tramo ☒ Proyecto
- Año comienzo:** 2009
- Periodo análisis:** 15 años
- Red carreteras:** Av. Orgullo Aymara - Puno
- Parque vehículos:** Parque automotor
- Moneda:**
 - Parque: US Dollar x 1 = moneda salida
 - Trabajos: <ninguno> x 1 = moneda salida
 - Salida: US Dollar

On the left side of the window, there is a vertical toolbar with icons for: Definir Proyecto en detalle, Especificar Alternativas, Analizar Proyectos, Generar Informes, Guardar, and Cerrar.

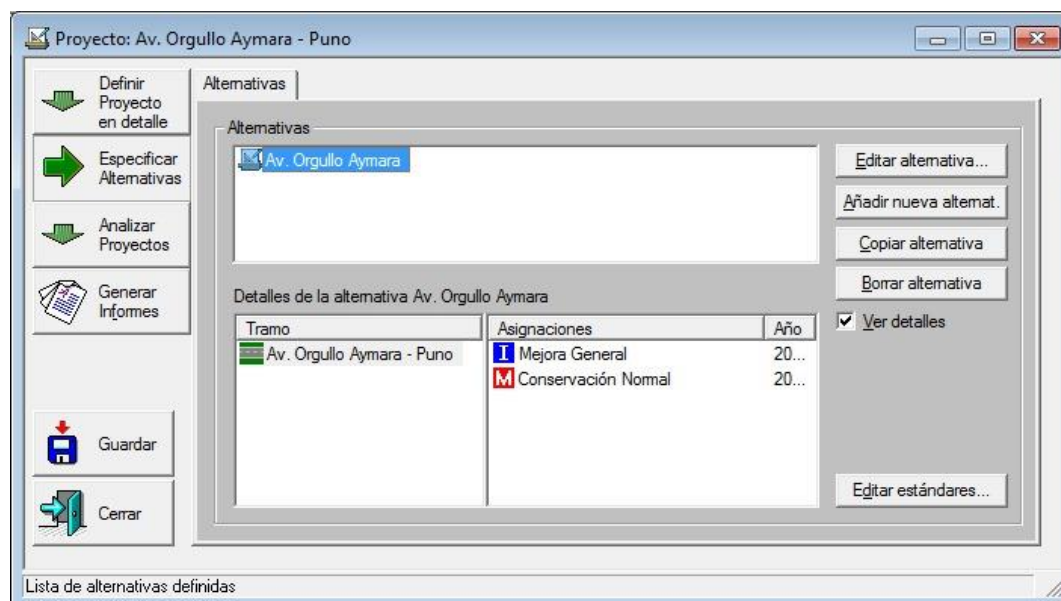
Nota. HDM-4.

- Luego se detallan las opciones propuestas, para este escenario se optó por las 02 normativas de aumento propuestos previamente.

Figura 50.

Especificación de alternativas de la Av. Orgullo Aymara en el HDM-4.

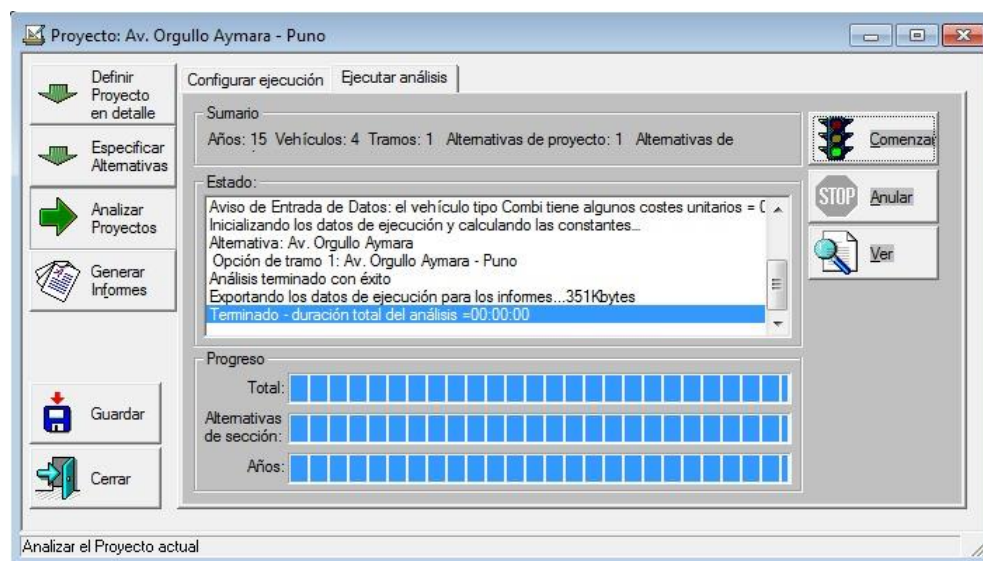
Nota. HDM-4.



- Posteriormente se llevó a cabo el estudio de la vía, en este periodo el programa advertirá sobre algunos fallos en la introducción de la información, en caso de que no se presentaran, se procederá con el siguiente cuadro.

Figura 51.

Análisis de proyecto de la Av. Orgullo Aymara en el HDM-4.

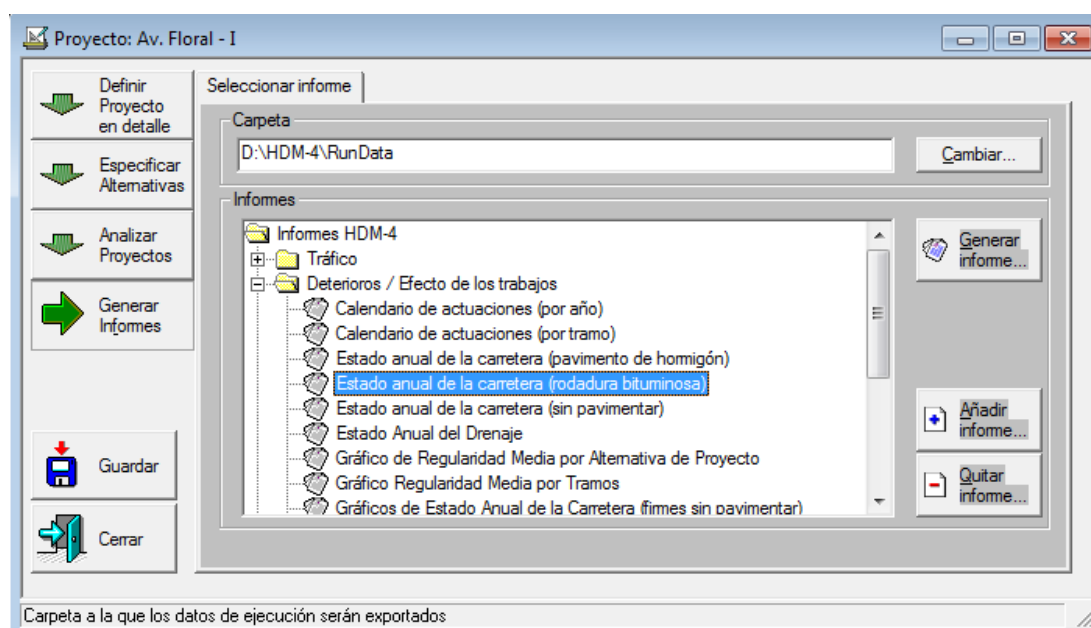


Nota. HDM-4.

- Luego, Se empleó el estado anual de la carretera (rodadura bituminosa) para los informes producidos, siendo este de nuestro interés y fue exportado, tal como se evidencia en la parte de los anexos del trabajo (anexo D).

Figura 52.

Informes generados de la Av. Orgullo Aymara en el HDM-4.



Nota. HDM-4.

Con base en la información presentada en el informe generado, se decidió determinar el P C I utilizando este método, considerando una única unidad de muestreo y evaluando la carretera en función de las fallas descritas en el informe. Los resultados obtenidos fueron los siguientes.

CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DE PAVIMENTO HDM-4 – PCI

Para determinar el estado de la vía con el software H D M - 4 y aplicando el método P C I, se utilizaron unos instrumentos ubicados a detalle en la parte final (anexo E). A partir de estos, se obtuvieron los siguientes resultados.

Primero se establecieron los datos pertinentes del camino en análisis, especificando el título de la tesis, la UM H D M 4 - OA, la distancia, ancho,

zona de estudio, las progresiones, la fecha de estudio y el autor de la evaluación.

En segundo lugar, se muestran los tipos de fallos de acuerdo al PCI con su correspondiente código para facilitar el rellenado del instrumento sugerido. Además, se señalan las gravedades (L, M y H).

En tercer lugar, se establecen las condiciones de estudio:

- **Daño y severidad:** Según el software HDM-4 se encontraron 3 tipos de fallas con diferentes severidades en ambos lados que son agrietamiento en bloque (BLO), ahuellamiento (AHU) y grietas de borde (GB).
- **Cantidades parciales y total:** Se registra los datos obtenidos en el software HDM-4 para cada tipo de falla con su respectiva severidad siendo estos las cantidades totales de la falla.
- **Densidad:** Luego se calculó la densidad de la falla dividiendo el total de las cantidades parciales entre el área de la unidad de muestra, donde:
L: agrietamiento en bloque (82.40%), ahuellamiento (0.05%), y grietas de borde (3.49%).
M: no hay fallas con esta severidad.
H: no hay fallas con esta severidad.
- **Valor deducido:** Se determinó el VD empleando los gráficos de la parte final (anexo A) en función de la falla y la gravedad:
L: agrietamiento en bloque (25.80), ahuellamiento (4.20) y grietas de borde (3.40).
M: -.
H: -.

Cuarto para la culminación del cálculo se obtiene el número máximo de valores deducidos m , donde $m=7$. Este valor representa el número máximo de valores deducidos a considerar.

Quinto se realizó un proceso iterativo determinando el valor deducido total con la suma de los valores deducidos para la primera iteración y cambiando el menor valor deducido por 2% para la siguiente iteración, $VDT_{q=3} = 33.40$, $VDT_{q=2} = 32.00$ y $VDT_{q=1} = 29.80$.

Sexto se determinó el Valor Deducido Corregido (CDV) a partir del VDT, utilizando los ábacos del Anexo A, $CDV_1 = 19.38$, $CDV_2 = 23.60$, $CDV_3 = 29.80$. Donde el valor del PCI utilizando los datos del software HDM-4 son $PCI = 100 - \text{máx. CDV}$. Donde $PCI = 100 - 29.80 = 70.20$. El cual corresponde a una clasificación "Muy Bueno" para la vía en estudio.

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DEL SOFTWARE HDM-4 Y PCI

Se contrastaron las respuestas obtenidas al implementar la metodología PCI con la información de campo y la información del programa HDM-4, como se evidencia a continuación.

Tabla 10.

Comparación de la metodología PCI y el software HDM-4 en la Av. Orgullo Aymara.

AV. ORGULLO AYMARA	VALOR PROMEDIO PCI	CLASIFICACIÓN PCI	VALOR HDM- 4 PCI	CLASIFICACIÓN HDM-4 (PCI)
Longitud 2.8 km	74.34	MUY BUENO	70.20	MUY BUENO

Nota. Elaboración propia.

Al comparar la información del software HDM-4 con la información de campo de la metodología PCI, determinamos que tanto la metodología como el software HDM-4 alcanzaron la clasificación "Muy Bueno". Se notó que el método PCI analiza diversas clases de deterioro de manera similar.

4.2 IDENTIFICACION DE LAS FALLAS MÁS INFLUYENTES EN EL PAVIMENTO

Para el cumplimiento del primer objetivo específico se utilizaron los datos obtenidos de la metodología PCI, específicamente los datos denominados VALOR DEDUCIDO de las fallas, que es un factor de ponderación que representa el grado de afectación de cada falla obtenida de los factores: tipo de daño, nivel de severidad y cantidad sobre la condición del pavimento.

4.2.1 Identificación de las fallas más influyentes en la av. orgullo Aymara

Se llevó a cabo un recopilatorio de los VD calculados para los diferentes deterioros encontrados en la avenida Orgullo Aymara con el fin de determinar el porcentaje (%) relativo que simboliza el nivel de impacto de cada deterioro en el pavimento, como se evidencia en la siguiente tabla.

Tabla 11.

Fallas PCI - Av. Orgullo Aymara.

N°	FALLA O DAÑO	VALOR DEDUCIDO														TOTAL DV	% Relativo
		OA-01	OA-02	OA-03	OA-04	OA-05	OA-06	OA-07	OA-08	OA-09	OA-10	OA-11	OA-12	OA-13	OA-14		
1	Pulimento de agregados.	19.88	19.88	19.88	18.61	18.61	19.82	19.82	19.82	19.82	19.52	18.92	18.06	19.82	19.82	272.28	52.2%
2	Parcheo.	4.72	4.11	9.80	23.22	6.94	17.24		5.43		12.48			8.88	9.00	101.82	19.5%
3	Grietas long y transversal.	13.29	6.73	6.73	16.12			5.75		5.75		9.43		6.73		70.53	13.5%
4	Agrietamiento en bloque.					4.99						12.95	17.85	12.13		47.92	9.2%
5	Depresión.	12.15							3.88						13.09	29.10	5.6%

Nota. Elaboración propia.

Según los resultados obtenidos, las fallas más relevantes de la Av. Orgullo Aymara son las siguientes: el pulimento de agregados, con un 52.20%, que ocurre cuando los agregados pierden su textura y rugosidad debido al desgaste, lo que reduce la capacidad de agarre del pavimento; los parcheos, con un 19.50%, los cuales se originan debido a la degradación de las primeras

fallas que deberían haber sido reparados, y son causados por capas inferiores inestables y la acumulación de escorrentía en áreas de depresión o agrietadas; y las GLT, con un 13.50%, que resultan de la contracción del pavimento asfáltico debido a las variaciones de la temperatura. Esta condición es atribuida al clima de la ciudad, caracterizado por elevadas temperaturas en el día y temperaturas bajas por la noche, lo que afecta significativamente al pavimento flexible.

4.3 PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL DETERIORO DEL PAVIMENTO

Con el fin de cumplir con el segundo objetivo específico, y tomando como base las respuestas obtenidas mediante la aplicación del método PCI, se desarrolló una alternativa orientada a la conservación vial de la avenida Orgullo Aymara.

4.3.1 Alternativas de solución a los deterioros de la av. orgullo Aymara

ALTERNATIVA 1

Según los resultados obtenidos de la evaluación de la Av. Orgullo Aymara con la metodología planteada, se planteó una propuesta de mantenimiento utilizando como referencia la Tabla 5 y los resultados obtenidos del punto **IDENTIFICACION DE LAS FALLAS MÁS INFLUYENTES EN LA AV. ORGULLO AYMARA**. Este resultado se muestra en las siguientes tablas 13 Y 14.

Tabla 12.

Propuesta de reparación de fallas del pavimento en la Av. Orgullo Aymara.

Nº	PROGRESIVA		FALLAS REPRESENTATIVAS	OPCIONES DE REPARACIÓN
	INICIAL	FINAL		
1	Km 0+000	Km 0+200	Pulimento de agregados y Grietas longitudinal y transversal	Sobrecarpeta Sellado de grietas.
2	Km 0+200	Km 0+400	Pulimento de agregados y Grietas longitudinal y transversal	Sobrecarpeta Sellado de grietas.

3	Km 0+400	Km 0+600	Pulimento de agregados y Grietas longitudinal y transversal	Sobrecarpeta Sellado de grietas.
4	Km 0+600	Km 0+800	Pulimento de agregados y Grietas longitudinal y transversal	Sobrecarpeta Sellado de grietas.
5	Km 0+800	Km 1+000	Pulimento de agregados y Agrietamiento en bloque	Sobrecarpeta Sellado de grietas.
6	Km 1+000	Km 1+200	Pulimento de agregados y Parcheo	Sobrecarpeta Sustitución de parche
7	Km 1+200	Km 1+400	Pulimento de agregados y Grietas longitudinal y transversal	Sobrecarpeta Sellado de grietas.
8	Km 1+400	Km 1+600	Pulimento de agregados y Depresiones	Sobrecarpeta Parcheo.
9	Km 1+600	Km 1+800	Pulimento de agregados y Grietas longitudinal y transversal	Sobrecarpeta Sellado de grietas.
10	Km 1+800	Km 2+000	Pulimento de agregados y Parcheo	Sobrecarpeta Sustitución de parche
11	Km 2+000	Km 2+200	Pulimento de agregados y Agrietamiento en bloque	Sobrecarpeta Sellado de grietas.
12	Km 2+200	Km 2+400	Pulimento de agregados y Agrietamiento en bloque	Sobrecarpeta Sellado de grietas.
13	Km 2+400	Km 2+600	Pulimento de agregados y Grietas longitudinal y transversal	Sobrecarpeta Sellado de grietas.
14	Km 2+600	Km 2+800	Pulimento de agregados y Parcheo	Sobrecarpeta Sustitución de parche

Nota. Elaboración propia.

Con las respuestas conseguidas, tomamos en cuenta para la ruta:

Tabla 13.

Tipo de mantenimiento a realizar en la Av. Orgullo Aymara.

AV. ORGULLO AYMARA	CLASIFICACIÓN PCI	TIPO DE MANTENIMIENTO
Longitud 2.8 km	74.34 ESTADO MUY BUENO	Mantenimiento rutinario

Nota. Elaboración propia.

4.3 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

A continuación, se presenta la contrastación de las hipótesis formuladas en la investigación, en relación con los resultados obtenidos mediante la aplicación de la metodología PCI y el software HDM-4. Se analiza si las hipótesis planteadas se confirman, se rechazan o se confirman parcialmente, en función de la evidencia técnica recolectada durante el estudio de la avenida Orgullo Aymara en la ciudad de Puno.

Tabla 14.

Contrastación de hipótesis.

HIPÓTESIS PLANTEADA	RESULTADOS	CONTRASTACIÓN
HG: El estado del pavimento flexible en la avenida Orgullo Aymara de la ciudad de Puno, evaluado mediante la metodología PCI y el software HDM-4, es muy bueno.	El resultado del PCI y HDM4 fue un estado "Muy bueno".	Hipótesis verdadera
HE1: El pavimento flexible de la Av. Orgullo Aymara presenta fallas de tipo superficial, con niveles de severidad bajos, medios y altos, cuyas causas principales son la falta de mantenimiento periódico, el mal drenaje y el tránsito vehicular constante.	Se hallaron fisuras, baches y piel de cocodrilo con severidades variadas. Las causas coinciden con las previstas.	Hipótesis verdadera
Las soluciones a las fallas y/o deterioros encontrados en la Av. Orgullo Aymara de la ciudad de Puno son aplicar las medidas correctivas necesarias de acuerdo al tipo de falla y nivel de severidad encontrado	Se propusieron reparaciones como sellado, bacheo y recarpeteo según el diagnóstico técnico.	Hipótesis verdadera

Nota. Elaboración propia.

CONCLUSIONES

PRIMERA: De la vía evaluada utilizando los datos del software **HDM-4**: La Av.

Orgullo Aymara presenta una calificación PCI de 70.20 que corresponde a un estado **MUY BUENO**. Mientras que utilizando la metodología **PCI**: La Av. Orgullo Aymara presenta una calificación PCI promedio de 74.34 que corresponde a un estado **MUY BUENO**.

SEGUNDA: Las fallas más influyentes y representativas que afectan la transitabilidad en la Av. Orgullo Aymara - Puno son los el pulimento de agregados con un 52.20% que son generados cuando los agregados se pulen, pierden su textura y rugosidad, lo que disminuye la capacidad de agarre con el pavimento, los parcheos con un 19.50% que son causadas por la progresión de los daños iniciales por el cual debió realizarse, es decir que son causadas por las capas inferiores inestables y la retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas. Y las grietas longitudinales y transversales con el 13.50% que es causada por la contracción del concreto asfáltico debido a la variación de temperatura durante el día, esto existe debido al clima que tiene la ciudad de Puno con un calor intenso durante el día y las bajas temperaturas en la noche que afectan en cierto grado al pavimento flexible.

TERCERA: Para el mantenimiento de la vía de la Av. Orgullo Aymara se plantea utilizar la alternativa 1 por ser la más adecuada y menos costosa de las alternativas propuestas, por ende, se debe realizar actividades de mantenimiento rutinario cada año para lograr que



la vía cumpla con el nivel de transitabilidad con el cual se diseñó, y se debe realizar antes del inicio de la temporada de lluvias para que estas no sean causa de un incremento de fallas en la vía.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se recomienda utilizar la metodología PCI para la evaluación de pavimentos flexibles en la ciudad de Puno porque presentan una evaluación más precisa y justificada ya que actualmente para realizar el mantenimiento vial solo se recurre a una inspección visual simple y al criterio del personal responsable. De preferencia utilizar la metodología PCI para la evaluación de pavimentos en la ciudad de Puno debido a que el software HDM-4 consideran solamente algunos tipos de fallas y en campo se presentan muchas más.

SEGUNDA: Se recomienda realizar el mantenimiento vial de las calles de la ciudad de Puno tomando en cuenta que las fallas que más influyen en el pavimento flexible son el pulimento de agregados, los parcheos y las grietas longitudinales y transversales.

TERCERA: Se recomienda realizar el mantenimiento de la Av. Orgullo Aymara - Puno utilizando la propuesta planteada en la brevedad posible debido al estado en que esta se encuentra. Ya que esta vía debe otorgar una adecuada transitabilidad vehicular y cumplir con el nivel de servicio con el que fue construida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alejos, Y. & Cribillero, E. (2017). *Aplicación del software HDM-4 en la gestión de estrategias para el mantenimiento de la carretera Santa-Tamboreal*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional del Santa. Nuevo Chimbote.
- Apolinario, E. (2012). *Innovación del método VIZIR en estrategias de conservación y mantenimiento de carreteras con bajo volumen de tránsito*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima.
- Argueta, J. & Castro, E. (2009). *Metodología para la calibración de los modelos de deterioro de pavimentos generados por el programa HDM-4*. (Tesis de Pregrado). Universidad de El Salvador. San Salvador.
- Armijos, C. (2009). *Evaluación superficial de algunas calles de la ciudad de Loja*. (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica Particular de Loja. Loja.
- Auccahuaqui, I. & Corahua, R. (2016). *Evaluación del sistema de pavimentos flexibles en la prolongación de la Av. La Cultura tramo (4to paradero de San Sebastián – grifo mobil de San Jerónimo)*. (Tesis de Pregrado). Universidad Andina del Cusco. Cusco.
- Bardales, C. & Cheng, G. (2013). *Elaboración de las curvas de ciclo de vida de las carreteras A-1, CA-2 y CA-3*. (Tesis de Pregrado). Universidad de El Salvador. San Salvador.
- Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica. (2002). *Catálogo de deterioros para pavimentos flexibles*. Mexico. (Volumen N° 11).
- Conza, D. (2016). *Evaluación de las fallas de la carpeta asfáltica mediante el método PCI en la Av. Circunvalación oeste de Juliaca*. Universidad Peruana Unión. Juliaca.



- Coronado, J. (2000). *Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras*. Guatemala.
- Corros, M., Urbáez, E., & Corredor, G. (2009). *Manual de evaluación de pavimentos*. Venezuela.
- Departamento de Administración y Evaluación de pavimentos. (2016). *Identificación de fallas en pavimentos y técnicas de reparación*. Republica Dominicana.
- Esteban, W. (2016). *Comparación de las metodologías VIZIR y PCI con fines de intervención en la carretera PE-18A tramo km 15+000 – km 25+306*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional "Hermilio Valdizan". Huánuco.
- Google maps. (s. f.). Av Orgullo Aymara, Puno - Google Maps. Recuperado 29 de octubre de 2024, de <https://www.google.com.pe/maps/dir/-15.8646024,-69.9937236/-15.8804022,-69.9736524/@-15.8714952,-69.9919233,15.21z/>
- Hamilton, B., Dall'orto, B., & Smith, W. (1999). *Manual de identificación y tratamientos de fallas en pavimentos urbanos*. Perú.
- Huamán, N. (2011). *La deformación permanente en las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en el Perú*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima.
- Humpiri, K. (2015). *Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la región de Puno*. (Tesis de Maestría). Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Juliaca.
- Instituto Nacional de Vías. (2008). *Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras*. Colombia.(2da Edición).



- Jugo, A. (2005). *Manual de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles*. Venezuela.
- Leguía, P. & Pacheco, H. (2016). *Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho - Huaura - Lima)*. (Tesis de Pregrado). Universidad San Martín de Porres. Lima.
- Medina, A. & De La Cruz, M. (2015). *Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI*. (Tesis de Pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima.
- Menéndez, J. (2003). *Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas*. Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de carreteras: Mantenimiento o conservación vial*. Perú.
- Miranda, J. (2012). *Deterioros de pavimentos - método PCI*. Universidad de Chile. Santiago
- Miranda, R. (2010). *Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos*. (Tesis de Pregrado). Universidad Austral de Chile. Valdivia.
- Montejo, A. (2006). *Ingeniería de pavimentos*. Colombia. Editorial Panamericana Formas e Impresos.
- Montoya, J. (2007). *Implementación del Sistema de Gestión de Pavimentos con Herramienta HDM-4 para la Red Vial Nro. 5 Tramo Ancón – Huacho – Pativilca*. (Tesis de Pregrado). Universidad Ricardo Palma. Lima.
- NORMA ASTM D 5340. (2005). *Índice de condición de pavimentos en aeropuertos (PCI)*.



- Pereda, C. (2014). *Índice de condición de pavimento de la carretera Cajamarca - La Colpa*. (Tesis de Pregrado). Universidad de Cajamarca. Cajamarca
- Rodriguez, E. D. (2009). *Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla*. (Tesis de Pregrado). Universidad de Piura. Piura.
- Sierra, C. & Rivas, A. (2016). *Aplicación y comparación de las diferentes metodologías de diagnóstico para la conservación y mantenimiento del tramo pr 00+000 – pr 01+020 de la vía Al Llano (DG 78 Bis Sur – calle 84 Sur) en la UPZ Yomasa*. (Tesis de Pregrado). Universidad Católica de Colombia. Bogotá.
- Solorio, R. Hernández, R. & Gómez, J. Instituto Mexicano del Transporte. (2004). *Análisis de Sensibilidad de los Modelos de Deterioro del HDM-4 Para Pavimentos Asfálticos*. México.
- Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Vías. (2006). *Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles*. Colombia.
- Vásquez, L. (2002). *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. Colombia.



ANEXOS

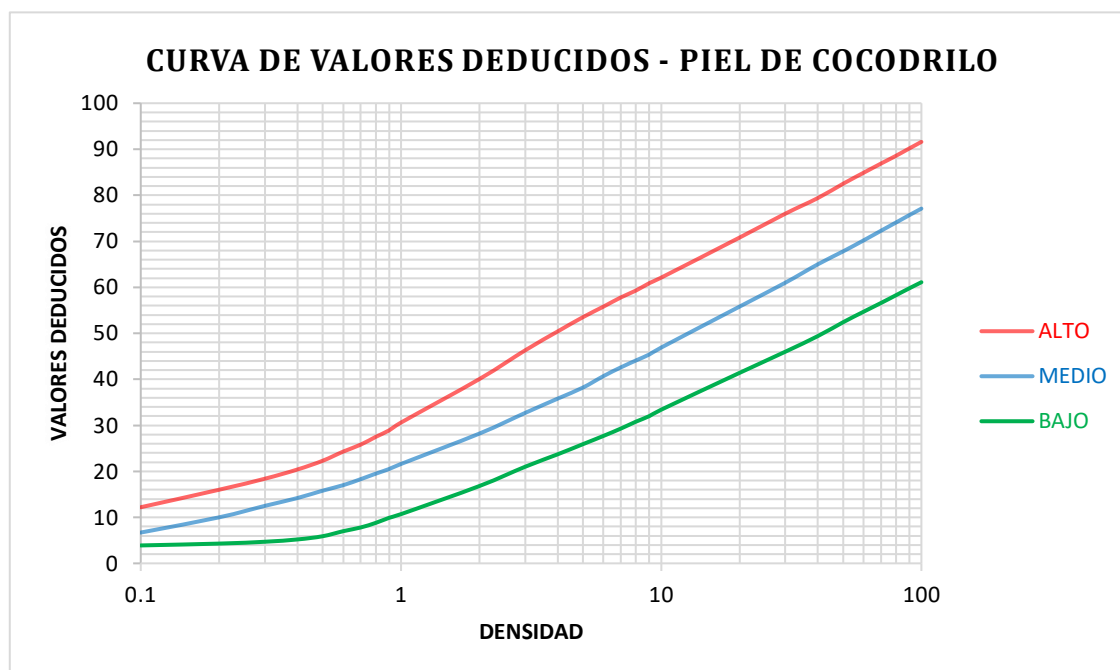


ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	METODOLOGÍA
Pregunta General: ¿Cuál es el estado del pavimento en la Av. Orgullo Aymara de la ciudad de Puno utilizando la metodología PCI y el software HDM-4? Preguntas Específicas: ¿Cuáles son los tipos, el nivel de severidad y las causas de las fallas y/o deterioros de la Av. Orgullo Aymara en la ciudad de Puno? ¿Cuáles son las soluciones a los diferentes tipos de fallas y/o deterioros de la Av. Orgullo Aymara en la ciudad de Puno?	Objetivo General: • Aplicar la metodología PCI y el software HDM-4 para evaluar el estado del pavimento flexible de la Av. Orgullo Aymara de la ciudad de Puno. Objetivos Específicos: Identificar los tipos, nivel de severidad y causas de las fallas y/o deterioros que se encuentren en la Av. Orgullo Aymara de la ciudad de Puno. Proponer alternativas de solución para las fallas y/o deterioros en la Av. Orgullo Aymara de la ciudad de Puno.	Hipótesis General: • El estado del pavimento flexible en la avenida Orgullo Aymara de la ciudad de Puno, evaluado mediante la metodología PCI y el software HDM-4, es muy bueno. Hipótesis Específicas: El pavimento flexible de la Av. Orgullo Aymara presenta fallas de tipo superficial, con niveles de severidad bajos, medios y altos, cuyas causas principales son la falta de mantenimiento periódico, el mal drenaje y el tránsito vehicular constante. Las soluciones a las fallas y/o deterioros encontrados en la Av. Orgullo Aymara de la ciudad de Puno son aplicar las medidas correctivas necesarias de acuerdo al tipo de falla y nivel de severidad encontrado.	Variables dependientes: Estado del pavimento. Variables independientes: Software HDM-4. Metodología PCI.	Tipo de investigación: El trabajo según su finalidad u objeto corresponde a una investigación exploratoria ya que se centra en analizar e investigar aspectos concretos de la realidad que aún no han sido analizados en profundidad. Nivel de investigación: De acuerdo a la naturaleza de investigación reúne por su nivel las características de un estudio exploratorio. Diseño de investigación: No experimental u observacional ya que este se realiza después que ha ocurrido el fenómeno que se va estudiar. Población y muestra: Vías de la ciudad de Puno: Avenida Orgullo Aymara. Técnicas: La observación y el análisis de documentos. Instrumentos: Software HDM-4, guías o fichas de observación.

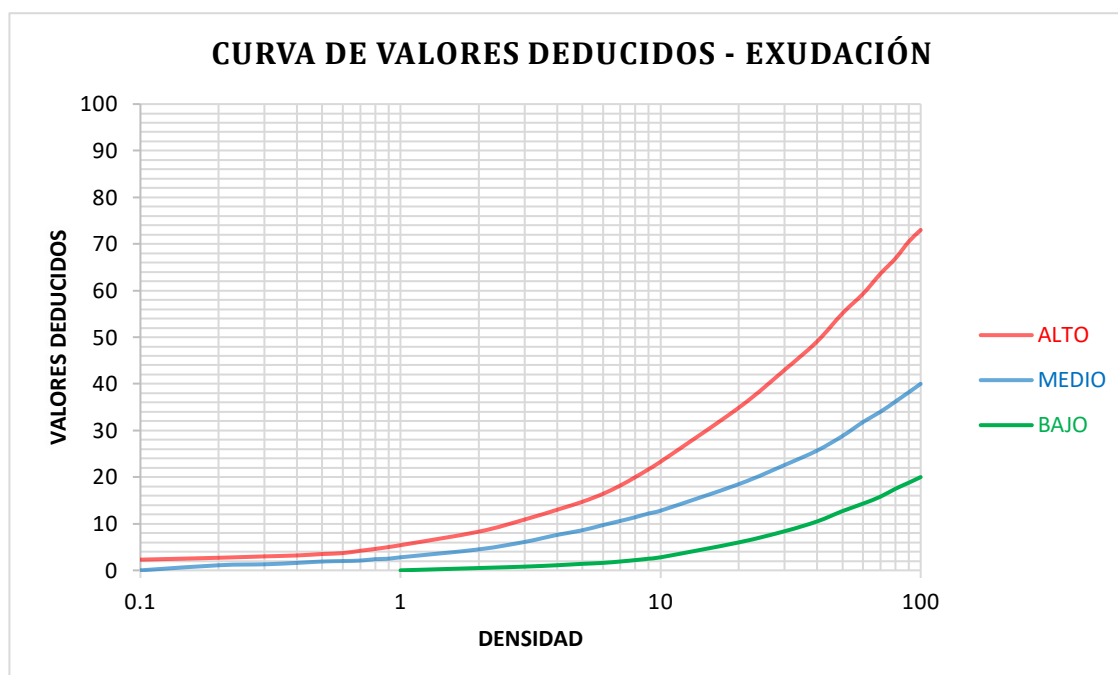
ANEXO 2 CURVAS PCI PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

Fig. A.1 Valor Deducido Piel de Cocodrilo



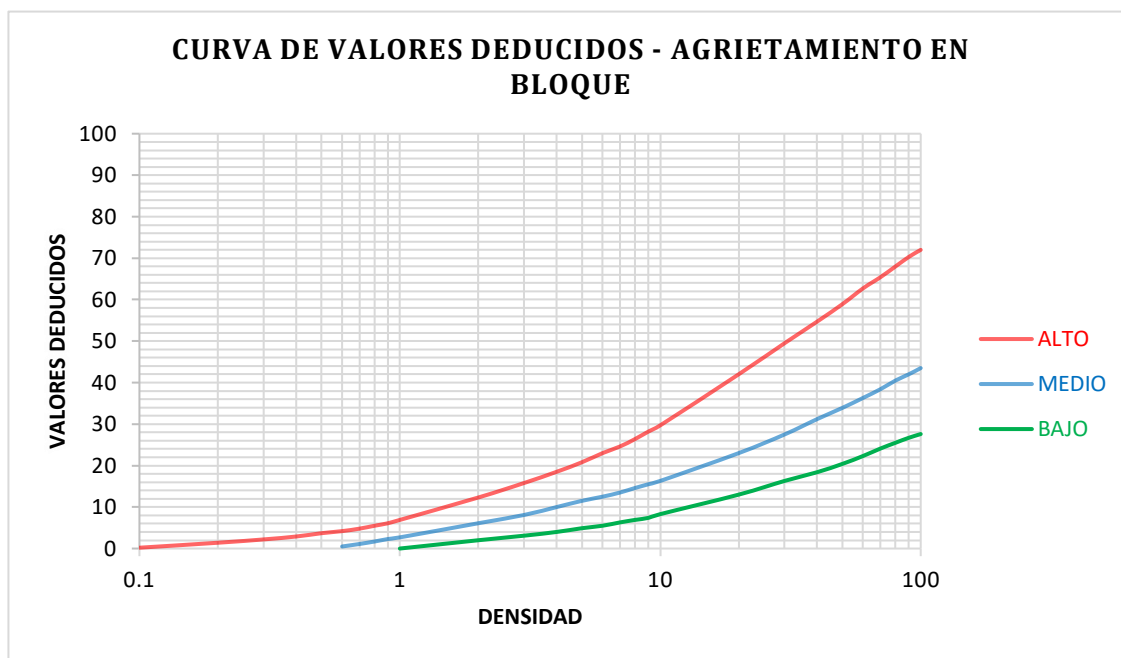
Nota. (Adaptación de Vásquez, 2002)

Fig. A.2 Valor Deducido Exudación



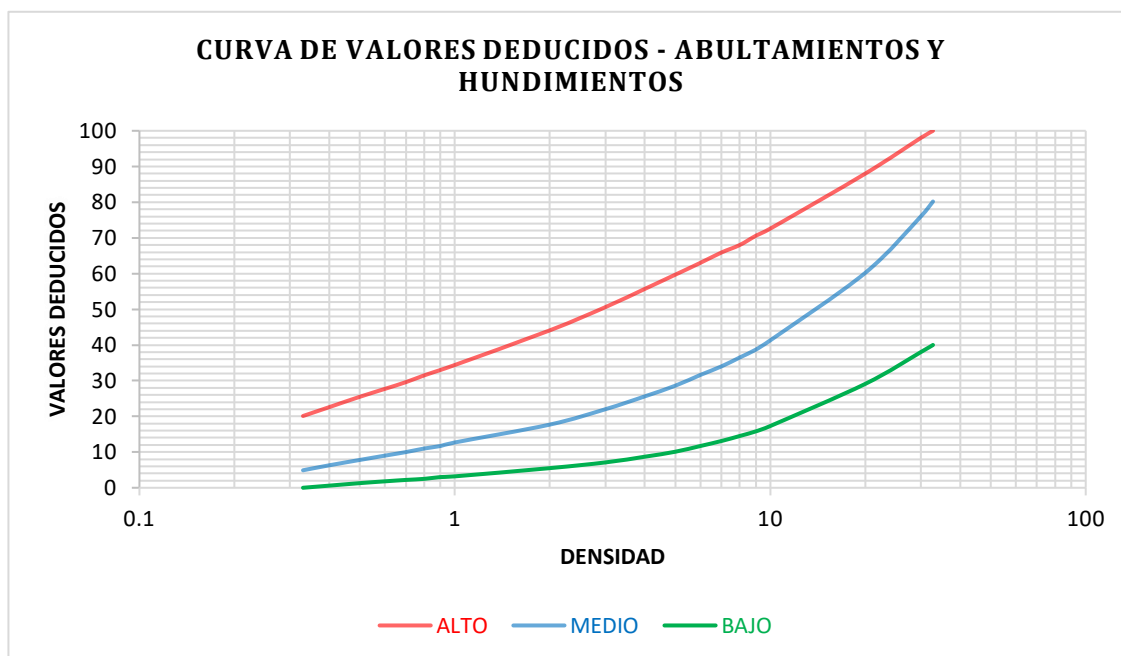
Nota. (Adaptación de Vásquez, 2002)

Fig. A.3 Valor Deducido Agrietamiento de Bloque



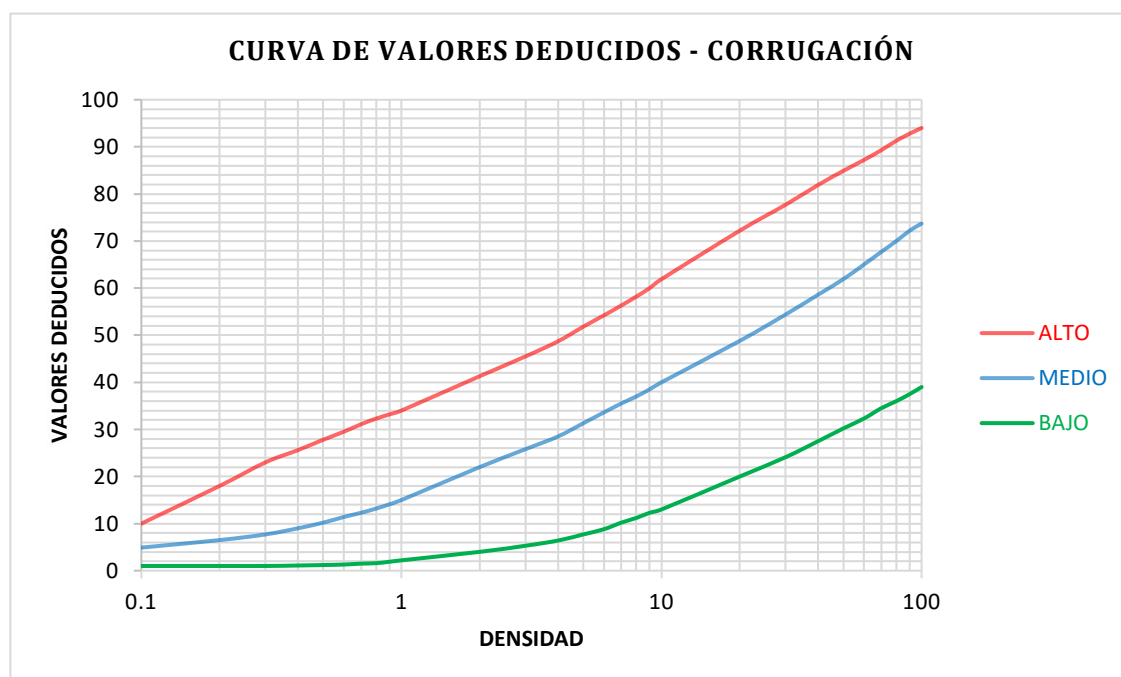
Nota. (Adaptación de Vásquez, 2002)

Fig. A.4 Valor Deducido Abultamientos y Hundimientos



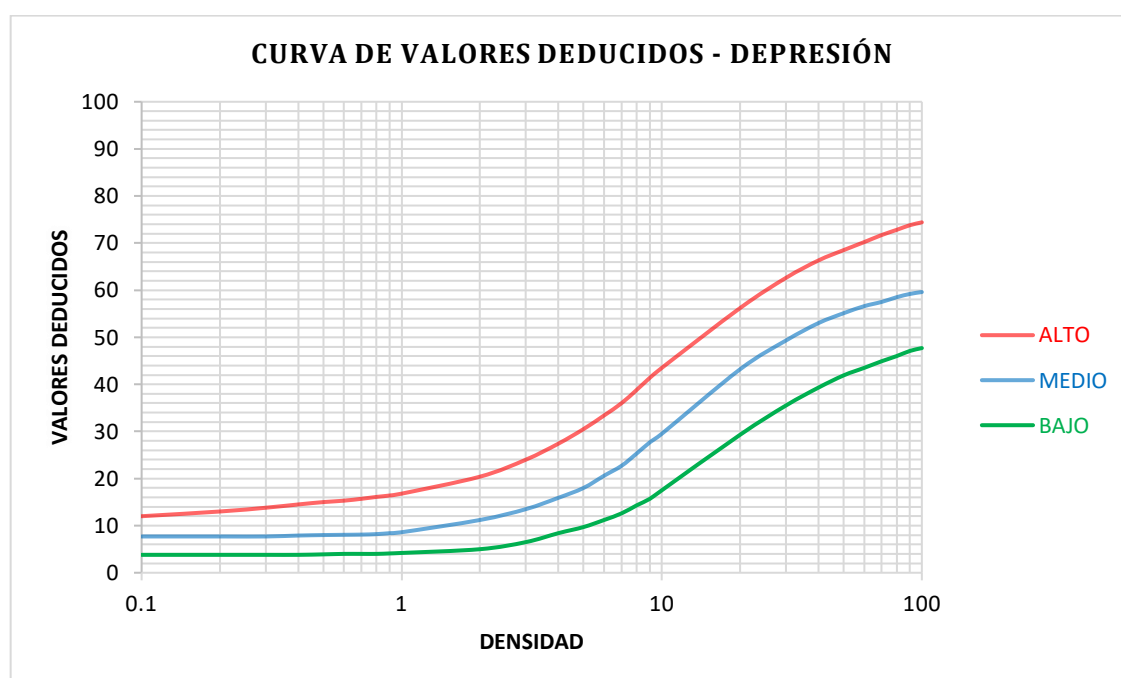
Nota. (Adaptación de Vásquez, 2002)

Fig. A.5 Valor Deducido Corrugación



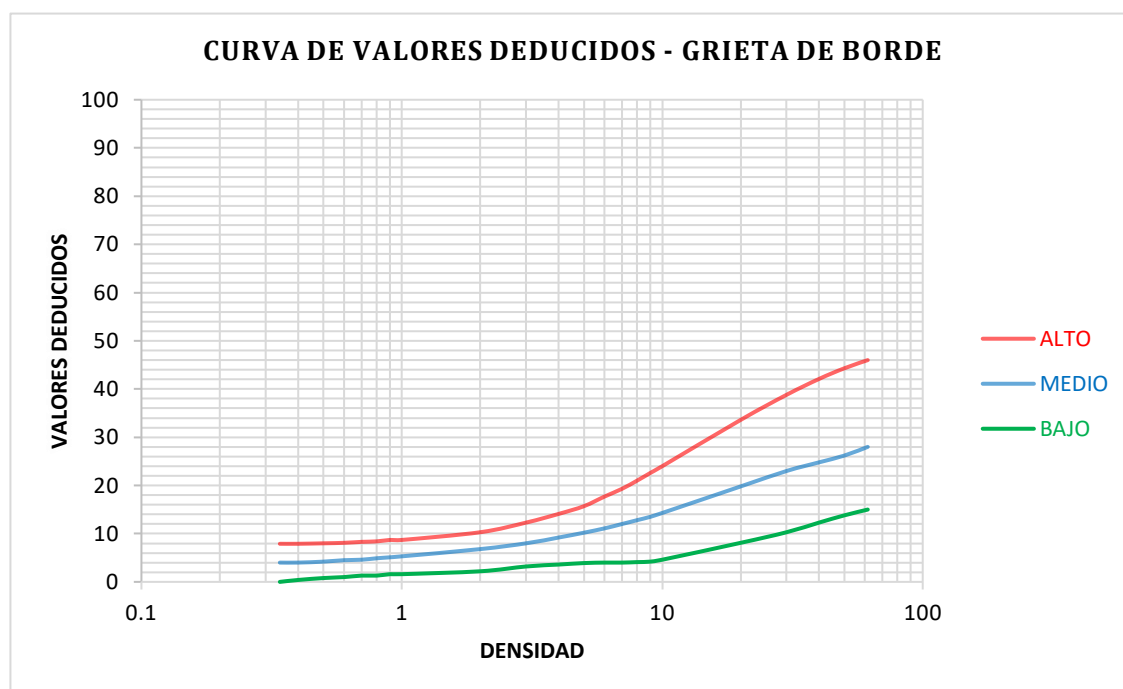
Nota. Adaptación de Vásquez, 2002)

Fig. A.6 Valor Deducido Depresión



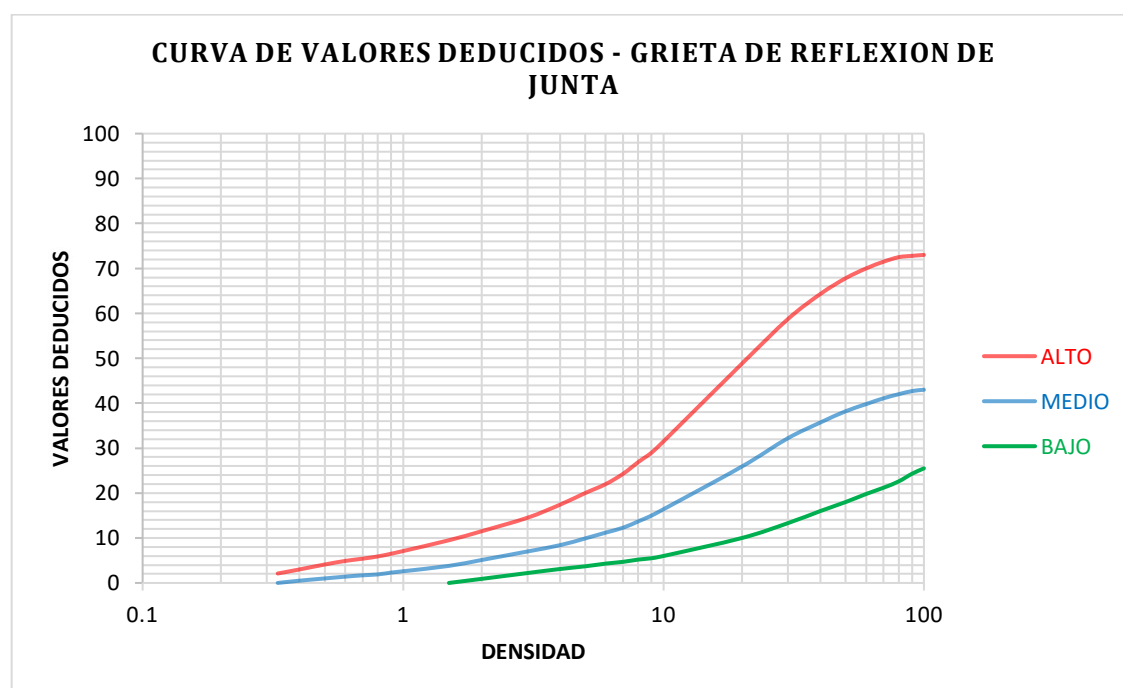
Nota. (Adaptación de Vásquez, 2002)

Fig. A.7 Valor Deducido Grieta de Borde



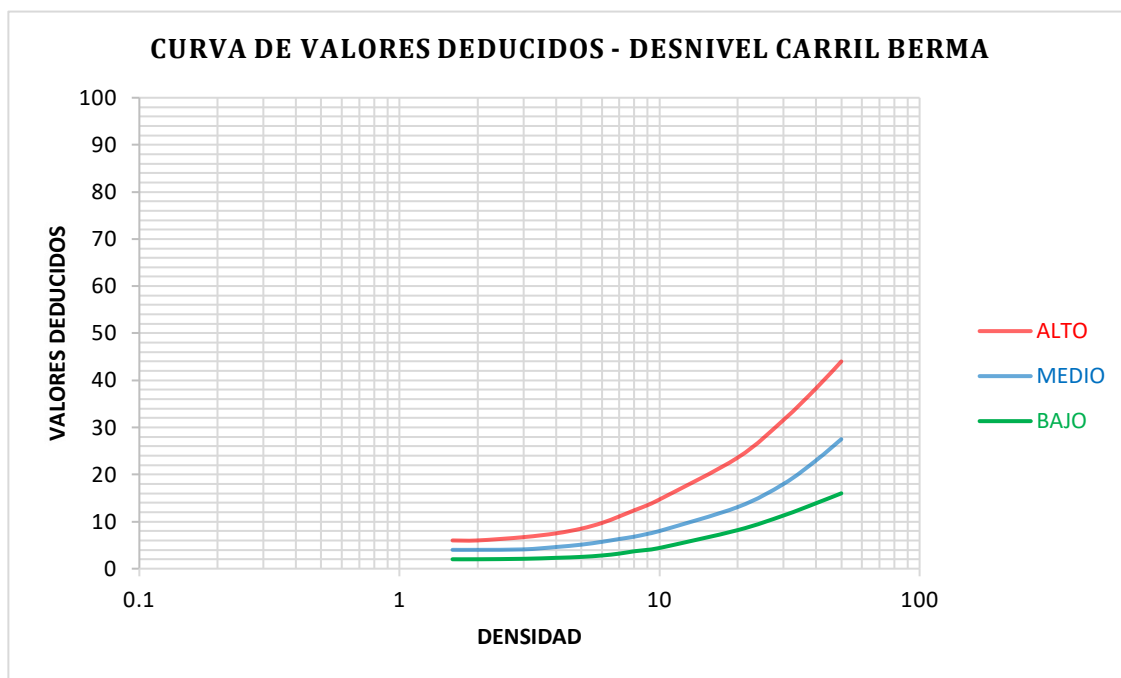
Nota. (Adaptación de Vásquez, 2002)

Fig. A.8 Valor Deducido Grieta de Reflexión de Junta



Nota. (Adaptación de Vásquez, 2002)

Fig. A.9 Valor Deducido Desnivel Carril / Berma



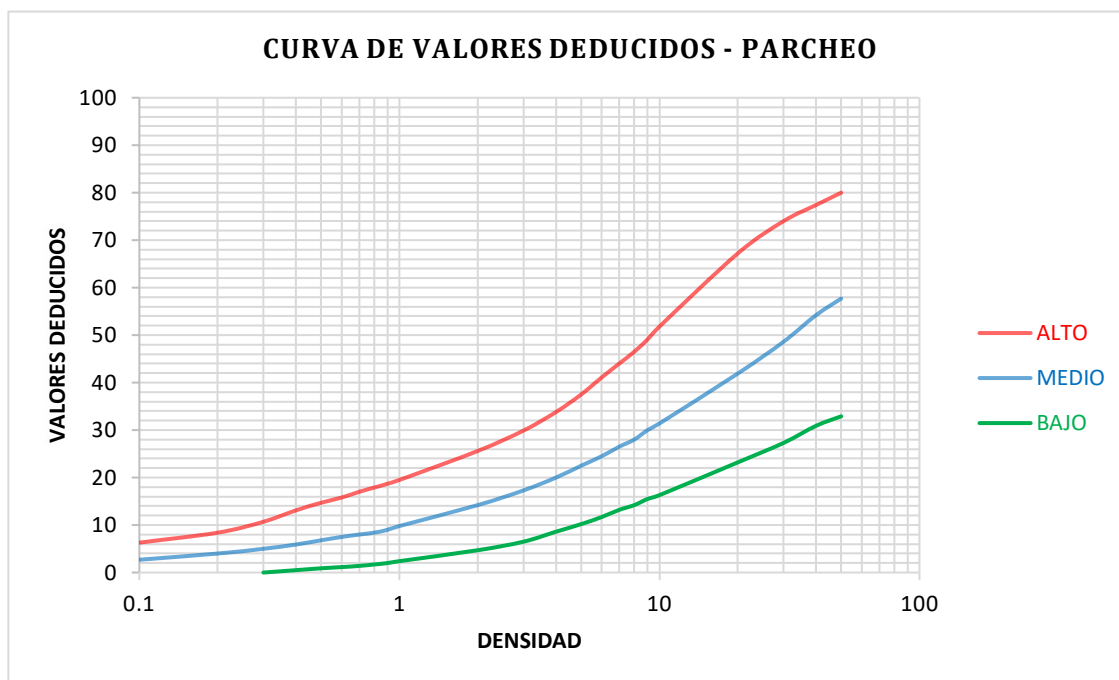
Nota. (Adaptación de Vásquez, 2002)

Fig. A.10 Valor Deducido Grietas Longitudinales y Transversales



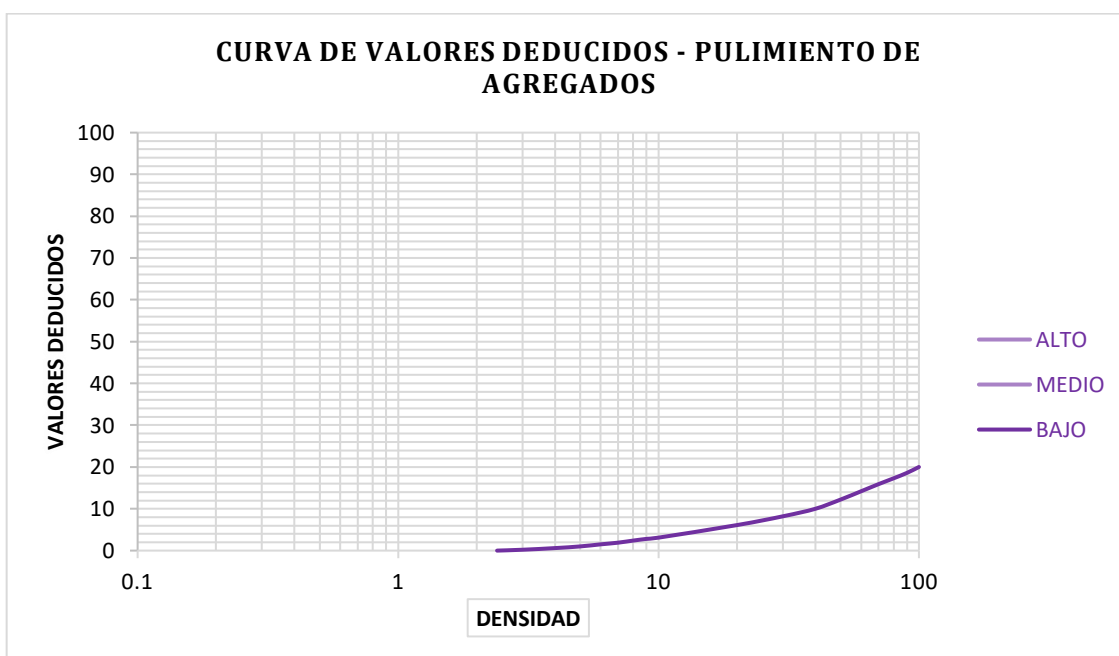
Nota. (Adaptación de Vásquez, 2002)

Fig. A.11 Valor Deducido Parcheo



Nota. (Adaptación de Vásquez, 2002)

Fig. A.12 Valor Deducido Pulimiento de Agregados



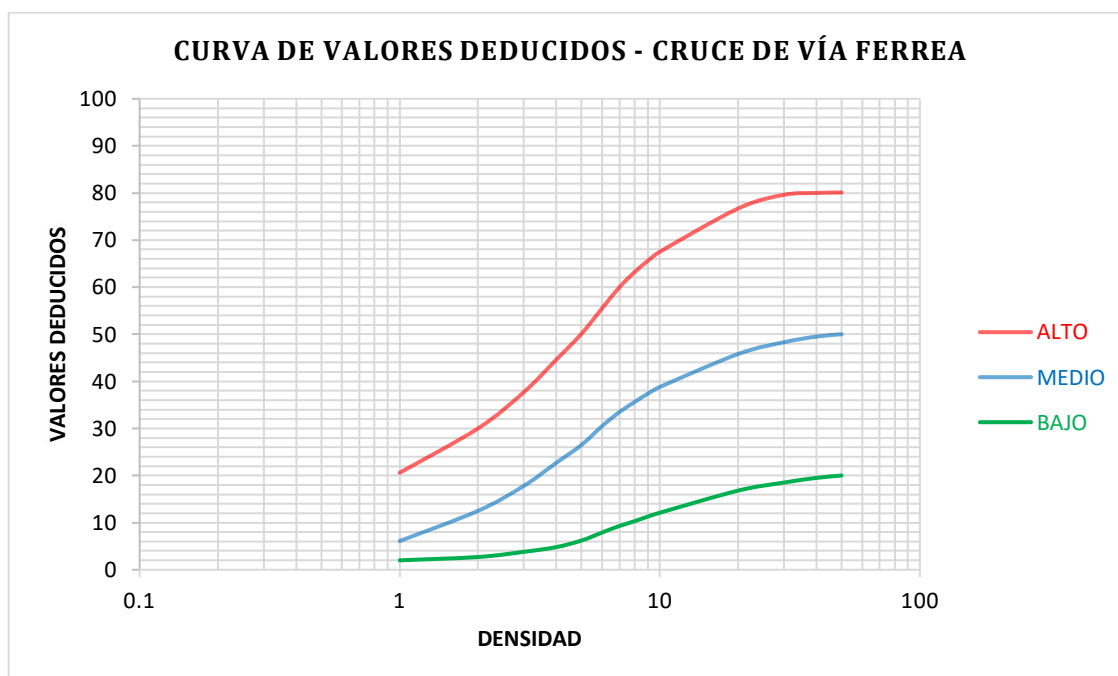
Nota. (Adaptación de Vásquez, 2002)

Fig. A.13 Valor Deducido Huecos



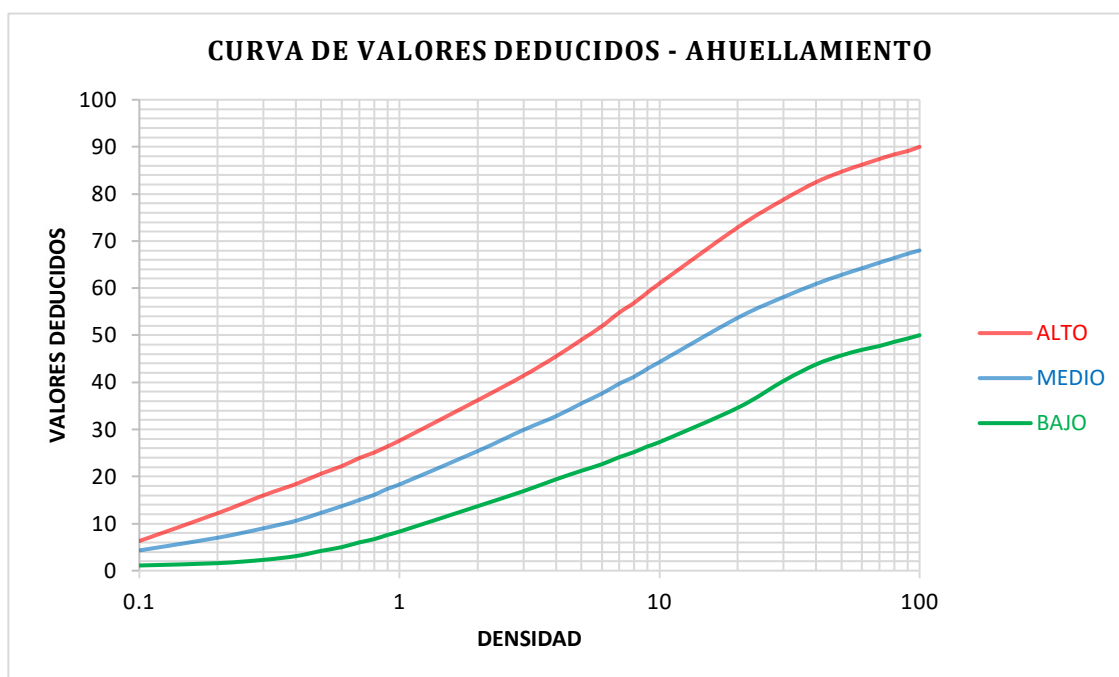
Nota. (Adaptación de Vásquez, 2002)

Fig. A.14 Valor Deducido Cruce de Vía Férrea



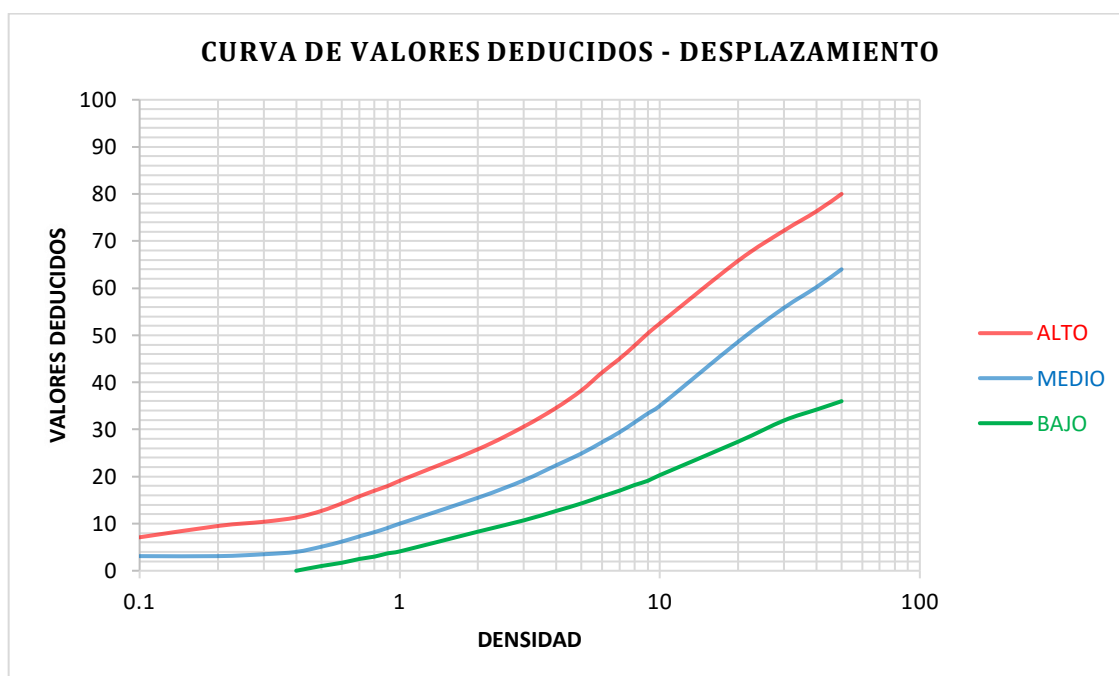
Nota. Adaptación de Vásquez, 2002)

Fig. A.15 Valor Deducido Ahuellamiento



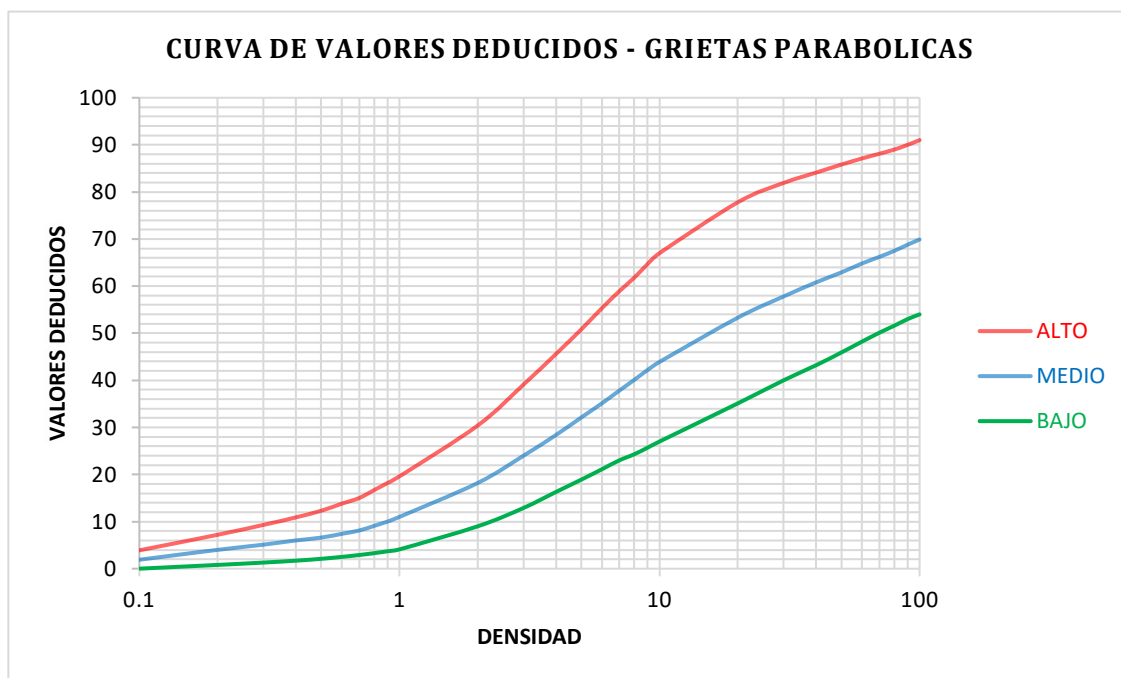
Nota. (Adaptación de Vásquez, 2002)

Fig. A.16 Valor Deducido Desplazamiento



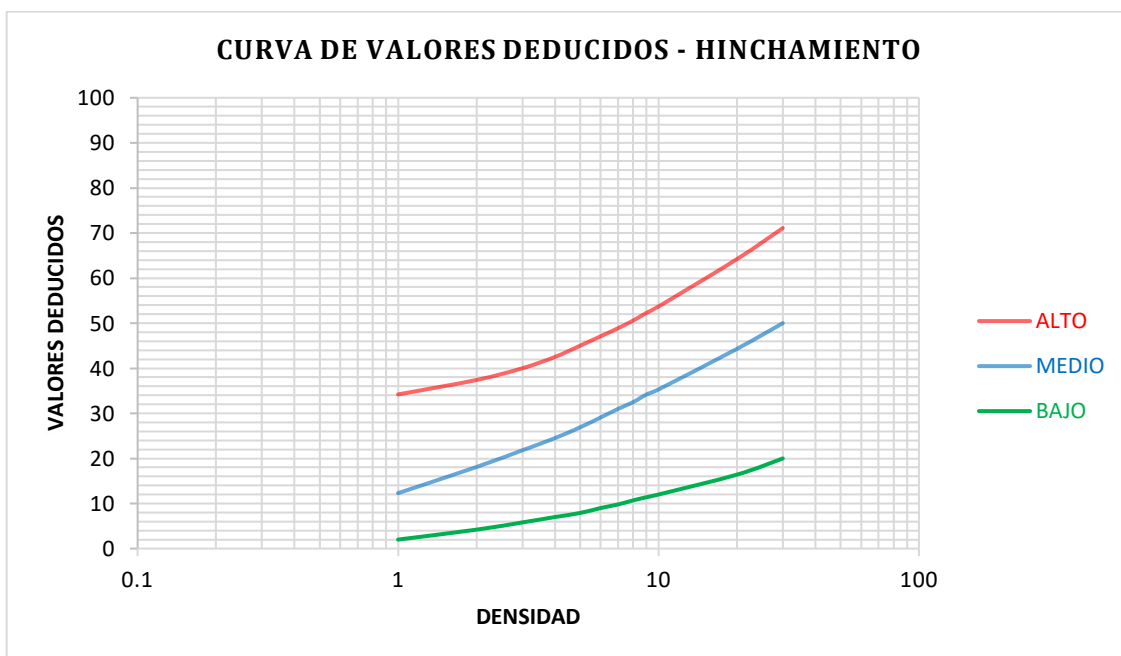
Nota. (Adaptación de Vásquez, 2002)

Fig. A.17 Valor Deducido Grietas Parabólicas



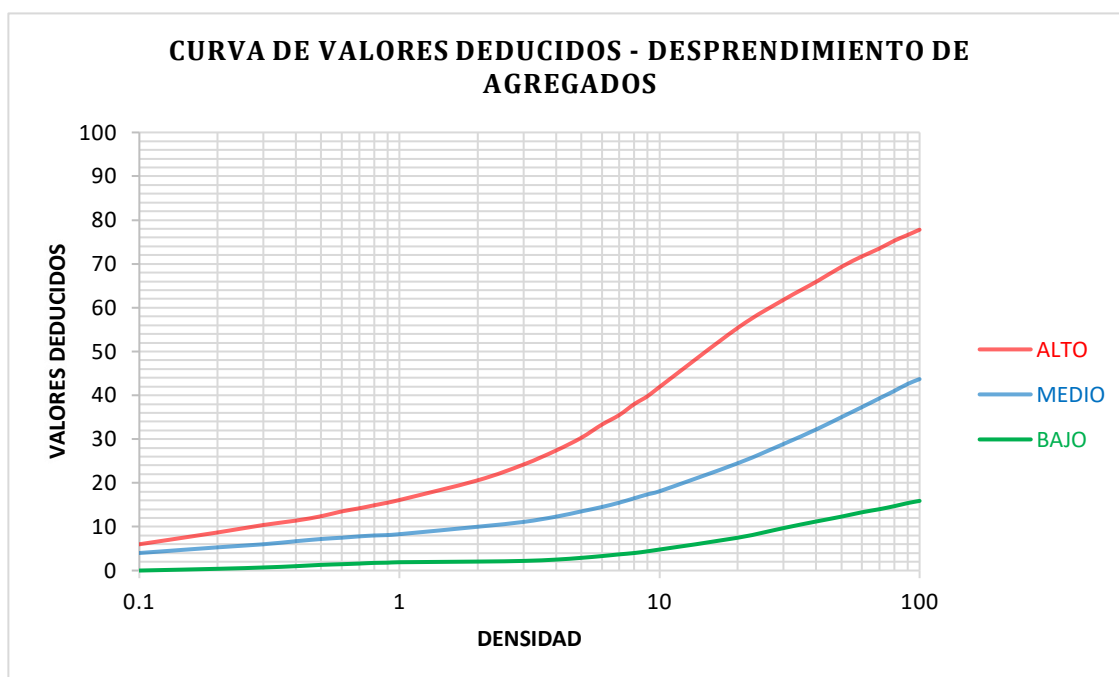
Nota. (Adaptación de Vásquez, 2002)

Fig. A.18 Valor Deducido Hinchamiento



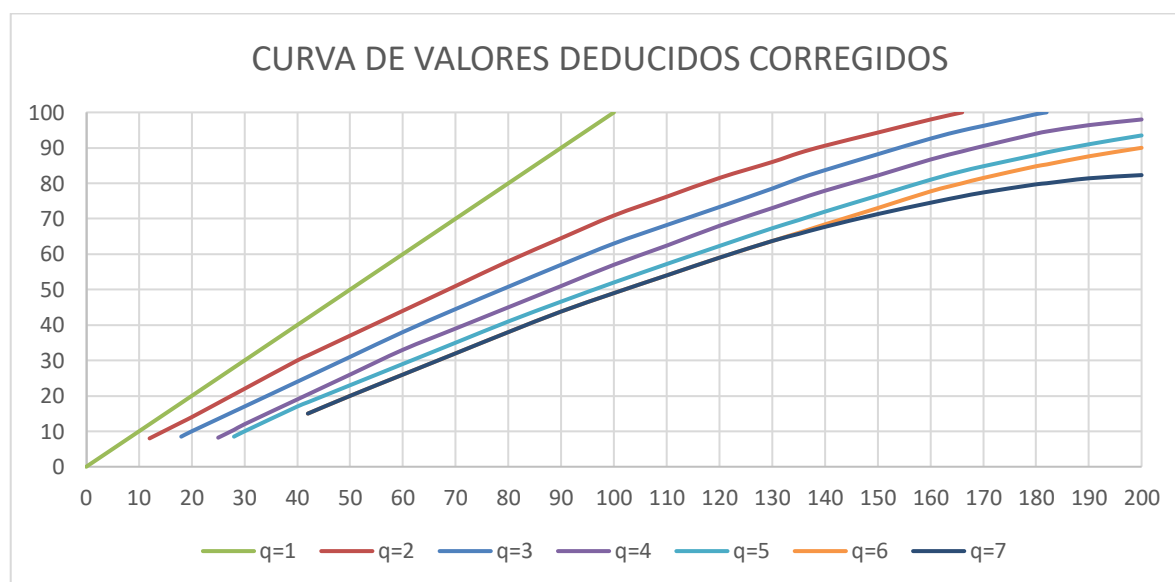
Nota. (Adaptación de Vásquez, 2002)

Fig. A.19 Valor Deducido Desprendimiento de Agregados



Nota. Adaptación de Vásquez, 2002)

Fig. A.20 Curva de Valores Deducidos Corregidos



Nota. (Adaptación de Vásquez, 2002)



ANEXO 3FORMATOS DE INSPECCIÓN PCI

	UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ ESCUELA DE POSGRADO	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - MÉTODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)	
		INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO	
		EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO	
Proyecto:	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO		
Nombre de Vía:	Av. Orgullo Aymara - C.P. Jayllihuaya - Puno	Unidad de Muestra:	OA-01
Evalúador:	Brayan Renan Cutipa Quispe	Longitud de tramo (m):	33.3
Progresiva inicial:	0+000	Ancho de Vía (m):	7
Progresiva final:	0+033.3	Área de la unidad (m2):	233.1
Fecha:	07/10/2024		

FALLAS PAVIMENTO ASFALTICO			
Nº	Daño	Cod.	Unidad.
1	Piel de cocodrilo.	PC	m2
2	Exudación.	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque.	BLO	m2
4	Abultamientos y hundimientos.	ABH	ml
5	Corrugación.	COR	m2
6	Depresión.	DEP	m2
7	Grieta de borde.	GB	ml
8	Grieta de reflexión de junta.	GR	ml
9	Desnivel carril / berma.	DN	ml
10	Grietas long y transversal.	GLT	ml
11	Parcheo.	PA	m2
12	Pulimento de agregados.	PU	m2
13	Huecos.	HUE	und
14	Cruce de vía férrea.	CVF	m2
15	Ahuellamiento.	AHU	m2
16	Desplazamiento.	DES	m2
17	Grietas parabólica (slippage)	GP	m2
18	Hinchamiento.	HN	m2
19	Desprendimiento de agregados.	DAG	m2

SEVERIDADES		
LOW	BAJA	L
MEDIUM	MEDIA	M
HIGH	ALTA	H

UBICACIÓN DE DETERIOROS EN TRAMO EVALUADO	
KM 0+033.3	
KM 0+000	

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR D.
DEP	H	0.35						0.35	0.15%	12.15
GLT	M	2.50	1.50	3.00	2.50	5.00		14.50	6.22%	13.29
PA	M	0.64						0.64	0.27%	4.72
PU	-	231.00						231.00	99.10%	19.88

[illegible]



	UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ ESCUELA DE POSGRADO	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - MÉTODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)			
		INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO			
		EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO			
Proyecto:	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO				
Nombre de Vía:	Av. Orgullo Aymara - C.P. Jaylihuaya - Puno	Unidad de Muestra:	OA - 03		
Evaluador:	Brayan Renan Cutipa Quispe	Longitud de tramo (m):	33.3		
Progresiva inicial:	0+400	Ancho de Vía (m):	7		
Progresiva final:	0+433.3	Área de la unidad (m2):	233.1		
Fecha:	07/10/2024				

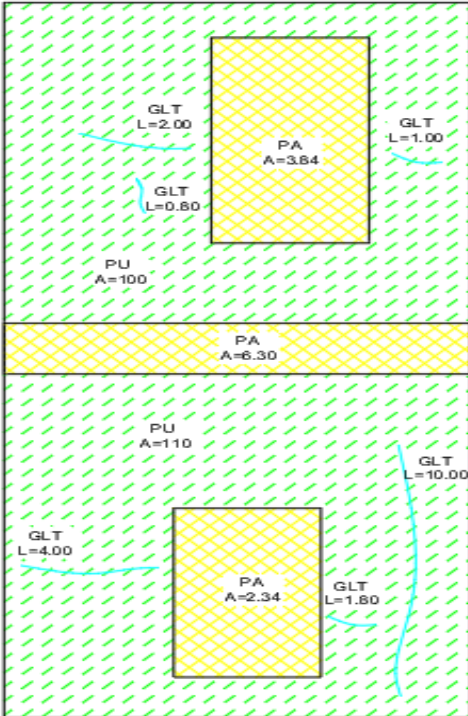
FALLAS PAVIMENTO ASFALTICO			
Nº	Daño	Cod.	Unidad.
1	Piel de cocodrilo.	PC	m2
2	Exudación.	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque.	BLO	m2
4	Abultamientos y hundimientos.	ABH	ml
5	Corrugación.	COR	m2
6	Depresión.	DEP	m2
7	Grieta de borde.	GB	ml
8	Grieta de reflexión de junta.	GR	ml
9	Desnivel carril / berma.	DN	ml
10	Grietas long y transversal.	GLT	ml
11	Parcheo.	PA	m2
12	Pulimento de agregados.	PU	m2
13	Huecos.	HUE	und
14	Cruce de vía férrea.	CVF	m2
15	Ahuellamiento.	AHU	m2
16	Desplazamiento.	DES	m2
17	Grietas parabólica (slippage)	GP	m2
18	Hinchamiento.	HN	m2
19	Desprendimiento de agregados.	DAG	m2

SEVERIDADES		
LOW	BAJA	L
MEDIUM	MEDIA	M
HIGH	ALTA	H

UBICACIÓN DE DETERIOROS EN TRAMO EVALUADO	
KM 0+433.3	
KM 0+400	

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR D.
GLT	M	6.00						6.00	2.57%	6.73
PA	M	2.34						2.34	1.00%	9.80
PU	-	231.00						231.00	99.10%	19.88



 UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ ESCUELA DE POSGRADO		EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - MÉTODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)									
		INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO									
		EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO									
Proyecto:		APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO									
Nombre de Vía:		Av. Orgullo Aymara - C.P. Jayllihuaya - Puno					Unidad de Muestra:		OA - 04		
Evaluador:		Brayan Renan Cutipa Quispe					Longitud de tramo (m):		33.3		
Progresiva inicial:		0+600					Ancho de Vía (m):		7		
Provesiva final:		0+633.3					Área de la unidad (m2):		233.1		
Fecha:		07/10/2024									
FALLAS PAVIMENTO ASFALTICO											
Nº	Daño	Cod.	Unidad.								
1	Piel de cocodrilo.	PC	m2								
2	Exudación.	EX	m2								
3	Agrietamiento en bloque.	BLO	m2								
4	Abultamientos y hundimientos.	ABH	ml								
5	Corrugación.	COR	m2								
6	Depresión.	DEP	m2								
7	Grieta de borde.	GB	ml								
8	Grieta de reflexión de junta.	GR	ml								
9	Desnivel carril / berma.	DN	ml								
10	Grietas long y transversal.	GLT	ml								
11	Parcheo.	PA	m2								
12	Pulimento de agregados.	PU	m2								
13	Huecos.	HUE	und								
14	Cruce de vía férrea.	CVF	m2								
15	Ahuellamiento.	AHU	m2								
16	Desplazamiento.	DES	m2								
17	Grietas parabólica (slippage)	GP	m2								
18	Hinchamiento.	HN	m2								
19	Desprendimiento de agregados.	DAG	m2								
SEVERIDADES											
LOW		BAJA		L							
MEDIUM		MEDIA		M							
HIGH		ALTA		H							
UBICACIÓN DE DETERIOROS EN TRAMO EVALUADO											
KM 0+633.3											
											
KM 0+600											
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR D.	
GLT	M	1.80	4.00	10.00	0.80	1.00	2.00	19.60	8.41%	16.12	
PA	M	2.34	6.30	3.84				12.48	5.35%	23.22	
PU	-	110.00	100.00					210.00	90.09%	18.61	



	UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ ESCUELA DE POSGRADO		EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)			
			INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO			
			EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO			
Proyecto:	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO					
Nombre de Vía:	Av. Orgullo Aymara - C.P. Jayllihuaya - Puno	Unidad de Muestra:	OA - 05			
Evaluador:	Brayan Renan Cutipa Quispe	Longitud de tramo (m):	33.3			
Progresiva inicial:	0+800	Ancho de Vía (m):	7			
Progresiva final:	0+833.3	Área de la unidad (m2):	233.1			
Fecha:	07/10/2024					

FALLAS PAVIMENTO ASFALTICO			
N°	Daño	Cod.	Unidad.
1	Piel de cocodrilo.	PC	m2
2	Exudación.	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque.	BLO	m2
4	Abultamientos y hundimientos.	ABH	ml
5	Corrugación.	COR	m2
6	Depresión.	DEP	m2
7	Grieta de borde.	GB	ml
8	Grieta de reflexión de junta.	GR	ml
9	Desnivel carril / berma.	DN	ml
10	Grietas long y transversal.	GLT	ml
11	Parcheo.	PA	m2
12	Pulimento de agregados.	PU	m2
13	Huecos.	HUE	und
14	Cruce de vía férrea.	CVF	m2
15	Ahuellamiento.	AHU	m2
16	Desplazamiento.	DES	m2
17	Grietas parabólica (slippage)	GP	m2
18	Hinchamiento.	HN	m2
19	Desprendimiento de agregados.	DAG	m2

SEVERIDADES		
LOW	BAJA	L
MEDIUM	MEDIA	M
HIGH	ALTA	H

UBICACIÓN DE DETERIOROS EN TRAMO EVALUADO	
KM 0+833.3	
KM 0+800	

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR D.
BLO	L	4.00	8.00					12.00	5.15%	4.99
PA	M	1.21						1.21	0.52%	6.94
PU	-	210.00						210.00	90.09%	18.61



	UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ ESCUELA DE POSGRADO	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - MÉTODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)			
		INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO			
		EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO			
Proyecto:	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO				
Nombre de Vía:	Av. Orgullo Aymara - C.P. Jayllihuaya - Puno	Unidad de Muestra:	OA - 06		
Evaluador:	Brayan Renan Cutipa Quispe	Longitud de tramo (m):	33.3		
Progresiva inicial:	1+000	Ancho de Vía (m):	7		
Progresiva final:	1+033.3	Área de la unidad (m2):	233.1		
Fecha:	07/10/2024				

FALLAS PAVIMENTO ASFALTICO			
Nº	Daño	Cod.	Unidad.
1	Piel de cocodrilo.	PC	m2
2	Exudación.	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque.	BLO	m2
4	Abultamientos y hundimientos.	ABH	ml
5	Corrugación.	COR	m2
6	Depresión.	DEP	m2
7	Grieta de borde.	GB	ml
8	Grieta de reflexión de junta.	GR	ml
9	Desnivel carril / berma.	DN	ml
10	Grietas long y transversal.	GLT	ml
11	Parcheo.	PA	m2
12	Pulimento de agregados.	PU	m2
13	Huecos.	HUE	und
14	Cruce de vía férrea.	CVF	m2
15	Ahuellamiento.	AHU	m2
16	Desplazamiento.	DES	m2
17	Grietas parabólica (slippage)	GP	m2
18	Hinchamiento.	HN	m2
19	Desprendimiento de agregados.	DAG	m2

SEVERIDADES		
LOW	BAJA	L
MEDIUM	MEDIA	M
HIGH	ALTA	H

UBICACIÓN DE DETERIOROS EN TRAMO EVALUADO	
KM 1+033.3	
KM 1+000	

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES					TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR D.
PA	M	0.78	0.56	5.60			6.94	2.98%	17.24
PU	-	230.00					230.00	98.67%	19.82



	UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ ESCUELA DE POSGRADO	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - MÉTODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)			
		INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO			
		EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO			
Proyecto:	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO				
Nombre de Vía:	Av. Orgullo Aymara - C.P. Jayllihuaya - Puno	Unidad de Muestra:	OA - 07		
Evaluador:	Brayan Renan Cutipa Quispe	Longitud de tramo (m):	33.3		
Progresiva inicial:	1+200	Ancho de Vía (m):	7		
Progresiva final:	1+233.3	Área de la unidad (m2):	233.1		
Fecha:	07/10/2024				

FALLAS PAVIMENTO ASFALTICO			
Nº	Daño	Cod.	Unidad.
1	Piel de cocodrilo.	PC	m2
2	Exudación.	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque.	BLO	m2
4	Abultamientos y hundimientos.	ABH	ml
5	Corrugación.	COR	m2
6	Depresión.	DEP	m2
7	Grieta de borde.	GB	ml
8	Grieta de reflexión de junta.	GR	ml
9	Desnivel carril / berma.	DN	ml
10	Grietas long y transversal.	GLT	ml
11	Parcheo.	PA	m2
12	Pulimento de agregados.	PU	m2
13	Huecos.	HUE	und
14	Cruce de vía férrea.	CVF	m2
15	Ahuellamiento.	AHU	m2
16	Desplazamiento.	DES	m2
17	Grietas parabólica (slippage)	GP	m2
18	Hinchamiento.	HN	m2
19	Desprendimiento de agregados.	DAG	m2

SEVERIDADES		
LOW	BAJA	L
MEDIUM	MEDIA	M
HIGH	ALTA	H

UBICACIÓN DE DETERIOROS EN TRAMO EVALUADO							
KM 1+233.3							
KM 1+200							

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR D.
GLT	M	5.00						5.00	2.15%	5.75
PU	-	230.00						230.00	98.67%	19.82



	UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ ESCUELA DE POSGRADO	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - MÉTODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)			
		INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO			
		EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO			
Proyecto:	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO				
Nombre de Vía:	Av. Orgullo Aymara - C.P. Jaylihuaya - Puno	Unidad de Muestra:	OA - 08		
Evaluador:	Brayan Renan Cutipa Quispe	Longitud de tramo (m):	33.3		
Progresiva inicial:	1+400	Ancho de Vía (m):	7		
Progresiva final:	1+433.3	Área de la unidad (m2):	233.1		
Fecha:	07/10/2024				

FALLAS PAVIMENTO ASFALTICO			
Nº	Daño	Cod.	Unidad.
1	Piel de cocodrilo.	PC	m2
2	Exudación.	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque.	BLO	m2
4	Abultamientos y hundimientos.	ABH	ml
5	Corrugación.	COR	m2
6	Depresión.	DEP	m2
7	Grieta de borde.	GB	ml
8	Grieta de reflexión de junta.	GR	ml
9	Desnivel caril / berma.	DN	ml
10	Grietas long y transversal.	GLT	ml
11	Parcheo.	PA	m2
12	Pulimento de agregados.	PU	m2
13	Huecos.	HUE	und
14	Cruce de vía férrea.	CVF	m2
15	Ahuellamiento.	AHU	m2
16	Desplazamiento.	DES	m2
17	Grietas parabólica (slippage)	GP	m2
18	Hinchamiento.	HN	m2
19	Desprendimiento de agregados.	DAG	m2

SEVERIDADES		
LOW	BAJA	L
MEDIUM	MEDIA	M
HIGH	ALTA	H

DAÑO		CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR D.
DEP	L	1.00						1.00	0.43%	3.83
PA	M	0.81						0.81	0.35%	5.46
PU	-	230.00						230.00	98.67%	19.82

UBICACIÓN DE DETERIORES EN TRAMO EVALUADO	
KM 1+433.3	
KM 1+400	

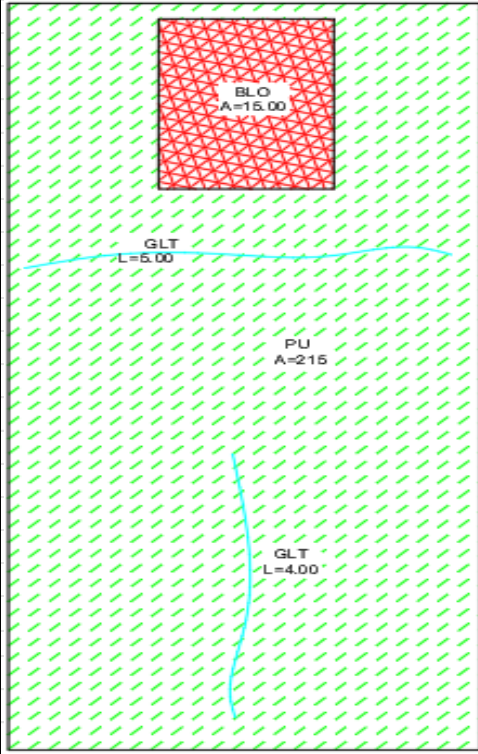
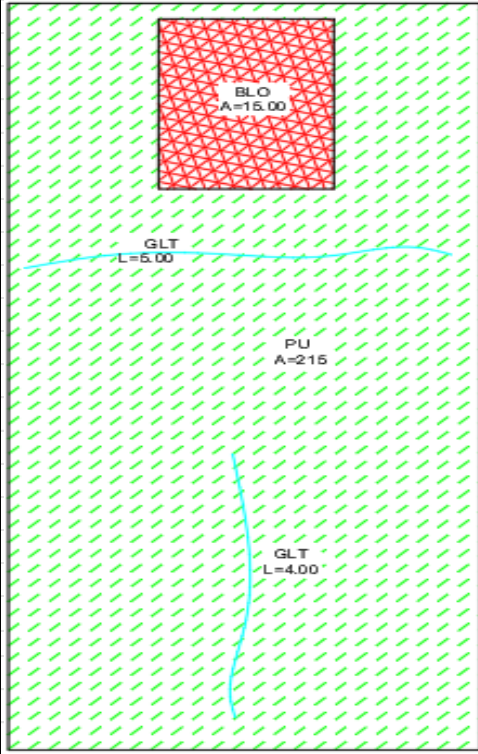
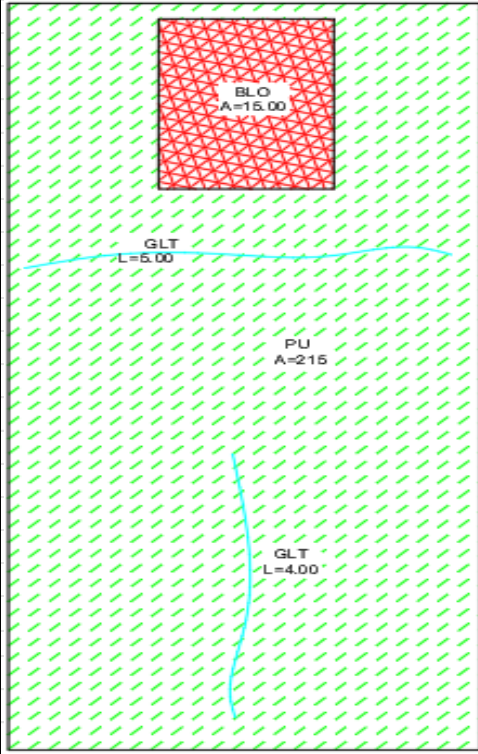


	UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ ESCUELA DE POSGRADO	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - MÉTODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)							
		INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO							
		EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO							
Proyecto:	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO								
Nombre de Vía:	Av. Orgullo Aymara - C.P. Jayllihuaya - Puno	Unidad de Muestra:	OA - 09						
Evaluador:	Brayan Renan Cutipa Quispe	Longitud de tramo (m):	33.3						
Progresiva inicial:	1+600	Ancho de Vía (m):	7						
Progresiva final:	1+633.3	Área de la unidad (m2):	233.1						
Fecha:	07/10/2024								
FALLAS PAVIMENTO ASFALTICO		UBICACIÓN DE DETERIOROS EN TRAMO EVALUADO							
Nº	Daño	Cod.	Unidad.	KM 1+633.3 KM 1+600					
1	Piel de cocodrilo.	PC	m2						
2	Exudación.	EX	m2						
3	Agrietamiento en bloque.	BLO	m2						
4	Abultamientos y hundimientos.	ABH	ml						
5	Corrugación.	COR	m2						
6	Depresión.	DEP	m2						
7	Grieta de borde.	GB	ml						
8	Grieta de reflexión de junta.	GR	ml						
9	Desnivel carril / berma.	DN	ml						
10	Grietas long y transversal.	GLT	ml						
11	Parcheo.	PA	m2						
12	Pulimento de agregados.	PU	m2						
13	Huecos.	HUE	und						
14	Cruce de vía férrea.	CVF	m2						
15	Ahuellamiento.	AHU	m2						
16	Desplazamiento.	DES	m2						
17	Grietas parabólica (slippage)	GP	m2						
18	Hinchamiento.	HN	m2						
19	Desprendimiento de agregados.	DAG	m2						
SEVERIDADES									
LOW	BAJA	L							
MEDIUM	MEDIA	M							
HIGH	ALTA	H							
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES					TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR D.
GLT	M	1.00	4.00				5.00	2.15%	5.75
PU	-	230.00					230.00	98.67%	19.82



	UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ ESCUELA DE POSGRADO	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)																																																																																			
		INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO																																																																																			
		EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO																																																																																			
Proyecto:	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO																																																																																				
Nombre de Vía:	Av. Orgullo Aymara - C.P. Jayllihuaya - Puno	Unidad de Muestra:	OA - 10																																																																																		
Evaluador:	Brayan Renan Cutipa Quispe	Longitud de tramo (m):	33.3																																																																																		
Progresiva inicial:	1+800	Ancho de Vía (m):	7																																																																																		
Progresiva final:	1+833.3	Área de la unidad (m2):	233.1																																																																																		
Fecha:	07/10/2024																																																																																				
FALLAS PAVIMENTO ASFALTICO <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº</th> <th>Daño</th> <th>Cod.</th> <th>Unidad.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Piel de cocodrilo.</td><td>PC</td><td>m2</td></tr> <tr><td>2</td><td>Exudación.</td><td>EX</td><td>m2</td></tr> <tr><td>3</td><td>Agrietamiento en bloque.</td><td>BLO</td><td>m2</td></tr> <tr><td>4</td><td>Abultamientos y hundimientos.</td><td>ABH</td><td>ml</td></tr> <tr><td>5</td><td>Corrugación.</td><td>COR</td><td>m2</td></tr> <tr><td>6</td><td>Depresión.</td><td>DEP</td><td>m2</td></tr> <tr><td>7</td><td>Grieta de borde.</td><td>GB</td><td>ml</td></tr> <tr><td>8</td><td>Grieta de reflexión de junta.</td><td>GR</td><td>ml</td></tr> <tr><td>9</td><td>Desnivel carril / berma.</td><td>DN</td><td>ml</td></tr> <tr><td>10</td><td>Grietas long y transversal.</td><td>GLT</td><td>ml</td></tr> <tr><td>11</td><td>Parcheo.</td><td>PA</td><td>m2</td></tr> <tr><td>12</td><td>Pulimento de agregados.</td><td>PU</td><td>m2</td></tr> <tr><td>13</td><td>Huecos.</td><td>HUE</td><td>und</td></tr> <tr><td>14</td><td>Cruce de vía férrea.</td><td>CVF</td><td>m2</td></tr> <tr><td>15</td><td>Ahuellamiento.</td><td>AHU</td><td>m2</td></tr> <tr><td>16</td><td>Desplazamiento.</td><td>DES</td><td>m2</td></tr> <tr><td>17</td><td>Grietas parabólica (slippage)</td><td>GP</td><td>m2</td></tr> <tr><td>18</td><td>Hinchamiento.</td><td>HN</td><td>m2</td></tr> <tr><td>19</td><td>Desprendimiento de agregados.</td><td>DAG</td><td>m2</td></tr> </tbody> </table>		Nº	Daño	Cod.	Unidad.	1	Piel de cocodrilo.	PC	m2	2	Exudación.	EX	m2	3	Agrietamiento en bloque.	BLO	m2	4	Abultamientos y hundimientos.	ABH	ml	5	Corrugación.	COR	m2	6	Depresión.	DEP	m2	7	Grieta de borde.	GB	ml	8	Grieta de reflexión de junta.	GR	ml	9	Desnivel carril / berma.	DN	ml	10	Grietas long y transversal.	GLT	ml	11	Parcheo.	PA	m2	12	Pulimento de agregados.	PU	m2	13	Huecos.	HUE	und	14	Cruce de vía férrea.	CVF	m2	15	Ahuellamiento.	AHU	m2	16	Desplazamiento.	DES	m2	17	Grietas parabólica (slippage)	GP	m2	18	Hinchamiento.	HN	m2	19	Desprendimiento de agregados.	DAG	m2	UBICACIÓN DE DETERIOROS EN TRAMO EVALUADO 			
Nº	Daño	Cod.	Unidad.																																																																																		
1	Piel de cocodrilo.	PC	m2																																																																																		
2	Exudación.	EX	m2																																																																																		
3	Agrietamiento en bloque.	BLO	m2																																																																																		
4	Abultamientos y hundimientos.	ABH	ml																																																																																		
5	Corrugación.	COR	m2																																																																																		
6	Depresión.	DEP	m2																																																																																		
7	Grieta de borde.	GB	ml																																																																																		
8	Grieta de reflexión de junta.	GR	ml																																																																																		
9	Desnivel carril / berma.	DN	ml																																																																																		
10	Grietas long y transversal.	GLT	ml																																																																																		
11	Parcheo.	PA	m2																																																																																		
12	Pulimento de agregados.	PU	m2																																																																																		
13	Huecos.	HUE	und																																																																																		
14	Cruce de vía férrea.	CVF	m2																																																																																		
15	Ahuellamiento.	AHU	m2																																																																																		
16	Desplazamiento.	DES	m2																																																																																		
17	Grietas parabólica (slippage)	GP	m2																																																																																		
18	Hinchamiento.	HN	m2																																																																																		
19	Desprendimiento de agregados.	DAG	m2																																																																																		
SEVERIDADES <table border="1"> <thead> <tr> <th>LOW</th> <th>BAJA</th> <th>L</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MEDIUM</td> <td>MEDIA</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>HIGH</td> <td>ALTA</td> <td>H</td> </tr> </tbody> </table>		LOW	BAJA	L	MEDIUM	MEDIA	M	HIGH	ALTA	H																																																																											
LOW	BAJA	L																																																																																			
MEDIUM	MEDIA	M																																																																																			
HIGH	ALTA	H																																																																																			
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES					TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR D.																																																																												
PA	M	1.74	1.17	0.75			3.66	1.57%	12.48																																																																												
PU	-	225.00					225.00	96.53%	19.52																																																																												



	UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ ESCUELA DE POSGRADO		EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - MÉTODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)																																																																																							
			INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO																																																																																							
			EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO																																																																																							
Proyecto:	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO																																																																																									
Nombre de Vía:	Av. Orgullo Aymara - C.P. Jayllihuaya - Puno	Unidad de Muestra:	OA - 11																																																																																							
Evaluador:	Brayan Renan Cutipa Quispe	Longitud de tramo (m):	33.3																																																																																							
Progresiva inicial:	2+000	Ancho de Vía (m):	7																																																																																							
Provesiva final:	2+033.3	Área de la unidad (m2):	233.1																																																																																							
Fecha:	07/10/2024																																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">FALLAS PAVIMENTO ASFALTICO</th> </tr> <tr> <th>Nº</th> <th>Daño</th> <th>Cod.</th> <th>Unidad.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Piel de cocodrilo.</td><td>PC</td><td>m2</td></tr> <tr><td>2</td><td>Exudación.</td><td>EX</td><td>m2</td></tr> <tr><td>3</td><td>Agrietamiento en bloque.</td><td>BLO</td><td>m2</td></tr> <tr><td>4</td><td>Abultamientos y hundimientos.</td><td>ABH</td><td>ml</td></tr> <tr><td>5</td><td>Corrugación.</td><td>COR</td><td>m2</td></tr> <tr><td>6</td><td>Depresión.</td><td>DEP</td><td>m2</td></tr> <tr><td>7</td><td>Grieta de borde.</td><td>GB</td><td>ml</td></tr> <tr><td>8</td><td>Grieta de reflexión de junta.</td><td>GR</td><td>ml</td></tr> <tr><td>9</td><td>Desnivel carril / berma.</td><td>DN</td><td>ml</td></tr> <tr><td>10</td><td>Grietas long y transversal.</td><td>GLT</td><td>ml</td></tr> <tr><td>11</td><td>Parqueo.</td><td>PA</td><td>m2</td></tr> <tr><td>12</td><td>Pulimento de agregados.</td><td>PU</td><td>m2</td></tr> <tr><td>13</td><td>Huecos.</td><td>HUE</td><td>und</td></tr> <tr><td>14</td><td>Cruce de vía férrea.</td><td>CVF</td><td>m2</td></tr> <tr><td>15</td><td>Ahuellamiento.</td><td>AHU</td><td>m2</td></tr> <tr><td>16</td><td>Desplazamiento.</td><td>DES</td><td>m2</td></tr> <tr><td>17</td><td>Grietas parabólica (slippage)</td><td>GP</td><td>m2</td></tr> <tr><td>18</td><td>Hinchamiento.</td><td>HN</td><td>m2</td></tr> <tr><td>19</td><td>Desprendimiento de agregados.</td><td>DAG</td><td>m2</td></tr> </tbody> </table>							FALLAS PAVIMENTO ASFALTICO				Nº	Daño	Cod.	Unidad.	1	Piel de cocodrilo.	PC	m2	2	Exudación.	EX	m2	3	Agrietamiento en bloque.	BLO	m2	4	Abultamientos y hundimientos.	ABH	ml	5	Corrugación.	COR	m2	6	Depresión.	DEP	m2	7	Grieta de borde.	GB	ml	8	Grieta de reflexión de junta.	GR	ml	9	Desnivel carril / berma.	DN	ml	10	Grietas long y transversal.	GLT	ml	11	Parqueo.	PA	m2	12	Pulimento de agregados.	PU	m2	13	Huecos.	HUE	und	14	Cruce de vía férrea.	CVF	m2	15	Ahuellamiento.	AHU	m2	16	Desplazamiento.	DES	m2	17	Grietas parabólica (slippage)	GP	m2	18	Hinchamiento.	HN	m2	19	Desprendimiento de agregados.	DAG	m2
FALLAS PAVIMENTO ASFALTICO																																																																																										
Nº	Daño	Cod.	Unidad.																																																																																							
1	Piel de cocodrilo.	PC	m2																																																																																							
2	Exudación.	EX	m2																																																																																							
3	Agrietamiento en bloque.	BLO	m2																																																																																							
4	Abultamientos y hundimientos.	ABH	ml																																																																																							
5	Corrugación.	COR	m2																																																																																							
6	Depresión.	DEP	m2																																																																																							
7	Grieta de borde.	GB	ml																																																																																							
8	Grieta de reflexión de junta.	GR	ml																																																																																							
9	Desnivel carril / berma.	DN	ml																																																																																							
10	Grietas long y transversal.	GLT	ml																																																																																							
11	Parqueo.	PA	m2																																																																																							
12	Pulimento de agregados.	PU	m2																																																																																							
13	Huecos.	HUE	und																																																																																							
14	Cruce de vía férrea.	CVF	m2																																																																																							
15	Ahuellamiento.	AHU	m2																																																																																							
16	Desplazamiento.	DES	m2																																																																																							
17	Grietas parabólica (slippage)	GP	m2																																																																																							
18	Hinchamiento.	HN	m2																																																																																							
19	Desprendimiento de agregados.	DAG	m2																																																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">SEVERIDADES</th> </tr> <tr> <td>LOW</td> <td>BAJA</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>MEDIUM</td> <td>MEDIA</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>HIGH</td> <td>ALTA</td> <td>H</td> </tr> </thead> </table>							SEVERIDADES			LOW	BAJA	L	MEDIUM	MEDIA	M	HIGH	ALTA	H																																																																								
SEVERIDADES																																																																																										
LOW	BAJA	L																																																																																								
MEDIUM	MEDIA	M																																																																																								
HIGH	ALTA	H																																																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="6">UBICACIÓN DE DETERIOROS EN TRAMO EVALUADO</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="6">KM 2+033.3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="6">  </td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="6">KM 2+000</td> </tr> </tbody> </table>									UBICACIÓN DE DETERIOROS EN TRAMO EVALUADO								KM 2+033.3																KM 2+000																																																									
		UBICACIÓN DE DETERIOROS EN TRAMO EVALUADO																																																																																								
		KM 2+033.3																																																																																								
																																																																																										
		KM 2+000																																																																																								
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES					TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR D.																																																																																	
BLO	M	15.00					15.00	6.44%	12.95																																																																																	
GLT	M	4.00	5.00				9.00	3.86%	9.43																																																																																	
PU	-	215.00					215.00	92.24%	18.92																																																																																	



	UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ ESCUELA DE POSGRADO	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - MÉTODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)			
		INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO			
		EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO			
Proyecto:	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO				
Nombre de Vía:	Av. Orgullo Aymara - C.P. Jaylihuaya - Puno	Unidad de Muestra:	OA - 12		
Evaluador:	Brayan Renan Cutipa Quispe	Longitud de tramo (m):	33.3		
Progresiva inicial:	2+200	Ancho de Vía (m):	7		
Progresiva final:	2+233.3	Área de la unidad (m2):	233.1		
Fecha:	07/10/2024				

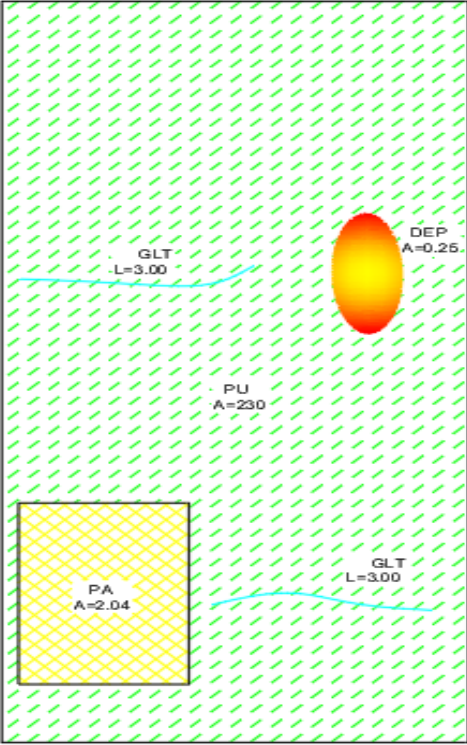
FALLAS PAVIMENTO ASFALTICO			
Nº	Daño	Cod.	Unidad.
1	Piel de cocodrilo.	PC	m2
2	Exudación.	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque.	BLO	m2
4	Abultamientos y hundimientos.	ABH	ml
5	Corrugación.	COR	m2
6	Depresión.	DEP	m2
7	Grieta de borde.	GB	ml
8	Grieta de reflexión de junta.	GR	ml
9	Desnivel carril / berma.	DN	ml
10	Grietas long y transversal.	GLT	ml
11	Parcheo.	PA	m2
12	Pulimento de agregados.	PU	m2
13	Huecos.	HUE	und
14	Cruce de vía férrea.	CVF	m2
15	Ahuellamiento.	AHU	m2
16	Desplazamiento.	DES	m2
17	Grietas parabólica (slippage)	GP	m2
18	Hinchamiento.	HN	m2
19	Desprendimiento de agregados.	DAG	m2

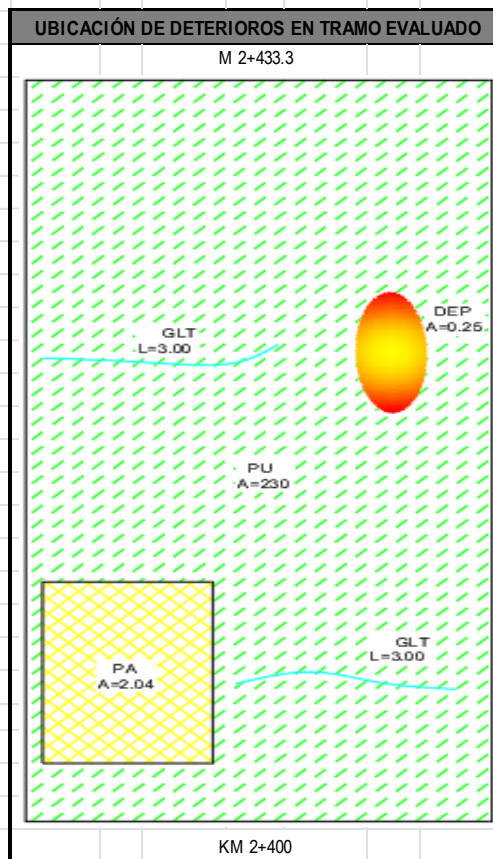
SEVERIDADES		
LOW	BAJA	L
MEDIUM	MEDIA	M
HIGH	ALTA	H

UBICACIÓN DE DETERIOROS EN TRAMO EVALUADO			
KM 2+233.3			
KM 2+200			

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR D.
BLO	M	12.00	12.00	4.00				28.00	12.01%	17.85
PU	-	200.00						200.00	85.80%	18.06



 UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ ESCUELA DE POSGRADO		EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)									
		INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO									
		EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO									
Proyecto:		APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO									
Nombre de Vía:		Av. Orgullo Aymara - C.P. Jaylihuaya - Puno				Unidad de Muestra:		OA - 13			
Evalúador:		Brayan Renan Cutipa Quispe				Longitud de tramo (m):		33.3			
Progresiva inicial:		2+400				Ancho de Vía (m):		7			
Provesiva final:		2+433.3				Área de la unidad (m2):		233.1			
Fecha:		07/10/2024									
FALLAS PAVIMENTO ASFALTICO											
Nº	Daño	Cod.	Unidad.								
1	Piel de cocodrilo.	PC	m2								
2	Exudación.	EX	m2								
3	Agrietamiento en bloque.	BLO	m2								
4	Abultamientos y hundimientos.	ABH	ml								
5	Corrugación.	COR	m2								
6	Depresión.	DEP	m2								
7	Grieta de borde.	GB	ml								
8	Grieta de reflexión de junta.	GR	ml								
9	Desnivel carril / berma.	DN	ml								
10	Grietas long y transversal.	GLT	ml								
11	Parcheo.	PA	m2								
12	Pulimento de agregados.	PU	m2								
13	Huecos.	HUE	und								
14	Cruce de vía férrea.	CVF	m2								
15	Ahuellamiento.	AHU	m2								
16	Desplazamiento.	DES	m2								
17	Grietas parabólica (slippage)	GP	m2								
18	Hinchamiento.	HN	m2								
19	Desprendimiento de agregados.	DAG	m2								
SEVERIDADES											
LOW		BAJA		L							
MEDIUM		MEDIA		M							
HIGH		ALTA		H							
UBICACIÓN DE DETERIOROS EN TRAMO EVALUADO											
M 2+433.3											
											
KM 2+400											
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR D.	
DEP	H	0.25					0.25	0.11%	12.13		
GLT	M	3.00	3.00				6.00	2.57%	6.73		
PA	L	2.04					2.04	0.88%	8.88		
PU	-	230.00					230.00	98.67%	19.82		





	UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ ESCUELA DE POSGRADO	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - MÉTODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)							
		ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO							
		EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO							
Proyecto:	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO								
Nombre de Vía:	Av. Orgullo Aymara - C.P. Jayllihuaya - Puno	Unidad de Muestra:	OA - 14						
Evaluador:	Brayan Renan Cutipa Quispe	Longitud de tramo (m):	33.3						
Progresiva inicial:	2+600	Ancho de Vía (m):	7						
Progresiva final:	2+633.3	Área de la unidad (m2):	233.1						
Fecha:	07/10/2024								
FALLAS PAVIMENTO ASFALTICO		UBICACIÓN DE DETERIOROS EN TRAMO EVALUADO							
Nº	Daño	Cod.	Unidad.						
1	Piel de cocodrilo.	PC	m2						
2	Exudación.	EX	m2						
3	Agrietamiento en bloque.	BLO	m2						
4	Abultamientos y hundimientos.	ABH	ml						
5	Corrugación.	COR	m2						
6	Depresión.	DEP	m2						
7	Grieta de borde.	GB	ml						
8	Grieta de reflexión de junta.	GR	ml						
9	Desnivel carril / berma.	DN	ml						
10	Grietas long y transversal.	GLT	ml						
11	Parcheo.	PA	m2						
12	Pulimento de agregados.	PU	m2						
13	Huecos.	HUE	und						
14	Cruce de vía férrea.	CVF	m2						
15	Ahuellamiento.	AHU	m2						
16	Desplazamiento.	DES	m2						
17	Grietas parabólica (slippage)	GP	m2						
18	Hinchamiento.	HN	m2						
19	Desprendimiento de agregados.	DAG	m2						
SEVERIDADES									
LOW	BAJA	L							
MEDIUM	MEDIA	M							
HIGH	ALTA	H							
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES					TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR D.
DEP	H	0.50					0.50	0.21%	13.09
PA	M	1.44	0.66				2.10	0.90%	9.00
PU	-	230.00					230.00	98.67%	19.82



ANEXO 4 CÁLCULO DEL PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

		UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ ESCUELA DE POSGRADO		EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)								
				INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO								
				EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO								
Proyecto:		APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO										
Nombre de Vía:		Av. Orgullo Aymara - C.P. Jayllihuaya - Puno						Unidad de Muestra:		OA - 01		
Evaluador:		Brayan Renan Cutipa Quispe						Longitud de tramo (m):		33.3		
Progresiva inicial:		0+000						Ancho de Vía (m):		7		
Provesiva final:		0+033.3						Área de la unidad (m2):		233.1		
Fecha:		07/10/2024										
Nro.	m	q	VALORES DEDUCIDOS						VDT	CDV	PCI	CLASIFICACION
1	8.00	4.00	19.88	13.29	12.15	4.72		50.04	26.03	70.88	MUYBUENO	
2		3.00	19.88	13.29	12.15	2.00		47.32	29.12			
3		2.00	19.88	13.29	2.00	2.00		37.17	27.74			
4		1.00	19.88	2.00	2.00	2.00		25.88	25.88			
		UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ ESCUELA DE POSGRADO		EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)								
				INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO								
				EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO								
Proyecto:		APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO										
Nombre de Vía:		Av. Orgullo Aymara - C.P. Jayllihuaya - Puno						Unidad de Muestra:		OA - 02		
Evaluador:		Brayan Renan Cutipa Quispe						Longitud de tramo (m):		33.3		
Progresiva inicial:		0+200						Ancho de Vía (m):		7		
Provesiva final:		0+233.3						Área de la unidad (m2):		233.1		
Fecha:		07/10/2024										
Nro.	m	q	VALORES DEDUCIDOS						VDT	CDV	PCI	CLASIFICACION
1	8.00	3.00	19.88	6.73	4.11			30.72	17.50	76.12	MUYBUENO	
2		2.00	19.88	6.73	2.00			28.61	20.89			
3		1.00	19.88	2.00	2.00			23.88	23.88			
		UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ ESCUELA DE POSGRADO		EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)								
				INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO								
				EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO								
Proyecto:		APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO										
Nombre de Vía:		Av. Orgullo Aymara - C.P. Jayllihuaya - Puno						Unidad de Muestra:		OA - 03		
Evaluador:		Brayan Renan Cutipa Quispe						Longitud de tramo (m):		33.3		
Progresiva inicial:		0+400						Ancho de Vía (m):		7		
Provesiva final:		0+433.3						Área de la unidad (m2):		233.1		
Fecha:		07/10/2024										
Nro.	m	q	VALORES DEDUCIDOS						VDT	CDV	PCI	CLASIFICACION
1	8.00	3.00	19.88	9.80	6.73			36.41	21.49	76.12	MUYBUENO	
2		2.00	19.88	9.80	2.00			31.68	23.34			
3		1.00	19.88	2.00	2.00			23.88	23.88			



		UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ ESCUELA DE POSGRADO		EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)											
				INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO											
				EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO											
Proyecto:		APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO													
Nombre de Vía:		Av. Orgullo Aymara - C.P. Jayllihuaya - Puno						Unidad de Muestra:		OA - 04					
Evaluador:		Brayan Renan Cutipa Quispe						Longitud de tramo (m):		33.3					
Progresiva inicial:		0+600						Ancho de Vía (m):		7					
Provesiva final:		0+633.3						Área de la unidad (m2):		233.1					
Fecha:		07/10/2024													
Nro.	m	q	VALORES DEDUCIDOS						VDT	CDV	PCI	CLASIFICACION			
1	8.00	3.00	18.61	23.22	16.12				57.95	36.57	63.43	BUENO			
2		2.00	18.61	23.22	2.00				43.83	32.68					
3		1.00	18.61	2.00	2.00				22.61	22.61					
		UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ ESCUELA DE POSGRADO		EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)											
				INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO											
				EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO											
Proyecto:		APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO													
Nombre de Vía:		Av. Orgullo Aymara - C.P. Jayllihuaya - Puno						Unidad de Muestra:		OA - 05					
Evaluador:		Brayan Renan Cutipa Quispe						Longitud de tramo (m):		33.3					
Progresiva inicial:		0+800						Ancho de Vía (m):		7					
Provesiva final:		0+833.3						Área de la unidad (m2):		233.1					
Fecha:		07/10/2024													
Nro.	m	q	VALORES DEDUCIDOS						VDT	CDV	PCI	CLASIFICACION			
1	8.00	3.00	18.61	6.94	4.99				30.54	17.38	77.39	MUY BUENO			
2		2.00	18.61	6.94	2.00				27.55	20.04					
3		1.00	18.61	2.00	2.00				22.61	22.61					
		UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ ESCUELA DE POSGRADO		EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)											
				INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO											
				EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO											
Proyecto:		APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO													
Nombre de Vía:		Av. Orgullo Aymara - C.P. Jayllihuaya - Puno						Unidad de Muestra:		OA - 06					
Evaluador:		Brayan Renan Cutipa Quispe						Longitud de tramo (m):		33.3					
Progresiva inicial:		1+000						Ancho de Vía (m):		7					
Provesiva final:		1+033.3						Área de la unidad (m2):		233.1					
Fecha:		07/10/2024													
Nro.	m	q	VALORES DEDUCIDOS						VDT	CDV	PCI	CLASIFICACION			
1	8.00	2.00	19.82	17.24					37.06	27.65	72.35	MUY BUENO			
2		1.00	19.82	2.00					21.82	21.82					



	UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ ESCUELA DE POSGRADO		EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)										
			INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO										
			EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO										
Proyecto:		APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO											
Nombre de Vía:		Av. Orgullo Aymara - C.P. Jayllihuaya - Puno						Unidad de Muestra:		OA - 07			
Evaluador:		Brayan Renan Cutipa Quispe						Longitud de tramo (m):		33.3			
Progresiva inicial:		1+200						Ancho de Vía (m):		7			
Provesiva final:		1+233.3						Área de la unidad (m2):		233.1			
Fecha:		07/10/2024											
Nro.	m	q	VALORES DEDUCIDOS						VDT	CDV	PCI	CLASIFICACION	
1	8.00	2.00	19.82	5.75				25.57	18.46	78.18	MUY BUENO		
2		1.00	19.82	2.00				21.82	21.82				
	UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ ESCUELA DE POSGRADO		EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)										
			INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO										
			EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO										
Proyecto:		APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO											
Nombre de Vía:		Av. Orgullo Aymara - C.P. Jayllihuaya - Puno						Unidad de Muestra:		OA - 08			
Evaluador:		Brayan Renan Cutipa Quispe						Longitud de tramo (m):		33.3			
Progresiva inicial:		1+400						Ancho de Vía (m):		7			
Provesiva final:		1+433.3						Área de la unidad (m2):		233.1			
Fecha:		07/10/2024											
Nro.	m	q	VALORES DEDUCIDOS						VDT	CDV	PCI	CLASIFICACION	
1	8.00	3.00	19.82	5.46	3.83			29.11	16.38	76.18	MUY BUENO		
2		2.00	19.82	5.46	2.00			27.28	19.82				
3		1.00	19.82	2.00	2.00			23.82	23.82				
	UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ ESCUELA DE POSGRADO		EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)										
			INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO										
			EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO										
Proyecto:		APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO											
Nombre de Vía:		Av. Orgullo Aymara - C.P. Jayllihuaya - Puno						Unidad de Muestra:		OA - 09			
Evaluador:		Brayan Renan Cutipa Quispe						Longitud de tramo (m):		33.3			
Progresiva inicial:		1+600						Ancho de Vía (m):		7			
Provesiva final:		1+633.3						Área de la unidad (m2):		233.1			
Fecha:		07/10/2024											
Nro.	m	q	VALORES DEDUCIDOS						VDT	CDV	PCI	CLASIFICACION	
1	8.00	2.00	19.82	5.75				25.57	18.46	78.18	MUY BUENO		
2		1.00	19.82	2.00				21.82	21.82				



		UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ ESCUELA DE POSGRADO		EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)									
				INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO									
				EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO									
Proyecto:		APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO											
Nombre de Vía:		Av. Orgullo Aymara - C.P. Jayllihuaya - Puno						Unidad de Muestra:		OA - 10			
Evaluador:		Brayan Renan Cutipa Quispe						Longitud de tramo (m):		33.3			
Progresiva inicial:		1+800						Ancho de Vía (m):		7			
Provesiva final:		1+833.3						Área de la unidad (m2):		233.1			
Fecha:		07/10/2024											
Nro.		m	q	VALORES DEDUCIDOS						VDT	CDV	PCI	CLASIFICACION
1		8.00	2.00	19.52	12.48					32.00	23.60	76.4	MUY BUENO
2			1.00	19.52	2.00					21.52	21.52		
		UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ ESCUELA DE POSGRADO		EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)									
				INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO									
				EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO									
Proyecto:		APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO											
Nombre de Vía:		Av. Orgullo Aymara - C.P. Jayllihuaya - Puno						Unidad de Muestra:		OA - 11			
Evaluador:		Brayan Renan Cutipa Quispe						Longitud de tramo (m):		33.3			
Progresiva inicial:		2+000						Ancho de Vía (m):		7			
Provesiva final:		2+033.3						Área de la unidad (m2):		233.1			
Fecha:		07/10/2024											
Nro.		m	q	VALORES DEDUCIDOS						VDT	CDV	PCI	CLASIFICACION
1		8.00	3.00	18.92	12.95	9.43				41.30	24.91	74.9	MUY BUENO
2			2.00	18.92	12.95	2.00				33.87	25.10		
3			1.00	18.92	2.00	2.00				22.92	22.92		
		UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ ESCUELA DE POSGRADO		EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)									
				INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO									
				EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO									
Proyecto:		APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO											
Nombre de Vía:		Av. Orgullo Aymara - C.P. Jayllihuaya - Puno						Unidad de Muestra:		OA - 12			
Evaluador:		Brayan Renan Cutipa Quispe						Longitud de tramo (m):		33.3			
Progresiva inicial:		2+200						Ancho de Vía (m):		7			
Provesiva final:		2+233.3						Área de la unidad (m2):		233.1			
Fecha:		07/10/2024											
Nro.		m	q	VALORES DEDUCIDOS						VDT	CDV	PCI	CLASIFICACION
1		8.00	2.00	18.06	17.85					35.91	26.74	73.26	MUY BUENO
2			1.00	18.06	2.00					20.06	20.06		



	UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ ESCUELA DE POSGRADO		EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)										
			INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO										
			EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO										
Proyecto:		APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO											
Nombre de Vía:		Av. Orgullo Aymara - C.P. Jayllihuaya - Puno						Unidad de Muestra:		OA- 13			
Evaluador:		Brayan Renan Cutipa Quispe						Longitud de tramo (m):		33.3			
Progresiva inicial:		2+400						Ancho de Vía (m):		7			
Provesiva final:		2+433.3						Área de la unidad (m2):		233.1			
Fecha:		07/10/2024											
Nro.	m	q	VALORES DEDUCIDOS						VDT	CDV	PCI	CLASIFICACION	
1	8.00	4.00	19.82	12.13	8.88	6.73			47.56	24.29	73.26	MUY BUENO	
2		3.00	19.82	12.13	8.88	2.00			42.83	25.98			
3		2.00	19.82	12.13	2.00	2.00			35.95	26.74			
4		1.00	19.82	2.00	2.00	2.00			25.82	25.82			
	UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ ESCUELA DE POSGRADO		EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)										
			INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO										
			EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO										
Proyecto:		APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO											
Nombre de Vía:		Av. Orgullo Aymara - C.P. Jayllihuaya - Puno						Unidad de Muestra:		OA- 14			
Evaluador:		Brayan Renan Cutipa Quispe						Longitud de tramo (m):		33.3			
Progresiva inicial:		2+600						Ancho de Vía (m):		7			
Provesiva final:		2+633.3						Área de la unidad (m2):		233.1			
Fecha:		07/10/2024											
Nro.	m	q	VALORES DEDUCIDOS						VDT	CDV	PCI	CLASIFICACION	
1	8.00	3.00	19.82	13.09	9.00			41.91	25.34	74.07	MUY BUENO		
2		2.00	19.82	13.09	2.00			34.91	25.93				
3		1.00	19.82	2.00	2.00			23.82	23.82				



ANEXO 5 INFORMES GENERADOS SOBRE EL ESTADO DE LA VÍA CON EL SOFTWARE HDM-4.

H D M - 4				Estado anual de la carretera (rodadura bituminosa)														
HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT																		
				Nombre del estudio: Av. Orgullo Aymara														
				Fecha de ejecución: 22/10/2024														
Detalles tramo:																		
ID: OA				Descripción: Av. Orgullo Aymara - Puno							Clase de carretera: Secundaria o principal							
Longitud: 2.80km				Ancho: 7.00m		Rampa + Pendiente: 18.00m/km					Curvatura: 25.00 °/km							
				Alternativa: Av. Orgullo Aymara														
				Firme Bituminoso														
				Estado a final de año														
Año	TM IMD	ESAL (millones/carril) YE4	Tipo de firme	Número Estructural	Regularidad IRI (m/km) PI	Área Fisurada (%)				Área Fisurada total ACRA	Baches	Área de fisura de	Roderas	Textura (mm) TD	Resistencia al			
						Total estructural	Área estructural	Transversal Térmica	Fisuración total ACRA	Número por km NPT	Área (%) APOT	Profundidad media de la	Desv. Est. De la rodadura RDS					
2010	5985	0.00	Antes trabajos	AMGB	3.40	2.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	6.53	1.91	1.57	0.10	0.35
			Después trabajos	AMGB	3.40	2.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	6.53	1.91	1.57	0.10	0.35
2011	6075	0.00	Antes trabajos	AMGB	3.39	2.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	46.09	2.06	1.68	0.10	0.35
			Después trabajos	AMGB	3.39	2.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	46.09	2.06	1.68	0.10	0.35
2012	6166	0.00	Antes trabajos	AMGB	3.39	3.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	86.86	2.21	1.79	0.10	0.35
			Después trabajos	AMGB	3.39	3.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	86.86	2.21	1.79	0.10	0.35
2013	6259	0.00	Antes trabajos	AMGB	3.38	3.36	0.50	0.00	0.00	0.50	0.00	0	0.00	128.85	2.36	1.90	0.10	0.35
			Después trabajos	AMGB	3.38	3.36	0.50	0.00	0.00	0.50	0.00	0	0.00	128.85	2.36	1.90	0.10	0.35
2014	6353	0.00	Antes trabajos	AMGB	3.37	3.59	3.29	0.00	0.00	3.29	0.00	0	0.00	172.11	2.51	2.01	0.10	0.35
			Después trabajos	AMGB	3.37	3.59	3.29	0.00	0.00	3.29	0.00	0	0.00	172.11	2.51	2.01	0.10	0.35
2015	6448	0.00	Antes trabajos	AMGB	3.36	3.86	9.33	0.00	0.00	9.33	0.00	0	0.00	216.68	2.66	2.11	0.10	0.35
			Después trabajos	AMGB	3.36	3.86	9.33	0.00	0.00	9.33	0.00	0	0.00	216.68	2.66	2.11	0.10	0.35
2016	6545	0.00	Antes trabajos	AMGB	3.32	4.17	19.17	5.22	0.00	19.17	0.00	0	0.00	262.60	2.81	2.21	0.10	0.35
			Después trabajos	AMGB	3.32	4.17	19.17	5.22	0.00	19.17	0.00	0	0.00	262.60	2.81	2.21	0.10	0.35
2017	6643	0.00	Antes trabajos	AMGB	3.26	4.53	33.18	15.19	0.00	33.18	0.00	0	0.00	309.90	2.97	2.32	0.10	0.35
			Después trabajos	AMGB	3.26	4.53	33.18	15.19	0.00	33.18	0.00	0	0.00	309.90	2.97	2.32	0.10	0.35
2018	6743	0.00	Antes trabajos	AMGB	3.17	4.93	51.53	29.81	0.00	51.53	0.00	0	0.00	358.63	3.14	2.43	0.10	0.35
			Después trabajos	AMGB	3.17	4.93	51.53	29.81	0.00	51.53	0.00	0	0.00	358.63	3.14	2.43	0.10	0.35
HDM-4 Av. Orgullo Aymara																		
				Página 1 de 2														

Página 2 de 2



ANEXO 6 FORMATOS PCI UTILIZANDO DATOS DEL SOFTWARE HDM-4

	UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ ESCUELA DE POSGRADO	DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE LA VIA SEGÚN PCI CON DATOS OBTENIDOS EN EL SOFTWARE HDM-4	
Proyecto:	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI Y EL SOFTWARE HDM-4 EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, CASO DE LA AV. ORGULLO AYMARA, PUNO		
Nombre de Vía:	Av. Floral - Puno	Unidad de Muestra:	HDM4 - OA
Evaluador:	Rai Hemver Cutipa Quispe	Longitud de tramo (m):	2800
Progresiva inicial:	0+000	Ancho de Vía (m):	7
Provesiva final:	2+800	Área de la unidad (m2):	19600
Fecha:	22/10/2024		

FALLAS PAVIMENTO ASFALTICO			
Nº	Daño	Cod.	Unidad.
1	Piel de cocodrilo.	PC	m2
2	Exudación.	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque.	BLO	m2
4	Abultamientos y hundimientos.	ABH	ml
5	Corrugación.	COR	m2
6	Depresión.	DEP	m2
7	Grieta de borde.	GB	ml
8	Grieta de reflexión de junta.	GR	ml
9	Desnivel carril / berma.	DN	ml
10	Grietas long y transversal.	GLT	ml
11	Parcheo.	PA	m2
12	Pulimento de agregados.	PU	m2
13	Huecos.	HUE	und
14	Cruce de vía férrea.	CVF	m2
15	Ahuellamiento.	AHU	m2
16	Desplazamiento.	DES	m2
17	Grietas parabólica (slippage)	GP	m2
18	Hinchamiento.	HN	m2
19	Desprendimiento de agregados.	DAG	m2

HDM - 4
HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT
Versión 1.3
Programa para evaluación de alternativas de inversión en carreteras

Copyright © 2001 Asociación mundial de carreteras (AIPCR), Paris, en nombre de los patrocinadores de ISOHDM. Todos los derechos reservados.

Usuario registrado: 64651
Tipo de Licencia: Versión completa - Un solo usuario
Versión: 1.30

SEVERIDADES		
LOW	BAJA	L
MEDIUM	MEDIA	M
HIGH	ALTA	H

CÁLCULO DE VALORES DEDUCIDOS									
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES					TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR D.
BLO	L	16150.4					16150.40	82.40%	25.8
GB	L	683.58					683.58	3.49%	3.4
AHU	L	8.85					8.85	0.05%	4.2

CÁLCULO PCI											
Nro.	m	q	VALORES DEDUCIDOS					VDT	CDV	PCI	CLASIFICACIÓN
1	7.00	3.00	25.80	4.20	3.40			33.40	19.38	70.20	MUY BUENO
2		2.00	25.80	4.20	2.00			32.00	23.60		
3		1.00	25.80	2.00	2.00			29.80	29.80		

ANEXO 7 PANEL FOTOGRÁFICO.

Fig. G.1 Medición de fallas en la Av. Orgullo Aymara



Fig. G.2 Falla Parcheo en la Av. Orgullo Aymara



Fig. G.3 Falla depresión en la Av. Orgullo Aymara



Fig. G.4 Falla pulimento de agregados en la Av. Orgullo Aymara



Fig. G.5 Falla parcheo en la Av. Orgullo Aymara



Fig. G.6 Falla grieta longitudinal y transversal en la Av. Orgullo Aymara



Fig. G.7 Falla grieta longitudinal y transversal en la Av. Orgullo Aymara



Fig. G.8 Falla Depresión en la Av. Orgullo Aymara





ANEXO 1 FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 13 - 10 - 2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: BRAYAN RENAN CUTIPA QUISPE

Dirección: Av. Floral 439 Puno

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 47216093

Teléfono: 951 067 368 email: cutipabr@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

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

Escuela Profesional o Mención: MENCION: GEOTECNIA Y TRANSPORTES

Título o Grado Académico a optar: MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL

Asesor: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación ☐ Tesis ☒ Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ Trabajo Académico ☐

Título: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO Y EL
SOFTWARE ADMINISTRACIÓN Y DESARROLLO DE CARRETERAS 4 EN LA EVALUACIÓN DE
PAVIMENTOS FLEXIBLES. CASO AVENIDA ORGULLO AYMARA. PUNO 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): Pavimento, mantenimiento, evaluación y fallas.

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

1

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 - P50


Firma de Autor


huella digital

13 - 10 - 2025
Fecha