

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“Las fallas estructurales y el índice de condición de pavimento
de la carpeta asfáltica en la Av. Universitaria, Pillco Marca,
Huánuco 2023”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Ambrosio Gayoso, Marbin Junyor

ASESOR: Segura Ttito, Eric

HUÁNUCO – PERÚ

2024

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Geotecnia
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería del transporte

D

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 76794993

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 43453471

Grado/Título: Doctor en ciencias de la educación

Código ORCID: 0000-0002-7706-9722

H

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	García Echevarría, Erika Selene	Maestro en diseño y construcción de obras viales	23164212	0000-0002-6375-6855
2	Martínez Fabian, Efraín Raúl	Maestro en gestión pública	22486921	0000-0002-5177-380X
3	Suarez Landauro, Reynaldo Favio	Maestro en gestión pública	22498065	0000-0002-4641-3797



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 16:00 horas del día **miércoles 18 de julio de 2024**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

- ❖ MG. ERICKA SELENE GARCÍA ECHEVARRÍA - PRESIDENTE
- ❖ MG. EFRAÍN RAÚL MARTÍNEZ FABIÁN - SECRETARIA
- ❖ MG. REYNALDO FAVIO SUAREZ LANDAURO - VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 1551-2024-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "**LAS FALLAS ESTRUCTURALES Y EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARPETA ASFÁLTICA EN LA AV. UNIVERSITARIA, PILLCOMARCA, HUÁNUCO 2023**", presentado por el (la) Bachiller. **Bach. Marbin Junyor AMBROSIO GAYOSO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) **Aprobado** por **Unanimitad** con el calificativo cuantitativo de **13** y cualitativo de **Suficiente** (Art. 47).

Siendo las **17:20** horas del día **18 del mes de julio** del año 2024, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

MG. ERICKA SELENE GARCÍA ECHEVARRÍA
DNI: 23164212
ORCID: 0000-0002-6375-6855
PRESIDENTE

MG. EFRAÍN RAÚL MARTÍNEZ FABIÁN
DNI: 22486921
ORCID: 0000-0002-5177-380X
SECRETARIO(a)

MG. REYNALDO FAVIO SUAREZ LANDAURO
DNI: 22498065
ORCID: 0000-0002-4641-3797

VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: MARBIN JUNYOR AMBROSIO GAYOSO, de la investigación titulada "LAS FALLAS ESTRUCTURALES Y EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARPETA ASFÁLTICA EN LA AV. UNIVERSITARIA, PILLCOMARCA, HUÁNUCO 2023", con asesor ERIC SEGURA TTITO, designado mediante documento, con RESOLUCIÓN N° 2533-2022-D-FI-UDH del P.A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 23 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 20 de junio de 2024



RICHARD J. SOLIS TOLEDO,
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

14%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

5%

2

repository.udistrital.edu.co

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

5

repositorio.upt.edu.pe

Fuente de Internet

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO,
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

DEDICATORIA

A mis padres y a mi hermana: gracias por todo vuestro apoyo, amor y sacrificio a lo largo de los años. Me habéis ayudado a mantenerme en el buen camino y me habéis permitido convertirme en un profesional competente.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a la Universidad de Huánuco por todos los años que nos enseñó; adicionalmente, quiero agradecer a mi asesor, el Dr. Eric Segura Ttito, cuya guía y experiencia nos ayudó a lo largo del desarrollo de esta tesis.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XIV
CAPÍTULO I.....	15
PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	17
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	17
1.3. OBJETIVOS.....	17
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	18
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRACTICA	18
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	19
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
CAPÍTULO II.....	20
MARCO TEORICO	20
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	20
2.1.1. INTERNACIONAL.....	20
2.1.2. NACIONAL	21
2.1.3. LOCAL.....	23
2.2. BASES TEÓRICAS.....	24
2.2.1. AHUELLAMIENTO.....	24
2.2.2. HUNDIMIENTO	26
2.2.3. HINCHAMIENTO	27

2.2.4.	FISURA LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL	29
2.2.5.	FISURA EN BLOQUES	31
2.2.6.	ROTURAS DE BORDES	34
2.2.7.	BACHES.....	35
2.2.8.	DESPRENDIMIENTO/DESCUBRIMIENTOS AGREGADOS .	37
2.2.9.	PAVIMENTO	39
2.2.10.	PAVIMENTO FLEXIBLE	41
2.2.11.	CARPETA ASFÁLTICA	42
2.2.12.	BASE	43
2.2.13.	SUB BASE.....	43
2.2.14.	SUB RASANTE	44
2.2.15.	FALLAS ESTRUCTURALES	44
2.2.16.	TIPOS DE FALLAS.....	44
2.2.17.	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLEPAVEMENT CONDITION INDEX (PCI).....	45
2.2.18.	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	46
2.2.19.	LA CLASE.....	47
2.2.20.	LA SEVERIDAD.....	47
2.2.21.	NIVEL DE SEVERIDAD DE FALLAS.....	47
2.2.22.	PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN.....	48
2.2.23.	FALLAS ESTRUCTURALES	48
2.2.24.	FALLAS SUPERFICIALES	48
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES	49
2.3.1.	AHUELLAMIENTO.....	49
2.3.2.	FALLAS ESTRUCTURALES	49
2.3.3.	FISURA LONGITUDINAL	49
2.3.4.	PAVIMENTO	50
2.3.5.	PAVIMENTO FLEXIBLE	50
2.3.6.	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLEPAVEMENT CONDITION INDEX (PCI).....	50
2.3.7.	ROTURAS DE BORDES	51
2.4.	HIPÓTESIS.....	51
2.4.1.	HIPÓTESIS GENERAL	51
2.4.2.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	51

2.5. VARIABLES	52
2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	52
2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE	52
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	53
CAPÍTULO III	55
METODOLOGÍA	55
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	55
3.1.1. ENFOQUE	55
3.1.2. ALCANCE O NIVEL	55
3.1.3. DISEÑO METODOLÓGICO	55
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	56
3.2.1. POBLACIÓN	56
3.2.2. MUESTRA	56
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .	60
3.3.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	60
3.3.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	60
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	61
CAPÍTULO IV	62
RESULTADOS	62
4.1. RESULTADOS DESCRIPTIVOS	62
4.2. RESULTADOS INFERENCIALES	69
4.3. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	101
CAPITULO V	108
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	108
CONCLUSIONES	109
RECOMENDACIONES	111
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	113
ANEXOS	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Niveles de severidad	36
Tabla 2 Rangos del PCI	46
Tabla 3 Evaluación en base al rango de PCI.....	48
Tabla 4 Tipos de fallas según la norma ASTM D6433-03	49
Tabla 5 Operacionalización de la variable 1	53
Tabla 6 Operacionalización de la variable 2	54
Tabla 7 Dimensiones de muestreo	57
Tabla 8 En la vía se realizan mantenimiento constante	62
Tabla 9 La vía se encuentra en buen estado.....	63
Tabla 10 Las fallas en la vía son de gran tamaño	64
Tabla 11 Las fallas en la vía son de gran tamaño	64
Tabla 12 El clima influye con el deterioro de la vía	65
Tabla 13 Existen accidentes en la vía, a causa del mal estado de la carpeta asfáltica.....	66
Tabla 14 El tránsito pesado influye con el deterioro del pavimento de la vía	66
Tabla 15 La vía es peligrosa para el transito	67
Tabla 16 La congestión vehicular en la vía, es a causa del mal estado de la carpeta asfáltica.....	68
Tabla 17 El mantenimiento constante de la vía, mejora la congestión vehicular	68
Tabla 19 Correlación de las muestras obtenidas y los porcentajes de fallas por ahuellamientos de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca - Huánuco – Huánuco	103
Tabla 20 Correlación de las muestras obtenidas y los porcentajes de fallas por grieta de borde de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca - Huánuco - Huánuco	104
Tabla 21 Correlación de las muestras obtenidas y los porcentajes de fallas por fisura longitudinal o transversal de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca - Huánuco – Huánuco.....	105
Tabla 22 Correlación de las muestras obtenidas y los porcentajes de fallas por pulimientos de agregados de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca - Huánuco – Huánuco.....	106

Tabla 23 Correlación de las muestras obtenidas y los porcentajes de fallas por huecos / baches de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca -Huánuco – Huánuco	107
--	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Hundimiento (HUN, unidad de medida: m2)	27
Figura 2 Abultamiento (AB, unidad de medida: m2).....	29
Figura 3 Fisura longitudinal (FL, unidad de medida: m2).....	31
Figura 4 Fisura en bloque (FB, unidad de medida: m2).....	33
Figura 5 Bache (BCH, unidad de medida: m2)	37
Figura 6 Perdida De Agregado (PA, unidad de medida: m2)	39
Figura 7 Perfil de pavimento flexible.	42
Figura 8 Componentes del pavimento flexible	42
Figura 9 Comportamiento de Pavimento Flexible	45
Figura 10 Unidades muestrales de la progresiva Av. Universitaria – Pillco Marca – Huánuco.....	59
Figura 11 En la vía se realizan mantenimiento constante	62
Figura 12 La vía se encuentra en buen estado.....	63
Figura 13 Las fallas en la vía, son de gran tamaño	64
Figura 14 La vía, es cómoda y segura.....	65
Figura 15 El clima influye con el deterioro de la vía.....	65
Figura 16 Existen accidentes en la vía, a causa del mal estado de la carpeta asfáltica.....	66
Figura 17 El tránsito pesado influye con el deterioro del pavimento de la vía	67
Figura 18 La vía es peligrosa para el transito	67
Figura 19 La congestión vehicular en la vía, es a causa del mal estado de la carpeta asfáltica.....	68
Figura 20 El mantenimiento constante de la vía, mejora la congestión vehicular	69
Figura 21 De la unidad muestral 06, de la progresiva 0+157.50 a la progresiva 0+189.00, Pillco Marca – Huánuco	70
Figura 22 Unidad muestral 06, de la progresiva 0+157.50 hasta la progresiva 0+189.00, Pillco Marca – Huánuco	71
Figura 23 De la unidad muestral 14, de la progresiva 0+409.50 a la progresiva 0+441.00, Pillco Marca – Huánuco	72

Figura 24 Unidad muestral 14, de la progresiva 0+409.50 hasta la progresiva 0+441.00, Pillco Marca – Huánuco	73
Figura 25 De la unidad muestral 22, de la progresiva 0+661.50 a la progresiva 0+693.00, Pillco Marca – Huánuco	74
Figura 26 Unidad muestral 22, de la progresiva 0+661.50 hasta la progresiva 0+693.00, Pillco Marca – Huánuco	75
Figura 27 De la unidad muestral 30, de la progresiva 0+913.50 a la progresiva 0+945.00, Pillco Marca – Huánuco	76
Figura 28 Unidad muestral 30, de la progresiva 0+913.50 a la progresiva 0+945.00, Pillco Marca – Huánuco	77
Figura 29 De la unidad muestral 38, de la progresiva 1+165.50 a la progresiva 1+197.00, Pillco Marca – Huánuco	78
Figura 30 Unidad muestral 38, de la progresiva 1+165.50 a la progresiva 1+197.00, Pillco Marca – Huánuco	79
Figura 31 De la unidad muestral 46, de la progresiva 1+417.50 a la progresiva 1+449.00, Pillco Marca – Huánuco	80
Figura 32 Unidad muestral 46, de la progresiva 1+417.50 a la progresiva 1+449.00, Pillco Marca – Huánuco	81
Figura 33 De la unidad muestral 54, de la progresiva 1+669.50 a la progresiva 1+701.00, Pillco Marca – Huánuco	82
Figura 34 Unidad muestral 54, de la progresiva 1+669.50 a la progresiva 1+701.00, Pillco Marca – Huánuco	83
Figura 35 De la unidad muestral 62, de la progresiva 1+912.50 a la progresiva 1+953.00, Pillco Marca – Huánuco	84
Figura 36 Unidad muestral 62, de la progresiva 1+912.50 a la progresiva 1+953.00, Pillco Marca – Huánuco	85
Figura 37 De la unidad muestral 70, de la progresiva 2+173.50 a la progresiva 2+205.00, Pillco Marca – Huánuco	86
Figura 38 Unidad muestral 70, de la progresiva 2+173.50 a la progresiva 2+205.00, Pillco Marca – Huánuco	87
Figura 39 De la unidad muestral 78, de la progresiva 2+425.50 a la progresiva 2+457.00, Pillco Marca – Huánuco	88
Figura 40 Unidad muestral 78, de la progresiva 2+425.50 a la progresiva 2+457.00, Pillco Marca – Huánuco	89

Figura 41 De la unidad muestral 86, de la progresiva 2+667.50 a la progresiva 2+709.00, Pillco Marca – Huánuco	90
Figura 42 Unidad muestral 86, de la progresiva 2+667.50 a la progresiva 2+709.00, Pillco Marca – Huánuco	91
Figura 43 De la unidad muestral 94, de la progresiva 2+929.50 a la progresiva 2+961.00, Pillco Marca – Huánuco	92
Figura 44 Unidad muestral 94, de la progresiva 2+929.50 a la progresiva 2+961.00, Pillco Marca – Huánuco	93
Figura 45 De la unidad muestral 102, de la progresiva 3+181.50 a la progresiva 3+213.00, Pillco Marca – Huánuco	94
Figura 46 Unidad muestral 102, de la progresiva 3+181.50 a la progresiva 3+213.00, Pillco Marca – Huánuco	95
Figura 47 De la unidad muestral 110, de la progresiva 3+433.50 a la progresiva 3+465.00, Pillco Marca – Huánuco	96
Figura 48 Unidad muestral 110, de la progresiva 3+433.50 a la progresiva 3+465.00, Pillco Marca – Huánuco	97
Figura 49 PCI de las muestrales de la progresiva 0+000.00 a la Progresiva 3+900.00, Pillco Marca – Huánuco – Huánuco – 2023	98
Figura 50 Porcentaje de fallas de tramo en la progresiva 0+000.00 a la Progresiva 3+900.00, Pillco Marca – Huánuco – Huánuco – 2023	99
Figura 51 Porcentajes de fallas de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca - Huánuco - Huánuco	99
Figura 52 Resumen PCI de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca – Huánuco	100
Figura 53 PCI de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca – Huánuco.....	100

RESUMEN

El objetivo de este proyecto fue determinar la relación entre el índice de condición del pavimento flexible y las fallas estructurales de la carpeta asfáltica de la Av. Universitaria, Pillco Marca utilizando el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI). Además, los resultados que se presentan a continuación demostraron la mayor rigurosidad y confiabilidad de la metodología PCI en la evaluación de carreteras como pavimentos flexibles: Las fallas más frecuentes desde la progresiva 0+000.00 hasta la progresiva 3+900.00 de la Av, Universitaria, Pillco Marca - Huánuco fueron las siguientes: falla por pulido de agregados (72.80%), falla por grietas de borde (30.62%), falla tipo piel de cocodrilo (29.5%), falla por bacheo (25.25%), falla por ahuellamiento (21.44%), falla por hoyos y baches (12.61%) y falla por ahuellamiento (12.61%). El tramo de 3,9 km de longitud se dividió en 14 unidades de muestreo de 229,95 m² cada una. El PCI medio del tramo estudiado, determinado por el método del PCI, fue de 54,33, lo que indica que el firme es regular. Por último, el coeficiente de correlación -que resultó ser de 0,355- se utiliza para ilustrar la relación entre el índice de estado del pavimento flexible y las fallas estructurales de la capa asfáltica de la Av. universitaria. Esto indicó una correlación directa de acuerdo con el rango de Pearson, y también hubo una determinación de 0,12, lo que indicó una correlación del 12% entre las dos variables.

Palabras claves: Ahuellamiento, Fisura Longitudinal, Fisura Transversal, Pavimento, PCI.

ABSTRACT

The objective of this project is to use the Pavement Condition Index (PCI) method to know the relationship between the structural failures of the asphalt layer of Av. Universitaria, Pillco Marca and the condition index of the flexible pavement. Additionally, we can affirm that when evaluating roads as flexible pavements, the PCI methodology is completer and more reliable, as shown by the following results: The most frequent failures from progressive 0+000.00 to progressive 3+900.00 of Av, Universitaria, Pillco Marca - Huánuco are the following: failure due to aggregate polishing (72. 80%), edge crack failure (30.62%), crocodile skin type failure (29.5%), pothole failure (25.25%), rutting failure (21.44%), pit and pothole failure (12.61%) and rutting failure (12.61%). The 3.9 km long section was divided into 14 sampling units of 229.95 m² each. According to the PCI method, the average PCI of the studied section was 54.33, indicating that the pavement is regular. Finally, the relationship between the structural failures of the asphalt layer of Av. Universitaria and the condition index of the flexible pavement is shown by the correlation coefficient, which was obtained to be 0.355. This indicates a direct correlation according to Pearson's range, and there is also a determination of 0.12, indicating a 12% correlation between the two variables.

Keywords: Rutting, Longitudinal Crack, Transverse Crack, Pavement, PCI.

INTRODUCCIÓN

En este estudio se utiliza el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para investigar la relación entre las fallas estructurales de la carpeta asfáltica de la Av. Universitaria, Pillco Marca y el índice de condición del pavimento flexible. Los siguientes capítulos conforman la estructura del estudio.

En el Capítulo I, se discuten los problemas a nivel internacional, nacional y local junto con la formulación del problema, los objetivos de la investigación, la justificación y las limitaciones y, por último, si la investigación es factible.

El marco teórico, el contexto histórico del problema a nivel mundial, nacional y local, así como los fundamentos teóricos, las condiciones conceptuales, las hipótesis de investigación, las variables de investigación y, al final, la operacionalización de las variables se aborda en el Capítulo II.

El diseño de la investigación, la población y la muestra, las herramientas y técnicas de recojo de datos y los procedimientos de organización e interpretación de los datos se abordan en el Capítulo III.

En el Capítulo IV se describe todo el análisis que se realizó sobre el terreno para esta investigación utilizando el método del PCI, junto con el procesamiento de los datos y los resultados de la investigación presentados en cuadros estadísticos con sus correspondientes interpretaciones.

Por último, las conclusiones y recomendaciones de la investigación se describen en el Capítulo V, que también incluye referencias bibliográficas, anexos de la investigación y una comparación y discusión de los resultados de la evaluación de la investigación.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La importancia de las carreteras es que dichos defectos se desgastan gradualmente con el tráfico de automóviles, se convierten en daños reales al pavimento y se multiplican a lo largo de la carretera, aumentando los riesgos y el costo de las reparaciones. El método PCI (índice de condición de pavimento) se utiliza para intervenir porque ofrece un indicador numérico para determinar las prioridades necesarias y las necesidades de mantenimiento, teniendo en cuenta los distintos niveles de calificación. Esto se hace con el fin de prevenir problemas de salud, daños a la propiedad y muertes accidentales.

De los métodos anteriores, cuanto más corta sea su vida útil, más reparaciones serán necesarias. Si no se toman las medidas adecuadas a tiempo, se producirán mayores costos de reparación en el futuro (Huamán, 2013).

A nivel internacional, el uso de pavimentos flexibles en carreteras y rutas de tránsito ha tenido un impacto positivo debido a sus ventajas como bajo costo, rápida velocidad de construcción, seguridad y comodidad de los pasajeros durante los viajes. Sin embargo, en los últimos años, el número de deformaciones y grietas de la superficie de las carreteras sigue aumentando debido al desarrollo de la industria automotriz en cuanto a la carga de vehículos pesados. Además, en las regiones donde los flujos de vehículos son inestables, la descentralización y el comercio entre naciones provoca un aumento del tráfico de automóviles. (Shahin, 2005).

Todas estas variables dan como resultado estructuras viales que deben ser evaluadas para su protección, mantenimiento y rehabilitación.

Dado que las carreteras son propensas a las fallas estructurales con el paso del tiempo, el método PCI se ha convertido en una forma para evaluar la capacidad de los pavimentos flexibles para proteger las superficies. Esto

tiene la ventaja añadida de prolongar la vida útil de los proyectos de ingeniería. (Hoffman y Del Águila, 2015).

Las deformaciones son consecuencia del deficiente mantenimiento de las principales carreteras de Perú a escala nacional, grietas y deterioro de las vías, y en los últimos años un total de 9.600 kilómetros de vías sin planes de mantenimiento adecuados. Carretera Panamericana, Carretera Longitudinal de Montaña y Carretera Longitudinal de la Selva son los nombres de estas vías. Al igual que las carreteras transversales del área nacional, están construidas bajo una estructura de pavimento flexible, y al igual que las vías principales, su accesibilidad se ha visto afectada por la falta de mantenimiento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

En la región Huánuco el estado de los pavimentos es bastante claro, sin importar si el pavimento es flexible y rígida; la mayoría se encuentran en mal estado por falta de mantenimiento, lluvias invernales, hundimientos, tipo de suelo, construcción, etc. Esto provoca la erosión y deterioro de la superficie de la carretera debido a diversos defectos como piel de cocodrilo, grietas verticales y horizontales, descamaciones, agujeros, etc.

Además, estas carreteras tienen el mayor volumen de tráfico. Sin embargo, la reparación de estas carreteras es ineficaz debido al mal mantenimiento de los daños, lo que provoca problemas de tráfico, daña las zonas urbanas y genera un alto valor logístico para la actividad económica.

Entre el km 0+000.00 y 3+900.00, del distrito de Pillco Marca se mejoró ligeramente debido al mal estado observado. El segundo punto es que el personal de transporte de los tramos de la Avenida Universitaria se siente incómodo, pero estas quejas planteadas no solucionan los problemas específicos de estos tramos, hoy en día existe este problema sobre el estado de la capa asfáltica del pavimento, del tramo 0+000.00 al 3+900.00 Pillco Marca - Huánuco.

La carpeta asfáltica tiene una vida útil, al final de esto la estructura comenzará a descomponerse y comenzará el proceso de desgaste, reduciendo la calidad y aumentando los costos de mantenimiento para los

responsables, lo cual se convierte en un problema para el tramo 0+000.00 al 3+900.00 Pillco Marca.

Como resultado, Pillco Marca tiene serios problemas en la superficie de las carreteras con mala seguridad vial, los daños en las carreteras que no han sido reparados adecuadamente.

En este sentido, este estudio propone utilizar el método del índice de condición del pavimento (PCI), que se considera el enfoque más completo para la evaluación imparcial y la certificación de los pavimentos flexibles y que se tratará en este estudio.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿En qué medida se relaciona las fallas estructurales y el índice de condición del pavimento de la carpeta asfáltica en la Av. Universitaria, Pillco Marca - Huánuco 2023?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿En qué medida los parámetros de evaluación se relacionan con las deformaciones permanentes para la superficie de asfalto en la Av. Universitaria – Pillco Marca, Huánuco-2023?

¿En qué medida los parámetros de evaluación se relacionan con las Figuraciones o Agrietamientos para superficie de asfalto en la Av. Universitaria – Pillco Marca, Huánuco-2023?

¿En qué medida los parámetros de evaluación se relacionan con las Desintegraciones para la superficie de asfalto en la Av. Universitaria –Pillco Marca, Huánuco-2023?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la relación entre el índice de condición del pavimento flexible y las fallas estructurales de la carpeta asfáltica de la Av. Universitaria, Pillco Marca - Huánuco 2023.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OE1: Evaluar si los parámetros de evaluación se relacionan con las deformaciones permanentes para la carpeta asfáltica en la Av. Universitaria – Pillco Marca, Huánuco-2023.

OE2: Analizar si los parámetros de evaluación se relacionan con las Figuras o Agrietamientos para la carpeta asfáltica en la Av. Universitaria – Pillco Marca, Huánuco-2023.

OE3: Determinar si los parámetros de evaluación se relacionan con las Desintegraciones para la carpeta asfáltica en la Av. Universitaria – Pillco Marca, Huánuco-2023.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

El pavimento del tramo de 1.3 km de la Av. Universitaria en el distrito de Pillco Marca de Huánuco será evaluado mediante el método PCI a la luz de los hallazgos respecto a la cantidad y tipo de defectos, así como el porcentaje de defectos.

Así también permite el análisis, identificación y descripción del problema, pues es necesario conocer el avance del daño estructural de la capa asfáltica del tramo 0+000.00 – 3+900.00 Pillco Marca – Huánuco, el cual tiene como objetivo determinar el estado actual; y proponer posibles soluciones que sirvan como base para algunas posibles decisiones futuras de proyectos.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRACTICA

Este estudio servirá para futuras investigaciones sobre la aplicación del método de índice de condición de pavimento a diferentes realidades, además brindará credibilidad social, ya que permitirá identificar diferentes necesidades en función de las variables mencionadas anteriormente, de modo que se puedan utilizar diferentes estrategias para mejorar; la calidad de vida de la población, lo que ayuda enormemente al desarrollo social.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La base metodológica de este estudio se basa en el método PCI, que es un indicador numérico para la clasificación de las condiciones del pavimento. PCI proporciona una medida de la condición del pavimento basada en el desgaste observado en el pavimento, que también indica la integridad estructural y la condición de la superficie de servicio. El PCI proporciona retroalimentación sobre el desempeño del pavimento para validar o mejorar los procedimientos actuales de diseño y mantenimiento del pavimento.

Esta investigación, utilizando el método del PCI como indicador numérico para la clasificación del estado de los pavimentos, será una posible alternativa para la rehabilitación de pavimentos en mal estado y proporcionará una descripción detallada de las causas actuales de daño a los pavimentos.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Recursos humanos: no se cuenta con limitación alguna, ya que se cuenta con personal idóneo, para poder realizar la recolección de datos en campo y posteriormente ser procesados en gabinete.

Recursos materiales: no se cuenta con limitación alguna, ya que se cuenta con los equipos y herramientas topográficos necesarios para el trabajo de recolección de datos en campo.

Recursos Financieros: no hay restricciones ya que se realizará con recursos propios ya que no se requieren fondos importantes que limiten la investigación.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Dado que se llevará a cabo utilizando únicamente propios recursos y tiene acceso a financiación, recursos teóricos y conocimientos adquiridos en la universidad, este proyecto de investigación es viable.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

2.1.1. INTERNACIONAL

Martínez y Noguera (2020) en sus tesis, El objetivo general de “Modelos de servicio del pavimento basados en el índice de condición del pavimento (PCI) en relación con las velocidades de operación”, aplica estos modelos y correlacionarlos con las velocidades de operación. Para ello, se realiza una relación de velocidades en cada tramo evaluado utilizando los métodos del PCI, teniendo en cuenta las velocidades de 20 vehículos por tramo para un total de 400 vehículos. Los resultados muestran que el 15% de los vehículos están por debajo de las expectativas debido al mal estado de la carretera y a problemas de seguridad que les impiden circular a la velocidad prevista. Sin embargo, el 85% de los demás vehículos superan la velocidad prevista, poniendo en peligro su seguridad en un intento de mantener el ritmo y empujando el vehículo contra su velocidad natural debido a las desfavorables condiciones de la carretera. Dos de los veinte tramos evaluados resultan no estar en absoluto en buen estado, tres resultaron estar en muy mal estado, cinco en mal estado, cuatro en buen estado y seis en buen estado. Ningún tramo se encuentra en buen estado.

Fuertes y Mora (2021) en su tesis, “Evaluación funcional de los pavimentos de la Diagonal 8 y la Avenida El Peñón en Girardot desde la calle 40 a la 48 mediante el método PCI”, donde el objetivo general es utilizar el método PCI para evaluar el estado del pavimento asfáltico existente en el tramo de la ciudad de Girardot desde Diagonal 8 y Avenida El Peñón hasta la calle 48, obteniendo los siguientes resultados del pavimento flexible, 32.61% unidades del muestreo en buena condición; El 15,22% de las unidades se encuentran en muy mal estado; respectivamente, el 15,22% se encuentran en muy buen estado; El 13,04% se encuentra en buen estado, el 10,87% en mal estado, el 8,70%

en buen estado y finalmente el 4,35% en mal estado. Para el pavimento se obtuvo la siguiente información, el 31.75% de las unidades están en buen estado de pavimento, el 28.57% están en mal estado de pavimento, el 23.81% están en buen estado, el 6.35% de las unidades de prueba están en buen estado, el 4.76% están en buen estado y finalmente el 4.76% de estas unidades en un estado muy Malo, concluyó que con base en los resultados obtenidos del PCI promedio del pavimento flexible es de 51.84 (PCI entre 40 y 55) según el rango de métodos del PCI en esta etapa, según el método de rango del PCI, el PCI promedio de la superficie de la carretera asfáltica es de 52,81 (el PCI está entre 40 y 55) y este tramo de la carretera se encuentra en condiciones normales.

Freire (2019) en su tesis, “Índice de Condición del Pavimento de la Avenida Circunvalación Sur entre Primera Este y Nueve de Mayo” tiene como objetivo principal evaluar el grado de deterioro del pavimento en la Circunvalación Sur entre Primera Este y Nueve de Mayo. El análisis de los resultados se realiza utilizando el método del PCI, y los resultados indican que el PCI promedio actual de la carretera evaluada es de 69,83, lo que indica que el pavimento asfáltico se encuentra en buen estado. Se concluyó que el promedio del PCI se obtuvo a partir de todas las muestras recogidas en los carriles izquierdo y derecho, y todo el proceso se llevó a cabo de acuerdo con la norma ASTM D6433.

2.1.2. NACIONAL

Cotrina (2020) en su tesis, “Utilización del Método del Índice de Condición del Pavimento (ICP) para la Evaluación de Pavimentos Flexibles en la progresiva 46+600 - 51+600, Yanahuanca- Cerro de Pasco 2019” tiene como objetivo evaluar el estado de los pavimentos flexibles en la progresiva 46+600 - 51+600, Yanahuanca- Cerro de Pasco, mediante la aplicación del método del PCI. El promedio del PCI para toda la sección vial de la progresiva 46+600 - 51+600, Yanahuanca- Cerro de Pasco muestra que la calidad del pavimento es buena, con un PCI de 48,83; los resultados demuestran que el firme es regular. El 47.75% de la calidad del pavimento fue categorizada como condiciones

normales, de acuerdo a la observación del porcentaje de calidad del pavimento.

En resumen, se pueden encontrar las fallas más comunes en las carreteras progresivas 46+600-51+600, Yanahuanca - Cerro de Pasco; en orden: defectos de piel de cocodrilo encontrados es de un 17,47% de las secciones, seguidos de defectos de depresión con un 17,40%; asimismo, los defectos de corrugación representaron el 15,34%; los errores de ahuellamiento representaron el 9,65%; las fallas por hinchamiento representó el 7,95%; los defectos totales de pulido representaron el 5,32%; parcheo fue del 5,60%; otras fallas fueron inferiores al 5% y tiene poco efecto.

Granda (2019), en sus tesis: El objetivo principal de “Evaluación del estado del pavimento rígido del tramo Circunvalación Chaupimarca - Yanacancha - Pasco por el método PCI – 2018” es evaluar el estado del pavimento rígido en Yanacancha - Pasco - 2018 mediante el método PCI, los resultados fueron que el defecto que provoca el mayor número de placas fue el tipo 31, el cual estuvo presente en 857 placas, seguido del tipo 23 placas divididas en 438 placas y la de tipo 39 descascaramiento de juntas en 312 placas, donde el promedio de los valores de PCI adquiridos de las tres zonas de evaluación determina el índice de circunferencia del tramo Chaupimarca- Yanacancha; Con un índice de 46.26, la Zona Z1 - Chaupimarca se clasifica como de estado normal; la Zona Z2 - Yanacancha Antigua se clasifica como de estado muy malo; y la Zona Z3 - San Juan Pampa se clasifica como de estado muy malo con un índice de 20.98. Se concluye que el estado del pavimento se evalúa utilizando el método del índice de condición PCI, el cual se determina calculando su índice de condición inherente, el cual se determina analizando los parámetros definidos en la norma ASTM D 6433. Utilizando el método PCI, se descubrió que la circunferencia Chaupimarca - Yanacancha, con un índice PCI de 32, se encuentra en mal estado.

Correa y del Carpio (2019), en sus tesis: “Propuesta de evaluación e intervención PCI para pavimentos flexibles en el jirón Los Incas de Piura”, el objetivo principal es utilizar el método PCI para evaluar el estado actual de los pavimentos flexibles en Los Incas de Piura. varios 1, 2 y 3 con respectivamente 38, 68 y 83, se puede concluir que los sectores a lo largo de la vía mejoran su condición en función de su alejamiento de la pendiente original, reduciendo el número y área cubierta por cada sector, El Distrito 2 se califica de excelente, el Distrito 3 de muy bueno y el Distrito 1 de malo. La falta de ventas de coches nuevos en el sector hace tres años es lo que ha provocado la subida del PCI. como ahora por las innovaciones al lado de la Urb. Belo Horizonte y en la construcción de la avenida recientemente terminada, se concluye que los defectos llamados baches se convirtieron en los daños viales más comunes, cubriendo el 50% de los daños existentes, Estos defectos probablemente se forman por agua retenida, hundimientos que existían antes del inicio de este fenómeno natural debido a las continuas lluvias provocadas por El Niño Costero, y el ingreso de agua a través de grietas existentes, generando saturación debajo de la capa asfáltica, causar colapso estructural en estas áreas específicas. A diferencia del número de defectos, El tipo de daño que ocupa la mayor parte de la superficie de la carretera no son los baches, ocupando el tercer lugar después del pulimiento de agregados (que cubre toda el área de los ejes de la carretera debido al desgaste por el tiempo) y el desprendimiento de agregados. Sin embargo, hay relativamente pocos defectos de gravedad alta (H) en la trituración, y los defectos de gravedad media (M) constituyen claramente la mayoría de los defectos.

2.1.3. LOCAL

Acosta (2019), en su trabajo de investigación, En el año 2018 evalúa el pavimento en el tramo del puente Tingo - ovalo de Cayhuayna de la ciudad de Huánuco mediante el método PCI. El objetivo fue utilizar el método PCI para diagnosticar el estado actual del pavimento de la carretera puente Tingo - ovalode Cayhuayna. A diferencia del enfoque original de selección de ofertas tradicionales, la puntuación final media

proporcionada por el PCI es buena. Finalmente se tiene un diagnóstico del estado del pavimento, dando como resultado un área de clasificación BUENA, indicando que el pavimento está en buenas condiciones y que los daños están relativamente presentes y de severidad significativa, indicando una buena condición de transitabilidad.

Espinoza y Santiago (2015), El objetivo principal del siguiente estudio es conocer el estado del pavimento asfáltico de la carretera Huánuco-Kotosh mediante el método PCI (norma ASTM D6433). Dado el estado actual del pavimento de la carretera, se opta por un diseño descriptivo de comparación horizontal. La longitud de la vía de la parcela de prueba fue de 3.469 metros lineales y la superficie asfáltica fue de 22.651,20 metros cuadrados. Se utiliza el método PCI para dividirlo en 98 unidades, y cada unidad se somete a pruebas de campo visual, se recoge información sobre errores y se procesaron estos datos en el programa EvaiPavCar. Los resultados del estudio muestran que, por término medio, los valores de PCI eran de 86, con 89 unidades en condiciones aceptables y 9 unidades únicas o críticas en condiciones inferiores a su entorno. Del daño total al pavimento asfáltico, los factores de carga representan para el 59,62%, los factores climáticos representan el 12,88% y otros factores el 27,50%. Este estudio concluye que el estado promedio de los pavimentos asfálticos es de buen estado según la clasificación de grados indicada por el método PCI.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. AHUELLAMIENTO

Según (Héctor L. Delbono¹; Oscar Raúl Rebollo²), el ahuellamiento es un defecto que aparece en la superficie de un pavimento asfáltico y es el resultado de cargas de tráfico repetidas. Consiste en la acumulación de deformaciones verticales permanentes que se producen en todas las capas que forman la estructura viaria, En función de la huella del flujo de tráfico, se acorta la vida útil del pavimento y disminuye el riesgo para los usuarios de la carretera.

Según las Técnicas de Identificación y Reparación de Fallos en Pavimentos publicadas en 1990 por el Departamento de Evaluación y Gestión de Pavimentos, las vías son depresiones longitudinales continuas a lo largo de los corredores de tráfico. Se produce formación de vía cuando la longitud afectada es superior a 6 m. Las cargas repetidas pueden provocar la acumulación de deformaciones permanentes en el pavimento o en cualquiera de sus capas de cimentación. Un radio pequeño de la zona de apoyo provoca deformaciones en la capa superior, que suelen ir acompañadas de levantamientos laterales y deslizamientos de la superficie de la carretera; un radio grande de la zona de apoyo provoca deformaciones en la capa inferior o de base.

Las posibles causas incluyen cargas de tráfico repetitivas que causan Ahuellamiento por cualquiera de los siguientes factores: mala compactación o dosificación que da lugar a una estabilidad inadecuada de las mezclas asfálticas, estabilidad inadecuada de la subrasante o del pavimento (fallo por cizallamiento, compresión o movimiento lateral del material) como consecuencia de la mala calidad o de la infiltración de agua, diseño estructural inadecuado que da lugar a un espesor insuficiente del firme para soportar cargas repetidas, aumento excesivo del volumen de tráfico.

Se utiliza una regla de 1,20 m de longitud colocada transversalmente al eje de la carretera para medir la profundidad de las roderas, lo que determina su peso; Las mediciones se toman en la profundidad más profunda y las mediciones se promedian a intervalos de 6 m en toda la profundidad. Los tres niveles de dificultad (bajo, medio y alto) se determinaron con base en los siguientes lineamientos: La profundidad media de B oscila entre 6 y 13 mm, la profundidad media de M oscila entre 13 y 25 mm, una profundidad superior a 25 mm es la media.

La longitud de la vía multiplicada por la anchura de la vía impactada, expresada en metros cuadrados. En función de su gravedad,

se registra por separado toda la superficie medida en una muestra o sección.

2.2.2. HUNDIMIENTO

Según la publicación de 1990 del Departamento de Evaluación y Gestión de Pavimentos, Pavement Failure Identification and Repair Techniques (Identificación de fallos y técnicas de reparación de pavimentos), se denomina hundimiento al hundimiento o profundización del pavimento original de una zona de pavimento local. Tanto la calzada como el lateral de la carretera pueden experimentarlos. En muchos casos, las abolladuras son difíciles de detectar debido a signos de agua estancada o humedad, a menos que sea después de la lluvia. En otros casos, provoca importantes perturbaciones de onda larga o, por el contrario, perturbaciones repentinas y localizadas, los diferentes tipos de sedimentación pueden deberse a: la fijación o consolidación de capas (longitud de onda larga) es un componente de los cimientos, técnicas de construcción deficientes, como construcción o niveles de subrasante y cimentación desiguales, disminución de la estabilidad provocada por una mayor humedad en la base o la superficie de la carretera, falta de restricción lateral para caminar (hundimiento del borde).

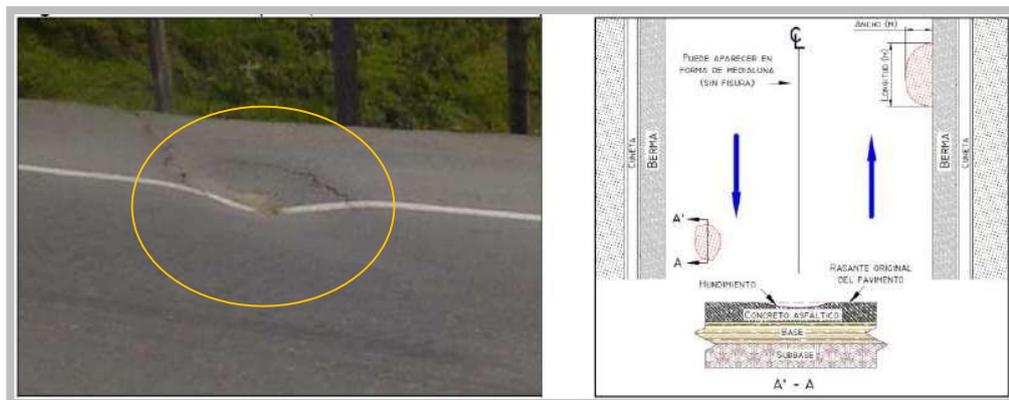
Se registra el área total afectada de una muestra o sección de pavimento en función de la gravedad del hundimiento, con mediciones expresadas en metros cuadrados.

Según el Grupo Técnico - Convenio 587 de 2003 (Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles), las depresiones se definen como hundimientos en la superficie de la carretera relativas a la elevación.

Los daños de este tipo pueden comprometer la seguridad del vehículo, sobre todo si está sumergido en el agua y puede producirse un hidroplaneo. El calado puede tener forma de media luna o estar orientado longitudinal o transversalmente al eje de la carretera. En cualquiera de los dos casos, la orientación o forma del hundimiento (si es fácilmente distinguible in situ) debe mencionarse en la descripción del informe de daños.

Figura 1

Hundimiento (HUN, Unidad de medida: m²)



Fuente. Grupo Técnico – Convenio 587 De 2003.

La puesta a tierra puede tener diversas causas. Estas razones suelen estar asociadas a problemas que afectan a la estructura del pavimento en su conjunto: asentamiento de la base, el mal drenaje afecta a los materiales granulares, la diferencia de rigidez del material base en la transición del corte al bloqueo, inadecuada compactación del relleno en zanjas que se cruzan, el sector bancario es inestable, el tráfico es muy intenso, gravedad baja: la profundidad es inferior a 20 mm, lo que provoca pocas vibraciones al vehículo y no provoca molestias durante la conducción, gravedad media: la profundidad está entre 20 mm y 40 mm, lo que provoca más vibraciones en el vehículo y molestias para el conductor, gravedad alta: es necesario reducir la velocidad para garantizar la seguridad, ya que una profundidad superior a 40 mm puede provocar vibraciones extremas y graves molestias. Unidades de medida: la superficie afectada se cuantifica en metros cuadrados (m²).

2.2.3. HINCHAMIENTO

La hinchazón se describe como una protuberancia o elevación vertical en la superficie de la rodilla en la publicación de 1990 del Departamento de Evaluación y Gestión de Pavimentos, Pavement Failure Identification and Repair Techniques. El contorno de la calzada puede estar distorsionado por ondulaciones abruptas y agudas que cubren un área pequeña o, por el contrario, por ondulaciones progresivas

que se extienden más de tres metros. En ambas situaciones puede ir acompañado de grietas.

Dado que en el país no se producen heladas, la causa puede ser el clima del país. El proceso de expansión es la única fuente de estos daños, variaciones de volumen en cimentaciones de arcilla muy hinchadas, mala gestión de las arcillas potencialmente hinchables al construir terraplenes y cimientos, incluida la compactación, contaminación de materiales orgánicos en los materiales de revestimiento y/o de la capa de base.

Sobre la base de una evaluación cualitativa de la falta de confort operacional, se establecieron tres niveles de dificultad (bajo, medio y alto). Se debe realizar una evaluación visual para determinar el posible impacto en la calidad de la conducción si el daño parece estar muy localizado. El manual que sigue puede servir de guía a este respecto: (b) tiene poco efecto sobre el confort de trabajo y es casi imperceptible a una velocidad de trabajo media. La deformación del perfil longitudinal es pequeña, (m) tiene un impacto moderado en la comodidad de la conducción; incomoda a la gente y la hace ir más despacio, (a) Afecta en gran medida al confort de conducción, afecta incluso a la velocidad media de conducción y provoca graves molestias, lo que crea un peligro para el tráfico.

La superficie total afectada en una muestra o sección se registró en función de la gravedad de la hinchazón, que se midió en metros cuadrados de la superficie afectada.

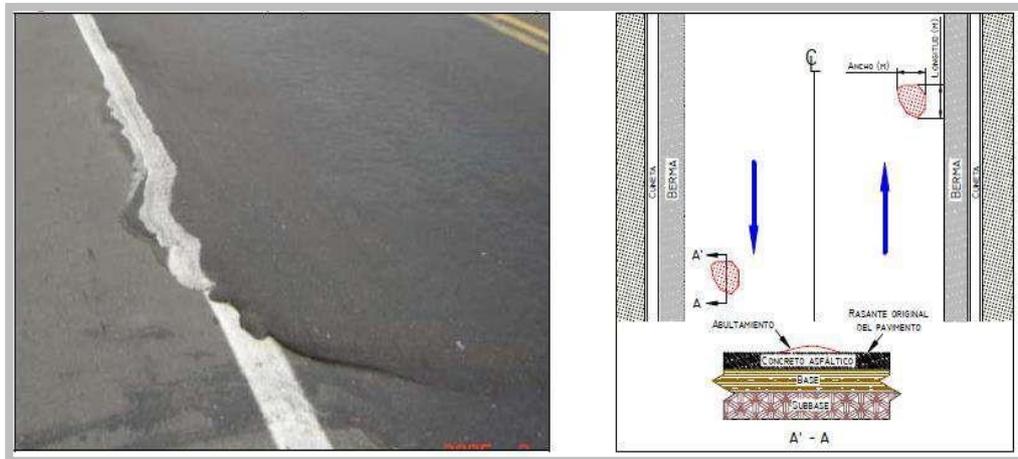
Una hinchazón se denomina abolladura en el Grupo Técnico - Convenio 587 de 2003 (Manual para la inspección visual de firmes flexibles). Los baches o protuberancias en la superficie de la carretera se denominan daños de este tipo. Pueden desarrollarse gradualmente en grandes áreas o aparecer de repente, a veces junto con grietas.

La causa es principalmente la expansión de la base de la carretera o la expansión de la capa de concreto asfáltico sobre la losa de hormigón

duro, que se deforma cuando la capa asfáltica se encuentra bajo baja presión, como la provocada por el proceso de bombeo.

Figura 2

Abultamiento (AB, Unidad de medida: m²)



Fuente. Grupo Técnico – Convenio 587 De 2003.

2.2.4. FISURA LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL

Las grietas que discurren paralelas al eje de la calzada a lo largo del pavimento se denominan grietas longitudinales, según Pavement Failure Identification and Repair Techniques, publicado por el departamento de Evaluación y Gestión de Pavimentos en 1990. Su ubicación suele ser más indicativa de una causa o mecanismo que la ubicación original, por lo que debe tenerse en cuenta en la evaluación.

Pueden encontrarse en las vías de drenaje del tráfico, cerca del borde del eje o en línea con la anchura de extensión de la mezcla asfáltica. En el primer caso, suele empezar como una grieta simple, pero a medida que envejece la superficie de la carretera, se forman grietas paralelas y transversales, a menudo denominadas de diversidad.

Los datos sobre las reflexiones de las juntas longitudinales comunes a los pavimentos híbridos -una losa de hormigón cubierta por una capa de asfalto- no se incluyen en este grupo.

Las posibles causas de las grietas longitudinales y su efecto en el comportamiento futuro del pavimento también son diferentes: fatiga de la mezcla asfáltica por cargas repetidas que da lugar a deformaciones

recuperables apreciables (pavimento débil); estas deformaciones son más frecuentes en carreteras con corredores de tráfico, la importancia vial de las zonas de acera adyacentes al borde, reducida por los efectos de un mal bordillo lateral (falta de acera), de la construcción (falta de ancho de fondo) o de la entrada lateral de agua (mal drenaje): suele producirse entre 0,30 y 0,60 m, desde el borde del camino, el proceso de construcción de las juntas longitudinales se ve perjudicado cuando se coloca la mezcla asfáltica; estas juntas suelen producirse en el eje de la carretera y/o alinearse con el carril de distribución, refleja las grietas encontradas en las juntas que se producen durante la expansión de la construcción (sobre todo si la rigidez entre los materiales del pavimento viejo y nuevo de diferentes materiales) o subyacente (una capa delgada sobre un pavimento viejo muy agrietado, posiblemente debido a la contracción de la base estabilizadora de grietas), contracción de la mezcla asfáltica como consecuencia de la oxidación y endurecimiento excesivos del asfalto, contracción provocada por el secado del terraplén o el asentamiento del terraplén y/o sus cimientos.

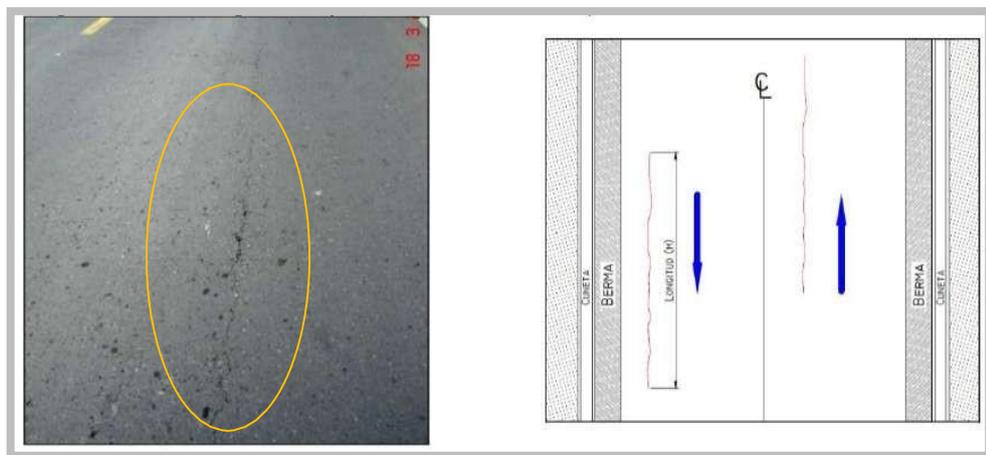
Las grietas longitudinales se miden en metros lineales. Identifique qué grietas son de distinta gravedad y mida la longitud y la gravedad de cada una de ellas. El número total de instrumentos de medición lineal corresponde a cada uno de los tres grados de dificultad en la sección de la acera evaluada.

Las grietas longitudinales se definen como roturas en la capa asfáltica que se producen transversalmente o en el mismo sentido que el tráfico, según el Grupo Técnico - Convenio 587 de 2003 (Manual para la inspección visual de firmes flexibles). Muestran que existen tensiones de tracción en algunas capas superiores al punto de rotura del material.

Dado que las grietas encontradas en zonas bajo carga pueden estar relacionadas con problemas de fatiga de la estructura en su conjunto o de algunos de sus componentes, la localización de las grietas dentro del carril puede ser un buen indicador de la causa de las mismas.

Figura 3

Fisura longitudinal (FL, Unidad de medida: m)



Fuente. Grupo Técnico – Convenio 587 De 2003.

Las causas, son: puede deberse al envejecimiento del asfalto, que se produce a bajas temperaturas o como consecuencia de gradientes térmicos elevados (normalmente por encima de 30), o al endurecimiento de la mezcla asfáltica, que hace que se pierda flexibilidad debido al exceso de áridos, refleja las juntas o fracturas existentes en las losas de hormigón hidráulico subyacentes, provocadas por los materiales estabilizantes, cuando hay varias grietas próximas entre sí, se debe informar de toda la zona afectada en metros cuadrados (m²), si es posible, según la gravedad; si no, se debe asignar a toda la zona la mayor gravedad encontrada, el agrietamiento en bloque, la desintegración, el descascarillado, el asentamiento longitudinal o transversal (causado por la entrada de agua) y la piel de cocodrilo son las vías de evolución más probables.

2.2.5. FISURA EN BLOQUES

El agrietamiento en bloque se describe como grietas y fisuras interconectadas que dividen la superficie del pavimento en polígonos aproximadamente rectangulares en el informe Pavement Failure Identification and Repair Techniques del Departamento de Evaluación y Gestión de Pavimentos de 1990. El tamaño de los bloques oscila entre

aproximadamente 0,9 m² y un máximo de 9 m². Los bloques de mayor tamaño suelen reconocerse como grietas longitudinales y transversales.

Aunque el tráfico puede exacerbarlas, son un fenómeno que puede surgir en cualquier parte del pavimento y suelen cubrir una gran superficie; ocasionalmente, se limitan a zonas con poco o ningún tráfico.

Las grietas en bloque no son lo mismo que las grietas en piel de cocodrilo, que se producen por cargas repetidas y tienen polígonos más pequeños, irregulares y con ángulos pronunciados. Las grietas en piel de cocodrilo también se observan en los lugares más transitados (vías de canales de tráfico).

Las siguientes pueden aparecer grietas en los bloques estos son: Algunas de las posibles razones, contracción excesiva de la mezcla asfáltica como consecuencia de variaciones en la humedad o la temperatura de la mezcla. Un exceso de betún durante el procesamiento y la preparación de la mezcla asfáltica, o una cantidad excesiva de betún endurecido como resultado de una exposición prolongada y de la oxidación a lo largo del período de servicio. Mezcla asfáltica extremadamente rígida debido al uso excesivo de relleno. Reflejo de muchas fisuras en losas de hormigón, recubrimientos finos sobre pavimentos antiguos severamente fracturados, o grietas que comienzan en una capa subyacente como resultado de la retracción de bases estabilizadas hidráulicamente. Deterioro abrupto de las capas subyacentes, normalmente como resultado de la saturación del material.

La superficie total de la unidad o segmento del pavimento que se está evaluando afectada por las grietas en bloque se mide en metros cuadrados. Normalmente, sólo aparecen con un grado de intensidad. Si se observan distintos grados de gravedad, las regiones afectadas deben evaluarse y documentarse independientemente en función de sus respectivos grados de gravedad.

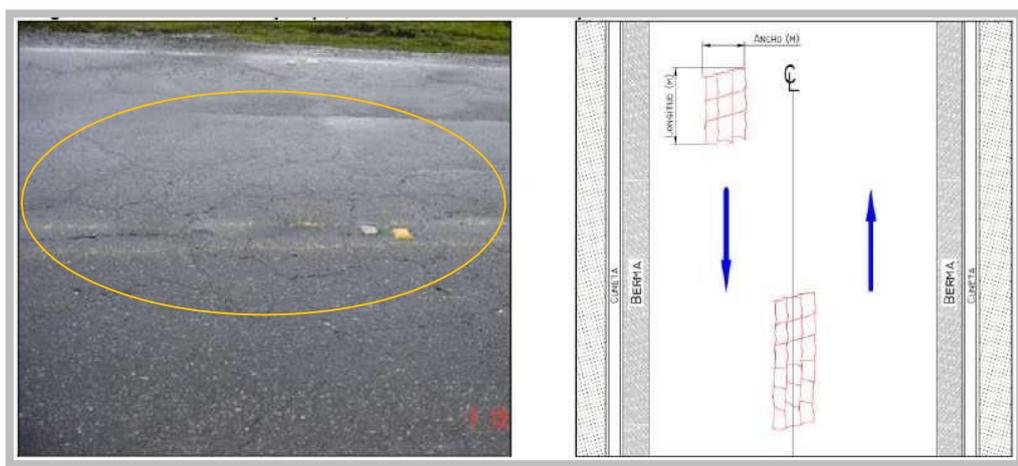
Según el Grupo Técnico - Acuerdo 587 de 2003 (Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles), la superficie asfáltica se

fractura en bloques de forma aproximadamente rectangular debido a este tipo de daño. Los bloques tienen un lado medio superior a 0,30 m³.

La piel de cocodrilo suele aparecer en zonas con carga, mientras que los bloques suelen aparecer en zonas sin carga. Esta es la distinción en este declive. Sin embargo, los bloques que se han convertido en piel de cocodrilo suelen presentar grietas; estas grietas suelen producirse en bloques con más lados y ángulos agudos.

Figura 4

Fisura en bloque (FB, Unidad de medida: m²)



Fuente. Grupo Técnico – Convenio 587 De 2003.

Las causas son las siguientes: La causa principal del agrietamiento de los bloques es la contracción del hormigón asfáltico provocada por las variaciones de temperatura durante el día, que causa ciclos de tensión y deformación en la mezcla. Este tipo de agrietamiento indica que el asfalto se ha solidificado considerablemente, lo que puede ser consecuencia del envejecimiento de la mezcla o del uso de un tipo de asfalto inadecuado para el clima de la zona. Reflejo de grietas de contracción estabilizadas por el material de base. Utilización de un asfalto de baja penetración combinado con un ajuste volumétrico del contenido de árido fino de la mezcla asfáltica.

La superficie afectada del pavimento, expresada en metros cuadrados(m²), sirve como unidad de medida. Puede haber una región con distintos grados de severidad; en este caso, se registraría la región

correspondiente a cada severidad; si no, se registraría toda la región afectada y se asignaría el nivel de severidad más alto.

2.2.6. ROTURAS DE BORDES

Las roturas de bordes se describen como la desintegración total y la pérdida de la mezcla asfáltica (mezcla o tratamiento) que compone la superficie de la carretera, dando lugar a la destrucción de los bordes de la calzada, en el Departamento de Evaluación y Gestión de Pavimentos 1990 (Pavement Failure Identification and Repair Techniques). Debido a las irregularidades en la alineación horizontal de los bordes de la calzada y a la consiguiente reducción de su anchura efectiva, una parte de la base del pavimento queda expuesta. Daños adicionales como desconchados, hundimientos y/o agrietamientos suelen producirse en la zona de 0,50 m próxima al borde del pavimento anterior.

Las causas potenciales incluyen los efectos abrasivos y dañinos del borde del pavimento por las cargas del tráfico, ya que esta parte de la estructura suele ser más débil que el resto. El borde se deteriora lentamente debido a los siguientes factores: Compactación inadecuada o ausencia de sobreancho de las capas estructurales del pavimento; Confinamiento lateral inadecuado debido a la ausencia de paseos: Una conversación inadecuada que provoca la retención de agua en las pasarelas o en los bordes de la calzada. Vehículos que ascienden y descienden regularmente de la pasarela sin pavimentar en ausencia de una estructura de contención protectora. Existencia de arena angulosa en las pasarelas o zonas próximas al pavimento, lo que agrava la abrasión de los neumáticos de los coches que circulan por el arcén o suben desde las pasarelas.

Utilizando metros lineales como unidad de medida, las longitudes afectadas en la muestra o sección de pavimento a inspeccionar se miden y registran por separado en función del grado de rotura de los bordes.

(Ricardo Javier miranda rebolledo Valdivia — chile 2010) Son grietas longitudinales a semicirculares que suelen aparecer cerca del borde de la carretera. Suelen deberse a la ausencia de una berma o a un

desnivele entre ésta y la carretera. Suelen aparecer en una franja de hasta 0,60 m de ancho que discurre paralela al borde.

La ausencia de bordillos, anchuras inadecuadas de las bermas o arcenes que llegan hasta el borde del carril, pero no están a nivel con la berma son algunas de las causas potenciales; en estas situaciones, la grieta se crea cuando el tráfico pasa muy cerca del borde. Las grietas que se producen por esta causa suelen medirse en metros lineales y suelen estar situadas entre 0,30 y 0,60 metros del borde de la carretera.

2.2.7. BACHES

Un bache se define como un agujero o cavidad redondeada con bordes netos y lados verticales en la parte superior que resulta de la rotura o desintegración completa de la superficie del pavimento y su eliminación en una longitud determinada, normalmente inferior a 0,9 metros de diámetro, según el departamento de evaluación y gestión de pavimentos de 1990 (Técnicas de identificación y reparación de fallos del pavimento). Al tratarse de daños estructurales que interrumpen la continuidad del pavimento, son un indicador de un mantenimiento deficiente.

El flujo de tráfico en lugares donde la superficie del pavimento se ha roto en pequeños trozos, eliminando material y dando lugar al bache, podría ser una de las causas potenciales. Cuando confluyen los siguientes elementos, se crean los baches: La aparición de nuevos daños provocados por un mal mantenimiento, como la descamación, el agrietamiento y la flacidez de la piel de cocodrilo.

Capas estructurales y/o cimentaciones inestables y débiles, especialmente las bases de los pavimentos. Espesores inadecuados del pavimento (elementos estructurales infra diseñados en comparación con el tráfico real). Infiltración y retención de agua en zonas de pavimento agrietado o deprimido (hundimiento). Aplicación de ligantes, imprimaciones o revestimientos asfálticos utilizando técnicas de construcción incorrectas; compactación de bases granulares, etc.

Utilización de mezclas y materiales deficientes (métodos de control de calidad inadecuados).

En función de la superficie y la profundidad del bache, las siguientes especificaciones definen tres niveles de gravedad (baja, media y alta):

Tabla 1
Niveles De Severidad

Máxima Del Bache	De 15 a 25 cm	De 25 a 50 cm	Mayor de 50 cm
Menor de 25 mm	B	B	M
De 25 a 50 mm	B	M	A
Mayor de 50 mm	M	M	A

Fuente. Departamento de administración y evaluación de pavimentos 1990 (identificación de fallas de pavimentos y técnicas de reparación).

Normalmente se cuentan los baches de la sección de firme examinada con niveles de gravedad bajo, medio y alto.

Un bache se define como una ruptura completa de la capa asfáltica, exponiendo los materiales granulares y aumentando el área afectada y la profundidad como resultado de la actividad del tráfico, según el Grupo Técnico - Acuerdo 587 de 2003 (Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles). Este tipo de deterioro se caracteriza por los ojos de pescado, que son baches redondeados con profundidades variables y bordes definidos causados por una deficiencia localizada en las capas estructurales.

Figura 5

Bache (BCH, Unidad de medida: m²)



Fuente. Grupo Técnico – Convenio 587 De 2003.

La retención de agua en zonas fracturadas puede provocar este tipo de deterioro. Cuando el tráfico circula por esas zonas, las tensiones efectivas se reducen, provocando deformaciones y el fallo del pavimento. Esta degradación siempre se produce después de otras lesiones, sobre todo en la piel de los cocodrilos.

También puede ser el resultado de ciertos defectos de construcción (como que la imprimación no penetre en las bases granulares) o de espesores insuficientes de las capas estructurales. Además, las zonas débiles del subsuelo o del pavimento pueden sufrirla.

2.2.8. DESPRENDIMIENTO/DESCUBRIMIENTOS AGREGADOS

El aflojamiento del árido se define como el deterioro progresivo de la superficie de rodadura causado por la separación y pérdida del material (ligante + finos) que rodea la matriz del árido, o la desintegración y aflojamiento del material fino que la compone, según el Departamento de Evaluación y Gestión de Pavimentos de 1990 (Pavement Failure Identification and Repair Techniques). Como resultado, la superficie de apoyo está sometida a un mayor desgaste por el tráfico y la intemperie.

Su textura es más rugosa y abierta, como si su superficie se rompiera en pequeños trozos. Son más frecuentes en las mezclas en frío y en los tratamientos asfálticos; pueden cubrir porciones considerables de la carretera o quedar confinadas a los carriles de los canales de tráfico.

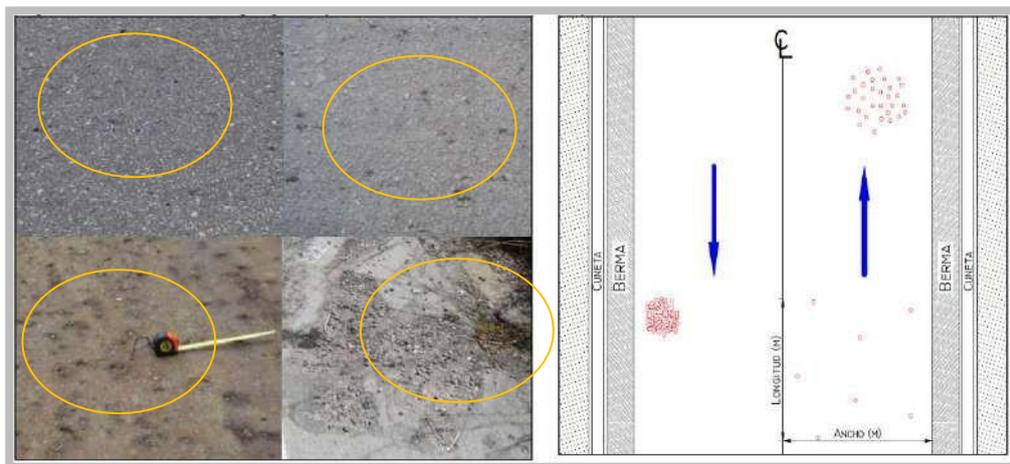
Se trata de defectos superficiales que suelen estar relacionados con la pérdida de cualidades aglutinantes del asfalto debido a: Un endurecimiento excesivo del betún como consecuencia de una manipulación inadecuada (sobrecalentamiento) durante la preparación el extendido de la mezcla asfáltica (riego). Demasiado poco material bituminoso o demasiado poca gradación en los áridos pétreos.

Disminución de la capacidad del betún y los áridos para adherirse cuando hay presencia de agua. Esto puede ocurrir cuando se utilizan áridos más propensos a atraer el agua, cuando el árido no está limpio o está contaminado, cuando está húmedo o cuando los defectos de construcción hacen que queden atrapadas burbujas de aire en la capa asfáltica. Oxidación del betún tras un largo periodo de uso, especialmente cuando los revestimientos con un alto contenido en huecos están sometidos a condiciones climáticas adversas (alta pluviosidad - radiación solar). Causas naturales, tráfico durante el periodo de servicio, impacto de presiones aplicadas durante la compactación (in situ), o ambas causas, rotura de partículas de áridos que permite al tráfico levantar partículas sueltas o parcialmente recubiertas. Fuerzas tangenciales notables (curvas, rampas, etc.) en conjunción con algunos de los componentes enumerados anteriormente.

La superficie de la capa de rodadura se desintegra debido a una lenta pérdida de áridos, haciendo más rugosa la superficie y exponiendo progresivamente los materiales a los efectos del tráfico y de los factores ambientales, según el Grupo Técnico - Convenio 587 de 2003 (Manual For The Visual Inspection Of Flexible Pavements). Este tipo de daño es frecuentemente causado por tratamientos superficiales; en ese caso, los surcos que aparecen en la dirección del riego deben ser reportados como roderas.

Figura 6

Perdida De Agregado (PA, Unidad de medida: m2)



Fuente. Grupo Técnico – Convenio 587 De 2003.

He aquí algunas posibles razones: Aplicación irregular del ligante a las capas superficiales, problemas de adherencia de los áridos al asfalto, uso de áridos extremadamente absorbentes o contaminados con finos, lluvias durante la aplicación o el fraguado del ligante asfáltico, que hacen que el asfalto se solidifique visiblemente, compactación insuficiente del ligante asfáltico. Aceite, gasolina y otros contaminantes que contaminan la capa de rodadura.

Por profundidad, las severidades pueden clasificarse de la siguiente manera: (Baja), son visibles pequeños huecos con una separación superior a 0,15 metros, y los áridos gruesos han empezado a separarse. (Media), los áridos se desprenden más fácilmente, con separaciones que oscilan entre 0,05 y 0,15 metros.

2.2.9. PAVIMENTO

La norma de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) establece que hay dos formas de definir un pavimento: desde el punto de vista de la ingeniería y desde el punto de vista del usuario. Desde el punto de vista de la ingeniería, la subrasante, osuelo de cimentación, es el único soporte del pavimento, que es un elemento estructural. Para soportar un paquete estructural - un sistema de capas de diferentes espesores destinadas a soportar cargas externas durante un tiempo predeterminado-, esta capa debe estar preparada. Desde el punto de vista del usuario, un pavimento tiene

que proporcionar un servicio de alta calidad, comodidad y seguridad para que la gente camine sobre él, ya que todos estos factores mejorarán la calidad de vida de las personas.

Según Rico y Del Castillo (2011), un pavimento es la parte de la obra vial que sirve de superestructura y permite el tránsito rápido de vehículos manteniendo los estándares de economía, confort y seguridad previstos en el proyecto. Esta idea se aplica desde la perspectiva del usuario, que al utilizar las carreteras se encuentra con un servicio que ha sido planificado, desarrollado y construido con la intención de mejorar y preservar las mejores condiciones posibles para la circulación de personas, bienes y servicios a medida que se acercan al final de su vida útil.

Chang (2005) define los pavimentos como una estructura colocada sobre el subsuelo de la carretera con el propósito de distribuir y resistir las tensiones causadas por los coches en movimiento y mejorar la seguridad el confort del tráfico. Suele haber subbase, base y capa de rodadura.

Asimismo, Huamán (2013), define un pavimento como una estructura que se construye para soportar cargas estacionarias y móviles a lo largo de su vida útil. Se sitúa sobre la subrasante, o suelo de cimentación, y se compone de capas de distintos materiales, cuyos espesores se deciden en función del diseño del proyecto. Los pavimentos pueden clasificarse en dos categorías principales en función de cómo se forman y se cargan: hidráulicos y asfálticos.

Para el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014) Los pavimentos se componen de las siguientes capas: (Capa superior), La parte superior del pavimento, que se utiliza para soportar directamente el tráfico, puede estar compuesta de hormigón rígido de cemento Portland, de tipo bituminoso (flexible) o de adoquines. (Base): Es la capa que se encuentra debajo de la capa de rodadura y su función principal es transferir, distribuir y soportar las cargas provocadas por el tráfico. Esta capa será un material granular drenante (CBR > 80%) o tratada con

cemento, cal o asfalto. (Subbase): Para crear la capa que soporta la base y el aglutinante se utiliza un material y un grosor de diseño determinados.

Sirve también como capa drenante y controladora de la capilaridad del agua. Esta capa puede estar recubierta de material granular (CBR > 40%) o tratada con cemento, asfalto o cal.

2.2.10. PAVIMENTO FLEXIBLE

Conocido como pavimento asfáltico, está formado por la subbase y la base, que se asientan sobre el subsuelo, y una capa de asfalto sobre la superficie de apoyo que permite pequeñas deformaciones en las capas inferiores de la estructura sin fracturarla. Aunque el pavimento flexible es inicialmente más asequible y tiene una vida útil más corta, de 10 a 15 años, presenta el inconveniente de necesitar un mantenimiento frecuente para prolongar su vida útil. La estructura del asfalto, también conocido como pavimento flexible, está formada por capas granulares (subbase, base) y, si es necesario, un ligante compuesto por materiales bituminosos como ligantes, áridos y aditivos, según la sección sobre suelos y pavimentos del Manual de carreteras del Perú, suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2014). Los principales materiales que se consideran como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares son el mortero asfáltico, el tratamiento superficial bicapa, el micro pavimento, el macadán asfáltico, las mezclas asfálticas en frío y las mezclas en caliente (p. 24).

Figura 7

Perfil de pavimento flexible

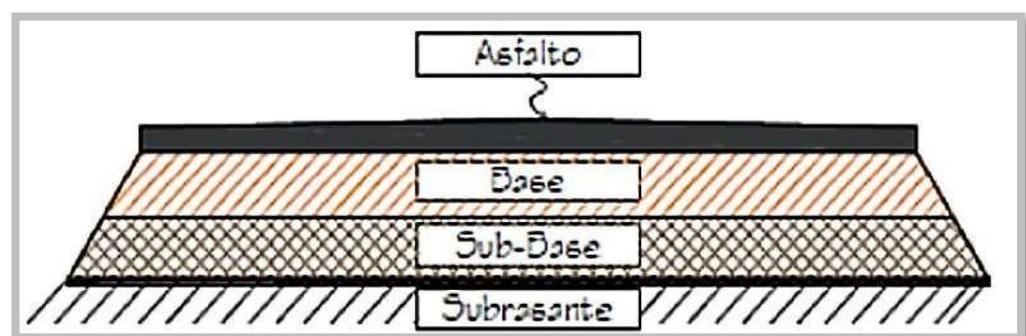


Fuente. Bermúdez (2006).

La base y la subbase son dos capas no rígidas que suelen soportar un ligante bituminoso en este tipo de pavimento. No obstante, en función de los requisitos específicos de cada proyecto, puede omitirse cualquiera de estas capas. (Montejo, 2002, p. 2).

Figura 8

Componentes del pavimento flexible



Fuente. Armijos (2009).

2.2.11. CARPETA ASFÁLTICA

La capa que cubre la base y se asienta sobre el paquete estructural se conoce como ligante asfáltico, y proporciona a la carretera una superficie de apoyo. Al impedir que el agua penetre en la superficie y empape las capas inferiores, actúa como agente impermeabilizante. Además, impide que las capas subyacentes se desmoronen y ayuda a las restantes a soportar cargas y distribuir tensiones cuando se construye en espesores superiores a 2,5 cm.

El ligante está compuesto por un ligante asfáltico y el material pétreo elegido. Determinar el contenido adecuado de asfalto que debe utilizarse es crucial para garantizar la capacidad del ligante de soportar las cargas a las que estará sometido. Una cantidad excesiva de asfalto en la mezcla puede hacer que las condiciones se vuelvan inestables e incluso resbaladizas.

Es necesario realizar un mantenimiento periódico para garantizar que la capa siga funcionando según lo previsto, ya que es la más expuesta a la intemperie y a los efectos abrasivos de los vehículos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 24).

2.2.12. BASE

Es la capa de pavimento que se encuentra debajo de la superficie de rodadura, y su función principal es soportar, distribuir y transferir cargas a la subbase que se encuentra debajo.

Una base estabilizada, es una base compuesta principalmente de materiales granulares, como piedra triturada y una mezcla natural de áridos y tierra. La cal, el cemento Portland u otros materiales bituminosos también pueden formar parte de esta composición. Deben ser lo suficientemente robustos como para soportar la carga superficial y dispersarla hacia los niveles inferiores del paquete estructural (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 24).

2.2.13. SUB BASE

La subbase se encuentra en la parte inferior de la base, por encima del subsuelo. Es el área de la estructura del pavimento destinada a soportar, distribuir y transferir uniformemente las cargas que se aplican a la capa asfáltica.

Debido a los materiales granulares que la componen, puede actuar como capa drenante y controlar el ascenso del agua en los capilares, evitando los fallos producidos por el hinchamiento provocado por la congelación del agua en climas fríos. Además, la subbase controla las variaciones de volumen y elasticidad del material del suelo de

cimentación que pueden perjudicar al pavimento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 24).

2.2.14. SUB RASANTE

La subrasante es la capa de suelo que alcanza una profundidad no afectada por las cargas de tráfico y soporta el paquete estructural. Que esta capa sea de corte o de relleno dependerá del tipo de suelo que se encuentre. Una vez compactada, debe tener las secciones transversales, pendientes y características necesarias.

La estabilidad de la subrasante, su incompresibilidad y su resistencia a la expansión y contracción inducidas por la humedad son factores críticos que influirán significativamente en el espesor del pavimento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 23).

2.2.15. FALLAS ESTRUCTURALES

Describe el estado estructural del firme únicamente en términos de la disposición de la capa de rodadura o de las capas individuales. Las cargas en este tipo de fallo dan lugar a deformaciones elásticas verticales del material de las capas granulares y del suelo de la subrasante (hundimiento o ahuellamiento), además de deformaciones elásticas horizontales por flexión en la parte inferior de las capas asfálticas (grietas longitudinales en los carriles de circulación y grietas en piel de cocodrilo).

2.2.16. TIPOS DE FALLAS

Cuando se expone a cargas externas, el comportamiento estructural de un pavimento se ve influido por las capas que lo componen.

La principal distinción entre el comportamiento de los pavimentos flexibles y rígidos es la distribución de las cargas. La forma en que se distribuyen las cargas en un pavimento flexible viene determinada por las características del sistema de capas que lo compone. Las cargas se transfieren de las capas superiores a las inferiores a medida que el pavimento desciende a niveles inferiores, situándose las capas de mayor

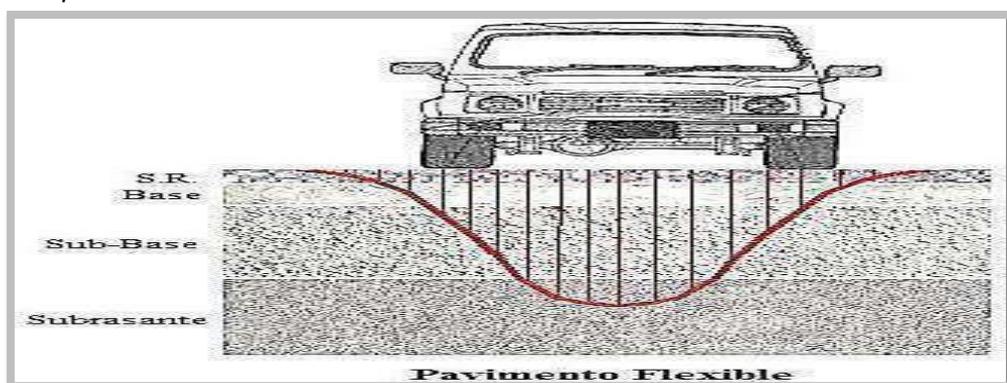
calidad más cerca de la superficie donde las tensiones son mayores (Matos y Núñez, 2018).

Se realizarán diversos estudios estructurales en el pavimento, dependiendo del tipo de pavimento que se vaya a evaluar, para identificar posibles deterioros leves, medios o graves.

El clima, el agua y el tráfico son los tres factores que más dañan el pavimento. Además, según Casas (2011), las principales causas de deterioro del pavimento son las cargas persistentes y repetitivas, así como el drenaje inadecuado de la carretera.

Figura 9

Comportamiento De Pavimento Flexible



Fuente. Hiliquín (2016).

2.2.17. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI)

El método de evaluación de firmes PCI de Shahin y Khon fue publicado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE.UU. en 1978.

El objetivo de este estudio era desarrollar un índice de estado del firme (PCI) para carreteras y calles, que proporcionara a los ingenieros un método estándar para evaluar el estado estructural y superficial de una sección de firme y una forma de determinar las necesidades de mantenimiento y reparación del pavimento (Shahin, 2005).

2.2.18. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

El deterioro del pavimento depende de la naturaleza del fallo, su extensión (anchura de la grieta, etc.) y su densidad (porcentaje de la región afectada). (Gutiérrez, 1994).

En una línea similar, Chang (2005) afirma que uno de los enfoques más exhaustivos para la evaluación imparcial y la clasificación de los firmes rígidos y flexibles dentro de los modelos de carreteras es el PCI.

La metodología no requiere el uso de herramientas especializadas más allá de las ya incluidas en el sistema, y el índice de estado del firme (PCI) tiene un valor numérico que oscila entre (0) para un firme fallido o en mal estado y (100) para un firme en perfecto estado. El tipo, el grado y la cantidad de cada daño también se identifican mediante un inventario visual del estado del firme; el PCI se calcula utilizando estos datos. La integridad estructural del pavimento y el estado operativo de la superficie se miden mediante el Índice de Estado del Pavimento (PCI).

Un inventario visual del estado del firme creado por el PCI identifica el tipo, la extensión y la cantidad de cada fallo del firme. El estado del firme se determina a continuación procesando estos datos. Dado que existen muchas condiciones posibles, los valores deducidos se introdujeron como factor de ponderación para determinar el grado de influencia de cada combinación de tipo de fallo, nivel de gravedad y densidad en el estado del firme (Hiliquín, 2016).

Tabla 2
Rangos del PCI

PCI	CLASIFICACIÓN
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy bueno
70 – 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy malo
10 - 0	Fallado

Fuente. Vásquez Varela ,2002 Manual del método PCI.

La clase y la severidad son dos factores que deben tenerse en cuenta al evaluar un firme mediante la metodología del PCI.

2.2.19. LA CLASE

Tiene que ver con los diversos procesos de degradación superficial que se encuentran en los pavimentos, incluyendo la piel de cocodrilo, el agrietamiento en bloque, el pandeo y la exudación. El manual ASTM D6433-07 de la American Society for Testing and Materials contiene información detallada sobre cada uno de estos procesos (Guaranda, 2017).

2.2.20. LA SEVERIDAD

Dado que las acciones correctivas deben priorizarse en proporción a la magnitud del daño, simboliza la criticidad del deterioro progresivo del fallo. Dado que la percepción sirve de guía general para ayudar a determinar el grado de gravedad (baja, media, grave), debe evaluarse cuando se opera un vehículo a velocidad normal.

2.2.21. NIVEL DE SEVERIDAD DE FALLAS

Los siguientes niveles de gravedad se indican en el manual D6433-07 de la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM): (Bajo L).

Aunque reducir la velocidad no es necesario para la seguridad, las vibraciones se sienten como ondulaciones en el interior del vehículo. El vehículo sólo rebota un poco como consecuencia de los abultamientos y las depresiones; no resulta incómodo (Vásquez, 2006, p.9). (Media M).

Tanto por seguridad como por comodidad, es necesario reducir la velocidad cuando hay vibraciones importantes en el coche; en este caso, los baches o depresiones hacen que el coche rebote mucho, lo que resulta incómodo (Vásquez, 2006, p. 9). (Alta H), En este caso, los baches o desniveles hacen que el vehículo rebote demasiado, lo que resulta extremadamente incómodo y pone al coche y a sus ocupantes en grave riesgo de sufrir daños graves (Vásquez, 2006, p. 9). El coche

vibra tanto que tiene que reducir considerablemente la velocidad por razones de comodidad y seguridad.

Los documentos de evaluación, junto con las explicaciones de los 19 tipos diferentes de fallos, el muestreo, la gravedad y otros factores tenidos en cuenta en el proceso de PCI.

Tabla 3
Evaluación en base al rango de PCI

Rango	Clasificación	Evaluación
100 - 71	Bueno	Mantenimiento
31 - 70	Regular	Rehabilitación
0 - 30	Malo	Construcción

Fuente. ASTM D6433-07 (2007).

2.2.22. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

Evaluar cómo las intrincadas interacciones entre el diseño, los materiales, la construcción, el tráfico de vehículos y el medio ambiente afectan al fallo y deterioro de los pavimentos de asfalto es el objetivo del manual del Índice de Estado de los Pavimentos (PCI). Tanto las fallas estructurales como las superficiales son variables de estudio importantes para los pavimentos flexibles; sin embargo, dado que las fallas superficiales son el foco de esta investigación, sólo se discutirán las fallas superficiales para distinguirlas de las fallas estructurales.

2.2.23. FALLAS ESTRUCTURALES

Consisten en defectos de la superficie de apoyo que se inician en una o más capas de la estructura del firme y conducen a su fractura, según Montejo (2002) (p. 506).

2.2.24. FALLAS SUPERFICIALES

Para Montejo (2002), Estos fallos no están relacionados con la estructura del firme e incluyen defectos en la superficie del firme causados por fallos en el ligante asfáltico. La inspección visual es una forma de detectar este tipo de fallos (p. 506).

Tabla 4*Tipos de fallas según la Norma ASTM D6433-03*

FALLAS ESTRUCTURALES	FALLAS SUPERFICIALES
Piel de cocodrilo	Exudación
Agrietamiento en bloque	Corrugación Abultamientos
hundimientos	Grieta de borde
Depresión	Grieta de reflexión de junta
Huecos	Desnivel carril / berma
Ahuellamiento	Grieta longitudinal y transversal
Desplazamiento	Parcheo
Hinchamiento	Pulimiento de agregadosCruce de vía férrea Grieta parabólica
	Desprendimiento de agregados

Fuente. ASTM D6433-07 (2007).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

2.3.1. AHUELLAMIENTO

Según (Héctor L. Delbono¹; Oscar Raúl Rebollo²), El fallo conocido como ahuellamiento se produce cuando las cargas de tráfico se aplican repetidamente a los pavimentos asfálticos, provocando su aparición superficial. Está constituido por la acumulación de deformaciones verticales persistentes en todas las capas que componen la estructura de la carretera, como muestra la huella de circulación del tráfico. Esta deformación acorta la vida útil del pavimento y supone importantes riesgos para la circulación de los usuarios.

2.3.2. FALLAS ESTRUCTURALES

Explica el estado estructural del firme en función de la disposición de sus capas, o sólo de la capa de rodadura. Las cargas en este tipo de fallo dan lugar a deformaciones elásticas verticales del material de las capas granulares y del suelo de la subrasante (hundimiento o ahuellamiento), además de deformaciones elásticas horizontales por flexión en la parte inferior de las capas asfálticas (grietas longitudinales en los carriles de circulación y grietas en piel de cocodrilo).

2.3.3. FISURA LONGITUDINAL

Según las técnicas de identificación y reparación de fallos en pavimentos publicadas en 1990 por el departamento de evaluación y gestión de pavimentos, Una grieta longitudinal es una fisura en el

pavimento que cruza el eje de la carretera paralelamente a ella. Se localizan a lo largo de los bordes del eje, en las pistas de los canales de tráfico y en línea con los anchos de distribución de las mezclas asfálticas.

La evaluación debe tener en cuenta el hecho de que su localización suele indicar una causa o mecanismo más probable que el primero.

Apareciendo inicialmente como una única grieta, el deterioro del pavimento acaba desarrollando multiplicidad -una característica de las grietas paralelas y laterales ramificadas- a medida que avanza.

2.3.4. PAVIMENTO

La norma de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) establece que hay dos formas de definir un pavimento: desde el punto de vista de la ingeniería y desde el punto de vista del usuario. Desde el punto de vista de la ingeniería, la subrasante, o suelo de cimentación, proporciona un soporte completo al pavimento, que es un elemento estructural.

2.3.5. PAVIMENTO FLEXIBLE

Conocido como pavimento asfáltico, está formado por la subbase y la base, que se asientan sobre el subsuelo, y una capa de asfalto sobre la superficie de apoyo que permite pequeñas deformaciones en las capas inferiores de la estructura sin fracturarla. Aunque el pavimento flexible es inicialmente más asequible y tiene una vida útil más corta, de 10 a 15 años, presenta el inconveniente de necesitar un mantenimiento frecuente para prolongar su vida útil.

2.3.6. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI)

El método de evaluación de firmes PCI de Shahin y Khon fue publicado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE.UU. en 1978. El objetivo de este estudio era desarrollar un índice de estado del firme (PCI) para carreteras y calles, que proporcionara a los ingenieros un método estándar para evaluar el estado estructural y superficial de una sección de firme y una forma de determinar las necesidades de

mantenimiento y reparación en función del estado del firme (Shahin, 2005).

2.3.7. ROTURAS DE BORDES

Las roturas de borde se definen como la desintegración y pérdida total del aglomerado asfáltico (mezcla o tratamiento) que compone la superficie de la calzada, resultando en la destrucción de los bordes de la calzada por el Departamento de Evaluación y Gestión de Pavimentos 1990 (Técnicas de Identificación y Reparación de Fallos en Pavimentos).

Debido a las irregularidades en la alineación horizontal de los bordes de la calzada y a la consecuente reducción de su ancho efectivo, una porción de la base del pavimento queda expuesta. Antes del borde del pavimento, otros daños como desprendimientos, hundimientos y/o agrietamientos ocurren típicamente en la zona de 0,50 m cercana al borde del pavimento.

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

El índice de condición del pavimento flexible se relaciona significativamente con las fallas estructurales de la carpeta asfáltica de la Av. Universitaria, Pillco Marca - Huánuco 2023.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Los parámetros de evaluación se relacionan significativamente con las deformaciones permanentes para la carpeta asfáltica en la Av. Universitaria – Pillco Marca, Huánuco-2023.

Los parámetros de evaluación se relacionan significativamente con las Figuras o Agrietamientos para la carpeta asfáltica en la Av. Universitaria – Pillco Marca, Huánuco-2023.

Los parámetros de evaluación se relacionan significativamente con las Desintegraciones para la carpeta asfáltica en la Av. Universitaria – Pillco Marca, Huánuco-2023.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Fallas estructurales.

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Índice de condición del pavimento (PCI).

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 5

Operacionalización de la variable 1

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
Fallas estructurales	Se trata de defectos superficiales que provocan la fragmentación de la estructura del firme y que tienen su origen en una o varias capas. Montejo (año 2002).	Deformaciones permanentes	<ul style="list-style-type: none"> • Ahuellamiento (m2) • Hundimiento (m2) • Hinchamiento (m2)
		Figuraciones o Agrietamientos	<ul style="list-style-type: none"> • Grietas Longitudinal (m) • Grietas Transversal (m) • Grietas en bloques (m2) • Roturas de bordes (m2)
		Desintegraciones	<ul style="list-style-type: none"> • Baches • Desprendimiento/descubrimientos agregados

Fuente. Método PCI (Varela, 2002).

Tabla 6*Operacionalización de la variable 2*

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
Índice de condición del pavimento (PCI)	Según Vásquez Varela (2002), el índice de condición del pavimento, o PCI, es un valor numérico que oscila entre cero (0) para un pavimento en mal estado y cien (100) para un pavimento en buen estado.	Parámetros de evaluación Trabajos de campo Indicadores	<ul style="list-style-type: none">● Clase de pavimento.● Nivel de severidad, cantidad de fallas● Medición según el tipo de fallos en m², ml.● Clasificación del tipo de fallo (bajo, medio y alto).● Evaluación de la gravedad, cantidad y densidad de la sección.

Fuente. Método PCI (Varela, 2002).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según Sampieri (2015), los estudios aplicados proporcionan soluciones instantáneas a los problemas y están respaldados por los resultados y descubrimientos de la investigación ordenada; en esta instancia, es importante resumir la importancia de evaluar el pavimento flexible o asfáltico utilizando la metodología PCI, que se prioriza en el orden metodológico. Tanto los objetivos generales como los específicos de la investigación son de tipo aplicado, en función de las variables que se han sugerido.

3.1.1. ENFOQUE

El enfoque de esta investigación es mixto porque abarca dos tipos: cualitativo y cuantitativo. Es cualitativo porque para el cálculo del PCI obtenemos resultados descriptivos como excelente, muy bueno, bueno, regular, malo, muy malo y fallido, por otro lado, también es cuantitativo porque se obtendrán resultados del IPC. numéricamente hay 7 áreas; desde 0 a 100. (Hernández, R., Mendoza, C, 2018).

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

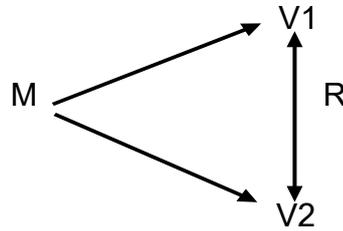
De acuerdo con Hernández y Mendoza (2018), la presente investigación se realiza a nivel correlacional. Debido a que se busca precisar los componentes esenciales de la unidad analítica y se recopilará información de manera cooperativa respecto a las variables de estudio del método de aplicación PCI (Pavement Condition Index).

3.1.3. DISEÑO METODOLÓGICO

El diseño del estudio se alinea con los diseños metodológicos no experimentales identificados por Hernández et al. (2010), p. 149), coincidiendo los diseños metodológicos utilizados con los siguientes:

- ✓ Según los resultados es cuantitativo.
- ✓ Según el propósito de estudio es descriptivo.

- ✓ Según la cronología de las observaciones es prospectivo
- ✓ Según el número de mediciones es transversal.



Donde:

M = Muestra

V1 = Fallas estructurales

V2 = Índice de condición de pavimento (PCI)

R = Correlación

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

El grupo al que se pretende generalizar los resultados de la investigación se denomina población. Esta puede estar formada por personas, cosas, fenómenos o sucesos; para que actúe como grupo, debe compartir ciertos rasgos. Según Sampieri (2015), p. 160, la población es un conjunto de sujetos u objetos que comparten ciertas cualidades, son observables y pueden utilizarse para medir y extraer conclusiones.

La población de este proyecto será desde la progresiva 0+000a la progresiva 3+900 de la Av. Universitaria del distrito de Pillco Marca, Huánuco.

3.2.2. MUESTRA

Dado que la muestra para este estudio es de naturaleza no probabilística, como aconseja el PCI (índice de estado del firme), se aplicará la fórmula que figura a continuación.

Tabla 7
Dimensiones de muestreo

Ancho de calzada (M)	Long. de la unidad de muestreo(m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Fuente. Método PCI (Varela, 2002).

La calzada de la avenida de la Universidad tiene una anchura de 7,30 metros. Por consiguiente, L= 31,50 m corresponde a la longitud del cuadro de unidades de muestreo.

Con los valores obtenidos se obtuvieron los siguientes resultados: La superficie = 229,95 m² se utilizará para calcular el número total de muestras en la sección designada.

$$N = 3900/31.50 \qquad N = 123.81 \sim N = 124 \text{ UM}$$

El manual de la PCI indicó que, como el tramo tiene 3,9 km de longitud, una longitud muy larga, debemos calcular el valor **n**, que es un número al azar de muestras.

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

Donde:

n: El número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse.

N: El total de unidades de muestreo descubiertas en la zona del pavimento en la zona del pavimento.

e: Error admisible en la estimación del ICP de la sección (e = 5%).

σ: La desviación estándar del PCI en todas las unidades (σ=10).

$$n = \frac{124*(10)^2}{\frac{5^2}{4}*(124-1)+10^2} = 14.27 \quad n = 14$$

Al seleccionar las unidades de muestreo para la evaluación debe seguirse el método PCI; las unidades seleccionadas deben estar equidistantes a lo largo del tramo; la muestra inicial se seleccionó al azar; éste es el enfoque de sistema aleatorio que se utilizó.

El cual se expresó de la siguiente fórmula para obtener las unidades de muestreo: Como resultado se obtuvo, el intervalo de muestreo que fue igual a ocho, y seleccionaremos una unidad de muestreo aleatoria para ese proyecto. Elegiremos una unidad de muestreo para el próximo proyecto, por lo que las unidades de muestreo que se estudiarán son las siguientes: UM6, UM14, UM22, UM30, UM38, UM46, UM54, UM62, UM70, UM78, UM86, UM94, UM102, UM110.

$$i = \frac{N}{n} \text{ donde } i = \frac{124}{14}, i = 8.86 = 8$$

Figura 10

Unidades muestrales de la progresiva Av. Universitaria – Pillco Marca – Huánuco

UM 1	UM 2	UM 3	UM 4	UM 5	UM 6	UM 7	UM 8	UM 9	UM 10	UM 11	UM 12	UM 13	UM 14
0+000.00- 0+031.50	0+031.50- 0+063.00	0+063.00- 0+094.50	0+094.50- 0+126.00	0+126.00- 0+157.50	0+157.50- 0+189.00	0+189.00- 0+220.50	0+220.50- 0+252.00	0+252.00- 0+283.50	0+283.50- 0+315.00	0+315.00- 0+346.50	0+346.50- 0+378.00	0+378.00- 0+409.50	0+409.50- 0+441.00
UM 15	UM 16	UM 17	UM 18	UM 19	UM 20	UM 21	UM 22	UM 23	UM 24	UM 25	UM 26	UM 27	UM 28
0+441.00- 0+472.50	0+472.50- 0+504.00	0+504.00- 0+535.50	0+535.50- 0+567.00	0+567.00- 0+598.50	0+598.50- 0+630.00	0+630.00- 0+661.50	0+661.50- 0+693.00	0+693.00- 0+724.50	0+724.50- 0+756.00	0+756.00- 0+787.50	0+787.50- 0+819.00	0+819.00- 0+850.50	0+850.50- 0+882.00
UM 29	UM 30	UM 31	UM 32	UM 33	UM 34	UM 35	UM 36	UM 37	UM 38	UM 39	UM 40	UM 41	UM 42
0+882.00- 0+913.50	0+913.50- 0+945.00	0+945.00- 0+976.50	0+976.50- 1+008.00	1+008.00- 1+039.50	1+039.50- 1+071.00	1+071.00- 1+102.50	1+102.50- 1+134.00	1+134.00- 1+165.50	1+165.50- 1+197.00	1+197.00- 1+228.50	1+228.50- 1+260.00	1+260.00- 1+291.50	1+291.50- 1+323.00
UM 43	UM 44	UM 45	UM 46	UM 47	UM 48	UM 49	UM 50	UM 51	UM 52	UM 53	UM 54	UM 55	UM 56
1+323.00- 1+354.50	1+354.00- 1+386.00	1+386.00- 1+417.50	1+417.50- 1+449.00	1+449.00- 1+480.50	1+480.50- 1+512.00	1+512.00- 1+543.50	1+543.50- 1+575.00	1+575.00- 1+606.50	1+606.50- 1+638.00	1+638.00- 1+669.50	1+669.50- 1+701.00	1+701.00- 1+732.50	1+732.50- 1+764.00
UM 57	UM 58	UM 59	UM 60	UM 61	UM 62	UM 63	UM 64	UM 65	UM 66	UM 67	UM 68	UM 69	UM 70
1+764.00- 1+795.50	1+795.50- 1+827.00	1+827.00- 1+858.50	1+858.50- 1+890.00	1+890.00- 1+921.50	1+921.50- 1+953.00	1+953.00- 1+984.50	1+984.50- 2+016.00	2+016.00- 2+047.50	2+047.50- 2+079.00	2+079.00- 2+110.50	2+110.50- 2+142.00	2+142.00- 2+173.50	2+173.50- 2+205.00
UM 71	UM 72	UM 73	UM 74	UM 75	UM 76	UM 77	UM 78	UM 79	UM 80	UM 81	UM 82	UM 83	UM 84
2+205.00- 2+236.50	2+236.50- 2+268.00	2+268.00- 2+299.50	2+299.50- 2+331.00	2+331.00- 2+362.50	2+362.50- 2+394.00	2+394.00- 2+425.50	2+425.50- 2+457.00	2+457.00- 2+488.50	2+488.50- 2+520.00	2+520.00- 2+551.50	2+551.50- 2+583.00	2+583.00- 2+614.50	2+614.50- 2+646.00
UM 85	UM 86	UM 87	UM 88	UM 89	UM 90	UM 91	UM 92	UM 93	UM 94	UM 95	UM 96	UM 97	UM 98
2+646.00- 2+677.50	2+677.50- 2+709.00	2+709.00- 2+740.50	2+740.50- 2+772.00	2+772.00- 2+803.50	2+803.50- 2+835.00	2+835.00- 2+866.50	2+866.50- 2+898.00	2+898.00- 2+929.50	2+929.50- 2+961.00	2+961.00- 2+992.50	2+992.50- 3+024.00	3+024.00- 3+055.50	3+055.50- 3+087.00
UM 99	UM 100	UM 101	UM 102	UM 103	UM 104	UM 105	UM 106	UM 107	UM 108	UM 109	UM 110	UM 111	UM 112
3+087.00- 3+118.50	3+118.50- 3+150.00	3+150.00- 3+181.50	3+181.50- 3+213.00	3+213.00- 3+244.50	3+244.50- 3+276.00	3+276.00- 3+307.50	3+307.50- 3+339.00	3+339.00- 3+370.50	3+370.50- 3+402.00	3+402.00- 3+433.50	3+433.50- 3+465.00	3+465.00- 3+496.50	3+496.50- 3+528.00
UM 113	UM 114	UM 115	UM 116	UM 117	UM 118	UM 119	UM 120	UM 121	UM 122	UM 123	UM 124		
3+528.00- 3+559.50	3+559.50- 3+591.00	3+591.00- 3+622.50	3+622.50- 3+654.00	3+654.00- 3+685.50	3+685.50- 3+717.00	3+717.00- 3+748.50	3+748.50- 3+780.00	3+780.00- 3+811.50	3+811.50- 3+843.00	3+843.00- 3+874.50	3+874.50- 3+900.00		

Fuente. Registro de las muestrales de la progresiva 0+000.00 a la Progresiva 3+900.00, Pillco Marca – Huánuco.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se utilizó la observación directa, que consiste en observar de cerca el evento, hecho o fenómeno, recabar datos y luego documentarlos y valorarlos de acuerdo con las pautas del apartado que sigue (Sampieri, 2015).

Además, se empleó la encuesta, que Hernández et al. (2014) caracterizan como una técnica adecuada para recabar datos representativos en un solo instante (p. 216), para treinta transportistas que utilizan con frecuencia la Av. Universitaria fueron la muestra de estudio, a quienes se les aplicó una encuesta.

3.3.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.2.1 INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS

En esta investigación se utilizó los siguientes instrumentos metodológicos:

- ✓ Cuestionarios el cual se incluyeron diez preguntas, las cuales fueron dirigidas a los transportistas que frecuentan la Av. Universitaria.
- ✓ Ejemplares del Manual de Daños de la PCI en los formatos adecuados para apoyar la ampliación del esfuerzo de estandarización y uniformización del procedimiento de recogida de datos
- ✓ Observaciones directas, al pavimento, especialmente en los tramos dañados.

3.3.2.2 INSTRUMENTOS FÍSICOS

En esta investigación se utilizó los siguientes instrumentos físicos:

- ✓ Una wincha de 100 m para medir las profundidades de los huecos o depresiones.

- ✓ Una regla metálica de 60 cm.
- ✓ Un odómetro para medir longitudes y áreas de daño.
- ✓ Un tablero rígido, para anotar las observaciones.
- ✓ Una cámara fotográfica.

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

En el presente estudio se utilizaron hojas de cálculo de Microsoft Excel elaboradas de acuerdo con la metodología del PCI para analizar los datos sobre la medición de averías recopilados sobre el terreno y presentados mediante gráficos de sectorización, tablas de registro y diagramas de barras.

Esto es necesario para garantizar que el proceso se lleva a cabo con resultados precisos, tangibles, legítimos y fiables. Se utilizarán tablas de distribución de frecuencias y figuras estadísticas, así también la prueba estadística de correlación de Pearson para la contratación de las hipótesis.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DESCRIPTIVOS

Seguidamente, se encuestó a los transportistas que utilizan la Av. Universitaria - Pillco Marca - Huánuco de la manera correspondiente. Para el ordenamiento y análisis de los resultados se siguió la metodología recomendada.

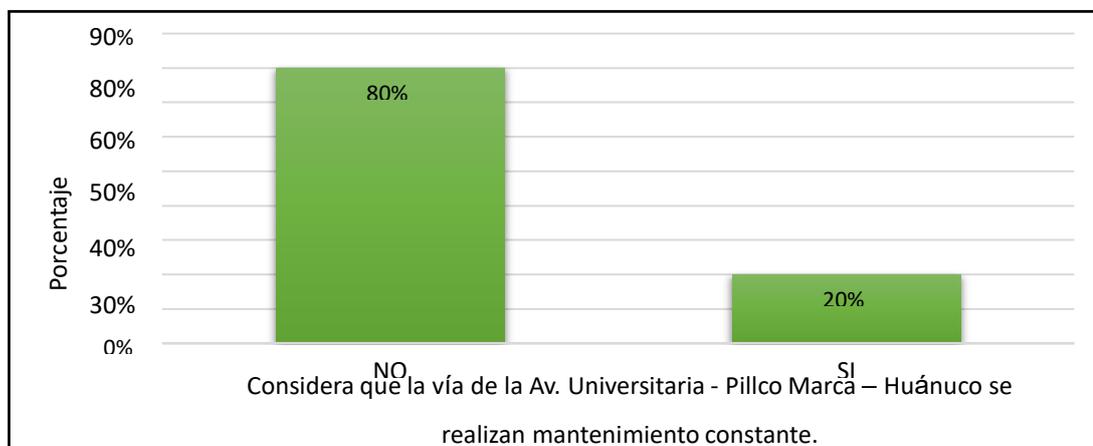
Se siguió la metodología recomendada en el ordenamiento y análisis de los resultados. Posteriormente, se realizó la encuesta y se evaluaron los resultados - que se muestran a continuación- mediante la técnica del Índice de Condición del Pavimento (PCI).

Tabla 8
En la vía se realizan mantenimiento constante

	Frecuencia	Porcentaje
No	32	80.00%
Si	8	20.00%
Total	40	100.00%

Fuente. Instrumento de recolección de datos.

Figura 11
En la vía se realizan mantenimiento constante



Fuente. Tabla 8.

Interpretación

Los resultados mostrados en la Tabla 8 y la Figura 12 son los siguientes: El 20% de los encuestados afirma que la carretera Av. Universitaria-Pillco Marca- Huánuco recibe mantenimiento regular, mientras que el 80% dice que no.

Tabla 9

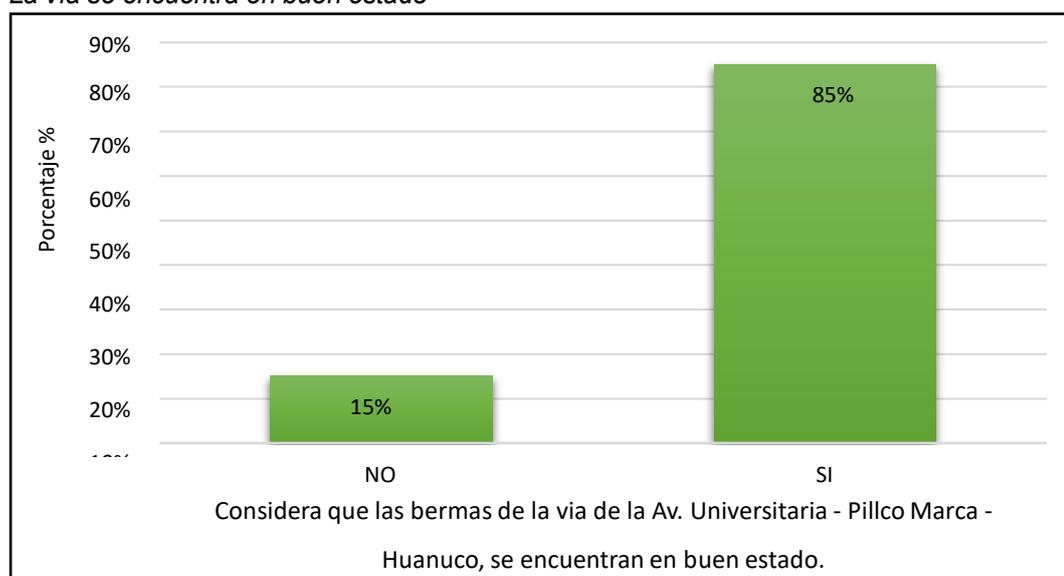
La vía se encuentra en buen estado

	Frecuencia	Porcentaje
No	6	15.00%
Si	34	85.00%
Total	40	100.00%

Fuente. Instrumento de recolección de datos.

Figura 12

La vía se encuentra en buen estado



Fuente. Tabla 9.

Interpretación

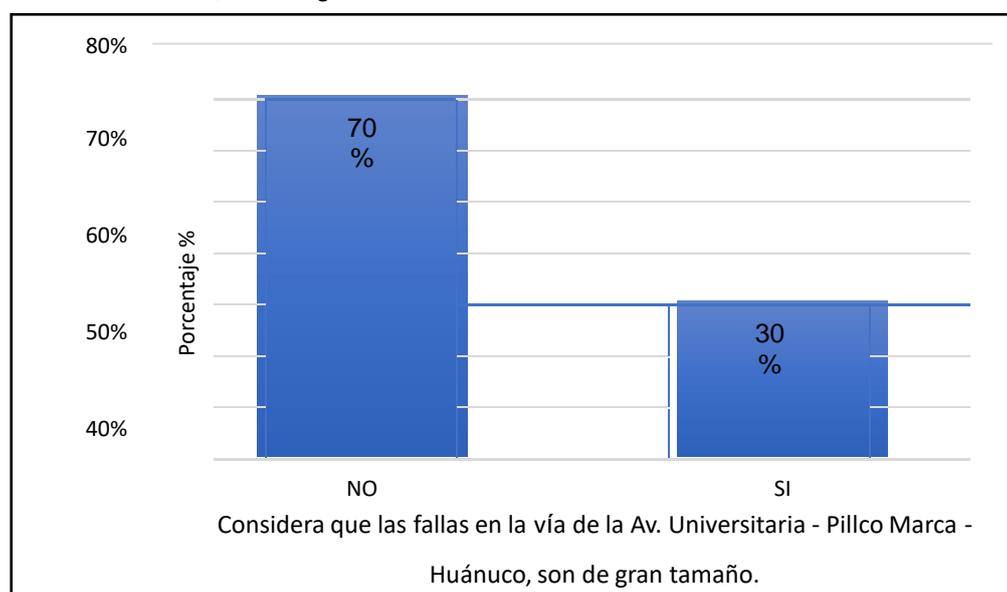
Los resultados mostrados en la Tabla 9 y la Figura 13 son los siguientes: El 20% de los encuestados afirma que la carretera Av. Universitaria-Pillco Marca- Huánuco recibe mantenimiento regular, mientras que el 80% dice que no.

Tabla 10
Las fallas en la vía son de gran tamaño

	Frecuencia	Porcentaje
No	28	70.00%
Si	12	30.00%
Total	40	100.00%

Fuente. Instrumento de recolección de datos.

Figura 13
Las fallas en la vía, son de gran tamaño



Fuente. Tabla 10.

Interpretación

Los siguientes son los resultados que se muestran en la Tabla 10 y Figura 14: En la carretera Av. Universitaria - Pillco Marca - Huánuco, el 30% de los encuestados afirma que existen fallas significativas, mientras que el 70% está endesacuerdo.

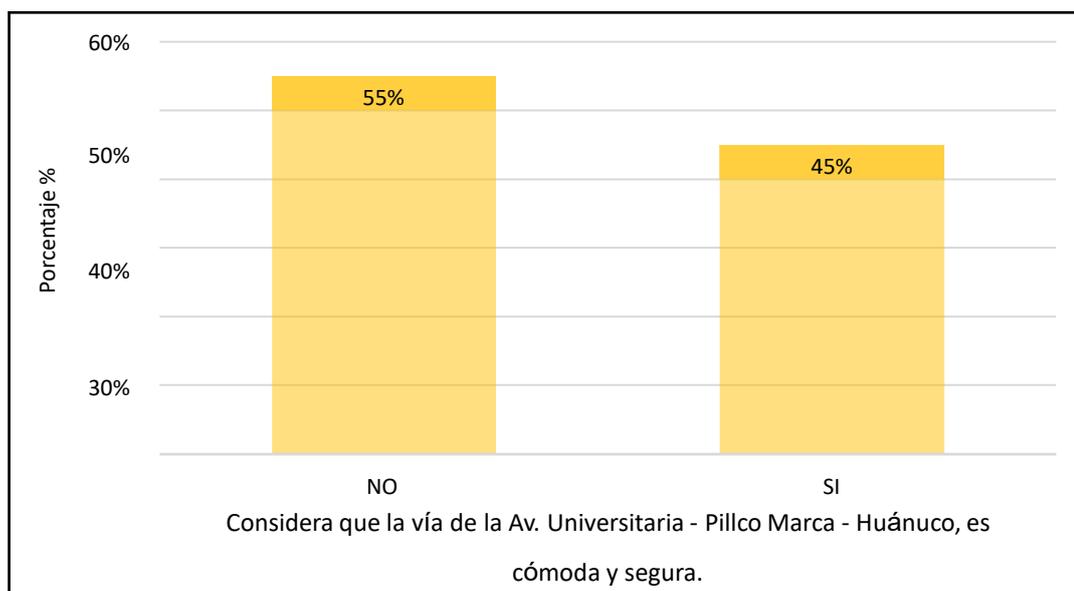
Tabla 11
Las fallas en la vía son de gran tamaño

	Frecuencia	Porcentaje
No	22	55.00%
Si	18	45.00%
Total	40	100.00%

Fuente. Instrumento de recolección de datos.

Figura 14

La vía, es cómoda y segura



Fuente. Tabla 11.

Interpretación

Los resultados mostrados en la Tabla 11 y Figura 15 son los siguientes: De los encuestados, el 55% señala que la vía Av. Universitaria - Pillco Marca - Huánuco no es segura y cómoda, mientras que el 45% señala que sí lo es.

Tabla 12

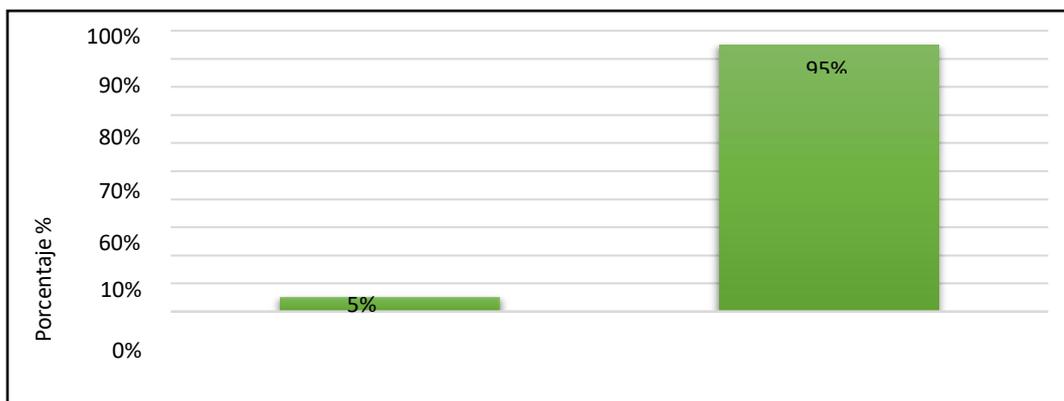
El clima influye con el deterioro de la vía

	Frecuencia	Porcentaje
No	02	5.00%
Si	38	95.00%
Total	40	100.00%

Fuente. Instrumento de recolección de datos.

Figura 15

El clima influye con el deterioro de la vía



Fuente. Tabla 12.

Interpretación

Los resultados mostrados en la Tabla 12 y Figura 16 son los siguientes: El 95% de los encuestados afirma que el clima incide en la vía Av. Universitaria, Pillco Marca y Huánuco, mientras que el 05% afirma que no.

Tabla 13

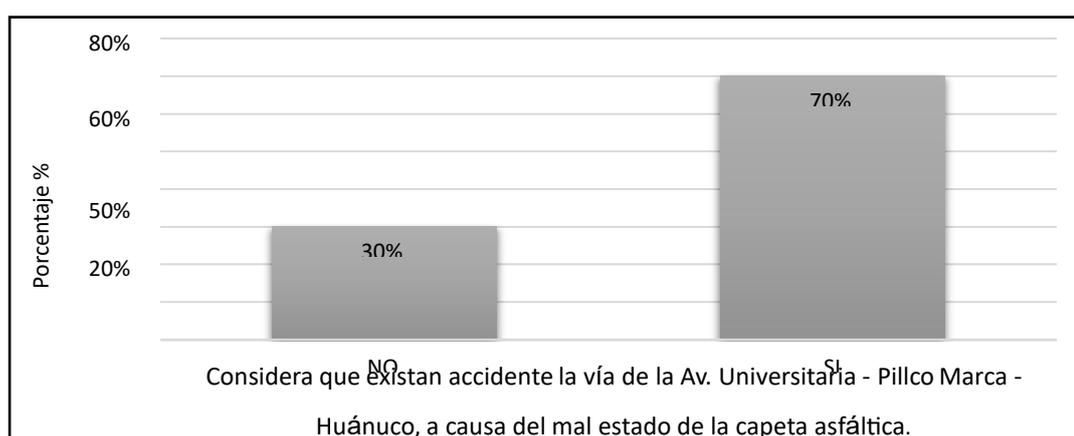
Existen accidentes en la vía, a causa del mal estado de la carpeta asfáltica

	Frecuencia	Porcentaje
No	12	30.00%
Si	28	70.00%
Total	40	100.00%

Fuente. Instrumento de recolección de datos.

Figura 16

Existen accidentes en la vía, a causa del mal estado de la carpeta asfáltica



Fuente. Tabla 13.

Interpretación

Los resultados mostrados en la Tabla 13 y Figura 17 son los siguientes: Debido a la mala calidad del asfalto, el 30% de los encuestados afirma que no hay accidentes en la carretera Av. Universitaria - Pillco Marca - Huánuco, mientras que el 70% afirma que sí los hay.

Tabla 14

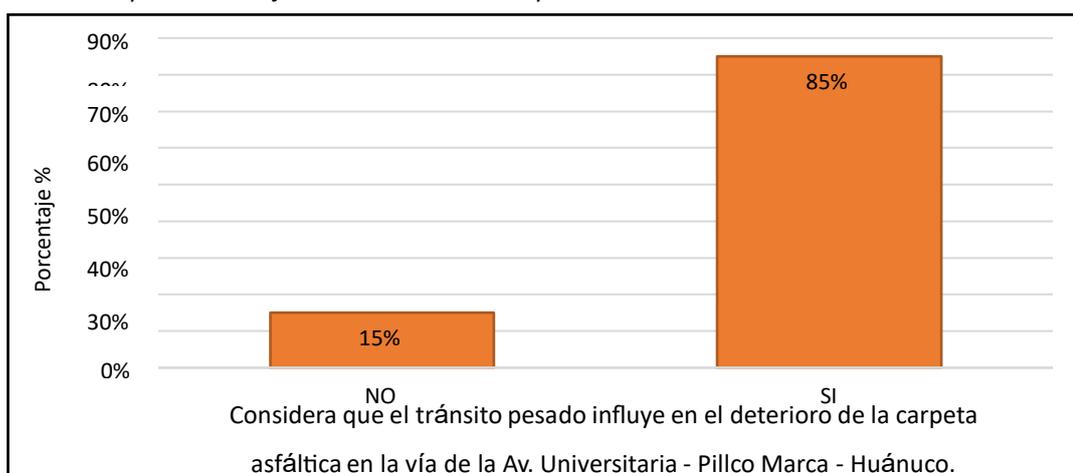
El tránsito pesado influye con el deterioro del pavimento de la vía

	Frecuencia	Porcentaje
No	05	15.00%
Si	35	85.00%
Total	40	100.00%

Fuente. Instrumento de recolección de datos.

Figura 17

El tránsito pesado influye con el deterioro del pavimento de la vía



Fuente. Tabla 14.

Interpretación

Los resultados mostrados en la Tabla 14 y la Figura 18 son los siguientes: El quince por ciento de los encuestados afirma que el tránsito pesado no ha deteriorado la avenida Universidad, Pillco Marca y la carretera Huánuco, mientras que el ochenta y cinco por ciento afirma que sí.

Tabla 15

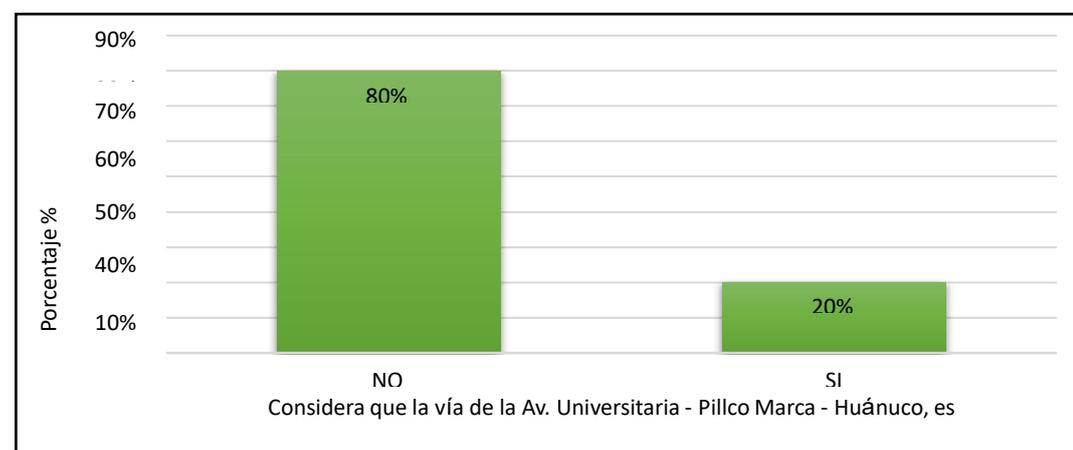
La vía es peligrosa para el tránsito

	Frecuencia	Porcentaje
No	32	80.00%
Si	08	20.00%
Total	40	100.00%

Fuente. Instrumento de recolección de datos.

Figura 18

La vía es peligrosa para el tránsito



Fuente. Tabla 15.

Interpretación

Los resultados mostrados en la Tabla 15 y la Figura 19 son los siguientes: El 20% de los encuestados afirma que la carretera Av. Universidad, Pillco Marca y Huánuco es peligrosa para los vehículos, mientras que el 80% afirma que no lo es.

Tabla 16

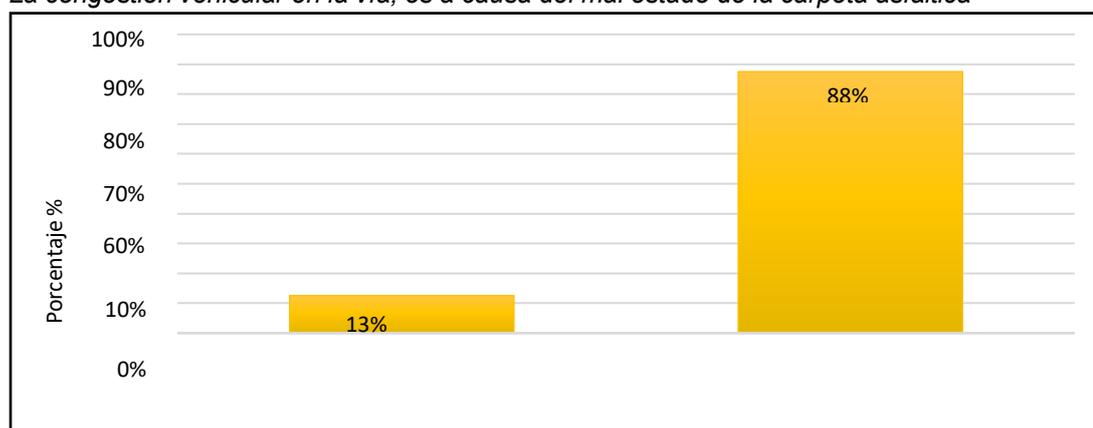
La congestión vehicular en la vía, es a causa del mal estado de la carpeta asfáltica

	Frecuencia	Porcentaje
No	05	13.00%
Si	35	88.00%
Total	40	100.00%

Fuente. Instrumento de recolección de datos.

Figura 19

La congestión vehicular en la vía, es a causa del mal estado de la carpeta asfáltica



Fuente. Tabla 16.

Interpretación

Los resultados que se muestran en la Figura 20 y en la Tabla 16 son los siguientes: Sólo el 13% de encuestados está en desacuerdo con el 88% de encuestados que opina que el mal estado de la carpeta asfáltica de la Av. Universitaria - Pillco Marca - Huánuco es la causa de la congestión vehicular.

Tabla 17

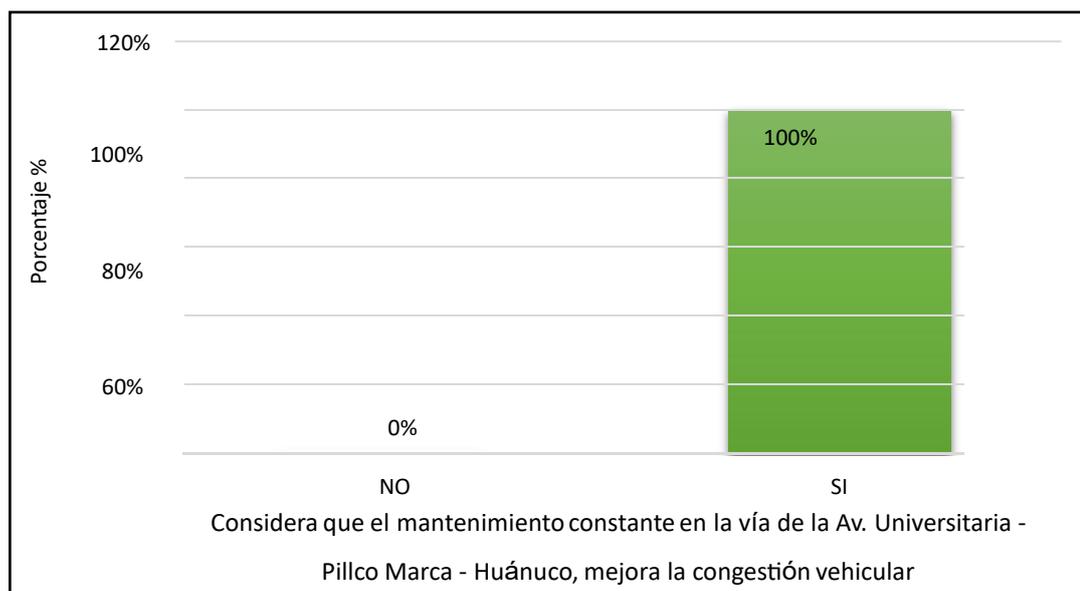
El mantenimiento constante de la vía, mejora la congestión vehicular

	Frecuencia	Porcentaje
No	00	00.00%
Si	40	100.00%
Total	40	100.00%

Fuente. Instrumento de recolección de datos.

Figura 20

El mantenimiento constante de la vía, mejora la congestión vehicular



Fuente. Tabla 17.

Interpretación

Los resultados que se muestran en la Figura 21 y la Tabla 17 son los siguientes: El 10% de los encuestados dice que la Av. Universidad, Pillco Marca y la carretera a Huánuco deberían mantenerse permanentemente para disminuir el tráfico; 0% dice lo contrario.

4.2. RESULTADOS INFERENCIALES

Después de realizar el trabajo de campo necesario y recopilar los datos requeridos, se identificaron todos los daños en la superficie asfáltica de la Avenida Universidad en Pillco Marca, Huánuco, teniendo en cuenta todos los parámetros establecidos en el método.

Figura 21

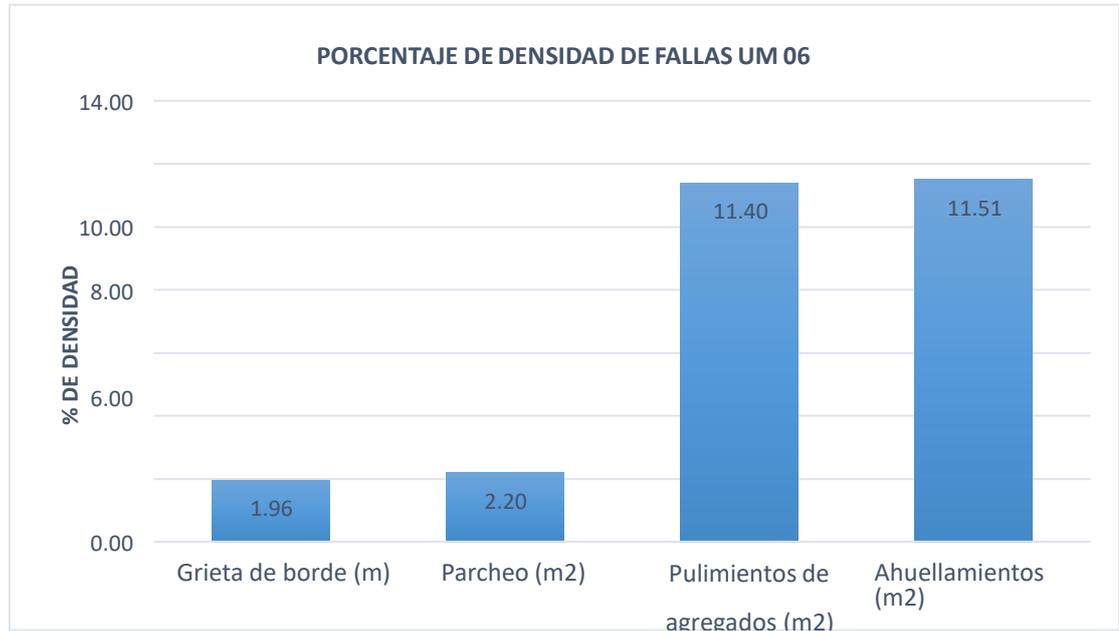
De la unidad muestral 06, de la progresiva 0+157.50 a la progresiva 0+189.00, Pillco Marca – Huánuco

UNIVERSIDAD DE HUANUCO							
HOJA PARA LA EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)							
PAVIMENTO FLEXIBLE CARPETA ASFALTICA							
LUGAR DE LA VIA:		Progresiva 0+000.00 - 03+900.00 Av. Universitaria - Pillco Marca - Huanuco			Area del tramo		
REALIZADO POR:		MARBIN JUNYOR AMBROSIO GAYOSO			229.95		
FECHA: Septiembre 2023		Tramo inicial 0+157.50		Tramo final 0+189.00			
TIPOS DE FALLAS				DIAGRAMA			
1 Piel de cocodrilo	m2	11 Parcheo	m2				
2 Exudacion	m2	12 Pulimientos de agregados	m2				
3 Agrietamiento en bloque	m2	13 Huecos / baches	und				
4 Agrietamiento y hundimiento	m	14 Cruce de ferrocarril	m2				
5 Corrugacion	m2	15 Ahuellamientos	m2				
6 Depresion	m2	16 Desplazamientos	m2				
7 Grieta de borde	m	17 Grieta parabolica	m2				
8 Grieta de reflexion de junta	m	18 Hinchamiento	m2				
9 Desnivel carril / berma	m	19 Desprendimiento de agregados	m2				
10 Grietas longitudinales y transversales	m						
NIVEL DE SEVERIDAD		UNIDAD DE MUESTREO	INTERV. DE UNI DE MEDIDA	NUMERO MAXIMO DE VD.			
LOW	BAJA	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2}$ Ecuación 1.	$i = \frac{N}{n}$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$		
MEDIUM	MEDIA	M					
HIGH	ALTA	H					
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES							
FALLA	UNIDAD	SEV.	LARG.	ANCH.	PROF.	TOTAL	
Grieta de borde	m	M	1.50			1.50	
Grieta de borde	m	M	1.20			1.20	
Grieta de borde	m	M	1.80			1.80	
Parcheo	m2	M	1.80	1.20		2.16	
Parcheo	m2	M	1.20	1.50		1.80	
Parcheo	m2	M	1.10	1.00		1.10	
Pulimientos de agregados	m2	M	2.50	3.10		7.75	
Pulimientos de agregados	m2	M	3.20	2.80		8.96	
Pulimientos de agregados	m2	M	3.80	2.50		9.50	
Ahuellamientos	m2	M	6.50	1.60		10.40	
Ahuellamientos	m2	M	5.20	1.80		9.36	
Ahuellamientos	m2	M	6.10	1.10		6.71	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES							
FALLA	UNIDAD	SEV.	TOTAL	DENS. %	VD	q	
Grieta de borde	m	M	4.50	1.96	14.00	4	
Parcheo	m2	M	5.06	2.20	13.00		
Pulimientos de agregados	m2	M	26.21	11.40	8.00		
Ahuellamientos	m2	M	26.47	11.51	39.00		
				VTD	74.00	m	6.60
CALCULO DEL PCI							
VALORES DEDUCIDOS				VDT	q	CDV	
39.00	14.00	13.00	8.00	74.00	4	42.00	
39.00	14.00	13.00	8.00	74.00	3	46.50	
39.00	14.00	2.00	2.00	57.00	2	41.60	
39.00	2.00	2.00	2.00	45.00	1	44.00	
RANGO	CLASIFICACION	SIMBOLOGIA	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> CLASIFICACION REGULAR </div>			MAX.CDV	46.5
(100 - 85)	Excelente					PCI	53.5
(85 - 70)	Muy Bueno						
(70 - 55)	Bueno						
(55 - 40)	Regular						
(40 - 25)	Malo						
(25 - 10)	Muy Malo						
(10 - 0)	Fallado						

Fuente. Manual PCI (2002).

Figura 22

Unidad muestral 06, de la progresiva 0+157.50 hasta la progresiva 0+189.00, Pillco Marca – Huánuco



Fuente. Figura 22.

Interpretación

Basándose en la unidad de muestra UM06, hay cuatro tipos de fallos. El surcado representa el mayor porcentaje de fallos (11,51%), seguido del pulido de áridos (11,40%), los fallos de parcheado (2,20%) y las grietas en los bordes (1,96%). El PCI de la sección es de 53,5, lo que indica una calidad regular del firme.

Figura 23

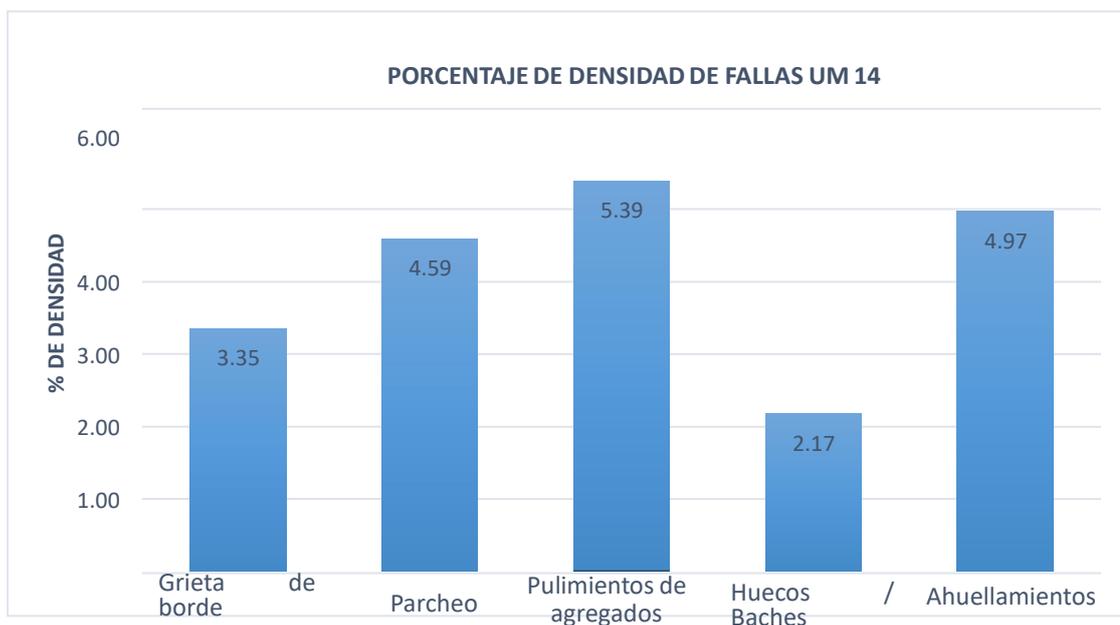
De la unidad muestral 14, de la progresiva 0+409.50 a la progresiva 0+441.00, Pillco Marca – Huánuco

UNIVERSIDAD DE HUANUCO							
HOJA PARA LA EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)							
PAVIMENTO FLEXIBLE CARPETA ASFALTICA							
LUGAR DE LA VIA:		Progresiva 0+000.00 - 03+900.00 Av. Universitaria - Pillco Marca - Huanuco			Area del tramo		
REALIZADO POR:		MARBIN JUNYOR AMBROSIO GAYOSO			229.95		
FECHA: Septiembre 2023		Tramo inicial	0+409.50	Tramo final	0+441.00		
TIPOS DE FALLAS					DIAGRAMA		
1 Piel de cocodrilo	m2	11 Parcheo	m2				
2 Exudacion	m2	12 Pulimientos de agregados	m2				
3 Agrietamiento en bloque	m2	13 Huecos / baches	und				
4 Agrietamiento y hundimiento	m	14 Cruce de ferrocarril	m2				
5 Corrugacion	m2	15 Ahuellamientos	m2				
6 Depresion	m2	16 Desplazamientos	m2				
7 Grieta de borde	m	17 Grieta parabolica	m2				
8 Grieta de reflexion de junta	m	18 Hinchamiento	m2				
9 Desnivel carril / berma	m	19 Desprendimiento de agregados	m2				
10 Grietas longitudinales y transversales	m						
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDAD DE MUESTREO	INTERV. DE UNI DE MEDIDA	NUMERO MAXIMO DE VD.		
LOW	BAJA	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2}$ Ecuación 1.	$i = \frac{N}{n}$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$		
MEDIUM	MEDIA	M					
HIGH	ALTA	H					
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES							
FALLA	UNIDAD	SEV.	LARG.	ANCH.	PROF.	TOTAL	
Grieta de borde	m	M	1.60			1.60	
Grieta de borde	m	M	2.20			2.20	
Grieta de borde	m	M	2.10			2.10	
Grieta de borde	m	M	1.80			1.80	
Parcheo	m2	M	1.50	1.10		1.65	
Parcheo	m2	M	1.80	1.50		2.70	
Parcheo	m2	M	1.60	1.40		2.24	
Parcheo	m2	M	1.70	1.30		2.21	
Parcheo	m2	M	1.60	1.10		1.76	
Pulimientos de agregados	m2	H	2.80	1.85		5.18	
Pulimientos de agregados	m2	H	2.50	1.70		4.25	
Pulimientos de agregados	m2	H	1.85	1.60		2.96	
Huecos / Baches	Und	M	3.00		0.15	3.00	
Huecos / Baches	Und	M	2.00		0.10	2.00	
Ahuellamientos	m2	L	2.50	1.60		4.00	
Ahuellamientos	m2	L	2.30	1.70		3.91	
Ahuellamientos	m2	L	2.20	1.60		3.52	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES							
FALLA	UNIDAD	SEV.	TOTAL	DENS. %	VD	q	
Grieta de borde	m	M	7.70	3.35	8.00		
Parcheo	m2	M	10.56	4.59	20.50		
Pulimientos de agregados	m2	H	12.39	5.39	2.40		
Huecos / Baches	Und	M	5.00	2.17	47.00		
Ahuellamientos	m2	L	11.43	4.97	20.00		
				VTD	97.90	m	5.87
CALCULO DEL PCI							
VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	CDV
47.00	20.50	20.00	8.00	2.40	97.90	5	50.50
47.00	20.50	20.00	8.00	2.00	97.50	4	55.50
47.00	20.50	20.00	2.00	2.00	91.50	3	57.50
47.00	20.50	2.00	2.00	2.00	73.50	2	52.50
47.00	2.00	2.00	2.00	2.00	55.00	1	54.50
RANGO	CLASIFICACION	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION			MAX. CDV	
(100 - 85)	Excelente		REGULAR			PCI	57.50
(85 - 70)	Muy Bueno					42.5	
(70 - 55)	Bueno						
(55 - 40)	Regular						
(40 - 25)	Malo						
(25 - 10)	Muy Malo						
(10 - 0)	Fallado						

Fuente. Manual PCI (2002).

Figura 24

Unidad muestral 14, de la progresiva 0+409.50 hasta la progresiva 0+441.00, Pillco Marca – Huánuco



Fuente. Figura 24.

Interpretación

La unidad de muestreo UM14 informa de que hay cinco fallos. De ellos, el pulido de áridos representa el mayor porcentaje con un 5,39%. Las roderas ocupan el segundo lugar, con un 4,97%, seguidas de los parches, con un 4,59%, las fisuras en los bordes, con un 3,35%, y los huecos y baches, con un 2,17%. El PCI del tramo es de 42,5, lo que indica una calidad regular del firme.

Figura 25

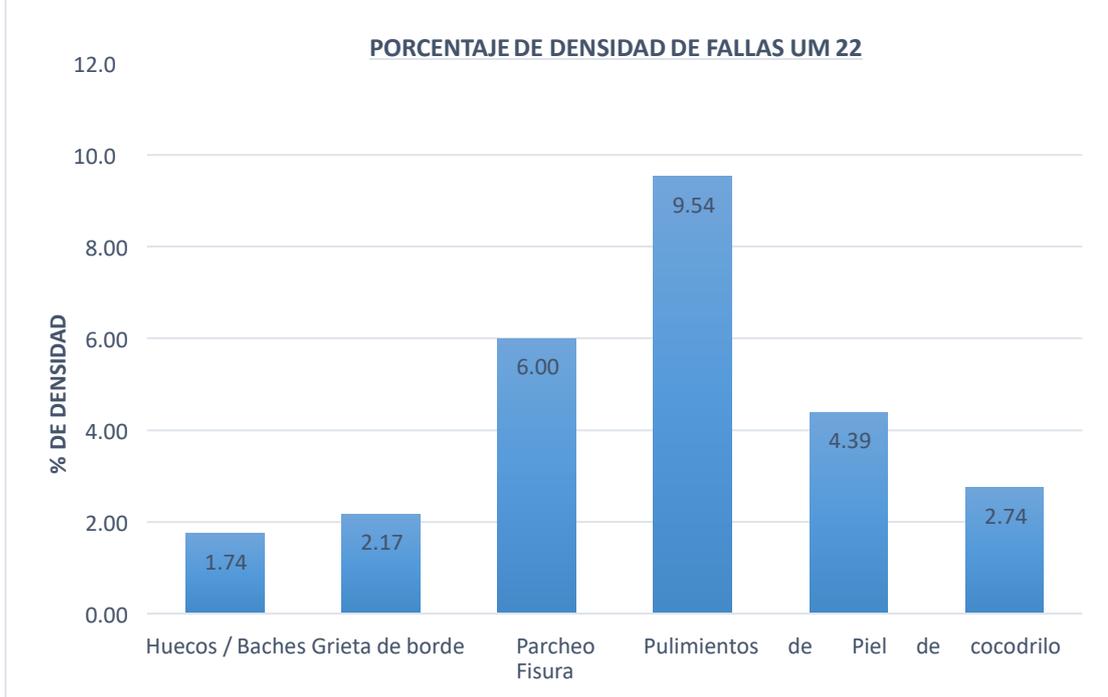
De la unidad muestral 22, de la progresiva 0+661.50 a la progresiva 0+693.00, Pillco Marca – Huánuco

UNIVERSIDAD DE HUANUCO									
HOJA PARA LA EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)									
PAVIMENTO FLEXIBLE CARPETA ASFALTICA									
LUGAR DE LA VIA:		Progresiva 0+000.00 - 03+900.00 Av. Universitaria - Pillco Marca - Huanuco			Area del tramo				
REALIZADO POR:		MARBIN JUNYOR AMBROSIO GAYOSO			229.95				
FECHA: Septiembre 2023		Tramo inicial 0+661.50		Tramo final 0+693.00					
TIPOS DE FALLAS					DIAGRAMA				
1 Piel de cocodrilo	m2	11 Parcheo	m2						
2 Exudacion	m2	12 Pulimientos de agregados	m2						
3 Agrietamiento en bloque	m2	13 Huecos / baches	und						
4 Agrietamiento y hundimiento	m	14 Cruce de ferrocarril	m2						
5 Corrugacion	m2	15 Ahuellamientos	m2						
6 Depresion	m2	16 Desplazamientos	m2						
7 Grieta de borde	m	17 Grieta parabolica	m2						
8 Grieta de reflexion de junta	m	18 Hinchamiento	m2						
9 Desnivel carril / berma	m	19 Desprendimiento de agregados	m2						
10 Grietas longitudinales y transversales	m								
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDAD DE MUESTREO	INTERV. DE UNI DE MEDIDA	NUMERO MAXIMO DE VD.				
LOW	BAJA	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2}$ Ecuación 1.	$i = \frac{N}{n}$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$				
MEDIUM	MEDIA	M							
HIGH	ALTA	H							
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES									
FALLA	UNIDAD	SEV.	LARG.	ANCH.	PROF.	TOTAL			
Huecos / Baches	Und	M	3.00		0.10	3.00			
Huecos / Baches	Und	M	1.00		1.15	1.00			
Grieta de borde	m	M	3.50			3.50			
Grieta de borde	m	M	1.50			1.50			
Parcheo	m2	M	1.95	1.60		3.12			
Parcheo	m2	M	2.80	1.50		4.20			
Parcheo	m2	M	2.40	1.35		3.24			
Parcheo	m2	M	2.10	1.54		3.23			
Pulimientos de agregados	m2	H	3.50	2.50		8.75			
Pulimientos de agregados	m2	H	3.10	2.80		8.68			
Pulimientos de agregados	m2	H	2.50	1.80		4.50			
Piel de cocodrilo	m2	M	2.60	2.50		6.50			
Piel de cocodrilo	m2	M	2.00	1.80		3.60			
Fisura longitudinal	m	M	3.50			3.50			
Fisura longitudinal	m	M	2.80			2.80			
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES									
FALLA	UNIDAD	SEV.	TOTAL	DENS. %	VD	q			
Huecos / Baches	Und	M	4.00	1.74	39.50	6			
Grieta de borde	m	M	5.00	2.17	5.50				
Parcheo	m2	M	13.79	6.00	22.00				
Pulimientos de agregados	m2	H	21.93	9.54	2.50				
Piel de cocodrilo	m2	M	10.10	4.39	38.00				
Fisura longitudinal	m2	M	6.30	2.74	7.50				
				VTD	107.50	m	6.56		
CALCULO DEL PCI									
VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	CDV	
39.50	38.00	22.00	7.50	5.50	2.50	115.00	6	56.00	
39.50	38.00	22.00	7.50	5.50	2.00	114.50	5	55.50	
39.50	38.00	22.00	7.50	2.00	2.00	111.00	4	64.00	
39.50	38.00	22.00	2.00	2.00	2.00	105.50	3	63.50	
39.50	38.00	2.00	2.00	2.00	2.00	85.50	2	61.00	
39.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	49.50	1	48.00	
RANGO	CLASIFICACION	SIMBOLOGIA					MAX.CDV	64.00	
(100 - 85)	Excelente		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> CLASIFICACION MUY MALO </div>				PCI	36.00	
(85 - 70)	Muy Bueno								
(70 - 55)	Bueno								
(55 - 40)	Regular								
(40 - 25)	Malo								
(25 - 10)	Muy Malo								
(10 - 0)	Fallado								

Fuente. Manual PCI (2002).

Figura 26

Unidad muestral 22, de la progresiva 0+661.50 hasta la progresiva 0+693.00, Pillco Marca – Huánuco



Fuente. Figura 26.

Interpretación

El PCI de 36,00 de la sección, según indican los resultados, indica una calidad de pavimento extremadamente baja. La unidad de muestreo UM22 informa de seis fallos. Con un 9,54%, el pulido de áridos presenta el mayor porcentaje de fallos, seguido de los fallos de parcheado con un 6,00%. Además, hay huecos y baches con un 1,74%, grietas en los bordes con un 2,17%, fallos de grietas longitudinales con un 2,74% y fallos de tipo piel de cocodrilo con un 4,39%.

Figura 27

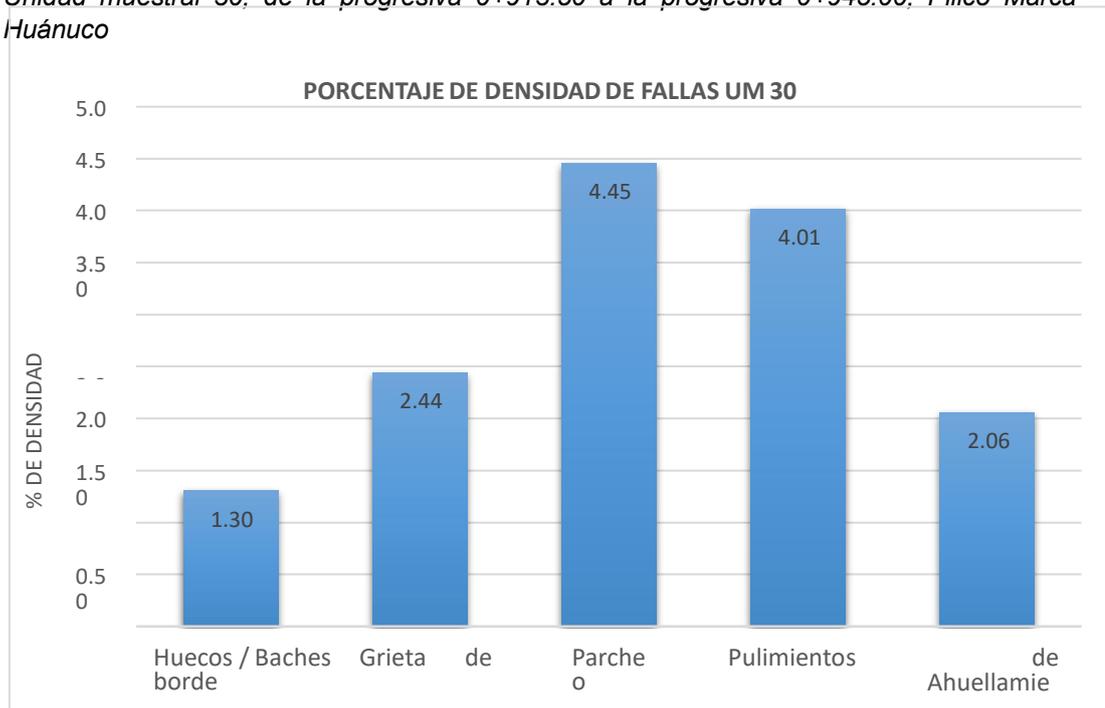
De la unidad muestral 30, de la progresiva 0+913.50 a la progresiva 0+945.00, Pillco Marca – Huánuco

UNIVERSIDAD DE HUANUCO							
HOJA PARA LA EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)							
PAVIMENTO FLEXIBLE CARPETA ASFALTICA							
LUGAR DE LA VIA:		Progresiva 0+000.00 - 03+900.00 Av. Universitaria - Pillco Marca - Huanuco			Area del tramo		
REALIZADO POR:		MARBIN JUNYOR AMBROSIO GAYOSO			229.95		
FECHA: Septiembre 2023		Tramo inicial 0+913.50		Tramo final 0+945.00			
TIPOS DE FALLAS				DIAGRAMA			
1 Piel de cocodrilo	m2	11 Parcheo	m2				
2 Exudacion	m2	12 Pulimientos de agregados	m2				
3 Agrietamiento en bloque	m2	13 Huecos / baches	und				
4 Agrietamiento y hundimiento	m	14 Cruce de ferrocarril	m2				
5 Corrugacion	m2	15 Ahuellamientos	m2				
6 Depresion	m2	16 Desplazamientos	m2				
7 Grieta de borde	m	17 Grieta parabolica	m2				
8 Grieta de reflexion de junta	m	18 Hinchamiento	m2				
9 Desnivel carril / berma	m	19 Desprendimiento de agregados	m2				
10 Grietas longitudinales y transversales	m	UNIDAD DE MUESTREO	INTERV. DE UNI DE MEDIDA				NUMERO MAXIMO DE VD.
NIVEL DE SEVERIDAD		$n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2}$ Ecuación 1.	$i = \frac{N}{n}$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$			
LOW	BAJA						L
MEDIUM	MEDIA						M
HIGH	ALTA						H
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES							
FALLA	UNIDAD	SEV.	LARG.	ANCH.	PROF.	TOTAL	
Huecos / Baches	Und	M	2.00		0.15	2.00	
Huecos / Baches	Und	M	1.00		0.10	1.00	
Grieta de borde	m	M	2.50			2.50	
Grieta de borde	m	M	3.10			3.10	
Parcheo	m2	M	2.50	1.00		2.50	
Parcheo	m2	M	2.10	1.80		3.78	
Parcheo	m2	M	2.60	1.40		3.64	
Parcheo	m2	M	0.80	0.40		0.32	
Pulimientos de agregados	m2	M	2.80	1.80		5.04	
Pulimientos de agregados	m2	M	1.80	0.80		1.44	
Pulimientos de agregados	m2	M	2.50	1.10		2.75	
Piel de cocodrilo	m2	M	2.50	0.90		2.25	
Piel de cocodrilo	m2	M	3.10	0.80		2.48	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES							
FALLA	UNIDAD	SEV.	TOTAL	DENS. %	VD	q	
Huecos / Baches	Und	L	3.00	1.30	24.00	5	
Grieta de borde	m	M	5.60	2.44	7.00		
Parcheo	m2	M	10.24	4.45	20.00		
Pulimientos de agregados	m2	M	9.23	4.01	2.30		
Ahuellamientos	m2	M	4.73	2.06	25.00		
				VTD	78.30	m	7.98
CALCULO DEL PCI							
VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	CDV
24.00	20.00	25.00	7.00	2.30	78.30	5	39.50
24.00	20.00	25.00	7.00	2.00	78.00	4	39.00
24.00	20.00	25.00	2.00	2.00	73.00	3	46.00
24.00	20.00	2.00	2.00	2.00	50.00	2	36.50
24.00	2.00	2.00	2.00	2.00	32.00	1	32.00
RANGO	CLASIFICACION	SIMBOLOGIA				MAX.CDV	46.00
(100 - 85)	Excelente		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> CLASIFICACION REGULAR </div>			PCI	54
(85 - 70)	Muy Bueno						
(70 - 55)	Bueno						
(55 - 40)	Regular						
(40 - 25)	Malo						
(25 - 10)	Muy Malo						
(10 - 0)	Fallado						

Fuente. Manual PCI (2002).

Figura 28

Unidad muestral 30, de la progresiva 0+913.50 a la progresiva 0+945.00, Pillco Marca – Huánuco



Fuente. Figura 28.

Interpretación

La unidad de muestreo UM30 registra cinco fallos, de los cuales el parcheado representa el porcentaje más alto con un 4,45%. El pulido de los áridos ocupa el segundo lugar, con un 4,01%, seguido de las grietas en los bordes, con un 2,44%, las roderas, con un 2,06%, y los huecos y baches, con un 1,30%. El PCI del tramo es de 54,00, lo que indica una calidad regular del firme.

Figura 29

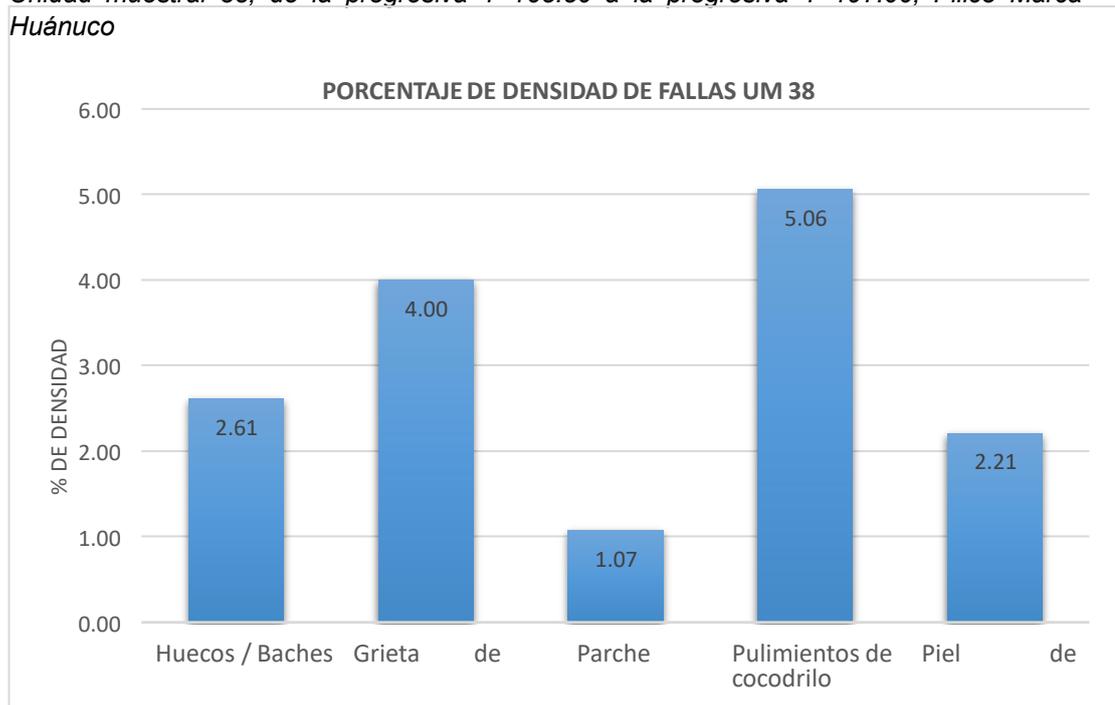
De la unidad muestral 38, de la progresiva 1+165.50 a la progresiva 1+197.00, Pillco Marca – Huánuco

UNIVERSIDAD DE HUANUCO								
HOJA PARA LA EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)								
PAVIMENTO FLEXIBLE CARPETA ASFALTICA								
LUGAR DE LA VIA:		Progresiva 0+000.00 - 03+900.00 Av. Universitaria - Pillco Marca - Huanuco			Area del tramo			
REALIZADO POR:		MARBIN JUNYOR AMBROSIO GAYOSO			229.95			
FECHA: Septiembre 2023		Tramo inicial 1+165.50		Tramo final 1+197.00				
TIPOS DE FALLAS				DIAGRAMA				
1 Piel de cocodrilo	m2	11 Parcheo	m2					
2 Exudacion	m2	12 Pulimientos de agregados	m2					
3 Agrietamiento en bloque	m2	13 Huecos / baches	und					
4 Agrietamiento y hundimiento	m	14 Cruce de ferrocarril	m2					
5 Corrugacion	m2	15 Ahuellamientos	m2					
6 Depresion	m2	16 Desplazamientos	m2					
7 Grieta de borde	m	17 Grieta parabolica	m2					
8 Grieta de reflexion de junta	m	18 Hinchamiento	m2					
9 Desnivel carril / berma	m	19 Desprendimiento de agregados	m2					
10 Grietas longitudinales y transversales	m							
NIVEL DE SEVERIDAD		UNIDAD DE MUESTREO		INTERV. DE UNI DE MEDIDA		NUMERO MAXIMO DE VD.		
LOW	BAJA	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 - x(N-1) + \sigma^2}$ Ecuación 1.	$i = \frac{N}{n}$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$			
MEDIUM	MEDIA	M						
HIGH	ALTA	H						
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES								
FALLA	UNIDAD	SEV.	LARG.	ANCH.	PROF.	TOTAL		
Huecos / Baches	Und	H	3.00		0.10	3.00		
Huecos / Baches	Und	H	3.00		0.15	3.00		
Grieta de borde	m	H	5.00			5.00		
Grieta de borde	m	H	4.20			4.20		
Parcheo	m2	M	1.20	0.60		0.72		
Parcheo	m2	M	1.40	0.70		0.98		
Parcheo	m2	M	0.80	0.40		0.32		
Parcheo	m2	M	0.90	0.50		0.45		
Pulimientos de agregados	m2	M	3.50	1.60		5.60		
Pulimientos de agregados	m2	M	3.10	0.90		2.79		
Pulimientos de agregados	m2	M	3.60	0.90		3.24		
Piel de cocodrilo	m2	M	3.20	0.80		2.56		
Piel de cocodrilo	m2	M	3.60	0.70		2.52		
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES								
FALLA	UNIDAD	SEV.	TOTAL	DENS. %	VD	q		
Huecos / Baches	Und	H	6.00	2.61	70.50	5		
Grieta de borde	m	H	9.20	4.00	12.00			
Parcheo	m2	M	2.47	1.07	9.50			
Pulimientos de agregados	m2	M	11.63	5.06	3.00			
Piel de cocodrilo	m2	M	5.08	2.21	31.00			
				VTD	126.00	m	3.71	
CALCULO DEL PCI								
VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	CDV
70.50	31.00	12.00	9.50	3.00		126.00	5	65.00
70.50	31.00	12.00	9.50	2.00		125.00	4	64.00
70.50	31.00	12.00	2.00	2.00		117.50	3	71.50
70.50	31.00	2.00	2.00	2.00		107.50	2	74.50
70.50	2.00	2.00	2.00	2.00		78.50	1	78.00
RANGO	CLASIFICACION	SIMBOLOGIA	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: auto;"> CLASIFICACION MUY MALO </div>				MAX.CDV	78.00
(100 - 85)	Excelente						PCI	22
(85 - 70)	Muy Bueno							
(70 - 55)	Bueno							
(55 - 40)	Regular							
(40 - 25)	Malo							
(25 - 10)	Muy Malo							
(10 - 0)	Fallado							

Fuente. Manual PCI (2002).

Figura 30

Unidad muestral 38, de la progresiva 1+165.50 a la progresiva 1+197.00, Pillco Marca – Huánuco



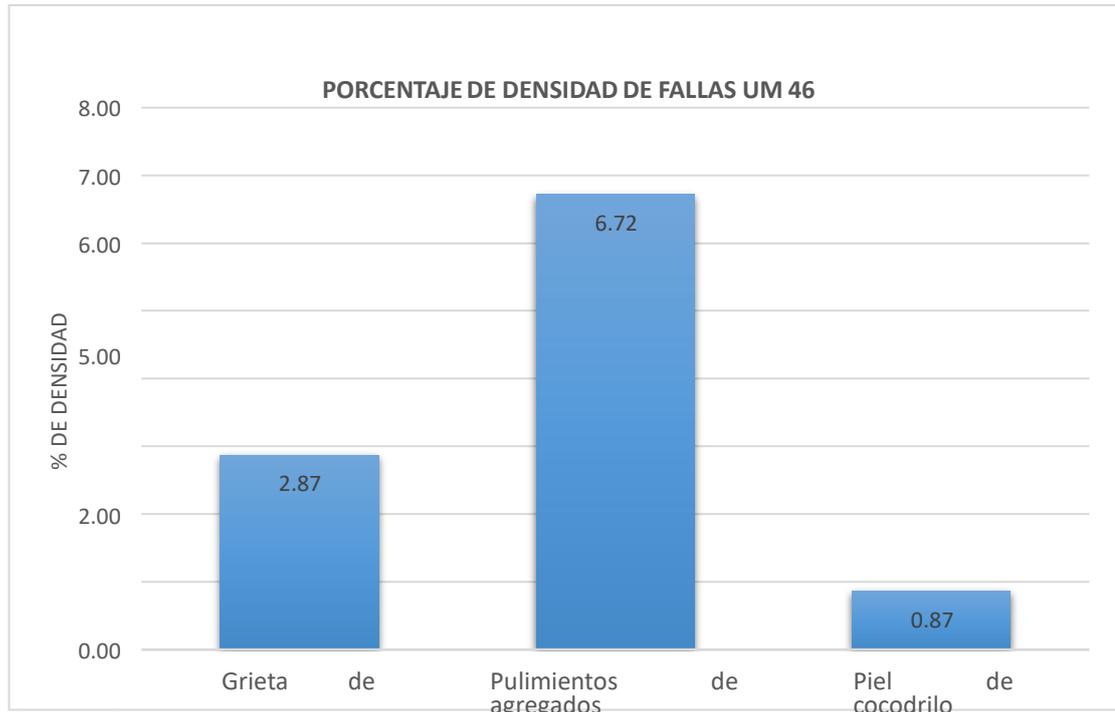
Fuente. Figura 30.

Interpretación

Muestreo UM38 informa de que hay cinco fallos. De ellos, el pulido de agregados tiene el mayor porcentaje de fallos con un 5,06%. Las grietas en los bordes ocupan el segundo lugar con un 4,00%. Otros fallos incluyen vacíos y baches con un 2,61%, fallos de piel de cocodrilo con un 2,21%, y vacíos y baches con un 2,61%. El PCI de la sección es de 22,00, lo que indica una calidad de pavimento extremadamente mala.

Figura 32

Unidad muestral 46, de la progresiva 1+417.50 a la progresiva 1+449.00, Pillco Marca – Huánuco



Fuente. Figura 32.

Interpretación

La unidad de muestreo UM46 indica que hay tres tipos diferentes de fallos. La tasa de fallos más alta es del 6,72% para el pulido de áridos, seguida del 2,87% para el agrietamiento de los bordes y del 0,87% para los fallos de tipo piel de cocodrilo. EIPCI de la sección es de 85,00, lo que indica una calidad de pavimento muy buena.

Figura 33

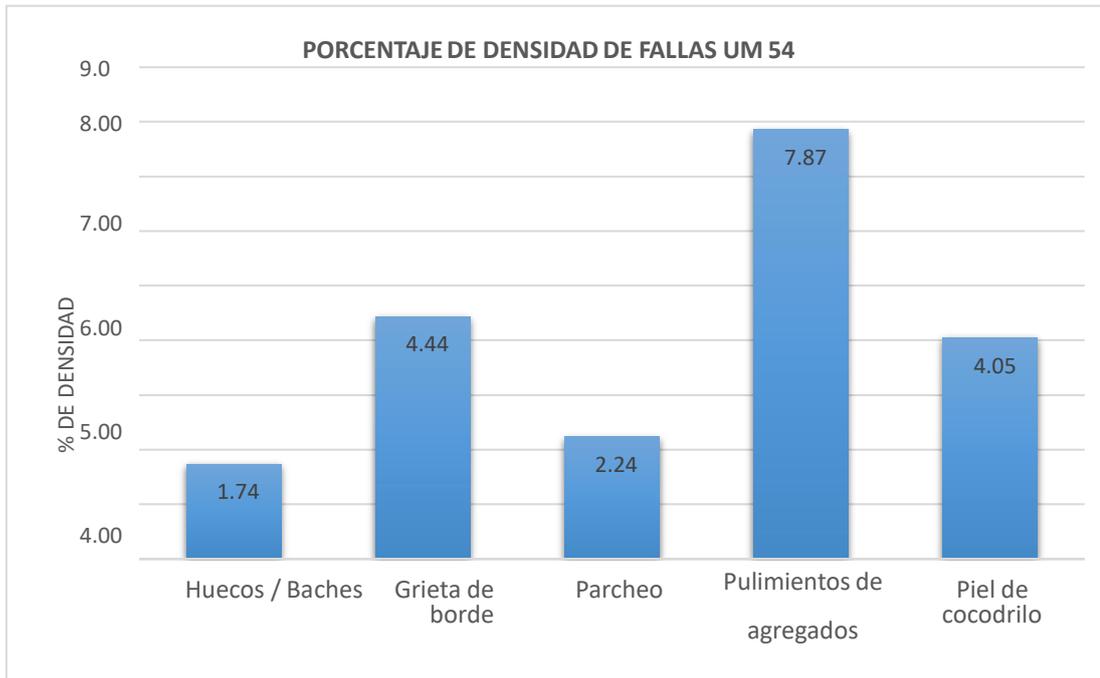
De la unidad muestral 54, de la progresiva 1+669.50 a la progresiva 1+701.00, Pillco Marca – Huánuco

UNIVERSIDAD DE HUANUCO							
HOJA PARA LA EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)							
PAVIMENTO FLEXIBLE CARPETA ASFALTICA							
LUGAR DE LA VIA:		Progresiva 0+000.00 - 03+900.00 Av. Universitaria - Pillco Marca - Huanuco				Area del tramo	
REALIZADO POR:		MARBIN JUNYOR AMBROSIO GAYOSO				229.95	
FECHA: Septiembre 2023		Tramo inicial 1+669.50		Tramo final 1+701.00			
TIPOS DE FALLAS				DIAGRAMA			
1 Piel de cocodrilo	m2	11 Parcheo	m2				
2 Exudacion	m2	12 Pulimientos de agregados	m2				
3 Agrietamiento en bloque	m2	13 Huecos / baches	und				
4 Agrietamiento y hundimiento	m	14 Cruce de ferrocarril	m2				
5 Corrugacion	m2	15 Ahuellamientos	m2				
6 Depresion	m2	16 Desplazamientos	m2				
7 Grieta de borde	m	17 Grieta parabolica	m2				
8 Grieta de reflexion de junta	m	18 Hinchamiento	m2				
9 Desnivel carril / berma	m	19 Desprendimiento de agregados	m2				
10 Grietas longitudinales y transversales	m						
NIVEL DE SEVERIDAD		UNIDAD DE MUESTREO	INTERV. DE UNI DE MEDIDA	NUMERO MAXIMO DE VD.			
LOW	BAJA	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2} \text{ Ecuación 1.}$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$			
MEDIUM	MEDIA	M					
HIGH	ALTA	H					
			$i = \frac{N}{n}$				
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES							
FALLA	UNIDAD	SEV.	LARG.	ANCH.	PROF.	TOTAL	
Huecos / Baches	Und	M	2.00		0.10	2.00	
Huecos / Baches	Und	M	2.00		0.15	2.00	
Grieta de borde	m	M	3.50			3.50	
Grieta de borde	m	M	4.20			4.20	
Grieta de borde	m	M	2.50			2.50	
Parcheo	m2	M	1.80	0.80		1.44	
Parcheo	m2	M	0.80	0.50		0.40	
Parcheo	m2	M	2.20	1.50		3.30	
Pulimientos de agregados	m2	M	4.50	2.50		11.25	
Pulimientos de agregados	m2	M	3.80	1.80		6.84	
Piel de cocodrilo	m2	L	4.50	0.95		4.28	
Piel de cocodrilo	m2	L	2.80	1.80		5.04	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES							
FALLA	UNIDAD	SEV.	TOTAL	DENS. %	VD	q	
Huecos / Baches	Und	M	4.00	1.74	41.00	5	
Grieta de borde	m	M	10.20	4.44	9.00		
Parcheo	m2	M	5.14	2.24	12.00		
Pulimientos de agregados	m2	M	18.09	7.87	3.00		
Piel de cocodrilo	m2	L	9.32	4.05	22.00		
				VTD	87.00	m	6.42
CALCULO DEL PCI							
VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	CDV
41.00	22.00	12.00	9.00	3.00	87.00	5	44.00
41.00	22.00	12.00	9.00	2.00	86.00	4	48.50
41.00	22.00	12.00	2.00	2.00	79.00	3	50.50
41.00	22.00	2.00	2.00	2.00	69.00	2	50.00
41.00	2.00	2.00	2.00	2.00	49.00	1	49.00
RANGO	CLASIFICACION	SIMBOLOGIA				MAX. CDV	50.50
(100 - 85)	Excelente		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> CLASIFICACION REGULAR </div>			PCI	49.5
(85 - 70)	Muy Bueno						
(70 - 55)	Bueno						
(55 - 40)	Regular						
(40 - 25)	Malo						
(25 - 10)	Muy Malo						
(10 - 0)	Fallado						

Fuente. Manual PCI (2002).

Figura 34

Unidad muestral 54, de la progresiva 1+669.50 a la progresiva 1+701.00, Pillco Marca – Huánuco



Fuente. Figura 34.

Interpretación

Según los resultados, la sección tiene una calidad de pavimento aceptable, con un PCI de 49,50. La unidad de muestreo UM54 notificó cinco fallos. El proceso de pulido de los áridos presenta el mayor índice de fallos (7,87%). Le siguen los fallos por baches (4,05%), los fallos por grietas en los bordes (4,44%), los fallos de tipo piel de cocodrilo (4,05%) y los huecos y baches (1,74%).

Figura 35

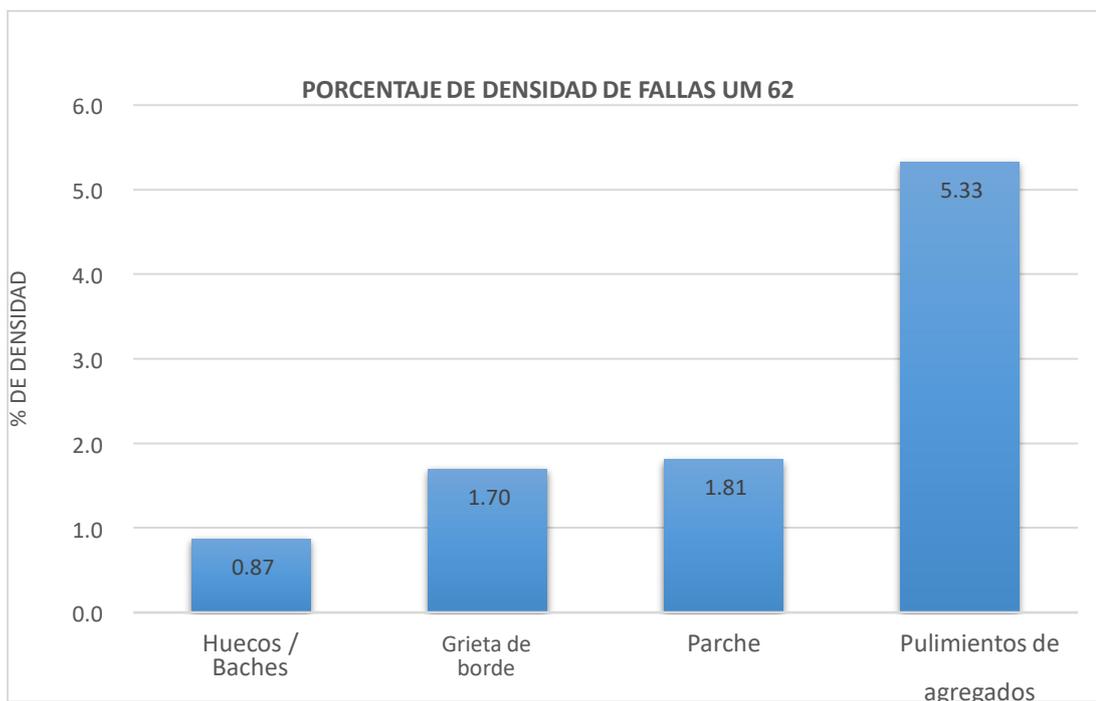
De la unidad muestral 62, de la progresiva 1+912.50 a la progresiva 1+953.00, Pillco Marca – Huánuco

UNIVERSIDAD DE HUANUCO								
HOJA PARA LA EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)								
PAVIMENTO FLEXIBLE CARPETA ASFALTICA								
LUGAR DE LA VIA:		Progresiva 0+000.00 - 03+900.00 Av. Universitaria - Pillco Marca - Huanuco				Area del tramo		
REALIZADO POR:		MARBIN JUNYOR AMBROSIO GAYOSO				229.95		
FECHA: Septiembre 2023		Tramo inicial 1+912.50		Tramo final 1+953.00				
TIPOS DE FALLAS						DIAGRAMA		
1 Piel de cocodrilo	m2	11 Parcheo	m2					
2 Exudacion	m2	12 Pulimientos de agregados	m2					
3 Agrietamiento en bloque	m2	13 Huecos / baches	und					
4 Agrietamiento y hundimiento	m	14 Cruce de ferrocarril	m2					
5 Corrugacion	m2	15 Ahuellamientos	m2					
6 Depresion	m2	16 Desplazamientos	m2					
7 Grieta de borde	m	17 Grieta parabolica	m2					
8 Grieta de reflexion de junta	m	18 Hinchamiento	m2					
9 Desnivel carril / berma	m	19 Desprendimiento de agregados	m2					
10 Grietas longitudinales y transversales	m							
NIVEL DE SEVERIDAD		UNIDAD DE MUESTREO	INTERV. DE UNI DE MEDIDA	NUMERO MAXIMO DE VD.				
LOW	BAJA	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2}$ Ecuación 1.	$i = \frac{N}{n}$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$			
MEDIUM	MEDIA	M						
HIGH	ALTA	H						
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES								
FALLA	UNIDAD	SEV.	LARG.	ANCH.	PROF.	TOTAL		
Huecos / Baches	Und	M	2.00		0.10	2.00		
Grieta de borde	m	M	2.10			2.10		
Grieta de borde	m	M	1.80			1.80		
Parcheo	m2	M	1.50	0.60		0.90		
Parcheo	m2	M	1.60	0.80		1.28		
Parcheo	m2	M	1.80	1.10		1.98		
Pulimientos de agregados	m2	M	3.10	2.50		7.75		
Pulimientos de agregados	m2	M	2.50	1.80		4.50		
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES								
FALLA	UNIDAD	SEV.	TOTAL	DENS. %	VD	q		
Huecos / Baches	Und	L	2.00	0.87	19.00	4		
Grieta de borde	m	M	3.90	1.70	6.50			
Parcheo	m2	M	4.16	1.81	29.00			
Pulimientos de agregados	m2	L	12.25	5.33	2.10			
				VTD	56.60	m	7.52	
CALCULO DEL PCI								
VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	CDV	
29.00	19.00	6.50	2.10		56.60	4	30.50	
29.00	19.00	6.50	2.00		56.50	3	35.50	
29.00	19.00	2.00	2.00		52.00	2	38.00	
29.00	2.00	2.00	2.00		35.00	1	34.00	
RANGO	CLASIFICACION	SIMBOLOGIA					MAX.CDV	38.00
(100 - 85)	Excelente		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> CLASIFICACION BUENO </div>				PCI	62
(85 - 70)	Muy Bueno							
(70 - 55)	Bueno							
(55 - 40)	Regular							
(40 - 25)	Malo							
(25 - 10)	Muy Malo							
(10 - 0)	Fallado							

Fuente. Manual PCI (2002).

Figura 36

Unidad muestral 62, de la progresiva 1+912.50 a la progresiva 1+953.00, Pillco Marca – Huánuco



Fuente. Figura 36.

Interpretación

La sección tiene un PCI de 62, indicativo de una buena calidad del firme, según los resultados. La unidad de muestra UM62 revela cuatro fallos. El motivo del mayor porcentaje de fallos (5,33%) es el pulido de los áridos. Le siguen los fallos debidos a grietas en los bordes, huecos y baches, que representan el 1,81%, el 1,70% y el 0,87% del total.

Figura 37

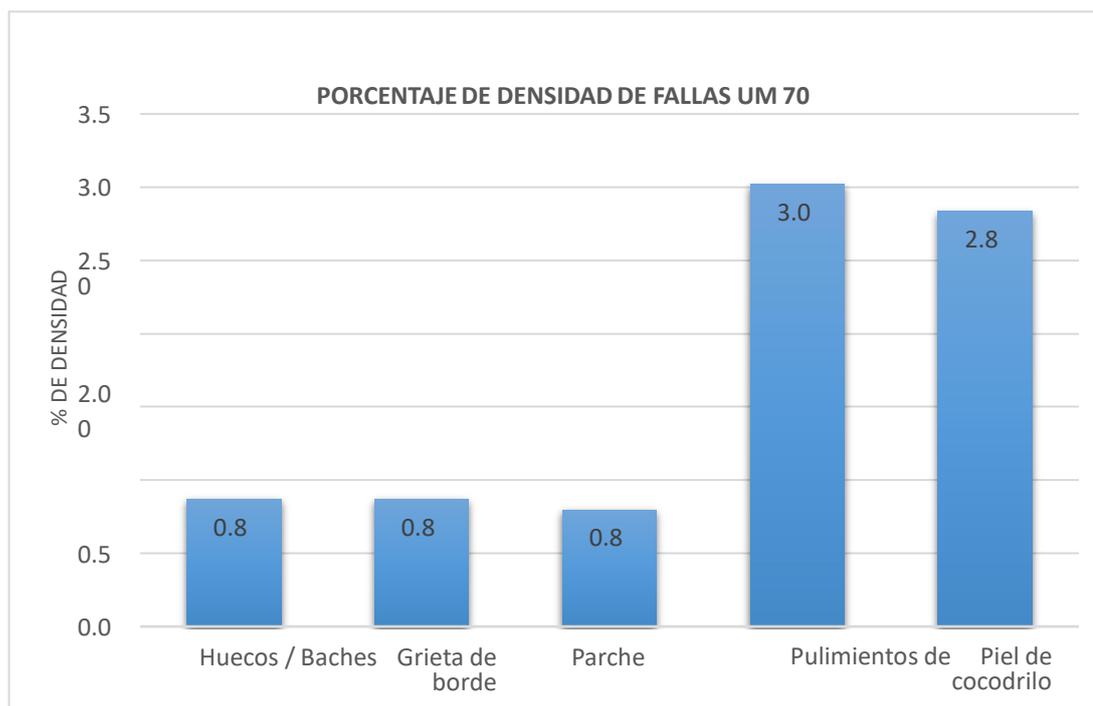
De la unidad muestral 70, de la progresiva 2+173.50 a la progresiva 2+205.00, Pillco Marca – Huánuco

UNIVERSIDAD DE HUANUCO							
HOJA PARA LA EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)							
PAVIMENTO FLEXIBLE CARPETA ASFALTICA							
LUGAR DE LA VIA:		Progresiva 0+000.00 - 03+900.00 Av. Universitaria - Pillco Marca - Huanuco			Area del tramo		
REALIZADO POR:		MARBIN JUNYOR AMBROSIO GAYOSO			229.95		
FECHA: Septiembre 2023		Tramo inicial 2+173.50		Tramo final 2+205.00			
TIPOS DE FALLAS					DIAGRAMA		
1 Piel de cocodrilo	m2	11 Parcheo		m2			
2 Exudacion	m2	12 Pulimientos de agregados		m2			
3 Agrietamiento en bloque	m2	13 Huecos / baches		und			
4 Agrietamiento y hundimiento	m	14 Cruce de ferrocarril		m2			
5 Corrugacion	m2	15 Ahuellamientos		m2			
6 Depresion	m2	16 Desplazamientos		m2			
7 Grieta de borde	m	17 Grieta parabolica		m2			
8 Grieta de reflexion de junta	m	18 Hinchamiento		m2			
9 Desnivel carril / berma	m	19 Desprendimiento de agregados		m2			
10 Grietas longitudinales y transversales	m						
NIVEL DE SEVERIDAD		UNIDAD DE MUESTREO	INTERV. DE UNI DE MEDIDA	NUMERO MAXIMO DE VD.			
LOW	BAJA	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2}$ Ecuación 1.	$i = \frac{N}{n}$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$		
MEDIUM	MEDIA	M					
HIGH	ALTA	H					
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES							
FALLA	UNIDAD	SEV.	LARG.	ANCH.	PROF.	TOTAL	
Huecos / Baches	Und	L	2.00		0.05	2.00	
Grieta de borde	m	L	0.80			0.80	
Grieta de borde	m	L	1.20			1.20	
Parcheo	m2	M	0.90	0.50		0.45	
Parcheo	m2	M	1.20	0.60		0.72	
Parcheo	m2	M	1.10	0.60		0.66	
Pulimientos de agregados	m2	M	2.50	1.60		4.00	
Pulimientos de agregados	m2	M	2.10	1.40		2.94	
Piel de cocodrilo	m2	L	2.60	1.40		3.64	
Piel de cocodrilo	m2	L	2.40	1.20		2.88	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES							
FALLA	UNIDAD	SEV.	TOTAL	DENS. %	VD	q	
Huecos / Baches	Und	L	2.00	0.87	19.00	5	
Grieta de borde	m	M	2.00	0.87	5.50		
Parcheo	m2	M	1.83	0.80	28.00		
Pulimientos de agregados	m2	L	6.94	3.02	2.10		
Piel de cocodrilo	m2	L	6.52	2.84	19.50		
				VTD	74.10	m	7.61
CALCULO DEL PCI							
VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	CDV
28.00	19.50	19.00	5.50	2.10	74.10	5	37.00
28.00	19.50	19.00	5.50	2.00	74.00	4	41.00
28.00	19.50	19.00	2.00	2.00	70.50	3	45.50
28.00	19.50	2.00	2.00	2.00	53.50	2	39.00
28.00	2.00	2.00	2.00	2.00	36.00	1	36.00
RANGO	CLASIFICACION	SIMBOLOGIA				MAX.CDV	45.50
(100 - 85)	Excelente		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> CLASIFICACION REGULAR </div>			PCI	54.5
(85 - 70)	Muy Bueno						
(70 - 55)	Bueno						
(55 - 40)	Regular						
(40 - 25)	Malo						
(25 - 10)	Muy Malo						
(10 - 0)	Fallado						

Fuente. Manual PCI (2002).

Figura 38

Unidad muestral 70, de la progresiva 2+173.50 a la progresiva 2+205.00, Pillco Marca – Huánuco



Fuente. Figura 38.

Interpretación

La unidad de muestra UM70 revela cinco fallos. La tasa de fallos más alta es del 3,02% para el pulido de áridos, seguida del 2,84% para el tipo piel de cocodrilo, el 0,87% para las grietas en los bordes, el 0,87% para los huecos y baches y el 0,80% para el parcheado. La calidad del pavimento del tramo se considera regular, como indica el PCI de 54,5.

Figura 39

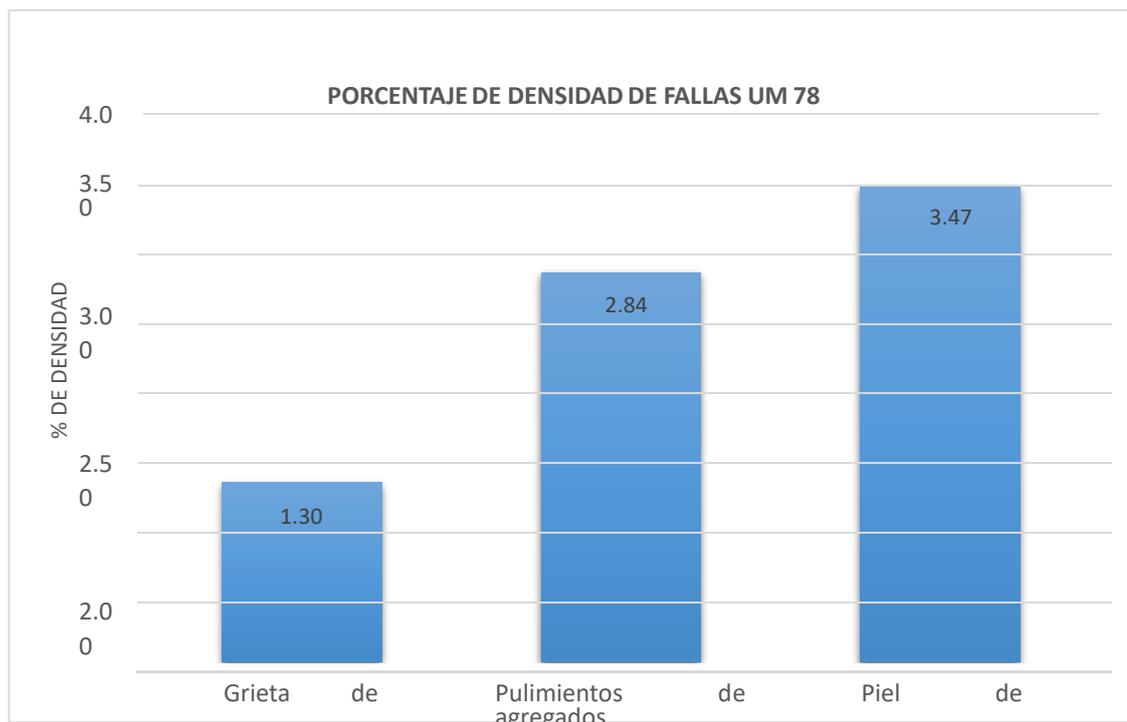
De la unidad muestral 78, de la progresiva 2+425.50 a la progresiva 2+457.00, Pillco Marca – Huánuco

UNIVERSIDAD DE HUANUCO							
HOJA PARA LA EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)							
PAVIMENTO FLEXIBLE CARPETA ASFALTICA							
LUGAR DE LA VIA:		Progresiva 0+000.00 - 03+900.00 Av. Universitaria - Pillco Marca - Huanuco					
REALIZADO POR:		MARBIN JUNYOR AMBROSIO GAYOSO			Area del tramo		
FECHA: Septiembre 2023		Tramo inicial 2+425.50	Tramo final 2+457.00	229.95			
TIPOS DE FALLAS				DIAGRAMA			
1 Piel de cocodrilo	m2	11 Parcheo	m2				
2 Exudacion	m2	12 Pulimientos de agregados	m2				
3 Agrietamiento en bloque	m2	13 Huecos / baches	und				
4 Agrietamiento y hundimiento	m	14 Cruce de ferrocarril	m2				
5 Corrugacion	m2	15 Ahuellamientos	m2				
6 Depresion	m2	16 Desplazamientos	m2				
7 Grieta de borde	m	17 Grieta parabolica	m2				
8 Grieta de reflexion de junta	m	18 Hinchamiento	m2				
9 Desnivel carril / berma	m	19 Desprendimiento de agregados	m2				
10 Grietas longitudinales y transversales	m						
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDAD DE MUESTREO	INTERV. DE UNI DE MEDIDA	NUMERO MAXIMO DE VD.		
LOW	BAJA	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2}$ Ecuación 1.	$i = \frac{N}{n}$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$		
MEDIUM	MEDIA	M					
HIGH	ALTA	H					
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES							
FALLA	UNIDAD	SEV.	LARG.	ANCH.	PROF.	TOTAL	
Grieta de borde	m	M	0.70			0.70	
Grieta de borde	m	M	1.10			1.10	
Grieta de borde	m	M	1.20			1.20	
Pulimientos de agregados	m2	M	2.60	1.20		3.12	
Pulimientos de agregados	m2	M	3.10	1.10		3.41	
Piel de cocodrilo	m2	M	2.80	1.80		5.04	
Piel de cocodrilo	m2	M	2.10	1.40		2.94	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES							
FALLA	UNIDAD	SEV.	TOTAL	DENS. %	VD	q	
Grieta de borde	m	M	3.00	1.30	6.00	3	
Pulimientos de agregados	m2	L	6.53	2.84	2.20		
Piel de cocodrilo	m2	L	7.98	3.47	22.00		
				VTD	30.20	m	8.16
CALCULO DEL PCI							
VALORES DEDUCIDOS				VDT	q	CDV	
22.00	6.00	2.20		30.20	3	17.00	
22.00	6.00	2.00		30.00	2	21.50	
22.00	2.00	2.00		26.00	1	26.00	
RANGO	CLASIFICACION	SIMBOLOGIA				MAX.CDV	26.00
(100 - 85)	Excelente		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> CLASIFICACION MUY BUENO </div>			PCI	74
(85 - 70)	Muy Bueno						
(70 - 55)	Bueno						
(55 - 40)	Regular						
(40 - 25)	Malo						
(25 - 10)	Muy Malo						
(10 - 0)	Fallado						

Fuente. Manual PCI (2002).

Figura 40

Unidad muestral 78, de la progresiva 2+425.50 a la progresiva 2+457.00, Pillco Marca – Huánuco



Fuente. Figura 40.

Interpretación

Sobre la base de la unidad de muestra UM78, se encontraron tres fallos. El fallo de tipo piel de cocodrilo representó el mayor porcentaje de fallos con un 3,47%, seguido por el fallo de pulido de áridos con un 2,84% y el fallo de fisura de borde con un 1,30%. El PCI de la sección fue de 70,00, lo que indica una muy buena calidad del pavimento.

Figura 41

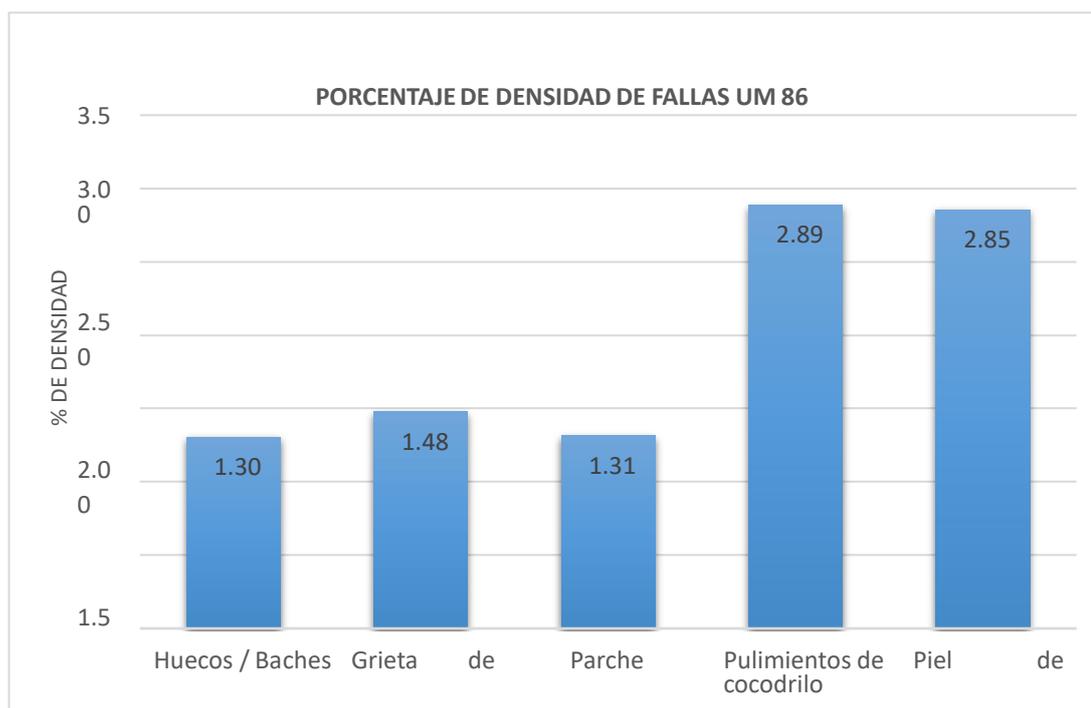
De la unidad muestral 86, de la progresiva 2+667.50 a la progresiva 2+709.00, Pillco Marca – Huánuco

UNIVERSIDAD DE HUANUCO							
HOJA PARA LA EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)							
PAVIMENTO FLEXIBLE CARPETA ASFALTICA							
LUGAR DE LA VIA:		Progresiva 0+000.00 - 03+900.00 Av. Universitaria - Pillco Marca - Huanuco				Area del tramo	
REALIZADO POR:		MARBIN JUNYOR AMBROSIO GAYOSO				229.95	
FECHA: Septiembre 2023		Tramo inicial 2+667.50	Tramo final 2+709.00				
TIPOS DE FALLAS				DIAGRAMA			
1 Piel de cocodrilo	m2	11 Parcheo	m2				
2 Exudacion	m2	12 Pulimientos de agregados	m2				
3 Agrietamiento en bloque	m2	13 Huecos / baches	und				
4 Agrietamiento y hundimiento	m	14 Cruce de ferrocarril	m2				
5 Corrugacion	m2	15 Ahuellamientos	m2				
6 Depresion	m2	16 Desplazamientos	m2				
7 Grieta de borde	m	17 Grieta parabolica	m2				
8 Grieta de reflexion de junta	m	18 Hinchamiento	m2				
9 Desnivel carril / berma	m	19 Desprendimiento de agregados	m2				
10 Grietas longitudinales y transversales	m						UNIDAD DE MUESTREO INTERV. DE UNI DE MEDIDA NUMERO MAXIMO DE VD.
NIVEL DE SEVERIDAD			$n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 - x(N-1) + \sigma^2}$ Ecuación 1.	$i = \frac{N}{n}$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$		
LOW	BAJA	L					
MEDIUM	MEDIA	M					
HIGH	ALTA	H					
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES							
FALLA	UNIDAD	SEV.	LARG.	ANCH.	PROF.	TOTAL	
Huecos / Baches	Und	L	3.00		0.15	3.00	
Grieta de borde	m	L	1.80			1.80	
Grieta de borde	m	L	1.60			1.60	
Parcheo	m2	M	1.50	0.80		1.20	
Parcheo	m2	M	1.10	0.70		0.77	
Parcheo	m2	M	1.50	0.70		1.05	
Pulimientos de agregados	m2	M	3.20	1.40		4.48	
Pulimientos de agregados	m2	M	1.80	1.20		2.16	
Piel de cocodrilo	m2	M	1.90	1.40		2.66	
Piel de cocodrilo	m2	M	2.60	1.50		3.90	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES							
FALLA	UNIDAD	SEV.	TOTAL	DENS. %	VD	q	
Huecos / Baches	Und	L	3.00	1.30	18.00	5	
Grieta de borde	m	M	3.40	1.48	6.00		
Parcheo	m2	M	3.02	1.31	10.50		
Pulimientos de agregados	m2	M	6.64	2.89	2.10		
Piel de cocodrilo	m2	M	6.56	2.85	31.00		
				VTD	67.60	m	7.34
CALCULO DEL PCI							
VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	CDV
31.00	18.00	10.50	6.00	2.10	67.60	5	33.50
31.00	18.00	10.50	6.00	2.00	67.50	4	38.00
31.00	18.00	10.50	2.00	2.00	63.50	3	40.00
31.00	18.00	2.00	2.00	2.00	55.00	2	40.50
31.00	2.00	2.00	2.00	2.00	39.00	1	39.00
RANGO	CLASIFICACION	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION			MAX.CDV	40.50
(100 - 85)	Excelente		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> BUENO </div>			PCI	59.5
(85 - 70)	Muy Bueno						
(70 - 55)	Bueno						
(55 - 40)	Regular						
(40 - 25)	Malo						
(25 - 10)	Muy Malo						
(10 - 0)	Fallado						

Fuente. Manual PCI (2002).

Figura 42

Unidad muestral 86, de la progresiva 2+667.50 a la progresiva 2+709.00, Pillco Marca – Huánuco



Fuente. Figura 42.

Interpretación

La unidad de muestreo UM86 notificó cinco fallos. Con un 2,89%, el pulido de áridos constituye la mayor parte de ellos. Los porcentajes de fallo de parcheado (1,31%), huecos y baches (1,30%), agrietamiento de bordes (1,48%) y tipo piel de cocodrilo (2,85%) se encuentran entre los demás porcentajes de fallo. El PCI del tramo, de 59,50, denota una buena calidad del firme.

Figura 43

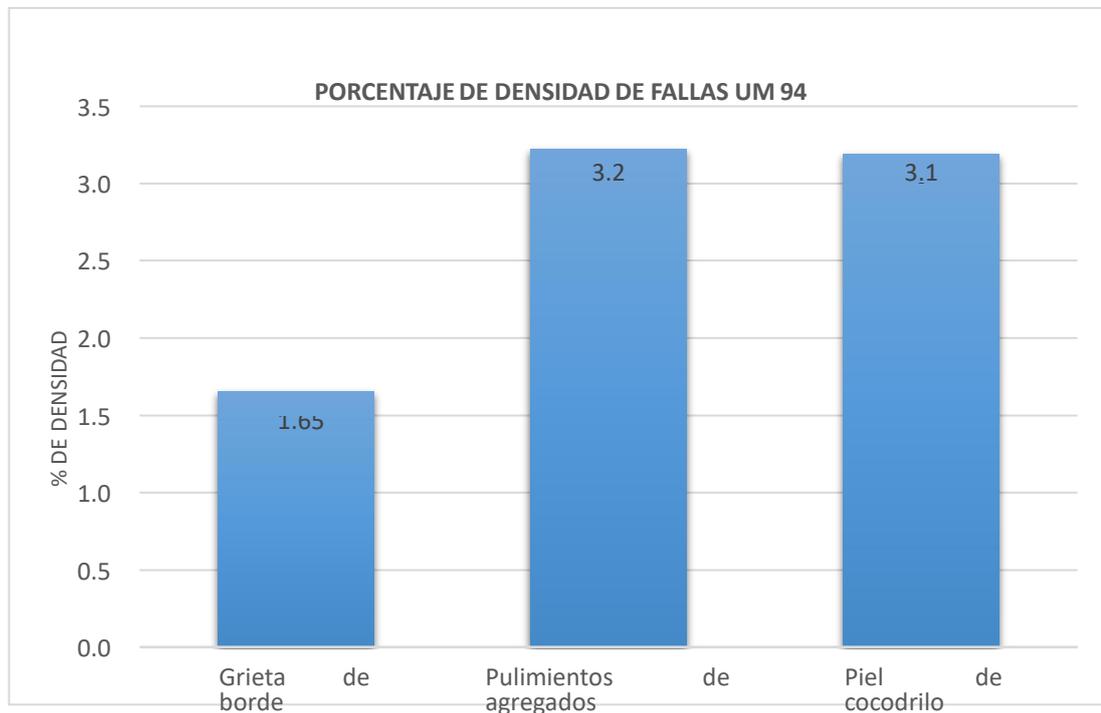
De la unidad muestral 94, de la progresiva 2+929.50 a la progresiva 2+961.00, Pillco Marca – Huánuco

UNIVERSIDAD DE HUANUCO							
HOJA PARA LA EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)							
PAVIMENTO FLEXIBLE CARPETA ASFALTICA							
LUGAR DE LA VIA:		Progresiva 0+000.00 - 03+900.00 Av. Universitaria - Pillco Marca - Huanuco				Area del tramo	
REALIZADO POR:		MARBIN JUNYOR AMBROSIO GAYOSO				229.95	
FECHA: Septiembre 2023		Tramo inicial 2+929.50	Tramo final 2+961.00				
TIPOS DE FALLAS				DIAGRAMA			
1 Piel de cocodrilo	m2	11 Parcheo	m2				
2 Exudacion	m2	12 Pulimientos de agregados	m2				
3 Agrietamiento en bloque	m2	13 Huecos / baches	und				
4 Agrietamiento y hundimiento	m	14 Cruce de ferrocarril	m2				
5 Corrugacion	m2	15 Ahuellamientos	m2				
6 Depresion	m2	16 Desplazamientos	m2				
7 Grieta de borde	m	17 Grieta parabolica	m2				
8 Grieta de reflexion de junta	m	18 Hinchamiento	m2				
9 Desnivel carril / berma	m	19 Desprendimiento de agregados	m2				
10 Grietas longitudinales y transversales	m						
NIVEL DE SEVERIDAD		UNIDAD DE MUESTREO	INTERV. DE UNI DE MEDIDA	NUMERO MAXIMO DE VD.			
LOW	BAJA	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2}$ Ecuación 1.	$i = \frac{N}{n}$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$		
MEDIUM	MEDIA	M					
HIGH	ALTA	H					
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES							
FALLA	UNIDAD	SEV.	LARG.	ANCH.	PROF.	TOTAL	
Grieta de borde	m	L	2.50			2.50	
Grieta de borde	m	L	1.30			1.30	
Pulimientos de agregados	m2	M	2.60	1.20		3.12	
Pulimientos de agregados	m2	M	2.50	0.90		2.25	
Pulimientos de agregados	m2	M	1.85	1.10		2.04	
Piel de cocodrilo	m2	M	1.80	1.50		2.70	
Piel de cocodrilo	m2	M	1.55	1.60		2.48	
Piel de cocodrilo	m2	M	1.80	1.20		2.16	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES							
FALLA	UNIDAD	SEV.	TOTAL	DENS. %	VD	q	
Grieta de borde	m	M	3.80	1.65	8.00	3	
Pulimientos de agregados	m2	M	7.41	3.22	2.30		
Piel de cocodrilo	m2	M	7.34	3.19	38.00		
				VTD	48.30	m	6.69
CALCULO DEL PCI							
VALORES DEDUCIDOS				VTD	q	CDV	
38.00	8.00	2.30		48.30	3	30.50	
38.00	8.00	2.00		48.00	2	35.50	
38.00	2.00	2.00		42.00	1	42.00	
RANGO	CLASIFICACION	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION			MAX.CDV	
(100 - 85)	Excelente		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> BUENO </div>			42.00	
(85 - 70)	Muy Bueno					PCI	58
(70 - 55)	Bueno						
(55 - 40)	Regular						
(40 - 25)	Malo						
(25 - 10)	Muy Malo						
(10 - 0)	Fallado						

Fuente. Manual PCI (2002).

Figura 44

Unidad muestral 94, de la progresiva 2+929.50 a la progresiva 2+961.00, Pillco Marca – Huánuco



Fuente. Figura 44.

Interpretación

Se descubrieron tres fallos en la unidad de muestreo UM94. El mayor porcentaje de fallos (3,22%) se atribuyó al pulido de áridos, seguido de fallos de fisuras en los bordes (1,65%) y fallos del tipo piel de cocodrilo (3,19%). El PCI de 58 de la sección sugiere que la calidad del pavimento es buena.

Figura 45

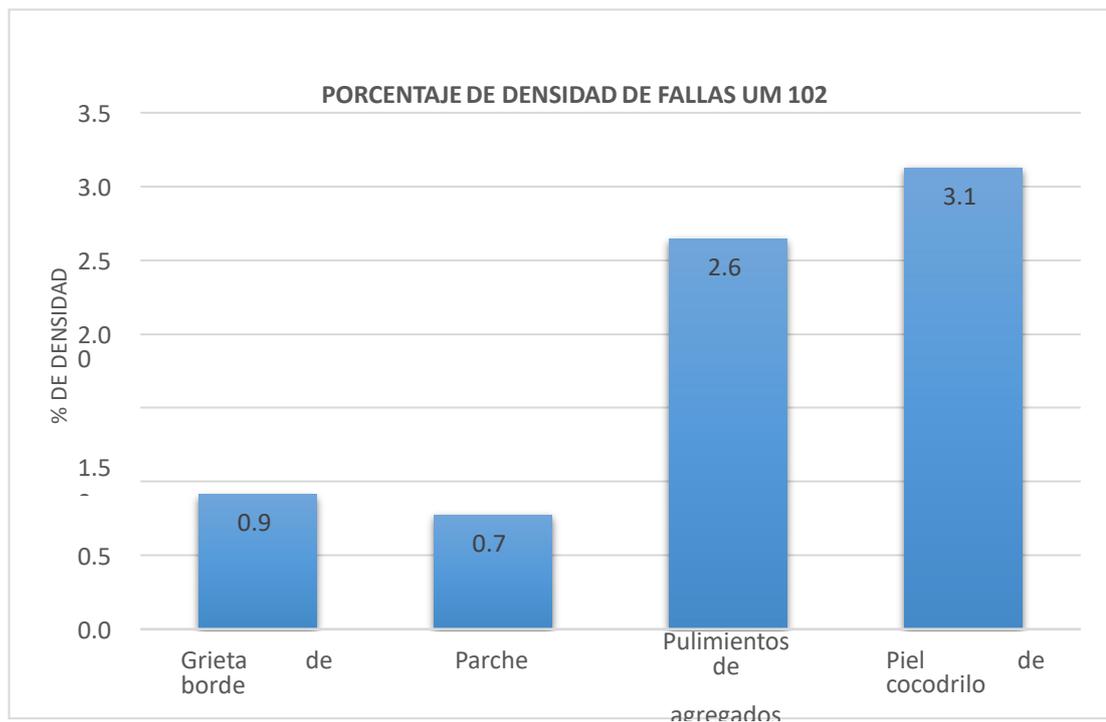
De la unidad muestral 102, de la progresiva 3+181.50 a la progresiva 3+213.00, Pillco Marca – Huánuco

UNIVERSIDAD DE HUANUCO								
HOJA PARA LA EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)								
PAVIMENTO FLEXIBLE CARPETA ASFALTICA								
LUGAR DE LA VIA:		Progresiva 0+000.00 - 03+900.00 Av. Universitaria - Pillco Marca - Huanuco						
REALIZADO POR:		MARBIN JUNYOR AMBROSIO GAYOSO				Area del tramo		
FECHA: Septiembre 2023		Tramo inicial	3+181.50	Tramo final	3+213.00	229.95		
TIPOS DE FALLAS					DIAGRAMA			
1 Piel de cocodrilo	m2	11 Parcheo	m2					
2 Exudacion	m2	12 Pulimientos de agregados	m2					
3 Agrietamiento en bloque	m2	13 Huecos / baches	und					
4 Agrietamiento y hundimiento	m	14 Cruce de ferrocarril	m2					
5 Corrugacion	m2	15 Ahuellamientos	m2					
6 Depresion	m2	16 Desplazamientos	m2					
7 Grieta de borde	m	17 Grieta parabolica	m2					
8 Grieta de reflexion de junta	m	18 Hinchamiento	m2					
9 Desnivel carril / berma	m	19 Desprendimiento de agregados	m2					
10 Grietas longitudinales y transversales	m							
NIVEL DE SEVERIDAD		UNIDAD DE MUESTREO	INTERV. DE UNI DE MEDIDA	NUMERO MAXIMO DE VD.				
LOW	BAJA	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2}$ Ecuación 1.	$i = \frac{N}{n}$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$			
MEDIUM	MEDIA	M						
HIGH	ALTA	H						
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES								
FALLA	UNIDAD	SEV.	LARG.	ANCH.	PROF.	TOTAL		
Grieta de borde	m	L	0.90			0.90		
Grieta de borde	m	L	1.20			1.20		
Parcheo	m2	M	1.20	0.30		0.36		
Parcheo	m2	M	1.15	0.40		0.46		
Parcheo	m2	M	1.60	0.60		0.96		
Pulimientos de agregados	m2	M	2.50	1.20		3.00		
Pulimientos de agregados	m2	M	2.20	1.40		3.08		
Piel de cocodrilo	m2	M	2.10	1.30		2.73		
Piel de cocodrilo	m2	M	2.70	1.65		4.46		
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES								
FALLA	UNIDAD	SEV.	TOTAL	DENS. %	VD	q		
Grieta de borde	m	M	2.10	0.91	5.50			
Parcheo	m2	M	1.78	0.77	8.50			
Pulimientos de agregados	m2	M	6.08	2.64	2.15			
Piel de cocodrilo	m2	M	7.19	3.12	35.00			
				VTD	51.15	m	6.97	
CALCULO DEL PCI								
VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	CDV	
35.00	8.50	5.50	2.15		51.15	4	27.00	
35.00	8.50	5.50	2.15		51.15	3	32.00	
35.00	8.50	5.50	2.00		51.00	2	38.00	
35.00	8.50	2.00	2.00		47.50	1	47.50	
RANGO	CLASIFICACION	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION			MAX.CDV	PCI	CDV
(100 - 85)	Excelente		REGULAR			47.50	52.5	
(85 - 70)	Muy Bueno							
(70 - 55)	Bueno							
(55 - 40)	Regular							
(40 - 25)	Malo							
(25 - 10)	Muy Malo							
(10 - 0)	Fallado							

Fuente. Manual PCI (2002).

Figura 46

Unidad muestral 102, de la progresiva 3+181.50 a la progresiva 3+213.00, Pillco Marca – Huánuco



Fuente. Figura 46.

Interpretación

Según la unidad de muestra UM102, hay cuatro tipos de fallos. El fallo de tipo piel de cocodrilo representa el mayor porcentaje de fallos con un 3,12%. Los otros fallos incluyen el fallo de pulido de áridos con un 2,64%, el fallo de grietas en los bordes con un 0,91% y el fallo de parcheado con un 0,77%. El PCI de la sección es de 52,5, lo que indica una calidad regular del firme.

Figura 47

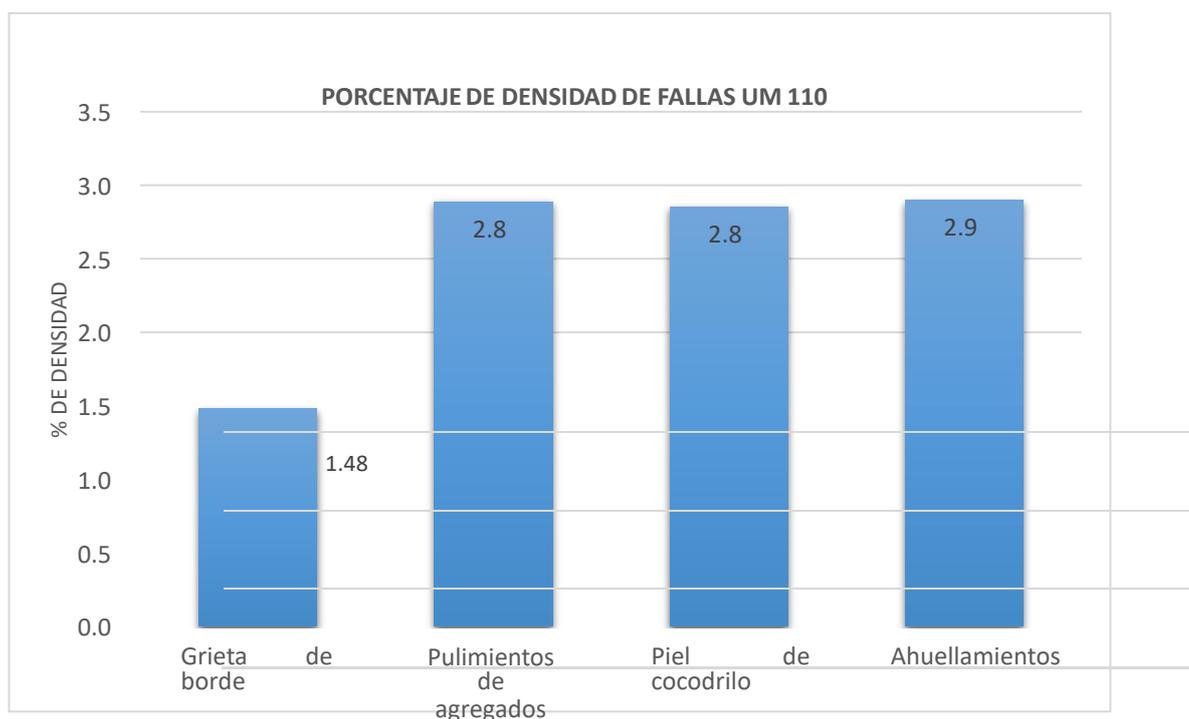
De la unidad muestral 110, de la progresiva 3+433.50 a la progresiva 3+465.00, Pillco Marca – Huánuco

UNIVERSIDAD DE HUANUCO							
HOJA PARA LA EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)							
PAVIMENTO FLEXIBLE CARPETA ASFALTICA							
LUGAR DE LA VIA:		Progresiva 0+000.00 - 03+900.00 Av. Universitaria - Pillco Marca - Huanuco					
REALIZADO POR:		MARBIN JUNYOR AMBROSIO GAYOSO				Area del tramo	
FECHA: Septiembre 2023		Tramo inicial	3+433.50	Tramo final	3+465.00	229.95	
TIPOS DE FALLAS					DIAGRAMA		
1 Piel de cocodrilo	m2	11 Parcheo	m2				
2 Exudacion	m2	12 Pulimientos de agregados	m2				
3 Agrietamiento en bloque	m2	13 Huecos / baches	und				
4 Agrietamiento y hundimiento	m	14 Cruce de ferrocarril	m2				
5 Corrugacion	m2	15 Ahuellamientos	m2				
6 Depresion	m2	16 Desplazamientos	m2				
7 Grieta de borde	m	17 Grieta parabolica	m2				
8 Grieta de reflexion de junta	m	18 Hinchamiento	m2				
9 Desnivel carril / berma	m	19 Desprendimiento de agregados	m2				
10 Grietas longitudinales y transversales	m						
NIVEL DE SEVERIDAD		UNIDAD DE MUESTREO	INTERV. DE UNI DE MEDIDA	NUMERO MAXIMO DE VD.			
LOW	BAJA	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2}$ Ecuación 1.	$i = \frac{N}{n}$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$		
MEDIUM	MEDIA	M					
HIGH	ALTA	H					
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES							
FALLA	UNIDAD	SEV.	LARG.	ANCH.	PROF.	TOTAL	
Grieta de borde	m	L	1.80			1.80	
Grieta de borde	m	L	1.60			1.60	
Pulimientos de agregados	m2	M	3.20	1.40		4.48	
Pulimientos de agregados	m2	M	1.80	1.20		2.16	
Piel de cocodrilo	m2	M	1.90	1.40		2.66	
Piel de cocodrilo	m2	M	2.60	1.50		3.90	
Ahuellamientos	m2	M	2.50	0.60		1.50	
Ahuellamientos	m2	M	3.60	0.80		2.88	
Ahuellamientos	m2	M	4.15	0.55		2.28	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES							
FALLA	UNIDAD	SEV.	TOTAL	DENS. %	VD	q	
Grieta de borde	m	M	3.40	1.48	6.00		
Pulimientos de agregados	m2	M	6.64	2.89	2.15		
Piel de cocodrilo	m2	M	6.56	2.85	36.00		
Ahuellamientos	m2	M	6.66	2.90	29.00		
				VTD	44.15	m	6.88
CALCULO DEL PCI							
VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	CDV
36.00	29.00	6.00	2.15		73.15	4	41.50
36.00	29.00	6.00	2.00		73.00	3	46.50
36.00	29.00	2.00	2.00		69.00	2	50.00
36.00	2.00	2.00	2.00		42.00	1	42.00
					MAX.CDV	42.00	
RANGO	CLASIFICACION	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION		PCI	58	
(100 - 85)	Excelente		BUENO				
(85 - 70)	Muy Bueno						
(70 - 55)	Bueno						
(55 - 40)	Regular						
(40 - 25)	Malo						
(25 - 10)	Muy Malo						
(10 - 0)	Fallado						

Fuente. Manual PCI (2002).

Figura 48

Unidad muestral 110, de la progresiva 3+433.50 a la progresiva 3+465.00, Pillco Marca – Huánuco



Fuente. Figura 48.

Interpretación

Basándose en la unidad de muestra UM110, hay cuatro fallos: formación de roderas (porcentaje de fallo del 2,90%), pulido de áridos (porcentaje de fallo del 2,89%), fallo de tipo piel de cocodrilo (porcentaje de fallo del 2,85%) y fallo de grietas en los bordes (porcentaje de fallo del 1,48%). El PCI del tramo es de 58, lo que indica una buena calidad del firme.

Figura 49

PCI de las muestrales de la progresiva 0+000.00 a la Progresiva 3+900.00, Pillco Marca – Huánuco – Huánuco – 2023

RESUMEN DE PCI DE LAS UNIDADES MUESTRALES DE LA PROGRESIVA 0+000.00 A LA PROGRESIVA 3+900.00, PILLCO MARCA - HUÁNUCO - HUÁNUCO							
Nº.UM	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	MAX.CDV	AREA	PCI - CLASIFICACION		SIMBOLOGIA
UM-06	0+157.50	0+189.00	46.50	229.95	53.50	Regular	
UM-14	0+409.50	0+441.00	57.50	229.95	42.50	Regular	
UM-22	0+661.50	0+693.00	64.00	229.95	36.00	Malo	
UM-30	0+913.50	0+945.00	46.00	229.95	54.00	Regular	
UM-38	1+165.50	1+197.00	78.00	229.95	22.00	Muy Malo	
UM-46	1+417.50	1+449.00	15.00	229.95	85.00	Muy Bueno	
UM-54	1+669.50	1+701.00	50.50	229.95	49.50	Regular	
UM-62	1+921.50	1+953.00	38.00	229.95	62.00	Bueno	
UM-70	2+173.50	2+205.00	45.50	229.95	54.50	Regular	
UM-78	2+425.50	2+457.00	26.00	229.95	74.00	Muy Bueno	
UM-86	2+677.50	2+709.00	40.50	229.95	59.50	Bueno	
UM-94	2+929.50	2+961.00	42.00	229.95	58.00	Bueno	
UM-102	3+181.50	3+213.00	47.50	229.95	52.50	Regular	
UM-110	3+433.50	3+465.00	42.00	229.95	58.00	Bueno	

Fuente. Registro de las muestrales de la progresiva 0+000.00 a la Progresiva 3+900.00, Pillco Marca – Huánuco.

Figura 50

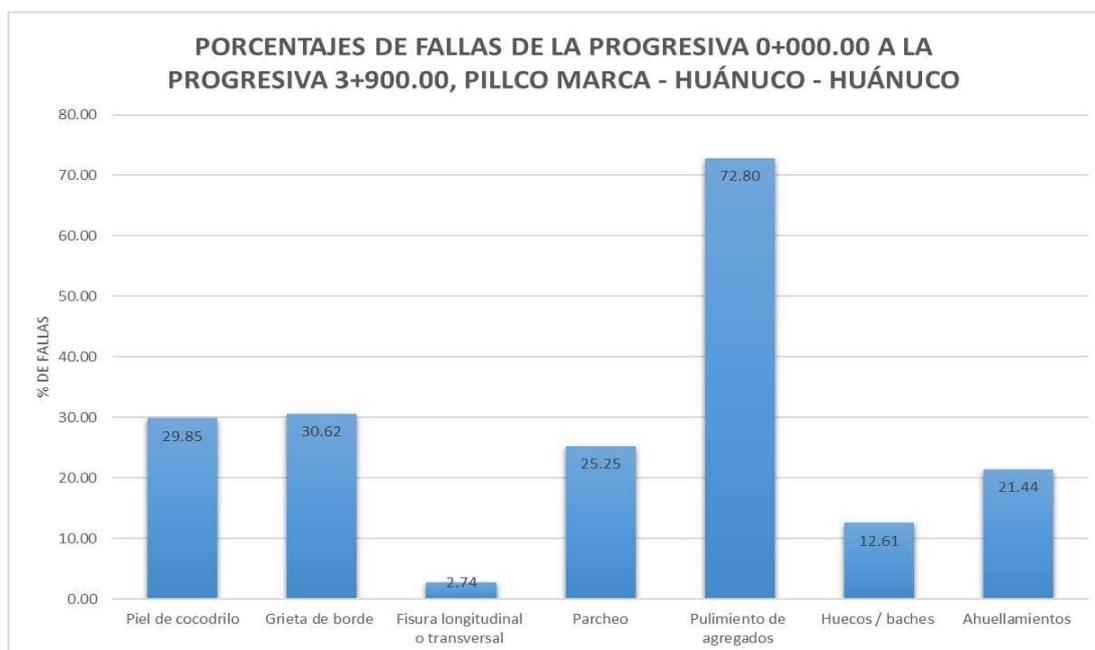
Porcentaje de fallas de tramo en la progresiva 0+000.00 a la Progresiva 3+900.00, Pillco Marca – Huánuco – Huánuco – 2023

PORCENTAJES DE FALLAS DE LA PROGRESIVA 0+000.00 A LA PROGRESIVA 3+900.00, PILLCO MARCA - HUÁNUCO - HUÁNUCO															
TIPOS DE FALLAS	UM-06	UM-14	UM-22	UM-30	UM-38	UM-46	UM-54	UM-62	UM-70	UM-78	UM-86	UM-94	UM-102	UM-110	TOTAL %
Piel de cocodrilo			4.39		2.21	0.87	4.05		2.84	3.47	2.85	3.19	3.12	2.85	29.85
Grieta de borde	1.96	3.35	2.17	2.44	4.00	2.87	4.44	1.70	0.87	1.30	1.48	1.65	0.91	1.48	30.62
Fisura longitudinal o transversal			2.74												2.74
Parqueo	2.20	4.59	6.00	4.45	1.07		2.24	1.81	0.80		1.31		0.77		25.25
Pulimiento de agregados	11.40	5.39	9.54	4.01	5.06	6.72	7.87	5.33	3.02	2.84	2.89	3.22	2.64	2.89	72.80
Huecos / baches		2.17	1.74	1.30	2.61		1.74	0.87	0.87		1.30				12.61
Ahuellamientos	11.51	4.97		2.06										2.90	21.44

Fuente. Registro de las muestrales de la progresiva 0+000.00 a la Progresiva 3+900.00, Pillco Marca – Huánuco.

Figura 51

Porcentajes de fallas de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca - Huánuco - Huánuco



Fuente. Registro de las muestrales de la progresiva 0+000.00 a la Progresiva 3+900.00, Pillco Marca – Huánuco.

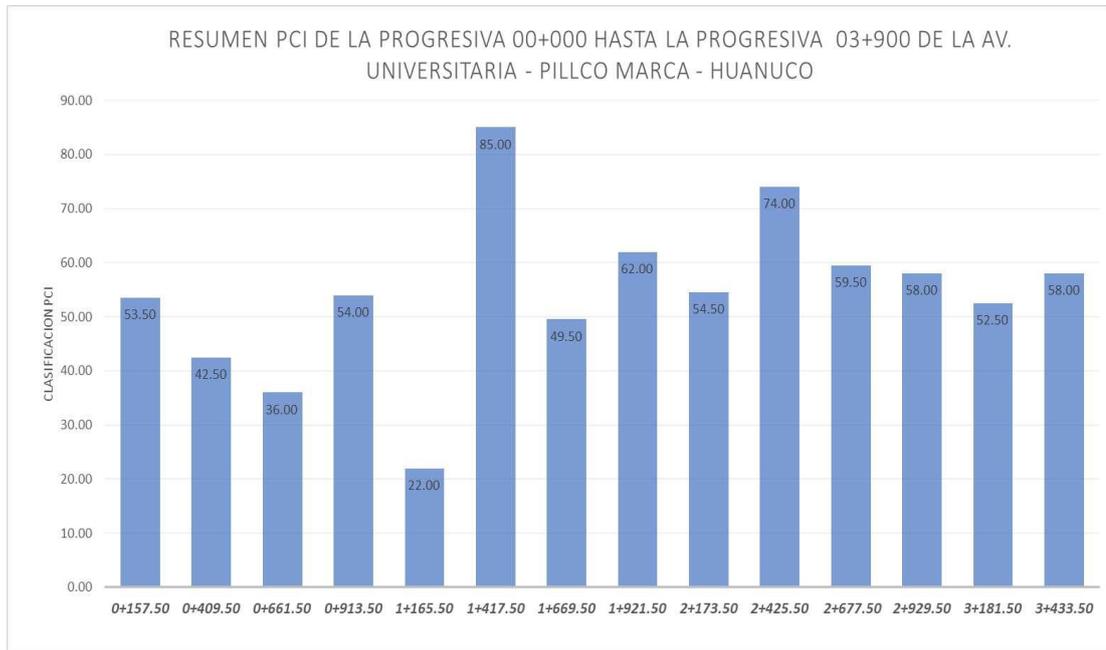
Interpretación

La Figura 34 muestra que las fallas más comunes encontradas en la Av. Universitaria, Pillco Marca - Huánuco, desde la progresiva 0+000,00 hasta la progresiva 3+900,00, son la falla por pulido de agregados (72,80%), falla por grieta de borde (30,62%), falla tipo piel de cocodrilo (29,5%), falla por parqueo (25,25%), falla por ahuellamiento (21,44%), falla por huecos y baches

(12,61%) y falla por grieta longitudinal (2,74%).

Figura 52

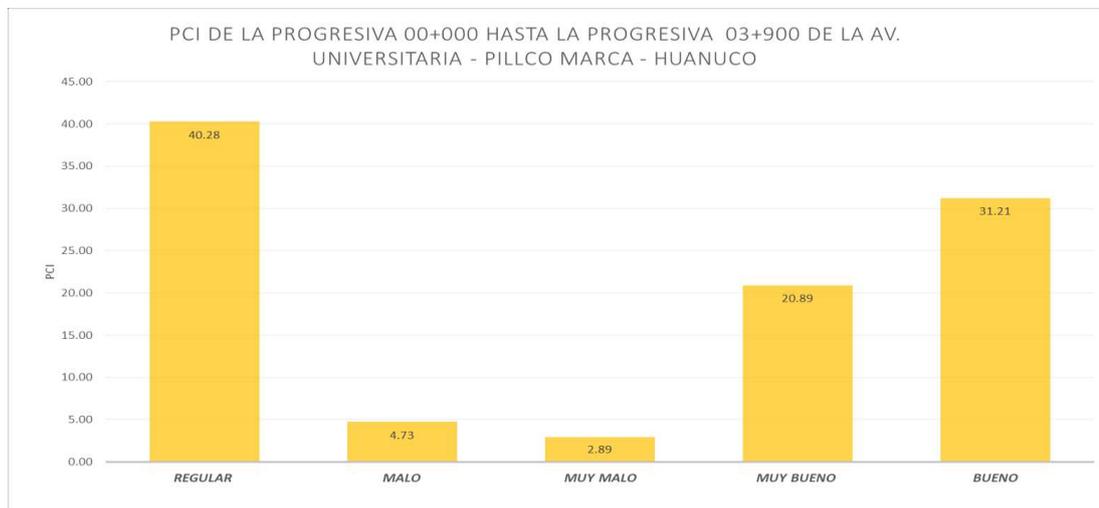
Resumen PCI de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca – Huánuco



Fuente. Registro de las muestrales de la progresiva 0+000.00 a la Progresiva3+900.00, Pillco Marca – Huánuco.

Figura 53

PCI de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca – Huánuco



Fuente. Registro de las muestrales de la progresiva 0+000.00 a la Progresiva3+900.00, Pillco Marca – Huánuco.

Interpretación

El tramo de 3,9 kilómetros se dividió en 14 unidades de muestreo de 229,95 metros cuadrados cada una. Luego de recopilar los datos de campo y determinar los niveles de índice de condición para cada unidad de muestreo,

se promediaron las 14 unidades de muestreo y se evaluaron para conocer el estado actual de la progresiva 0+000.00 a progresiva 3+900.00, Pillco Marca - Huánuco - Huánuco. El pavimento es regular, como lo indica el PCI promedio del tramo en estudio (54.33), el cual fue determinado mediante el método del PCI.

4.3. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Para comprobar las hipótesis generales y específicas, se utilizó el método de Pearson para hallar el coeficiente de correlación y el coeficiente de determinación de ambas variables.

Una prueba utilizada para determinar la relación estadística entre dos variables continuas es el coeficiente de correlación de Pearson. El coeficiente no está bien representado si existe una relación no lineal entre los ítems. El coeficiente de correlación puede tener un rango de valores entre +1 y -1; para determinar la correlación se utilizarán los rangos indicados a continuación:

$r = -1$	Correlación Inversa perfecta.
$-1 < r < 0$	Correlación Inversa
$r = 0$	No hay Correlación
$0 < r < 1$	Correlación Directa
$r = 1$	Correlación Directa Perfecta

Para la contrastación de la hipótesis general, se realizó la correlación utilizando las muestrales evaluadas en campo y los resultados obtenidos del PCI, por cada tramo.

Tabla 18

Correlación entre el índice de índice de condición de pavimento (PCI) y las muestras recogidas

I	X	Y
1.0	6	53.50
2.0	14	42.50
3.0	22	36.00
4.0	30	54.00
5.0	38	22.00
6.0	46	85.00
7.0	54	49.50
8.0	62	62.00
9.0	70	54.50
10.0	78	74.00
11.0	86	59.50
12.0	94	58.00
13.0	102	52.50
14.0	110	58.00
COEFICIENTE DE CORRELACION (r)		0.355
DETERMINACION (r²)		0.126

Fuente. PCI de las muestrales de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca - Huánuco - Huánuco.

Interpretación

La Tabla 18 mostrará la correlación entre el índice de estado del firme PCI y las muestras de campo recogidas in situ:

I: cantidad de muestrales evaluadas en campo.

X: Intervalo de los muestrales, evaluados en campo.

Y: Clasificación del índice de condición de pavimento PCI.

Además de la determinación del 0.126, que muestra que existe una correlación del 12% entre las dos variables, el coeficiente de correlación de 0,355, según el rangode Pearson, también sugiere que existe una correlación directa.

Se estableció una correlación entre los porcentajes de falla por deformaciones permanentes de la sección, desde la progresiva 0+000.00 hasta la progresiva 3+900.00, Marca Pillco - Huánuco - Huánuco, y las fallas de la estructura del pavimento, a fin de comprobar las hipótesis específicas.

Tabla 19

Correlación de las muestras obtenidas y los porcentajes de fallas por ahuellamientos de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca - Huánuco – Huánuco

I	X	Y
1.0	6	11.51
2.0	14	4.97
3.0	22	0.00
4.0	30	2.06
5.0	38	0.00
6.0	46	0.00
7.0	54	0.00
8.0	62	0.00
9.0	70	0.00
10.0	78	0.00
11.0	86	0.00
12.0	94	0.00
13.0	102	0.00
14.0	110	2.90
COEFICIENTE DE CORRELACION (r)		-0.513
DETERMINACION (r²)		0.263

Fuente. Porcentajes de fallas de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca - Huánuco – Huánuco.

Interpretación

De la tabla 19, se obtendrá la correlación entre las muestrales obtenidos en campo, y los porcentajes de fallas por **ahuellamientos** de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca - Huánuco — Huánuco, donde:

I: cantidad de muestrales evaluadas en campo.

X: Intervalo de los muestrales, evaluados en campo.

Y: porcentajes de fallas por **ahuellamientos** de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca - Huánuco — Huánuco.

Donde el coeficiente de correlación obtenida es de -0.513, y según el rango de Pearson indica que existe una correlación inversa, igualmente se tiene una determinación de un 0.263%, el cual indica que se tiene una correlación de un 26% entre las dos variables.

Se estableció una correlación entre las fallas de la estructura del pavimento y los porcentajes de falla por fisuras o agrietamiento en el tramo de

progresiva 0+000.00 a progresiva 3+900.00, Pillco Marca - Huánuco - Huánuco, a fin de comprobar la segunda hipótesis específica.

Tabla 20

Correlación de las muestras obtenidas y los porcentajes de fallas por grieta de borde de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca - Huánuco - Huánuco

I	X	Y
1.0	6	1.96
2.0	14	3.35
3.0	22	2.17
4.0	30	2.44
5.0	38	4.00
6.0	46	2.87
7.0	54	4.44
8.0	62	1.70
9.0	70	0.87
10.0	78	1.30
11.0	86	1.48
12.0	94	1.65
13.0	102	0.91
14.0	110	1.48
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN (r)		-0.553
DETERMINACION (r²)		0.306

Fuente. Porcentajes de fallas de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca - Huánuco – Huánuco.

Interpretación

De la tabla 20, se obtendrá la correlación entre las muestrales obtenidos en campo, y los porcentajes de fallas por **grietas de borde** de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca - Huánuco — Huánuco, donde:

I: cantidad de muestrales evaluadas en campo.

X: Intervalo de los muestrales, evaluados en campo.

Y: porcentajes de fallas por **grietas de borde** de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca - Huánuco — Huánuco.

Donde el coeficiente de correlación obtenida es de -0.553, y según el rango de Pearson indica que existe una correlación inversa, igualmente se tiene una determinación de un 0.306, el cual indica que se tiene una correlación de un 30.6% entre las dos variables.

Tabla 21

Correlación de las muestras obtenidas y los porcentajes de fallas por fisura longitudinal o transversal de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca - Huánuco – Huánuco

I	X	Y
1.0	6	0.00
2.0	14	0.00
3.0	22	2.74
4.0	30	0.00
5.0	38	0.00
6.0	46	0.00
7.0	54	0.00
8.0	62	0.00
9.0	70	0.00
10.0	78	0.00
11.0	86	0.00
12.0	94	0.00
13.0	102	0.00
14.0	110	0.00
COEFICIENTE DE CORRELACION (r)		-0.310
DETERMINACION (r2)		0.096

Fuente. Porcentajes de fallas de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca - Huánuco – Huánuco.

Interpretación

De la tabla 21, se obtendrá la correlación entre las muestrales obtenidos en campo, y los porcentajes de fallas por fisura longitudinal o transversal de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca - Huánuco — Huánuco, donde:

I: cantidad de muestrales evaluadas en campo.

X: Intervalo de los muestrales, evaluados en campo.

Y: porcentajes de fallas por fisura longitudinal o transversal de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca - Huánuco – Huánuco.

Donde el coeficiente de correlación obtenida es de -0.310, y según el rango de Pearson indica que existe una correlación inversa, igualmente se tiene una determinación de un 0.096, el cual indica que se tiene una correlación de un 9.6% entre las dos variables.

Se correlacionaron las fallas de la estructura del pavimento y los

porcentajes de falla resultantes de las desintegraciones del tramo, desde la progresiva 0+000.00 hasta la progresiva 3+900.00, Pillco Marca - Huánuco - Huánuco, a fin de comprobar la tercera hipótesis específica.

Tabla 22

Correlación de las muestras obtenidas y los porcentajes de fallas por pulimientos de agregados de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca - Huánuco – Huánuco

I	X	Y
1.0	6	11.40
2.0	14	5.39
3.0	22	9.54
4.0	30	4.01
5.0	38	5.06
6.0	46	6.72
7.0	54	7.87
8.0	62	5.33
9.0	70	3.02
10.0	78	2.84
11.0	86	2.89
12.0	94	3.22
13.0	102	2.64
14.0	110	2.89
COEFICIENTE DE CORRELACION (r)		-0.765
DETERMINACION (r²)		0.585

Fuente. Porcentajes de fallas de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca - Huánuco – Huánuco.

Interpretación

De la tabla 22, se obtendrá la correlación entre las muestrales obtenidos en campo, y los porcentajes de fallas por **pulimiento de agregados** de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca - Huánuco — Huánuco, donde:

I: cantidad de muestrales evaluadas en campo.

X: Intervalo de los muestrales, evaluados en campo.

Y: porcentajes de fallas por pulimiento de **agregados** de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca - Huánuco – Huánuco.

Donde el coeficiente de correlación obtenida es de -0.765, y según el rango de Pearson indica que existe una correlación inversa, igualmente se tiene una determinación de un 0.585, el cual indica que se tiene una correlación de un 58.5% entre las dos variables.

Tabla 23

Correlación de las muestras obtenidas y los porcentajes de fallas por huecos / baches de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca -Huánuco – Huánuco

I	X	Y
1.0	6	0.00
2.0	14	2.17
3.0	22	1.74
4.0	30	1.30
5.0	38	2.61
6.0	46	0.00
7.0	54	1.74
8.0	62	0.87
9.0	70	0.87
10.0	78	0.00
11.0	86	1.30
12.0	94	0.00
13.0	102	0.00
14.0	110	0.00
COEFICIENTE DE CORRELACION (r)		-0.505
DETERMINACION (r²)		0.255

Fuente. Porcentajes de fallas de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca - Huánuco – Huánuco.

Interpretación

De la tabla 23, se obtendrá la correlación entre las muestrales obtenidos en campo, y los porcentajes de fallas por **huecos / baches** de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca - Huánuco — Huánuco, donde:

I: cantidad de muestrales evaluadas en campo.

X: Intervalo de los muestrales, evaluados en campo.

Y: porcentajes de fallas por **huecos / baches** de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca - Huánuco — Huánuco.

Donde el coeficiente de correlación obtenida es de -0.505, y según el rango de Pearson indica que existe una correlación inversa, igualmente se tiene una determinación de un 0.255, el cual indica que se tiene una correlación de un 25.5% entre las dos variables.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para determinar la relación entre el índice de condición del pavimento flexible y las fallas estructurales de la carpeta asfáltica de la Av. Universitaria, Pillco Marca, este estudio utilizó el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI). Además, como se demuestra en los siguientes resultados, podemos confirmar que la metodología PCI es más completa y fiable a la hora de evaluar carreteras como pavimentos flexibles:

Las fallas más frecuentes desde la progresiva 0+000.00 hasta la progresiva 3+900.00 de la Av. Universitaria, Pillco Marca - Huánuco son las siguientes: falla por pulido de agregados (72.80%), falla por grietas de borde (30.62%), falla tipo piel de cocodrilo (29.5%), falla por bacheo (25.25%), falla por ahuellamiento (21.44%), falla por hoyos y baches (12.61%) y falla por ahuellamiento (12.61%). El tramo de 3,9 km de longitud se dividió en 14 unidades de muestreo de 229,95 m² cada una. Según el método PCI, el PCI promedio del tramo estudiado fue de 54,33, lo que indica que el pavimento es regular.

El coeficiente de correlación es de 0,355, que según el rango de Pearson indica que existe una correlación directa, y la determinación de 0,12, que indica que existe una correlación del 12% entre el índice de estado del pavimento flexible y las fallas estructurales de la carpeta asfáltica de la Avenida Universitaria, son las medidas finales de la relación entre las dos variables.

CONCLUSIONES

1. Se seleccionaron 14 unidades de muestreo de 229,95 m² cada una, en un tramo de 3,9 km de la Av. Universitaria, Pillco Marca - Huánuco. El tramo comprende desde la progresiva 0+000,00 hasta la progresiva 3+900,00. El PCI promedio del tramo en estudio, determinado por el método del PCI, fue de 54,33, lo que sugiere que el pavimento es regular.
2. En el tramo de la Av. Universitaria, Pillco Marca - Huánuco que transita de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, se presentan con mayor frecuencia las siguientes fallas: falla por ahuellamiento (21.44%), falla por ahuellamiento y bacheo (12.61%), falla por fisura longitudinal (2.74%), falla por parcheo (25.25%), falla por fisura de borde (30.62%), falla tipo piel de cocodrilo (29.5%) y falla por pulido de agregados (72. 80%).
3. El coeficiente de correlación de 0,355, que denota una correlación directa basada en el rango de Pearson, ilustra la conexión entre las fallas estructurales de la carpeta asfáltica de la Av. universitaria y el índice de condición de pavimento flexible. Además, el coeficiente de correlación de 0,12 sugiere una relación del 12% entre las dos variables, además se demuestra que existe una correlación inversa de un -0.513 y una determinación de 0.263, el cual indica que se tiene una correlación inversa de un 26% entre las muestras obtenidos en campo, y los porcentajes de fallas por ahuellamientos de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca.
4. Se demuestra que existe una correlación inversa de un -0.553 y una determinación de 0.306, el cual indica que se tiene una correlación inversa de un 30.6% entre las muestras obtenidos en campo, y los porcentajes de fallas por grietas de borde de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco Marca, así también se demuestra que existe una correlación inversa de un -0.310 y una determinación de 0.096, el cual indica que se tiene una correlación inversa de un 9.6% entre las muestras obtenidos en campo, y los porcentajes de fallas por fisura longitudinal o transversal de la progresiva 0+000.00 a la progresiva 3+900.00, Pillco

Marca.

5. Se demuestra que existe una correlación inversa de un -0.765 y una determinación de 0.585 , el cual indica que se tiene una correlación inversa de un 58.5% entre las muestras obtenidos en campo, y los porcentajes de fallas por pulimientos de agregados de la progresiva $0+000.00$ a la progresiva $3+900.00$, Pillco Marca, además es demuestra que existe una correlación inversa de un -0.505 y una determinación de 0.255 , el cual indica que se tiene una correlación inversa de un 25.5% entre las muestras obtenidos en campo, y los porcentajes de fallas por huecos / baches de la progresiva $0+000.00$ a la progresiva $3+900.00$, Pillco Marca.
6. Los defectos más comunes con los pavimentos flexibles son el abultamientos y hundimientos, que ocurren en cualquier lugar donde el pavimento tenga parches grandes. Son desplazamientos del pavimento hacia arriba o hacia abajo provocados por diferentes cargas sobre el pavimento. Por lo que para pavimentos rígidos la principal causa de falla es el descascaramiento de las esquinas, que está presente en la mayoría de las losas, generalmente como grietas en las esquinas que se extienden en ambos lados a través del espesor de la losa, y la causa de esta falla es cargas pesadas repetidas, pérdida de soporte y mala transferencia de carga a través de la losa.
7. La solución propuesta fue la implementación del proyecto de pavimentos rígidos en las zonas dañadas del tramo vial y la planificación de canales de drenaje adecuados y funcionales. Por otro lado, también es necesaria una planificación urbanística vial que mejore las condiciones del tráfico de vehículos y peatones a lo largo de todo el tramo.
8. El método PCI es el método más completo para la evaluación y valoración objetiva de pavimentos y es ampliamente aceptado y estandarizado formalmente por ASTM D6433, por lo tanto, nos certifica y brinda datos certeros del pavimento del tramo Pillco Marca desde la Progresiva $0+000.00$ a la progresiva $3+900.00$.

RECOMENDACIONES

1. Para asegurar datos más precisos y confiables para los cálculos correspondientes, es recomendable realizar un análisis no aleatorio de las muestras de sección de la Av. Universitaria, Pillco Marca - Huánuco. Las muestras de sección van desde la progresiva 0+000.00 hasta la progresiva 3+900.00. En este estudio se evaluaron 14 unidades muestrales de 229.95 m² cada una, mediante el método PCI. El tramo en estudio tiene un PCI promedio de 54.33, lo que sugiere que el pavimento es regular.
2. Se aconseja utilizar el método PCI, que es una herramienta muy útil y no requiere herramientas especializadas. La Asociación Americana de Obras Públicas (APWA), el Departamento de Defensa y la ASTM (Standard Procedure for Pavement Condition Index Inspection of Roads and Parking Lots ASTM D6433-03) lo reconocen como procedimiento estándar y lo consideran el método de inspección de pavimentos más completo que existe.
3. Se recomienda el método PCI porque es una herramienta que se puede implementar y no requiere herramientas especializadas, y es el método más completo para la evaluación y valoración objetiva de pavimentos y está recomendado por el Departamento de Defensa de Estados Unidos, APWA; (Asociación de la Oficina de Obras Públicas de EE.UU.) y publicado por ASTM como método de análisis y aplicación (Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento de carreteras y estacionamientos ASTM D6433-03). Este método fue desarrollado para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y la condición operativa del pavimento, que permita obtener valores que muestren el estado del pavimento.
4. Para mejorar el índice de condición del pavimento PCI, se aconseja que la entidad correspondiente tome las medidas necesarias para mantener el tramo de la Av. Universitaria, Pillco Marca - Huánuco de progresiva 0+000.00 a progresiva 3+900.00, y que pueda mejorar su índice de condición de pavimento y en el mejor de los casos llegue al 100%.

5. Dado el estado del pavimento, causado principalmente por la temporada de lluvias y la operación inadecuada del drenaje, se recomienda a las autoridades a cargo de esta sección tomen medidas rápidas. La estructura del pavimento se está deteriorando significativamente.
6. Se recomienda a la autoridad competente que considere la solución elegida. Recientemente se han reparado pavimentos de vida relativamente corta (debido a las propiedades flexibles de los pavimentos) y luego se han devuelto a su estado dañado. Para ello, se recomienda realizar proyectos adecuados que dejen el pavimento de la vía en las mejores condiciones, teniendo en cuenta la planificación ambiental, la planificación urbana, realizando inversiones que conlleven el futuro, para beneficiar y mejorar nuestra ciudad.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alzate Zuluaga, S. (2019). Sistema de clasificación de severidad de daños en pavimentos flexibles para determinar posibles intervenciones. Tesis de pregrado. Universidad EIA, Colombia. Recuperado de: <https://repository.eia.edu.co/handle/11190/2344>
- Acosta Cuello, (2019) En el tramo del puente Tingo - ovalo de Cayhuayna de Huánuco, en el 2018 se realizó un diagnóstico situacional de la superficie del pavimento mediante el método PCI. una tesis para la universidad. El colegio de Huánuco. Recuperado de: <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/1873>
- ASTM D 6433-07, (2007). The accepted method for conducting pavement condition index surveys on parking lots and roads. United States. Recuperado de: <https://www.studocu.com/pe/u/11497857?sid=01718719896>
- Chang, C. (2005). Evaluación, diseño, construcción, gestión: pavimentos, un enfoque al futuro. Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima, Perú. Recuperado de: <http://biblioteca.unfv.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=62272>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación. McGraw-Hill. México. Recuperado de: <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Huamán Guerrero, N. (2013). Manual de Pavimentos Flexibles. Lima. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/slideshow/huamangn/42901260>
- Matos Bendezú, D. R. y Núñez Tolentino, F. B. (2018). Evaluación del sistema de gestión de pavimentos de la carretera Central (tramo: La Oroya -

Concepción PE003-S). Recuperado de:
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/624119>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). *Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación vial*. Lima. Recuperado de:
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_9%20MCV-2014_2016.pdf

Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. 2a ed. Agora. Colombia. Recuperado de:
https://www.academia.edu/22782711/Ingenieria_de_pavimentos_Alfonso_Montejo_Fonseca

Rico, A. y Del Castillo, H. (2011). *La Ingeniería de los suelos en las vías terrestres*. México: LIMUSA. Recuperado de:
<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/Libro/lb6.pdf>

Sampieri, R. H. (2015). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill. México. Recuperado de:
<https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

Shahin, M. Y. (2005). *Pavement Management for Airports Roads and Parking Lots*. Segunda ed. Springer Science Bussiness Media. Recuperado de:
http://dl1.wikitransport.ir/book/Pavement_Management_For_Airports_Roads_And_Parking_Lots_2005.pdf

Vásquez Varela, L. (2002). *Pavemente Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. Ingepav. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de:
<https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Ambrosio Gayoso, M. J. (2024). *Las fallas estructurales y el índice de condición de pavimento de la carpeta asfáltica en la Av. Universitaria, Pillco Marca, Huánuco 2023* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: LAS FALLAS ESTRUCTURALES Y EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARPETA ASFÁLTICA EN LA AV. UNIVERSITARIA, PILLCO MARCA, HUÁNUCO 2023

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION	METODOLOGIA																																																																	
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿En qué medida las fallas estructurales se relacionan con el índice de condición del pavimento de la carpeta asfáltica en la Av. Universitaria, Pillco Marca - Huánuco 2023?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Determinar la relación entre el índice de condición del pavimento flexible y las fallas estructurales de la carpeta asfáltica de la Av. Universitaria, Pillco Marca - Huánuco 2023.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>El índice de condición del pavimento flexible y las averías estructurales del pavimento asfáltico en la Av. Universitaria, Pillco Marca - Huánuco 2023 tienen una fuerte correlación.</p>	<p>INDEPENDIENTE</p> <p>Fallas estructurales</p>	<p>Deformaciones permanentes, figuraciones o agrietamiento, desintegraciones.</p>	<p>Ahuellamiento (m2)</p> <p>Hundimiento (m2)</p> <p>Hinchamiento (m2)</p> <p>Grietas Longitudinal (m)</p> <p>Grietas Transversal (m)</p> <p>Grietas en bloques (m2)</p> <p>Roturas de bordes (m2)</p> <p>Baches (m2)</p> <p>Desprendimiento/ descubrimientos agregados (m2)</p>	<p>-Capacidad de soporte (1)</p> <p>-Resistencia por cargas (2)</p> <p>-Vida útil (3)</p> <p>Excelente (1)</p> <p>Muy bueno (2)</p> <p>Bueno (3)</p> <p>Regular (4)</p> <p>Malo (5)</p> <p>Muy malo (6)</p> <p>Fallado (7)</p>	<p>ESPECIFICACIONES</p> <p>Manual de daños de la PCI.</p> <p>Muestra</p> $n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2}$ $n = \frac{124 \times (10)^2}{\frac{1}{4} \times (124-1) + 10^2} = 14.27 \sim n = 14$ <p>Nivel</p> <p>Cuantitativa, cualitativa, correlacional.</p> <p>Tipo</p>	<p>Diseño de la investigación:</p> <p>No experimental</p> <table border="1" style="font-size: small; width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="4">TIPOS DE FALLAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 Pav. de cocodrilo</td> <td>m2</td> <td>11 Parches</td> <td>m2</td> </tr> <tr> <td>2 Erodición</td> <td>m2</td> <td>12 Pavimentos de agregados</td> <td>m2</td> </tr> <tr> <td>3 Agrietamiento en bloque</td> <td>m2</td> <td>13 huecos / baches</td> <td>und.</td> </tr> <tr> <td>4 Agrietamiento y hundimiento</td> <td>m</td> <td>14 Cauce de ferrocarril</td> <td>m2</td> </tr> <tr> <td>5 Comogación</td> <td>m2</td> <td>15 Ahuellamientos</td> <td>m2</td> </tr> <tr> <td>6 Depresión</td> <td>m2</td> <td>16 Desplazamientos</td> <td>m2</td> </tr> <tr> <td>7 Grietas de borde</td> <td>m</td> <td>17 Grietas paralelas</td> <td>m2</td> </tr> <tr> <td>8 Grietas de reflexión de junta</td> <td>m</td> <td>18 Hinchamiento</td> <td>m2</td> </tr> <tr> <td>9 Desnivel canch / bermas</td> <td>m</td> <td>19 Desprendimiento de agregados</td> <td>m2</td> </tr> <tr> <td>10 Grietas longitudinales y transversales</td> <td>m</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="font-size: small; width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="4">NIVEL DE SEVERIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LOW</td> <td>BAJA</td> <td>L</td> <td></td> </tr> <tr> <td>MEDIUM</td> <td>NEUTRA</td> <td>M</td> <td></td> </tr> <tr> <td>HIGH</td> <td>ALTA</td> <td>H</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="font-size: small; width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2">UNIDAD DE MUESTREO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$N = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2}$</td> <td>BAJOS</td> </tr> </tbody> </table> <p>Donde: n: El número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse. N: El total de unidades de muestreo descubiertas en la zona del pavimento en la</p>	TIPOS DE FALLAS				1 Pav. de cocodrilo	m2	11 Parches	m2	2 Erodición	m2	12 Pavimentos de agregados	m2	3 Agrietamiento en bloque	m2	13 huecos / baches	und.	4 Agrietamiento y hundimiento	m	14 Cauce de ferrocarril	m2	5 Comogación	m2	15 Ahuellamientos	m2	6 Depresión	m2	16 Desplazamientos	m2	7 Grietas de borde	m	17 Grietas paralelas	m2	8 Grietas de reflexión de junta	m	18 Hinchamiento	m2	9 Desnivel canch / bermas	m	19 Desprendimiento de agregados	m2	10 Grietas longitudinales y transversales	m			NIVEL DE SEVERIDAD				LOW	BAJA	L		MEDIUM	NEUTRA	M		HIGH	ALTA	H		UNIDAD DE MUESTREO		$N = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2}$	BAJOS
TIPOS DE FALLAS																																																																								
1 Pav. de cocodrilo	m2	11 Parches	m2																																																																					
2 Erodición	m2	12 Pavimentos de agregados	m2																																																																					
3 Agrietamiento en bloque	m2	13 huecos / baches	und.																																																																					
4 Agrietamiento y hundimiento	m	14 Cauce de ferrocarril	m2																																																																					
5 Comogación	m2	15 Ahuellamientos	m2																																																																					
6 Depresión	m2	16 Desplazamientos	m2																																																																					
7 Grietas de borde	m	17 Grietas paralelas	m2																																																																					
8 Grietas de reflexión de junta	m	18 Hinchamiento	m2																																																																					
9 Desnivel canch / bermas	m	19 Desprendimiento de agregados	m2																																																																					
10 Grietas longitudinales y transversales	m																																																																							
NIVEL DE SEVERIDAD																																																																								
LOW	BAJA	L																																																																						
MEDIUM	NEUTRA	M																																																																						
HIGH	ALTA	H																																																																						
UNIDAD DE MUESTREO																																																																								
$N = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2}$	BAJOS																																																																							
<p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>¿En qué medida la carpeta</p>	<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>Determinar si las deformaciones</p>	<p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>En la Av. Universitaria - Pillco Marca,</p>	<p>DEPENDIENTE</p> <p>Índice de condición del</p>	<p>Parámetros de evaluación</p>	<p>Roturas de bordes (m2)</p> <p>Baches (m2)</p> <p>Desprendimiento/ descubrimientos agregados (m2)</p>	<p>Muy bueno (2)</p> <p>Bueno (3)</p> <p>Regular (4)</p> <p>Malo (5)</p> <p>Muy malo (6)</p> <p>Fallado (7)</p>	<p></p>																																																																	

<p>asfáltica de la Av. Universitaria – Pillco Marca, Huánuco-2023 cumple con los criterios de deformaciones permanentes?</p> <p>¿En qué medida los parámetros de evaluación se relacionan con las Figuraciones o Agrietamiento s para la carpeta asfáltica en la Av. Universitaria – Pillco Marca, Huánuco-2023?</p> <p>¿En qué medida los parámetros de evaluación se relacionan con las Desintegraci</p>	<p>es permanentes de la carpeta asfáltica en la Av. Universidad – Pillco Marca, Huánuco-2023, están relacionadas con los criterios de evaluación de la carpeta asfáltica.</p> <p>Analizar si los parámetros de evaluación se relacionan con las Figuraciones o Agrietamientos para la carpeta asfáltica en la Av. Universitaria – Pillco Marca, Huánuco-2023.</p>	<p>Huánuco-2023, las deformaciones permanentes de la carpeta asfáltica tienen una relación significativa con los parámetros de evaluación.</p> <p>Los parámetros de evaluación se relacionan significativamente con las Figuraciones o Agrietamientos para la carpeta asfáltica en la Av. Universitaria – Pillco Marca, Huánuco-2023.</p>	<p>pavimento (PCI)</p>	<p>Trabajos de campo Indicadores</p>	<p>-Clase de pavimento. -Nivel de severidad. -Cantidad de fallas.</p> <p>-Medición según el tipo de fallos en m2, ml. -Clasificación del tipo de fallo (bajo, medio y alto). -Evaluación de la gravedad, cantidad y densidad de la sección.</p>	<p>Nominal</p>	<p>Manual de pavimentos flexibles</p>	<p>Tanto los objetivos generales como los específicos de la investigación son de tipo aplicado, en función de las variables que se han sugerido</p> <p>Enfoque El enfoque del presente estudio es mixto ya que abarca dos tipos: cualitativo y cuantitativo.</p> <p>Diseño metodológico. -Según los resultados es cuantitativo. -Según el propósito de estudio es descriptivo -Según la cronología de las -observaciones es prospectivo -Según el número de mediciones es transversal</p> <p>Método: Técnica: Observación, encuesta Instrumentos: Herramientas</p>	<p>zona del pavimento. e: Error admisible en la estimación del ICP de la sección (e = 5%). σ: La desviación estándar del PCI en todas las unidades ($\sigma=10$).</p> <p>Donde: n: El número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse. N: El total de unidades de muestreo descubiertas en la zona del pavimento en la zona del pavimento.</p>
--	---	---	------------------------	--------------------------------------	---	----------------	---------------------------------------	---	--



NUMERO MAXIMO DE VD.

$$m = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

ones para la
carpeta
asfáltica en la
Av.
Universitaria
– Pillco
Marca,
Huánuco-
2023?

Huánuco-
2023.

Establecer si
los
parámetros
de
evaluación
se relacionan
con las
Desintegraci
ones para la
carpeta
asfáltica en la
Av.
Universitaria
– Pillco
Marca,
Huánuco-
2023.

Los
parámetros
de
evaluación
se relacionan
significativam
ente con las
Desintegraci
ones para la
carpeta
asfáltica en la
Av.
Universitaria
– Pillco
Marca,
Huánuco-
2023.

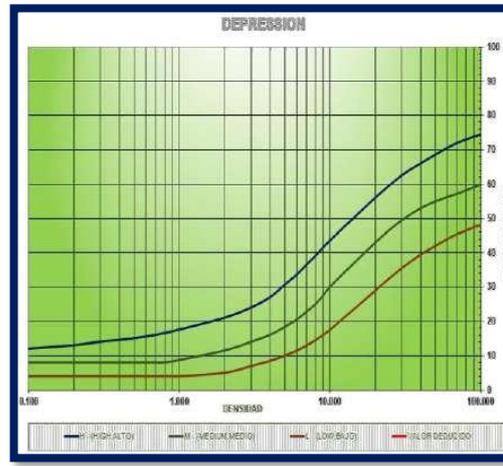
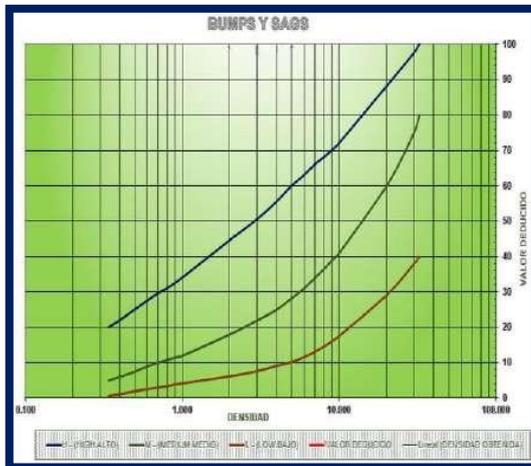
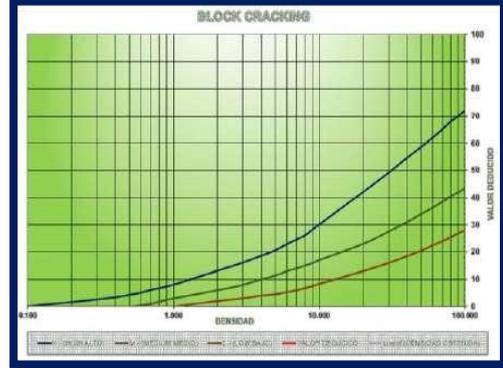
topográficos, manual
de daños de la PCI,
normas, cuestionario,
notas de apuntes.

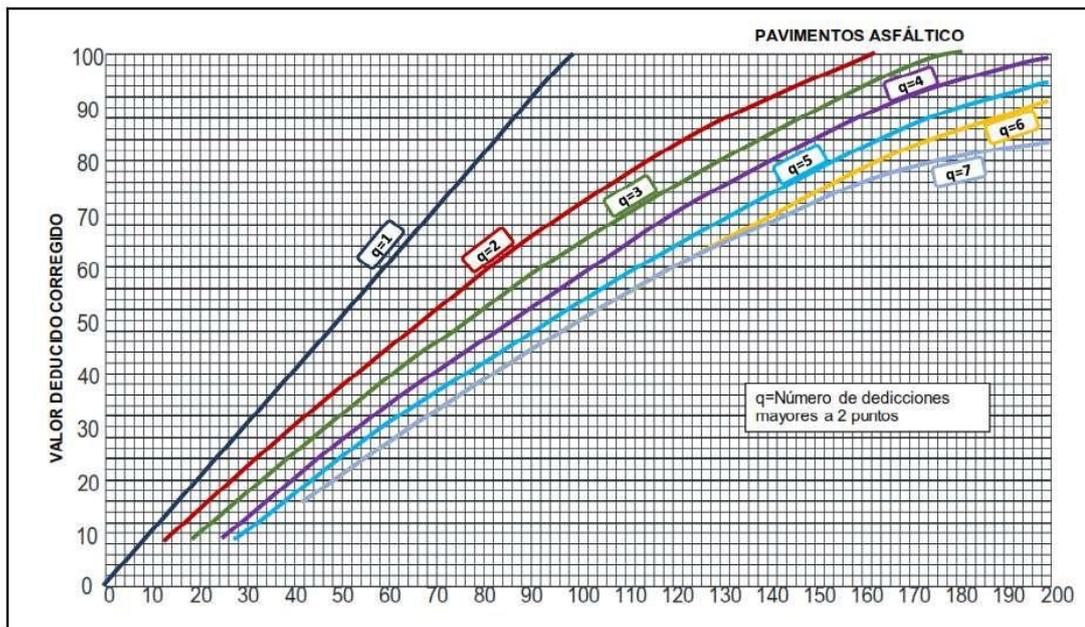
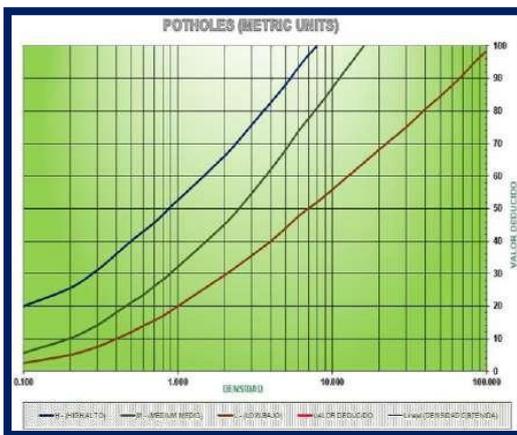
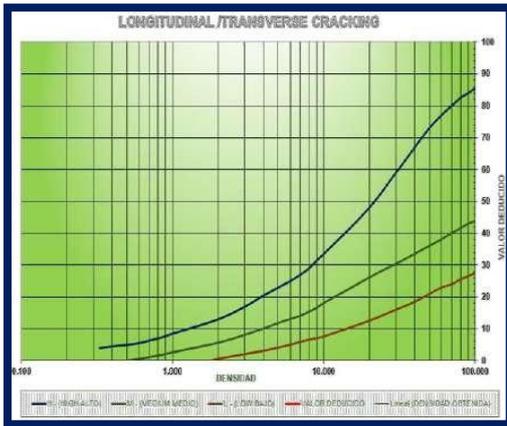
Plan de tabulación:
Tabulación simple.

**Análisis de datos
estadísticos:**
Análisis Estadístico
descriptivo.

RANGO	CLASIFICACION	SIMBOLOGIA
(100 - 85)	Excelente	
(85 - 70)	Muy Bueno	
(70 - 55)	Bueno	
(55 - 40)	Regular	
(40 - 25)	Malo	
(25 - 10)	Muy Malo	
(10 - 0)	Fallado	

ANEXO 3 BASE DE DATOS





Fuente. Manual PCI (2002)

ANEXO 4

PANEL FOTOGRÁFICO

Fallas tipo huecos, ubicado en la muestral N.º UM6, del tramo la Av. Universitaria, PILLCO MARCA, HUÁNUCO.

Progresiva: 0+157.50 al 0+189.00



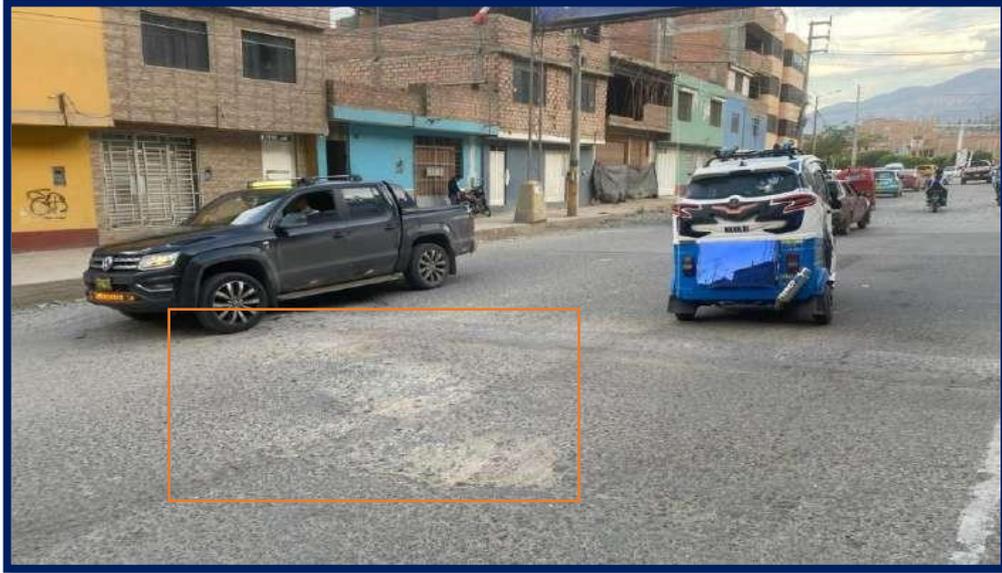
Fallas tipo huecos, ubicado en la muestral N.º UM22, del tramo la Av. Universitaria, PILLCO MARCA, HUÁNUCO.

Progresiva: 0+661.50 al 0+693.00



Fallas por desprendimientos de agregados, ubicado en la muestral N.º UM30, del tramo la Av. Universitaria, PILLCO MARCA, HUÁNUCO.

Progresiva: 0+913.50 al 0+945.00



Fallas tipo piel de cocodrilo y huecos, ubicado en la muestral N.º UM30, del tramo la Av. Universitaria, PILLCO MARCA, HUÁNUCO.

Progresiva: 0+913.50 al 0+945.00



Pulimiento de agregados, ubicado en la muestral N.º UM38, del tramo la Av. Universitaria, PILLCO MARCA, HUÁNUCO.

Progresiva: 1+165.50 al 1+197.00



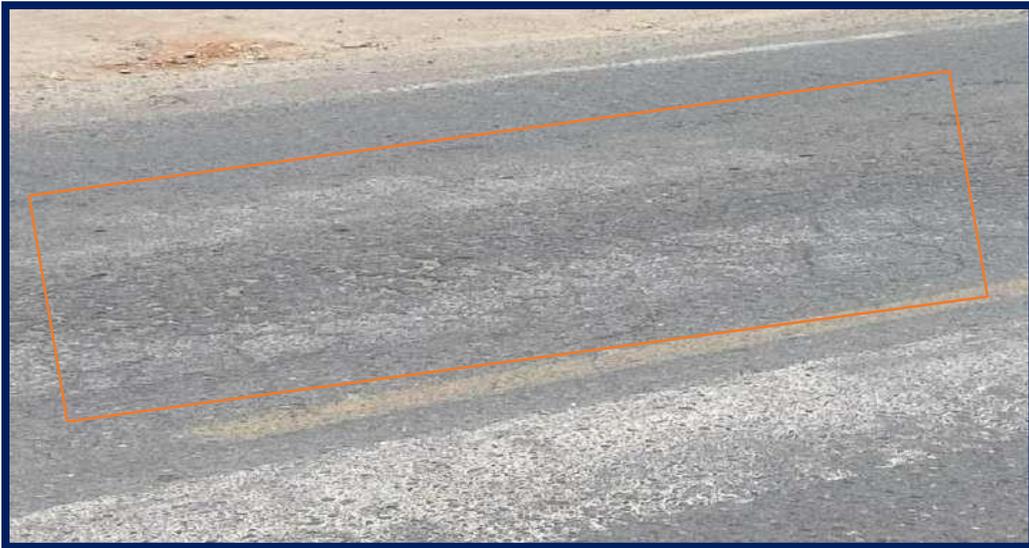
Grietas en borde, ubicado en la muestral N.º UM54, del tramo la Av. Universitaria, PILLCO MARCA, HUÁNUCO.

Progresiva: 1+669.50 al 1+701.00



Piel de cocodrilo, ubicado en la muestral N.º UM70, del tramo la Av. Universitaria, PILLCO MARCA, HUÁNUCO.

Progresiva: 2+173.50 al 2+205.00



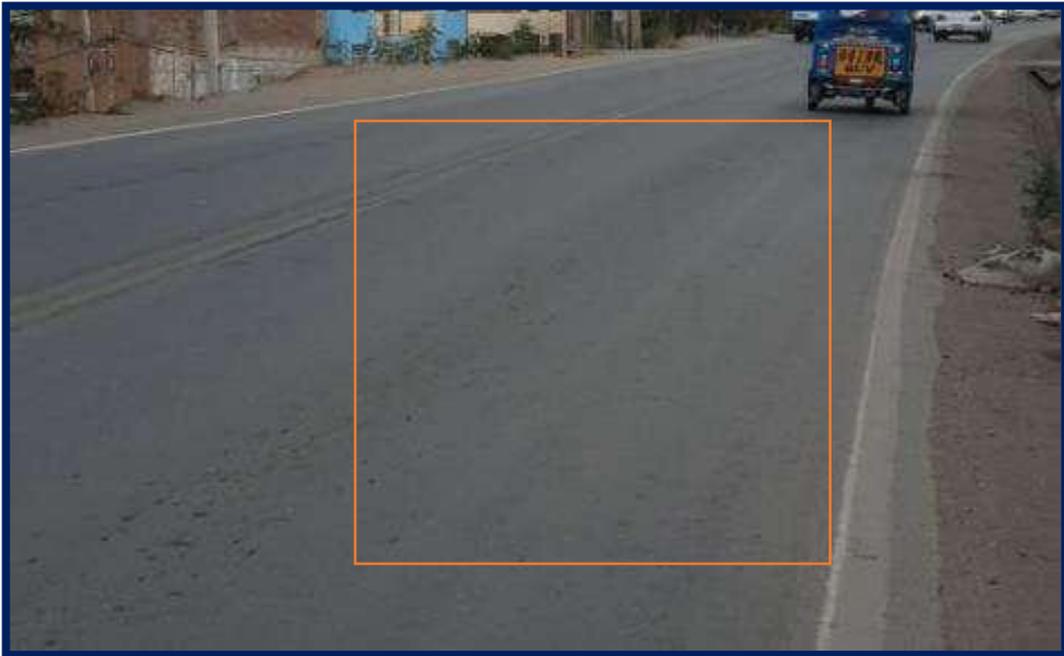
Parqueo, ubicado en la muestral N.º UM102, del tramo la Av. Universitaria, PILLCO MARCA, HUÁNUCO.

Progresiva: 3+181.50 al 3+213.00



Ahuellamiento, ubicado en la muestral N.º UM110, del tramo la Av. Universitaria, PILLCO MARCA, HUÁNUCO.

Progresiva: 3+433.50 al 3+465.00



Grietas en borde, ubicado en la muestral N.º UM110, del tramo la Av.Universitaria, PILLCO MARCA, HUÁNUCO.

