



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Mejoramiento mediante AASHTO 93 del índice de condición del
pavimento flexible de Chanchoccocha hacia la ciudad de Ayacucho
2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTORES:

Alvarez Flores, Lizett Lorena (orcid.org/0009-0005-3854-4139)

Zuñiga Huaman, Roni (orcid.org/0009-0007-9466-3241)

ASESOR:

Mg. Villar Quiroz, Josualdo Carlos (orcid.org/0000-0003-3392-9580)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2024

DEDICATORIA

Al omnipotente y a mi núcleo familiar, por el apoyo, su respaldo y comprensión absoluto con el objetivo de alcanzar esta etapa profesional importante en mi vida.

ALVAREZ FLORES, LIZETT LORENA

A mi maravillosa familia, quienes son mi apoyo para poder cumplir mis objetivos y a la Universidad César Vallejo y a su plana de docentes por impartir conocimiento en el tiempo que duró el proceso de mi instrucción profesional.

ZUÑIGA HUAMAN, RONI

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la divinidad por conducirme y alumbrar mi sendero para alcanzar mis metas.

Expreso mi agradecimiento a mis padres, porque cada uno de sus esfuerzos son frutos de cada objetivo que alcanzo. También agradezco a mi familia en su totalidad, quienes confían en mí y constantemente me proporcionan apoyo para continuar adelante.

ALVAREZ FLORES, LIZETT LORENA

A la Universidad César Vallejo por acogerme para ser integrante como su tesista y al asesor Ingeniero Josualdo Carlos Villar Quiroz por haberme guiado y enseñado a obtener el título profesional.

ZUÑIGA HUAMAN, RONI

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, VILLAR VILLAR QUIROZ JOSUALDO CARLOS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Mejoramiento mediante AASHTO 93 del índice de condición del pavimento flexible de Chanchoccocha hacia la ciudad de Ayacucho 2023", cuyos autores son ALVAREZ FLORES LIZETT LORENA, ZUÑIGA HUAMAN RONI, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 29 de Febrero del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
VILLAR VILLAR QUIROZ JOSUALDO CARLOS DNI: 40132759 ORCID: 0000-0003-3392-9580	Firmado electrónicamente por: JVILLARQ el 09-03- 2024 11:03:08

Código documento Trilce: TRI - 0739023



DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, ALVAREZ FLORES LIZETT LORENA, ZUÑIGA HUAMAN RONI estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Mejoramiento mediante AASHTO 93 del índice de condición del pavimento flexible de Chanchoccocha hacia la ciudad de Ayacucho 2023", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
ALVAREZ FLORES LIZETT LORENA : 44061232 ORCID: 0009-0005-3854-4139	Firmado electrónicamente por: LIALVAREZFL el 04-03- 2024 23:00:12
ZUÑIGA HUAMAN RONI : 42463298 ORCID: 0009-0007-9466-3241	Firmado electrónicamente por: ROZUNIGAHU el 04- 03-2024 17:42:27

Código documento Trilce: INV - 1526408

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes	5
2.2. Bases teóricas	8
2.2.1. <i>Índice de Condición (PCI – Pavement Condición Index)</i>	8
2.2.2. <i>Metodología AASHTO 93</i>	12
III. METODOLOGÍA.....	14
3.1. Tipo y diseño de investigación	14
3.2. Variables y operacionalización	16
3.2.1. <i>Variable</i>	16
3.2.2. <i>Matriz de clasificación de variable</i>	16
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.	16
3.3.1. <i>Población</i>	16
3.3.2. <i>Muestra</i>	16
3.3.3. <i>Muestreo</i>	16
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	18

3.5. Procedimientos	21
3.5.1. <i>Recopilación de información</i>	23
3.5.2. <i>Análisis documentario</i>	23
3.5.3. <i>Extracción de resultados</i>	23
3.6. Método de análisis de datos.....	23
3.7. Aspectos éticos	24
IV. RESULTADOS	26
4.1. ÍNDICE DE CONDICIÓN	26
4.1.1 <i>TIPOS DE FALLAS</i>	26
4.1.2 <i>CANTIDAD Y SEVERIDAD DE DAÑOS</i>	27
4.1.3 <i>CÁLCULO DEL PCI</i>	28
4.1.4 <i>ÍNDICE DE CONDICIÓN</i>	29
4.1.5 <i>PROPUESTA DE MEJORA AL PAVIMENTO</i>	30
4.2. METODOLOGÍA AASHTO	32
4.2.1 <i>ESTUDIO TOPOGRÁFICO</i>	32
4.2.2 <i>ESTUDIO DE TRÁFICO VEHICULAR</i>	33
4.3. MEJORAMIENTO DEL DISEÑO DE PAVIMENTO.....	34
4.3.1 <i>NÚMERO ESTRUCTURAL (SN)</i>	34
V. DISCUSIÓN	35
VI. CONCLUSIONES.....	39
VII. RECOMENDACIONES	41
REFERENCIAS	42
ANEXOS.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Rango de Clasificación. del PCI</i>	9
Tabla 2. <i>Nivel de Intervención</i>	10
Tabla 3. <i>Esquema de diseño de investigación transversal</i>	15
Tabla 4. <i>Identificación y clasificación de las variables</i>	16
Tabla 5. <i>Guías de observación</i>	19
Tabla 6. <i>Estado del pavimento flexible</i>	24
Tabla 7. <i>Tipos de daños existentes</i>	26
Tabla 8. <i>Índice de condición del pavimento</i>	29
Tabla 9. <i>Tipo de intervención y alternativas de solución del pavimento</i>	30
Tabla 10. <i>Ubicación de las unidades muéstrales</i>	32
Tabla 11. <i>Ubicación de las calicatas</i>	32
Tabla 12. <i>Ubicación del conteo vehicular</i>	32
Tabla 13. <i>Numero estructural y espesores del pavimento flexible</i>	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Esquema de PCI</i>	9
Figura 2. <i>Diagrama del diseño de investigación</i>	15
Figura 3. <i>Mapa conceptual del procedimiento</i>	22
Figura 4. <i>Estado del pavimento flexible</i>	24
Figura 5. <i>Porcentaje de cantidad de daños</i>	27
Figura 6. <i>Porcentaje de severidad de daños</i>	28
Figura 7. <i>Valores de PCI por unidad muestral</i>	28
Figura 8. <i>Porcentaje de condición del pavimento flexible</i>	29
Figura 9. <i>Propuesta de mejora según PCI</i>	31
Figura 10. <i>Índice medio diario de vehículos</i>	33
Figura 11. <i>Carga Estándar por eje equivalente</i>	33

RESUMEN

El estudio de la investigación se realizó en el ámbito de la ciudad de Ayacucho en el tramo del kilómetro 321 a 330 de la vía los libertadores, se tuvo como objetivo determinar el mejoramiento mediante la metodología AASHTO 93 en el Índice de Condición del Pavimento flexible de Chanchoccocha hacia la ciudad de Ayacucho 2023, es un estudio de diseño no experimental descriptiva y de tipo transversal. La muestra se conformó por 9 kilómetros de la vía los libertadores. Al realizar la evaluación de las unidades muestrales de acuerdo al PCI se encontraron 11 fallas existentes y el mayor cantidad y severidad de daño encontrado fue el agrietamiento en bloque, el PCI encontrado oscila de 4.79 a 82.99 por ciento y el de mayor porcentaje encontrado fue de condición regular. Las propuestas de mejora de la vía después de haber realizado la evaluación es de tipo mantenimiento, rehabilitación y construcción. De acuerdo al análisis de la metodología AASHTO 93 para la mejora de los tramos que se encuentran con PCI fallado y muy malo de la vía se plantea la construcción de la vía.

Se concluye tras el análisis realizado que el tipo de intervención debe ser mantenimiento, rehabilitación y construcción de acuerdo a las dimensiones diseñados de la carpeta asfáltica, base y sub base.

Palabras clave: Índice de Condición de Pavimento, AASHTO 93, Pavimento Flexible.

ABSTRACT

The research study was carried out in the area of the city of Ayacucho in the stretch from kilometer 321 to 330 of the Los Libertadores road, the objective was to determine the improvement through the AASHTO 93 methodology in the Condition Index of the flexible pavement of Chanchoccocha towards the city of Ayacucho 2023, it is a non-experimental descriptive and cross-sectional design study. The sample consisted of 9 kilometers of the Los Libertadores road. When evaluating the sample units according to the PCI, 11 existing failures were found and the greatest amount and severity of damage found was block cracking, the PCI found ranged from 4.79 to 82.99 percent and the highest percentage found was regular condition. The proposals for improvement of the road after having carried out the evaluation are maintenance, rehabilitation and construction. According to the analysis of the AASHTO 93 methodology for the improvement of the sections with failed and very bad PCI of the road, the construction of the road is proposed.

It is concluded after the analysis that the type of intervention should be maintenance, rehabilitation and construction according to the designed dimensions of the asphalt layer, base and subbase.

Keywords: Pavement Condition Index, AASHTO 93, Flexible Pavement.

I. INTRODUCCIÓN

El rápido aumento de la población, origina la expansión y formación de nuevas ciudades; generando un aumento en la necesidad de proyectos de ingeniería civil. Estas edificaciones son esenciales para atender las demandas de la población, generar ingresos económicos y promoviendo la modernización. Por lo tanto, en el sector de la construcción se percibe como soporte principal para el progreso de una nación. La prosperidad económica de la población está sujeto a los proyectos de infraestructura vial, los cuales facilitan una conexión entre comunidades, ciudades, países y naciones; posibilitando de esta manera el transporte de personas y bienes **(Chavarría y Marreros, 2021)**.

La vida útil de las infraestructuras viales está sujetos a varios factores como las condiciones climáticas, al incremento vehicular, falta de educación vial en los conductores y peatones, y el crecimiento exponencial de la población; por lo que no cuentan con estabilidad y durabilidad de acuerdo a su ciclo de vida, generando gastos a corto plazo para su mantenimiento o reposición, de acuerdo a los reportes de estudios realizados y encontrados.

El origen y crecimiento de nuevas industrias para todos nosotros son mejoras en la calidad de vida, pretendiendo su sostenibilidad con el paso del tiempo, con la meta de eliminar la pobreza en la población y fomentar al desarrollo de la sociedad para salir del subdesarrollo.

Según el propósito de desarrollo sostenible de la ONU la investigación se encuentra enmarcado en el objetivo 9 que es de construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación, y de esta manera mejorar la calidad de vida de la comunidad **(Organización Mundial de las Naciones Unidas, 2023)**.

En Colombia se realiza una evaluación superficial de los daños mediante la metodología del Índice de Condición de pavimento y determinar la problemática desde la perspectiva de la población para realizar estudio eficiente de serviciabilidad, se tiene en cuenta muchos aspectos tales como la percepción, la calidad del tránsito, entre otros, y por supuesto la realización de un adecuado estudio de PCI, tomando en consideración que en Colombia un pavimento

manifieste un rango de 70-55 es clasificado como bueno, lo registramos como excelente, sin necesidad de obedecer la totalidad de las especificaciones para ubicarse en un rango de 100 **(Martínez y Noguera, 2020)**.

En Costa Rica, cerca de 80% de las carreteras no cuentan con estudios que utilicen parámetros comparables internacionalmente como el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), estudios de deflectometría (FWD), Índice de Condición de Pavimento (PCI) **(Muñoz, 2016)**.

En España, se realizan diversas investigaciones dedicadas a la comparación de métodos en la estimación del estado de los pavimentos, los mismos que son aplicados en los modelos de predicción de deterioro de la estructura, sin tener en cuenta relatividad en el recojo de datos en campo y de sus resultados **(Andrade et al., 2021)**.

En Perú, la deplorable condición de los sistemas viales principalmente en las ciudades, resulta del desinterés de los gobiernos que están a cargo de su administración, debido que no se realizan proyectos, planes de conservación y/o mantenimiento ya que generan elevados costos, no contamos con una supervisión de las fallas y acciones para la preservación de la vía, considerándose un desafío que impacta a los usuarios que hacen uso de la vía. **(Tacza y Rodríguez, 2018)**.

Nuestro país, cuenta con muchas infraestructuras de pavimento flexible que conforma la red vial nacional y gran parte está en condición deplorable presentando fallas a lo largo de su estructura, muchas de estas fallas son generadas sin cumplir su periodo de diseño del pavimento. Dichos deterioros son producidos o generados, debido a que no se realizaron un buen estudio de diseño para su construcción, así como evaluaciones para su mantenimiento preventivo o el uso de reactivos apropiados, agregando las condiciones climáticas que se manifiesta en la zona de la vía, uso de materiales deficientes o de poca calidad, entre otras condiciones **(De La Cruz, 2022)**.

Propone mejorar la alternativa estructural en el diseño de Pavimentos, a lo largo de su investigación concluye que, terminado el proceso de observación visual utilizando la metodología, obtiene que el principal tipo de deterioro en las carreteras

es el fisuramiento, esto se debe a la negligencia de las autoridades competentes en cuanto al mantenimiento **(Ccasani y Ferro, 2017)**.

La escasez en el estudio y diseño de pavimentos, ocasionan costos al tránsito vehicular, debido a que las estructuras viales en su primer año de vida útil ya se presentan con fallas como fisuras, como resultado del desgaste y la sobre carga del flujo vehicular **(Jimenez y Valverde, 2018)**.

En relación al estado operacional del pavimento evaluado, por medio del Método PCI en las principales calles de Huamanga, obtiene resultados de las fallas más frecuentes, resultando lo siguiente: 31,50% son de grieta lineal, 21,50% son patologías de parcheo grande; 17,00 % son patologías de losa dividida; 4,00% son patologías de descascaramiento de juntas, 10,00% son patologías de grieta de esquina, 4,00% son punzonamiento **(Palomino, 2017)**.

La empresa VIVA M Y M S.A., con RUC 20604713456 realizó trabajos de campo y laboratorio para realizar la “Evaluación de suelos en la cimentación y pavimentación del lote 2, sector Girasoles 3, Urb. Los Parques de Comas, Comas, Lima”, el proyecto tuvo como objetivo la reconstrucción de las calles para contar con adecuadas condiciones de tránsito vehicular y peatonal **(VIVA M Y M S.A., 2016)**.

Nuestra región de Ayacucho, ha crecido poblacionalmente lo cual genera una alta demanda en su parqueo vehicular tanto en zonas urbanas de la ciudad como en las rurales, generando un avance acelerado en la necesidad de la construcción de pavimentos, y los pavimentos en funcionamiento con el paso del tiempo se van deteriorando, presentando disminución en su grado de serviciabilidad para la que fueron construidas no cumpliendo con su función.

En la actualidad la región de Ayacucho, adolece de la presencia del gran porcentaje de pavimentos con deterioros, baches, grietas y otras anomalías que incrementen los accidentes de tránsito, tal como lo ha informado la defensoría del Pueblo de la Región Ayacuchana, en ese contexto sugerimos a la Municipal Provincial de Huamanga instaurar metas a mediano y corto plazo, con la finalidad de ejecutar las inversiones necesarias para solucionar los problemas presentados; así como el mejoramiento y rehabilitación de las vías, cuyo estado actual obstruye el buen desplazamiento de manera segura y accesible.

El estado de las pistas no solo genera incidentes de pavimentos sino también contaminación ambiental debido al excesivo polvo que generan los elementos constructivos deteriorados por el paso vehicular que circular por la misma.

Nuestra investigación realizó la observación de la situación actual del pavimento de la Vía Los libertadores tramo Chanchoccocha hacia la ciudad de Ayacucho y se identificó la naturaleza de los tipos de fallas presentes, realizando todos los estudios necesarios como condición de pavimento, estudio de tráfico para obtener la serviciabilidad actual que proporciona el pavimento.

El objetivo general planteado fue determinar el mejoramiento mediante la metodología AASHTO 93 en relación al Índice de Condición de la vía que va de Chanchoccocha hacia la ciudad de Ayacucho 2023 y como objetivos específicos tenemos evaluar el índice de condición del pavimento flexible de Chanchoccocha hacia la ciudad de Ayacucho 2023; analizar la Metodología AASHTO 93; definir y articular los resultados del método PCI con los elementos de mejora de la Metodología AASHTO 93 del pavimento flexible de Chanchoccocha hacia la ciudad de Ayacucho 2023; elaborar y validar el mejoramiento del diseño de pavimento mediante la metodología AASHTO 93 del pavimento flexible de Chanchoccocha hacia la ciudad de Ayacucho 2023.

La investigación se realizó mediante el diseño no experimental descriptiva propositiva por tal razón no es necesario plantear la hipótesis.

Basándonos en la información obtenida, proponemos realizar el nuevo diseño de pavimento con la finalidad que este cumpla con todas las funciones y condiciones necesarias acorde a la realidad vehicular actual que a lo largo del tiempo se ha incrementado.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

1. Índice de regularidad internacional e índice de condición de pavimento para definir niveles de serviciabilidad de pavimentos

(Oblitas et al., 2021), en su artículo de investigación, respecto a los métodos de cálculo de los pavimentos flexibles, IRI (Índice de rugosidad internacional) y PCI (índice de condición de pavimento) con la finalidad de fijar los grados de serviciabilidad de la estructura (p. 170), haciendo uso de los puntos de vista de inclusión y exclusión, asimismo, selecciono 29 artículos científicos constituyendo categorías temáticas.

De acuerdo a la información se determinó, que es indispensable contar con métodos de estimación de pavimentos, con el propósito de conocer el estado del pavimento para no ejecutar procedimientos sin conocimientos y criterios técnicos, por lo que, de utilizar metodologías mencionadas al inicio, es de importancia para concluir de manera certera con las características actuales. (p. 174)

El estudio nos proporciona el conocimiento del uso de las metodologías empleadas, con la finalidad de conocer el grado numérico y para luego estimar el estado del pavimento, obteniéndose a través de la observación de las áreas dañadas, tipos de deterioro y fallas en función a su severidad.

2. Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la carretera puerto aeropuerto (Tramo II), Manta Provincia de Manabí

(Baque, 2020), en su artículo de investigación, evaluar el diagnóstico de la condición de la infraestructura vial de la Carreta Puerto Aeropuerto, utilizando la metodología de recolección de datos a través la observación, con el fin de identificar y seleccionar el segmento a estudiar.

Determino que la condición del tramo tiene una capacidad de 49 de acuerdo al PCI posicionándolo como estado regular, determinando que existe 12 tipos de fallas encontradas en 26 muestras tomadas. Concluyendo que la vía de estudio no requiere un mantenimiento de gran envergadura debido que solo existe una falla poco considerable. (p. 224)

El presente artículo de investigación, aporte información acerca del conocimiento en relación a las incidencias que pueden tener los pavimentos y nivel de severidad a través del método PCI para la evaluación y mejoramiento.

3. Diseño de infraestructura vial con pavimento flexible para mejora de transitabilidad de la avenida Industrial, Lurín, Lima

(De La Cruz y Paredes, 2021), en su artículo relacionada a su investigación, determino que el boceto de pavimento flexible para mejorar de la transitabilidad de los vehículos, usando del tipo de metodología aplicada, diseño no experimental y enfoque cuantitativo. Tuvo como consecuencia que el diseño ideal para la estructura es de 7,5 cm de carpeta asfáltica, 20,00 cm de base y 15,00 cm de subbase. Concluyendo que un diseño idóneo del pavimento mejora el flujo vehicular. (p. 111)

La presente, nos aporta que, con el uso de conteo del flujo vehicular mediante los estudios regulados en el reglamento del MTC, es posible determinar un diseño de pavimento acorde a la necesidad y cantidad de vehículos que hacen uso de la carretera en estudio.

4. Revisión de las tecnologías para la evaluación de pavimentos flexibles

(Benavides et al., 2020), en su artículo de investigación, detallo que el análisis de las diversas tecnologías que permiten evaluar y analizar el estado de los pavimentos, usando la metodología basado en un análisis cualitativo - documental, estimando los artículos con alta relevancia e impacto, reconociendo los aportes esenciales del avance tecnológico en el estudio de pavimentos, teniendo como resultado que la tecnología en este rubro ha evolucionado lo que permite que desde simple parámetro de inspección visual, base de datos maestras pronostiquen y evalúen la aparición de las patologías y su proporción en la información que permiten tomar decisiones en las acciones correccional y preventivas de mantenimiento.

Concluyendo que la tecnología reduce las actividades del personal y presupuesto a gastar, manteniendo el servicio en optima condición, tráfico vehicular estable y la salud de los peatones. (p. 136)

El artículo de investigación, aporta que, actualmente el avance tecnológico ha evolucionado en todos los ámbitos, permitiendo un mejor análisis y toma de decisiones de los objetivos esperados, así en el ámbito de mejoras de pavimentos se encuentra el uso del PMS, que permite integrar la información del estado de los pavimentos en una base de datos e interactuar con Sistemas de Información Geográfica (GIS).

5. Propuestas de Metodología para la evaluación de pavimentos mediante el PCI.

(González et al., 2019), en su artículo de investigación, realizo el análisis bibliográfico para establecer los métodos de evaluación de pavimento flexible, hallando el Índice de Condición del Pavimento (PCI) aplicándolo al tramo Seminario Bautista, área de estudio, resulta que el estado del pavimento era regular, según lo establecido en las escalas que presenta el método en mención. Concluyendo que, de la intervención de la metodología del PCI, resulto que el estado corresponde a “regular” al verificar la estructura de la vía, no presentando fallas y agotamiento. (p. 1)

El artículo de investigación, nos aporta que, existen muchas metodologías que pueden aplicarse en el estudio técnico de los pavimentos, sin embargo, tenemos que ir en la búsqueda de la más certera y permitir su fácil aplicación.

6. Sistema de gestión de pavimentos basado en nuevas tecnologías para países en vía de desarrollo

(Macea et al., 2016), en su artículo de investigación, sugirió que los procedimientos para la gestión de los pavimentos se deben acrecentar las tecnologías que apoyen la valorización de pavimentos, para países en proceso de desarrollo, haciendo uso de nuevas tecnologías que ayuden en la toma de información y la evaluación de pavimentos, que reduzcan tiempos y generen costos idóneos.

El sistema que propuso permite generar mapas viales con características relevantes y los daños severos que presenta el pavimento. La ejecución involucro la creación de un dispositivo electrónico destinado para detectar de manera automatizada los deterioros en el pavimento, recopilando información georreferenciada compatible por cualquier plataforma de información geográfica. (p. 233)

La presente investigación, nos aporta que, en la gestión de pavimentos es necesario automatizar los procesos con la finalidad de hacer una buena recopilación de información en campo, por lo que con el uso de las diversas tecnologías nos permiten tener información segura y consistente para desarrollar mejores decisiones, optando por alternativa de costos de acuerdo a la realidad.

7. Evaluación superficial del pavimento flexible por el Método Pavement Condition Index, en la vía Libertadores, Ayacucho - 2020

(Cuadros, 2020), en su tesis, determinó la condición de la carretera y propuso opciones de mejoramiento para extender la durabilidad del pavimento. (p. 1). Empleo el método visual haciendo uso del método PCI, el análisis se realizó en una superficie de 12 Kilómetros de longitud, siendo divididas en unidades muestrales para su evaluación, identificando 09 patológicas a lo largo de la carretera de las cuales de acuerdo al nivel de severidad del valor deducido la que mayor incidencia fue el parcheo (p. 59). Determinándose que la intervención para la conservación de la vía es la restauración con propuestas de soluciones como el fresado y recapeo e=2", sustitución de parche y otros. (p. 69)

La investigación, nos provee de información referente, que por medio de la metodología PCI, podemos obtener resultados objetivos de estado del pavimento que se desea evaluar con la finalidad de tomar las mejores decisiones para poder intervenir la carretera.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Índice de Condición (PCI – Pavement Condición Índice).

El índice de condición de pavimento (PCI) es un nivel numérico que evalúa la superficial de una carretera, a través de la observación del área a evaluar,

identificando el tipo de deterioro en relación de su densidad y gravedad en los siguientes niveles: baja (L), media (M) y alta (H). **(Oblitas et al., 2021)**.

Para determinar la presencia de esta situación se incorporaron los valores deducidos, con el objetivo de determinar el nivel de deterioro del pavimento.

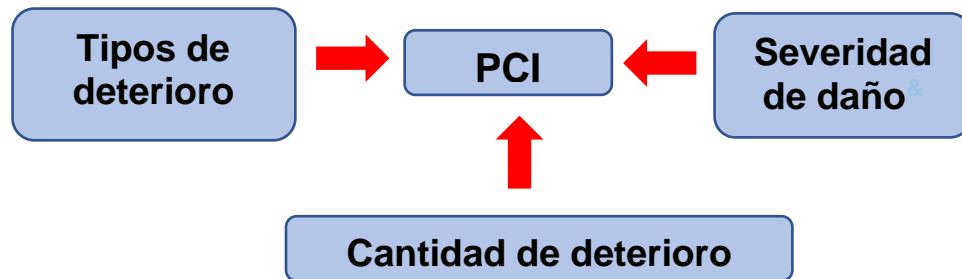


Figura 1. Esquema de PCI

Se desarrolló en el equipo de la Ingeniería de la Armada de los EE. UU. siendo presentada en el año 1978, fue revisada y adaptada por el país venezolano a través del Ingeniero Augusto Jugo B. del año 1987.

El Índice de condición, es un valor que varía desde cero, cuando la carretera se encuentra fallado o dañado llegando a 100, cuando el pavimento es perfecto, en la siguiente imagen se presenta la descripción cualitativa en relación al estado del pavimento **(Sánchez, 2017)**.

Tabla 1. Rango de Clasificación del PCI

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

Fuente.: según ASTM D 6433-03 (ASTM, 2007)

Como resultados de los valores alcanzados del PCI, se establecen niveles de intervención a aplicarse, tal como se muestra.

Tabla 2. *Nivel de Intervención*

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

Concepto de Pavimento.

Es una estructura que se descansa en una superficie conocida como subrasante. Esta capa está diseñada para resistir un conjunto de capas denominado paquete estructural, construido para soportar cargas significativas a lo largo del tiempo. **(MTC, 2018).**

Clasificación de Pavimento.

Existen 3 tipos de pavimento, los mismos que se pueden diferenciar por su estructura **(MTC, 2018)**, siendo:

1. Pavimento flexible
2. Pavimento rígido
3. Pavimento híbrido

Pavimento Flexible:

Es una estructura que consta de varias capas de materiales pétreos y cerámicos a modo de capas laminadas intercaladas entre aglutinantes, áridos y otros aditivos. Esencialmente, considerado como una capa de rodadura asfáltica cubierta capas granulares **(MTC, 2018).**

Hay tres categorías de pavimentos flexibles:

- Pavimentos flexibles convencionales
- Pavimentos full-depth
- Pavimentos de larga duración.

Los elementos del pavimento flexible según **(AASHTO 93, 2006)**, son los siguientes:

- a) **Subrasante**, constituye una capa de material de préstamo, que se compacta con una densidad específica.
- b) **Subbase**, se sitúa debajo de la base y encima de la subrasante. Conformada por material granular compactado.
- c) **Base**, se ubica bajo la capa de superficial del pavimento y su función principal es proporcionar soporte estructural al pavimento. Está conformada por material agregados.
- d) **Superficie de rodadura**, capa comprometida al exterior al encontrarse directamente en contacto con el tráfico; su función principal consiste en soportar las cargas del tráfico e impermeabilizar la superficie.

Etapas de la vida útil del pavimento

Según **(Huamán et al., 2023)**, menciona que a lo largo de su vida los pavimentos padecen deterioros a menudo debido a las cargas producidas por los vehículos, fenómenos climáticos y ambientales, que generan a un pavimento no apto para el tránsito. Las fases se dividen de la siguiente manera:

- Diseño y construcción, una buena construcción y diseño permite prolongar la duración del pavimento, no obstante; con el transcurrir del tiempo y los diversos factores, condiciones climáticas, es inevitable la presencia de fallas.
- Agrietamiento inicial, estos pueden surgir debido a la presencia de varios factores como carga vehicular, humedad, expansión térmica, entre otros. Sin embargo; estas son pequeñas e imperceptibles al inicio, pero con el tiempo pueden extenderse.
- Deterioro, es la etapa donde se aprecia signos de desgaste y envejecimiento.
- Reparación y Rehabilitación, el daño presentado deben ser reparados de manera oportuna y adecuada con el propósito de preservar la estructura.
- Manteamiento, resulta crucial para alargar el tiempo de vida del pavimento.

- Fin de Vida, pese a los esfuerzos por recuperar la vida del pavimento llega a su fin donde deberá ser sustituido por completo con una nueva construcción.

Tipos de fallas del pavimento flexible.

El Método PCI, presenta metodologías para poder evaluar los tipos de fallas que presenta un pavimento flexible, estos tipos de fallas se encuentran descritos en el manual de PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI), y este manual se encuentra en el anexo **(Vasquez, 2002)**.

2.2.2. Metodología AASHTO 93

El diseño de pavimentos flexibles, se asienta en establecer su “número estructural (SN)”, que pueda aguantar el nivel de carga. La determinación del número estructural, se determina en una ecuación conectando los coeficientes con sus números estructurales, requiriéndose diversos datos como de entrada siendo: el número de ejes, rango de serviciabilidad, la confiabilidad y módulo resiliente **(AASHTO 93, 1993)**.

El análisis de tráfico está conformado por muestras destinadas al cálculo del IMDA del tramo, esto comienza con la evaluación del conteo vehicular actual en ambos sentidos de tráfico.

a) Volumen de tránsito.

Se refiere a la cuantía de vehículos ya sea ligeros o pesados que circular a través de un carril específico en un determinado tiempo **(MTC, 2018)**.

b) Índice medio diario anual - IMD

Este es el número promedio de automóviles en funcionamiento en un momento determinado; el índice se puede establecer como un promedio diario durante un año, una semana o un mes. **(MTC 2018)**.

c) Periodo de diseño

Se diseña el pavimento para tolerar el impacto que tiene el tránsito en un tiempo específico. **(AASHTO 93, 2006)**.

d) Carril de diseño

Este es el número de vehículos que circulan en un sentido o en ambos sentidos, es igual en ambos sentidos, a veces hay más tráfico en un sentido que en el otro. **(MTC, 2014).**

e) Estimación del ESAL

Obtenido la cantidad de vehículos del carril donde se realizará el diseño y en el transcurso del periodo del mismo, se hará uso de la siguiente formula **(MTC, 2014).**

$$ESAL = \sum_{E-1}^{\bar{I}-m} FACTORCAMION_1 * IMDI_i * Fca * Fd * Fc * 365$$

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Según el propósito

La investigación adopta el enfoque tipo aplicada, y para el desarrollo y análisis se tendrá en cuenta el uso de las teorías y conocimientos establecidos por las normativas como es el PCI y AASHTO 93, estas normas presentan procedimientos y metodologías que se deben seguir para obtener resultados y dar propuestas de solución a los problemas planteadas en la investigación; la finalidad de analizar la importancia del índice de condición de pavimentos radica en conocer la situación actual del pavimento y de esta manera buscar en mejorar la calidad de vida de la población afectada por el deterioro de la vía. Las investigaciones aplicadas tienen el **propósito** u objetivos de resolver problemas y gracias a este modelo y enfoque investigación la sociedad está en desarrollo y también este tipo de investigación tiene la metodología que nos permite conocer y entender lo que nos rodea y tiene una característica de tipo universal (**Hernández et al., 2014**).

Según el diseño.

El diseño de la investigación es no experimental, es decir, en esta investigación las variables independientes no se modifican para ver sus efectos sobre otras variables, los hallazgos de las tendencias están en su origen en el contexto de la naturaleza y el medio ambiente, es decir, los investigadores no manipulan variables (**Hernández et al., 2014**). Es **descriptiva** porque se realizó la descripción de la condición del pavimento flexible y verificar si cumple de forma correcta el funcionamiento en base a las características y condiciones que cuentan los pavimentos de acuerdo a la norma AASHTO 93.

Según el nivel

El nivel de investigación es descriptivo porque describe y analiza los atributos, características y manifestaciones de personas, grupos de empresas, procesos, objetos o eventos que ocurren, contribuyen al análisis de los hechos ocurridos por el mano del hombre o naturalmente (**Hernández et al., 2014**).

Es decir, se evaluó de manera independiente la condición del pavimento flexible de Chanchoccocha hacia la Ciudad de Ayacucho con el fin de identificar la condición del pavimento y si cumplen su rol; el cual es mejorar el nivel de transitabilidad vehicular.

3.1.2 Diseño de investigación

Tiene un enfoque diseño **no experimental**; porque no existió durante la realización del estudio alteración de las variables de estudio; es de diseño **transversal**, debido que se describieron las variables y luego se analizó su incidencia e interrelación en el tiempo determinado (**Hernández et al. 2014**).

La investigación presenta un diseño **descriptivo** ya que se observaron y describieron las variables evaluadas tal como se muestra en forma natural y es **propositiva** porque se evaluó la variable y luego se planteará una propuesta de solución.

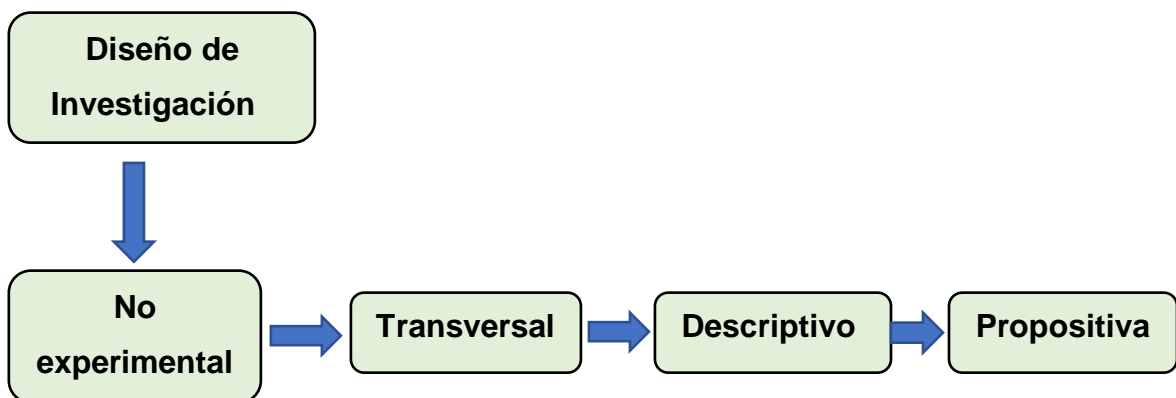


Figura 2. Diagrama del diseño de investigación.

Tabla 3. Esquema de diseño de investigación transversal

Estudio	Transversal
m	o

M; muestra (pavimento flexible)

O; observación (índice de condición de pavimento)

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1. Variable

Índice condición del pavimento:

La variable índice condición de pavimento llamado PCI evalúa mediante una escala numérico la condición superficial del pavimento, datos para el análisis se obtienen observando y midiendo el área afectada, identificando el tipo de daño en función de su densidad y severidad, a través de los niveles: baja (L), media (M) y alta (HI) **(Oblitas et al. 2021)**. Para luego generar una propuesta de mejora utilizando la metodología AASHTO 93.

3.2.2. Matriz de clasificación de variable

Tabla 4. *Identificación y clasificación de las variables*

Variables	Relación	Naturaleza	Escala Medición	Dimensión	Forma Medición
Índice de Condición pavimento	Independiente	Cuantitativa	Razón	Bidimensional	Indirecta

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.

3.3.1. Población

Todo el pavimento flexible de Chanchoccocha hacia la ciudad de Ayacucho 2023.

3.3.2. Muestra

Abarca desde la repartición de Chanchoccocha (progresiva 321+00) hasta la entrada a la Ciudad de Ayacucho (330 +00), haciendo un total de 9 Km.

La población estudiada es un elemento completo y la muestra es un subconjunto de la población. **(Robles, 2019)**.

3.3.3. Muestreo

El muestreo consiste en escoger un determinado grupo de individuos que son representativos con el objetivo de facilitar la evaluación o determinar las características de la población **(Parra y Vázquez, 2017)**.

Técnica de muestreo

Corresponde a un muestreo no probabilístico y de acuerdo con **(Parra y Vázquez, 2017)**. Este muestreo no realiza elección al azar, sino se basa en el juicio de los investigadores para la elección de los elementos que participaran en la muestra; por lo que los elementos analizados se basan en los criterios de conocimiento de la norma PCI, AASHTO 93 y en base a un juicio de expertos considerando los siguientes criterios:

- La vía pertenece a un corredor vial importante para el transporte y traslado de carga y pasajeros.
- El tramo seleccionado para la muestra es desde la comunidad de Chanchoccocha hasta la ciudad de Ayacucho que hacen 9 kilómetros de la vía los libertadores, debido a que se encuentra deteriorado este tramo provocando malestar a los conductores.
- El pavimento en investigación no presenta diseño adecuado para soportar la cantidad de vehículos que pasan por ella.

Para identificar las unidades muestrales, se ha ceñido a los lineamientos y normativas de la Metodología PCI.

Por tanto, las muestras evaluadas fueron conformadas por áreas de observación de 6.5 metros lineales de ancho por 40 metros lineales de largo, siendo cada unidad de muestra de 260.00 m², la misma que cumple con lo señalado por la Metodología PCI en relación al área de la unidad de muestreo para carreteras con capa de rodadura asfáltica.

Por lo que se identificó el número de muestras evaluados, aplicando la siguiente formula:

$$N = \frac{\textit{longitud total de la via}}{\textit{longitud de la muestra}}$$

$$N = \frac{9,000}{40}$$

$N = 225$ unidades.

Para establecer el número de unidades muestrales mínimas necesarias, se ha considerado la siguiente fórmula en base al Manual del Método PCI.

$$n = \frac{Nxs^2}{\frac{e^2}{4}x(N - 1) + s^2}$$

Dónde: $N=225$, $S=10$ $e=5\%$.

$$n= 15$$

Para la elección de las unidades muestrales para iniciar a la verificación en campo, se consideró que estén distanciadas a un intervalo de 17 unidades de muestra siendo equivalente a 680 metros, tal como se calcula con la siguiente ecuación:

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

$$i = \frac{225}{15}$$

$$i = 17$$

Estas técnicas de muestreo utilizadas en el diseño de las unidades muestrales se encuentran en el ítem **3.2. Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación e ítem 3.3. Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección** del manual PCI de INGEPAV (Vasquez, 2002).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Técnica:

En la realización del estudio se usó la observación directa como técnica, en relación a lo mencionado, la observación directa es cuando el investigador entra en contacto directo con el hecho o fenómeno a investigar (Hernández y Duana, 2020). Por lo

que mediante de la observación se consiguió conocer y adquirir datos de campo del pavimento flexible.

En este sentido se empleó la observación para reconocer y clasificar las fallas o patologías que, presenta el pavimento, haciendo uso de las hojas de inspección, basadas en los parámetros correspondiente al método en uso.

La técnica de la observación, nos permitió documentar las características relevantes el pavimento en estudio siendo:

- Estado actual del pavimento
- Clase, severidad y cantidad de fallas presentados en la carretera.
- Estudio de tráfico del flujo vehicular que soporta el pavimento.

Instrumento de recolección de información:

Para la recolección de información en una investigación científica se procede principalmente por observación, encuestas o entrevistas a los sujetos de estudio y por experimentación (**Torres et al., 2019**).

Como instrumento en la recolección de datos mediante la observación, se cuenta con las siguientes guías:

Tabla 5. Guías de observación

Etapas de la investigación	Instrumentos	Validación
Índice condición de pavimento	Guía de observación 01	Norma PCI
Conteo Vehicular	Guía de observación 02	Norma MTC
Numero estructural de pavimento	Guía de observación 03	Norma AASHTO 93

Donde:

- Guía 01, Evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI) Pavimento Flexible, nos permitió saber la situación y características de la zona en estudio.

Sin embargo, se ha hecho uso de diversos tipos de recojo de información con la finalidad de complementar la ficha técnica, para obtener mejores resultados.

Se hicieron 15 formatos de la presente guía, siendo portadoras de la información extraída del estado del pavimento de las unidades de muestreo seleccionada.

- Guía 02, Formato de conteo y Clasificador Vehicular, nos permitió conocer el tipo de tránsito vehicular que carga el pavimento, que nos permitió la toma de decisiones para el mejoramiento de la carretera.
- Guía 03, Diseño Método AASHTO 1993, Hoja para la lista del Diseño de Pavimento Flexible.

Para la recolección de información para el trabajo en campo se realizó mediante la Guía de Observación del método del PCI del pavimento, contemplándose las características entre ellas la unidad de muestreo, fecha, área en evaluación, datos de los responsables entre otros, se tiene como instrumento el manual del PCI para llenado para la identificación de los daños presentados.

Validación de instrumentos para recolección de datos:

La recolección de datos y su respectiva validación se ceñirán a lo regulados en los lineamientos y normas PCI, MTC y AASHTO 93, por lo que no se requiere una validación por un experto.

Para la primera etapa se identificaron los daños considerando la clase y severidad, se cuenta con los formatos adecuados para el propósito, los mismos que son proporcionados por el Método PCI, Método de Evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI).

Se realizó la evaluación de flujo vehicular con la finalidad de evaluar la carga del fluido vehicular que soporta el pavimento, aportando información para las decisiones con el objetivo de mejorar. Para esta etapa se hizo uso de las fichas técnicas del formato conteo Vehicular proporcionado con la Norma MTC, la misma que no requiere validación alguna.

Confiabilidad de instrumentos para la recolección de datos:

Los instrumentos técnicos que se utilizará de guías de observación son confiables porque será recolectado los datos de acuerdo a lo que menciona las normas PCI, MTC y AASHTO 93.

La recolección de datos obtenida tendrá como finalidad contar con información integral y confiable para el análisis de la mejora de la vía en evaluación.

3.5. Procedimientos

Para realizar el estudio de investigación se debe seguir el procedimiento que se representa en la siguiente figura.

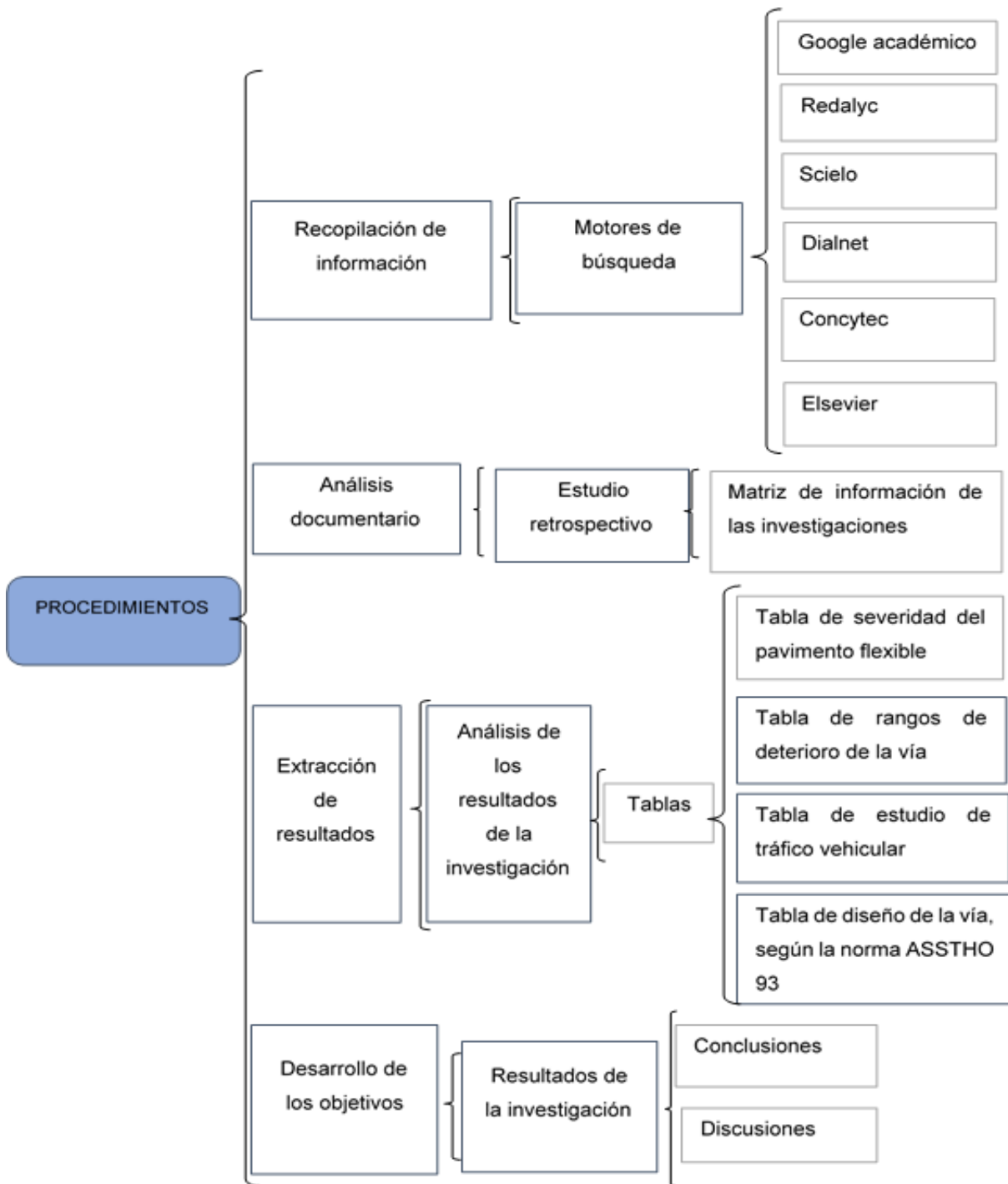


Figura 3. Mapa conceptual del procedimiento

El PCI es un procedimiento que se aplicó al pavimento flexible del tramo Chanchoccocha hacia la ciudad. de Ayacucho. Para la realización de la investigación se tiene que realizar varios paso o procedimientos que se deben seguir y que se describe a continuación:

3.5.1. Recopilación de información

En esta etapa se realizó también el procedimiento de la búsqueda de la información mediante los motores de búsqueda como el Google Académico, Redalyc, Scielo, Dialnet, Concytec y Elsevier. Con esta información obtenida se inicia la redacción de la investigación.

3.5.2. Análisis documental

Se realizó el análisis del estudio retrospectivo para la redacción de la matriz de la información de la investigación.

3.5.3. Extracción de resultados

En esta etapa, se realizó el análisis de los siguientes resultados que se presentaran en tablas y figuras:

- Tabla de severidad del pavimento flexible.
- Tabla de rangos de deterioro de la vía en estudio
- Tabla del estudio del tráfico vehicular
- Tabla de diseño del pavimento, según la norma AASHTO 93

3.5.4. Desarrollo de los objetivos

En esta etapa de la investigación se realizó el desarrollo de los objetivos para ello será necesario realizar el contraste de los resultados con otras investigaciones similares para dar resultados a los objetivos mediante las conclusiones en relación a la investigación.

3.6. Método de análisis de datos

El análisis y descripción de información se efectuó mediante programas informáticos de ingeniería, dichos datos se recogieron en campo mediante las guías de observación se evaluó la condición en que se encuentra el pavimento flexible de la carretera, para luego proponer un diseño de mejora mediante el estudio de tráfico vehicular. Estos datos analizados se presentarán en gráficos y tablas.

Tabla 6. Estado del pavimento flexible

Condición	Porcentaje
Regular	29.90%
Bueno	27.30%
Malo	26.60%
Muy Malo	16.20%
Total	100%

Y también estos datos se mostrarán en figuras similares que se muestra en la siguiente figura:

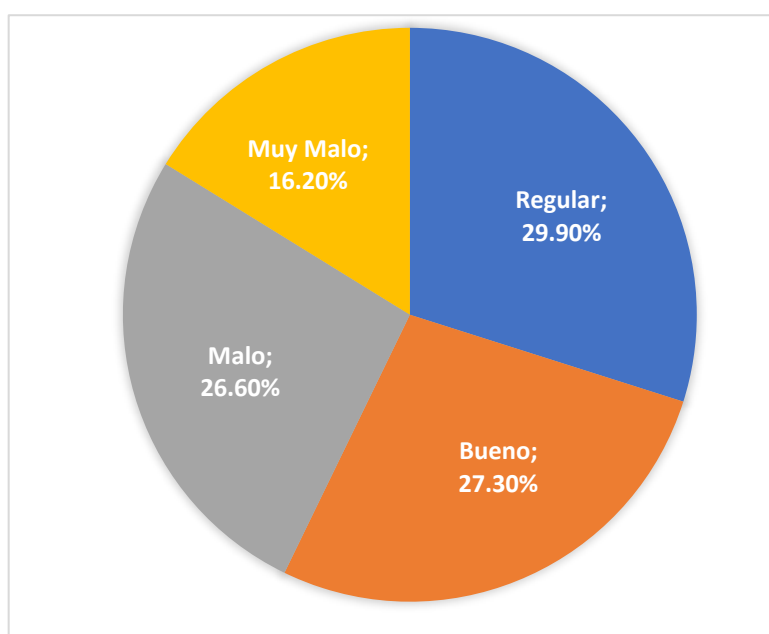


Figura 4. Estado del pavimento flexible

3.7. Aspectos éticos

Los principios éticos es parte de la filosofía que estudia los valores éticos y la moral es parte de la formación y obligación de un profesional investigador que son necesarios aplicarlos como la honestidad, transparencia, respeto y la dignidad en la realización de una investigación de tesis **(Koepsell y Ruiz de Chávez, 2015)**. También la totalidad de la información recolectada de otros autores se debe realizar adecuadamente los citados conforme a la norma ISO y aplicar la legalidad, para dar la validación de la veracidad y para determinar el

porcentaje de similitud de este trabajo de investigación de tesis se usó el software TURNITIN el cual nos arrojó resultados de similitud; dicho resultado de similitud es menor del 20%, por tanto, se da la debida conformidad de acuerdo a la guía de elaboración de trabajos proporcionada y se muestra que se cumplió con los principios éticos y moral que rigen la conducta humana en todo sentido.

IV. RESULTADOS

4.1. ÍNDICE DE CONDICIÓN

4.1.1 TIPOS DE FALLAS

Tabla 7. Tipos de daños existentes

UNIDAD MUESTRAL	AREA DE MUESTRA (M2)	PROGRESIVA		MAX VDC	PCI	CONDICION	DAÑOS										TOTAL	
		INICIO	FIN				1	3	4	5	6	7	10	11	12	13		16
							PIEL DE COCO DRILLO	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS	CORRUGACIÓN	DEPRESIÓN	GRIETA DE BORDE	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS PUBLICOS	PULIMENTOS DE AGREGADOS	HUECOS		DESPLAZAMIENTO
1	260.00	321+000	321+040	50.71	49.29	REGULAR		151.77	8.40				18.81	23.44				202.42
2	260.00	321+680	321+720	95.21	4.79	FALLADO		1.65	68.19	23.31			14.46	16.50		2.76	3.38	130.25
3	260.00	322+360	322+400	79.08	20.92	MUY MALO		249.38				28.00	6.60	45.81				329.79
4	260.00	323+040	323+080	61.65	38.35	MALO	10.92	12.42					45.07	13.50				81.91
5	260.00	323+720	323+760	75.35	24.65	MUY MALO	2.60	92.11					89.65	11.26				195.62
6	260.00	324+400	324+440	52.83	47.17	REGULAR		50.83					28.32	3.74				82.89
7	260.00	325+080	325+120	53.12	46.88	REGULAR		29.00	1.20	10.00			39.60					99.80
8	260.00	325+760	325+800	57.81	42.19	REGULAR		118.20					5.00	25.08		11.86	3.50	163.64
9	260.00	326+440	326+480	42.81	57.19	BUENO		155.28					11.20					166.48
10	260.00	327+120	327+160	39.22	60.78	BUENO		123.50					13.00	6.00		0.80		143.30
11	260.00	327+800	327+840	35.42	64.58	BUENO		71.64					72.30	3.90	10.40			158.24
12	260.00	328+480	328+520	25.12	74.88	MUY BUENO				54.00			15.45	6.75		66.00		142.20
13	260.00	329+160	329+200	18.65	81.35	MUY BUENO					3.00		15.00	3.56		80.00		109.56
14	260.00	329+840	329+800	51.75	48.25	REGULAR			12.00	15.00			10.90	4.00	8.00	10.40	58.00	118.30
15	260.00	330+520	330+560	17.01	82.99	MUY BUENO							40.00	1.25	4.05	118.00	0.12	163.42
PROMEDIO					49.62		13.52	1055.78	89.79	102.31	3.00	134.35	379.65	136.20	296.66	65.18	11.38	2287.82
DAÑOS (%)							0.59	46.15	3.92	4.47	0.13	5.87	16.59	5.95	12.97	2.85	0.50	100.00

4.1.2 CANTIDAD Y SEVERIDAD DE DAÑOS

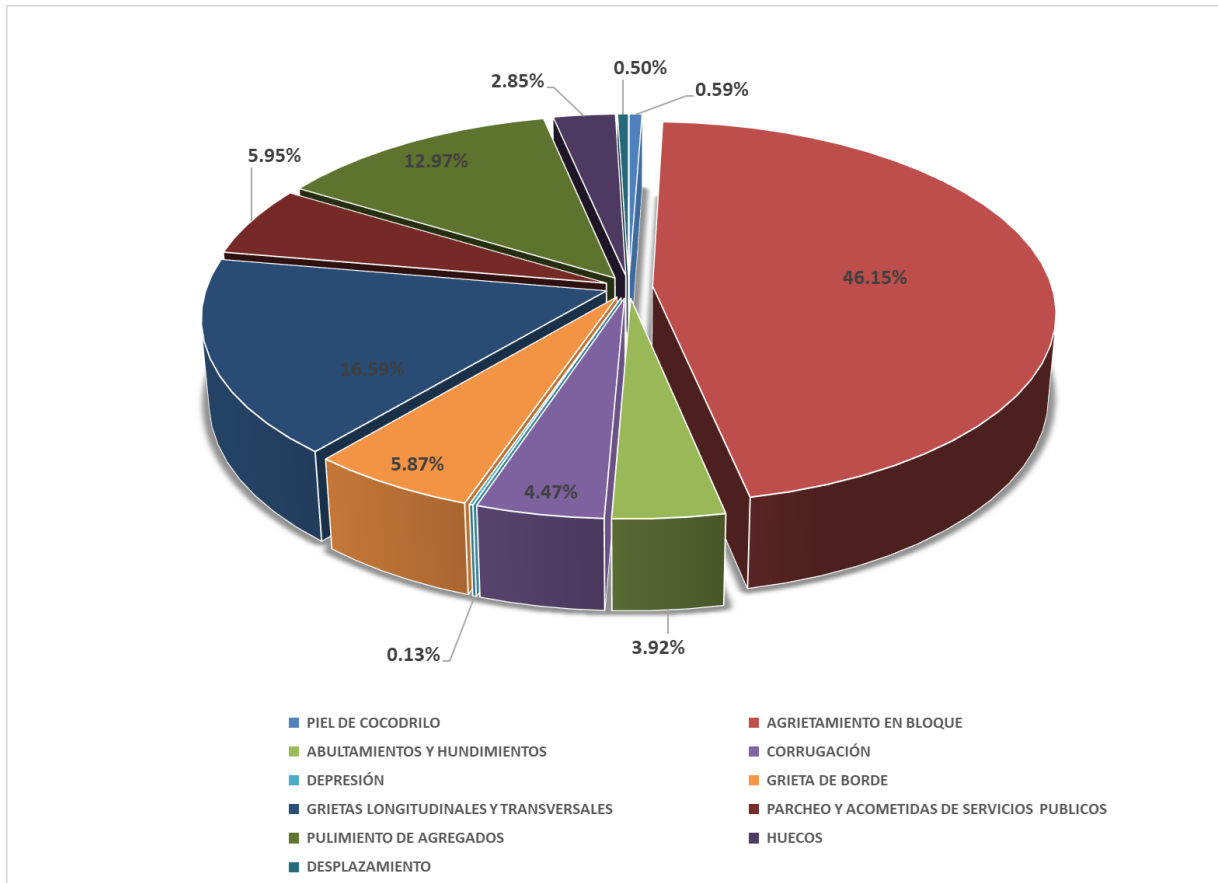


Figura 5. Porcentaje de cantidad de daños

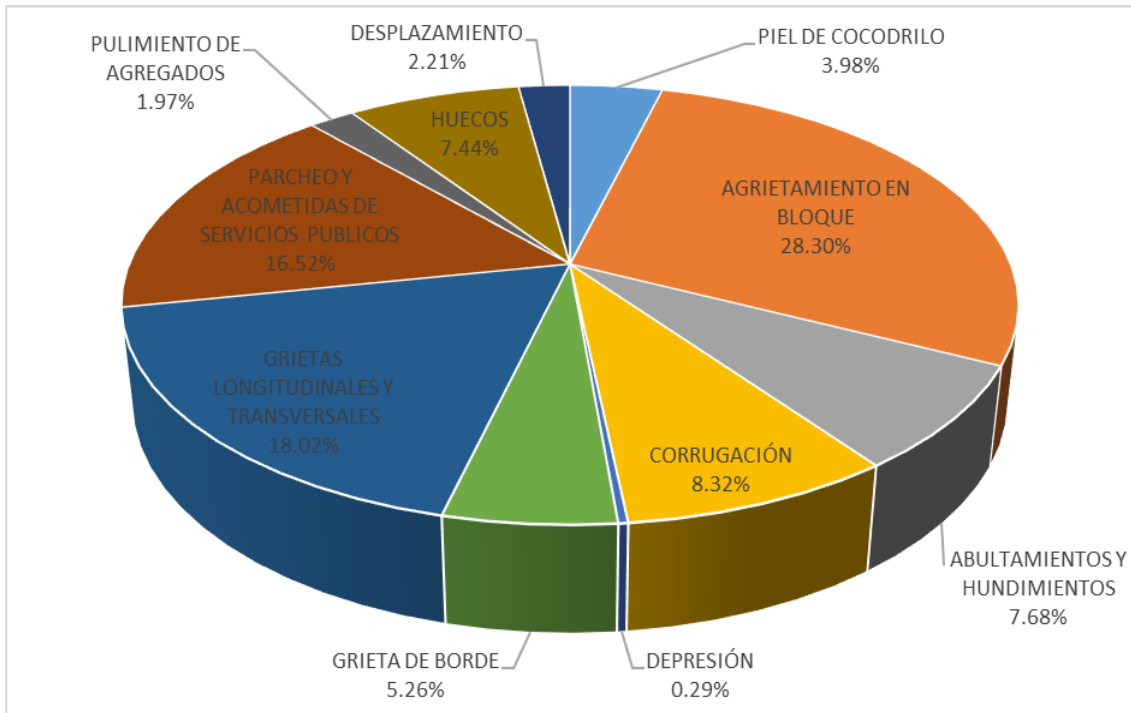


Figura 6. Porcentaje de severidad de daños

4.1.3 CÁLCULO DEL PCI

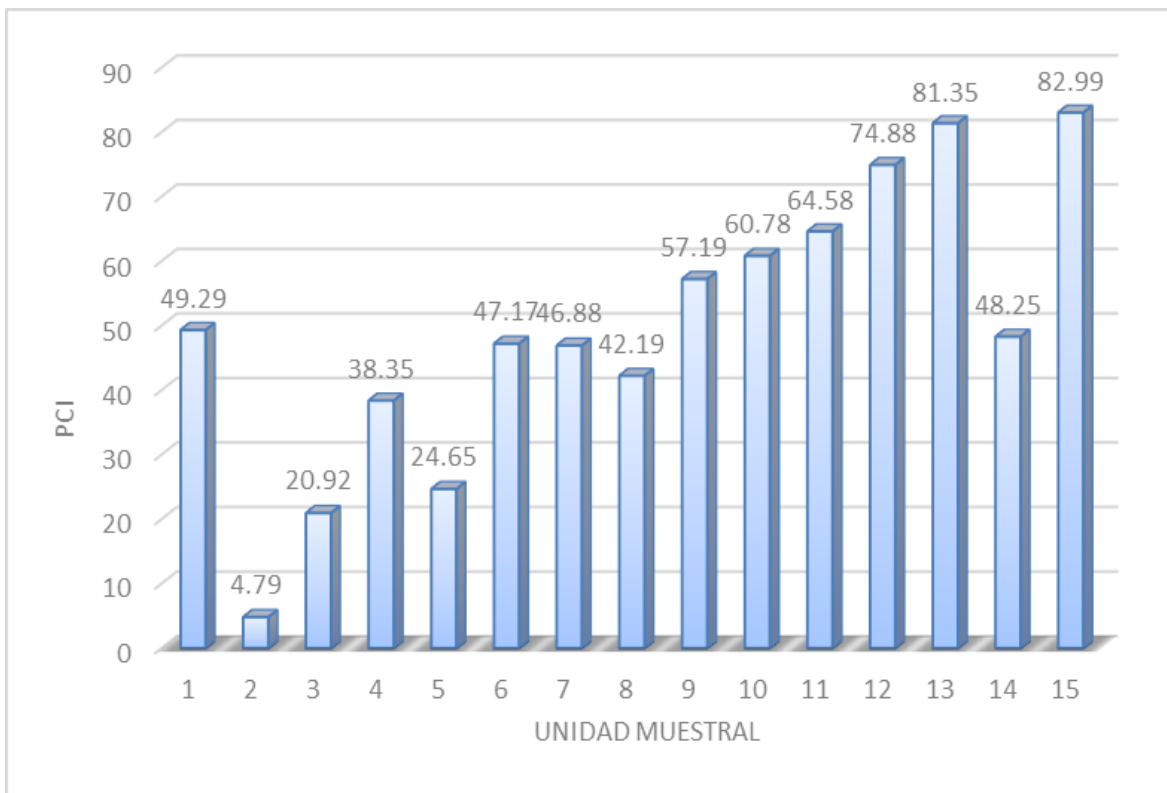


Figura 7. Valores de PCI por unidad muestral

4.1.4 ÍNDICE DE CONDICIÓN

Tabla 8. Índice de condición del pavimento.

UNIDAD MUESTRAL	PROGRESIVA		PCI	CONDICIÓN
	INICIO	FIN		
1	321+000	321+040	49.29	REGULAR
2	321+680	321+720	4.79	FALLADO
3	322+360	322+400	20.92	MUY MALO
4	323+040	323+080	38.35	MALO
5	323+720	323+760	24.65	MUY MALO
6	324+400	324+440	47.17	REGULAR
7	325+080	325+120	46.88	REGULAR
8	325+760	325+800	42.19	REGULAR
9	326+440	326+480	57.19	BUENO
10	327+120	327+160	60.78	BUENO
11	327+800	327+840	64.58	BUENO
12	328+480	328+520	74.88	MUY BUENO
13	329+160	329+200	81.35	MUY BUENO
14	329+840	329+800	48.25	REGULAR
15	330+520	330+560	82.99	MUY BUENO

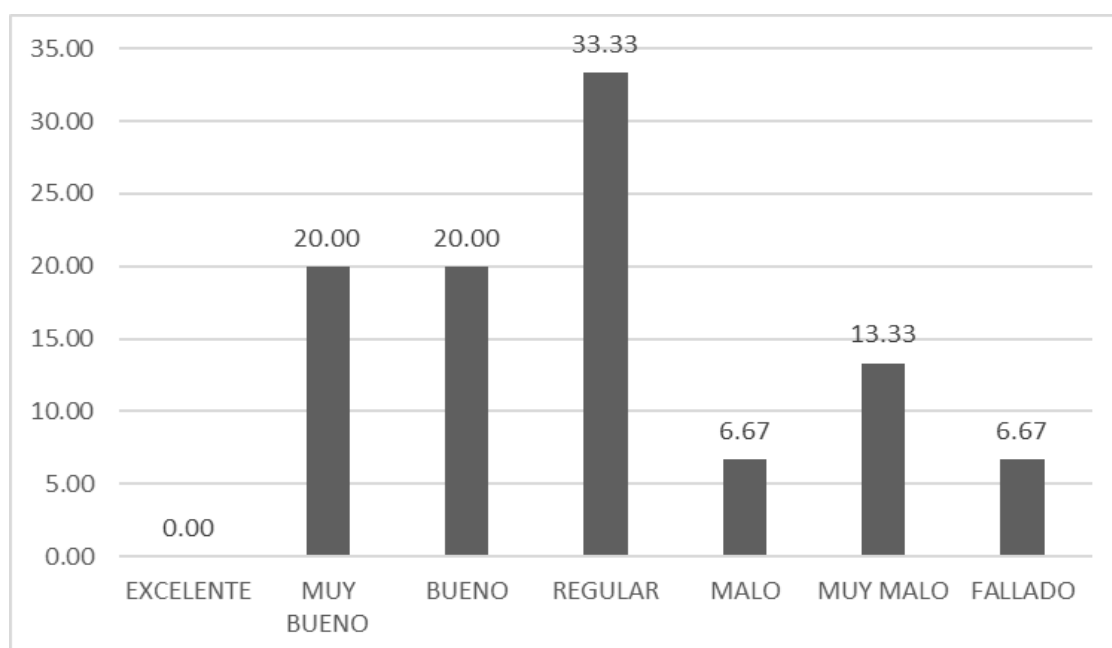


Figura 8. Porcentaje de condición del pavimento flexible

4.1.5 PROPUESTA DE MEJORA AL PAVIMENTO

Tabla 9. Tipo de intervención y alternativas de solución del pavimento

UNIDAD MUESTREO	PROGRESIVA		FALLAS PRINCIPALES	PCI	CONDICIÓN	TIPO DE INTERVENCIÓN*	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN
	INICIO	FIN					
1	321+000	321+040	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	49.29	REGULAR	REHABILITACIÓN	FRESADO Y RECAPEO e>2"
			PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS PUBLICOS				SUSTITUCIÓN DEL PARCHE
2	321+680	321+720	ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS	4.79	FALLADO	CONSTRUCCIÓN	PARCHEO PROFUNDO
			HUECOS				PARCHADO PROFUNDO
3	322+360	322+400	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	20.92	MUY MALO	CONSTRUCCIÓN	*FRESADO Y RECAPEO e>2"
			PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS PUBLICOS				SUSTITUCIÓN DEL PARCHE
4	323+040	323+080	PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS PUBLICOS	38.35	MALO	REHABILITACIÓN	SUSTITUCIÓN DEL PARCHE
			PIEL DE COCODRILO				RECAPEO
5	323+720	323+760	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	24.65	MUY MALO	CONSTRUCCIÓN	SELLADO DE GRIETAS
			PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS PUBLICOS				SUSTITUCIÓN DEL PARCHE
6	324+400	324+440	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	47.17	REGULAR	REHABILITACIÓN	FRESADO Y RECAPEO e>2"
			GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES				SELLADO DE GRIETAS
7	325+080	325+120	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	46.88	*REGULAR	REHABILITACIÓN	FRESADO Y RECAPEO e>2"
			CORRUGACIÓN				RECONSTRUCCIÓN
8	325+760	325+800	HUECOS	42.19	REGULAR	REHABILITACIÓN	PARCHADO PROFUNDO
			AGRIETAMIENTO EN BLOQUE				FRESADO Y RECAPEO e>2"
9	326+440	326+480	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	57.19	BUENO	REHABILITACIÓN	*FRESADO Y RECAPEO e>2"
			GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES				SELLADO DE GRIETAS
10	327+120	327+160	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	60.78	BUENO	REHABILITACIÓN	FRESADO Y RECAPEO e>2"

			PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS PUBLICOS				SUSTITUCIÓN DEL PARCHE
11	327+800	327+840	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	64.58	BUENO	REHABILITACIÓN	SELLADO DE GRIETAS
			AGRIETAMIENTO EN BLOQUE				FRESADO Y RECAPEO e>2"
12	328+480	328+520	CORRUGACIÓN	74.88	MUY BUENO	MANTENIMIENTO	RECONSTRUCCIÓN
			GRIETA DE BORDE				PARCHEO PROFUNDO
13	329+160	329+200	GRIETA DE BORDE	81.35	MUY BUENO	MANTENIMIENTO	PARCHEO PARCIAL
			DESPLAZAMIENTO				PARCHEO PARCIAL
14	329+840	329+800	CORRUGACIÓN	48.25	REGULAR	REHABILITACIÓN	RECONSTRUCCIÓN
			ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS				PARCHEO PROFUNDO
15	330+520	330+560	PULIMIENTO DE AGREGADOS	82.99	MUY BUENO	MANTENIMIENTO	FRESADO Y RECAPEO e>2"
			GRIETA DE BORDE				PARCHEO PARCIAL

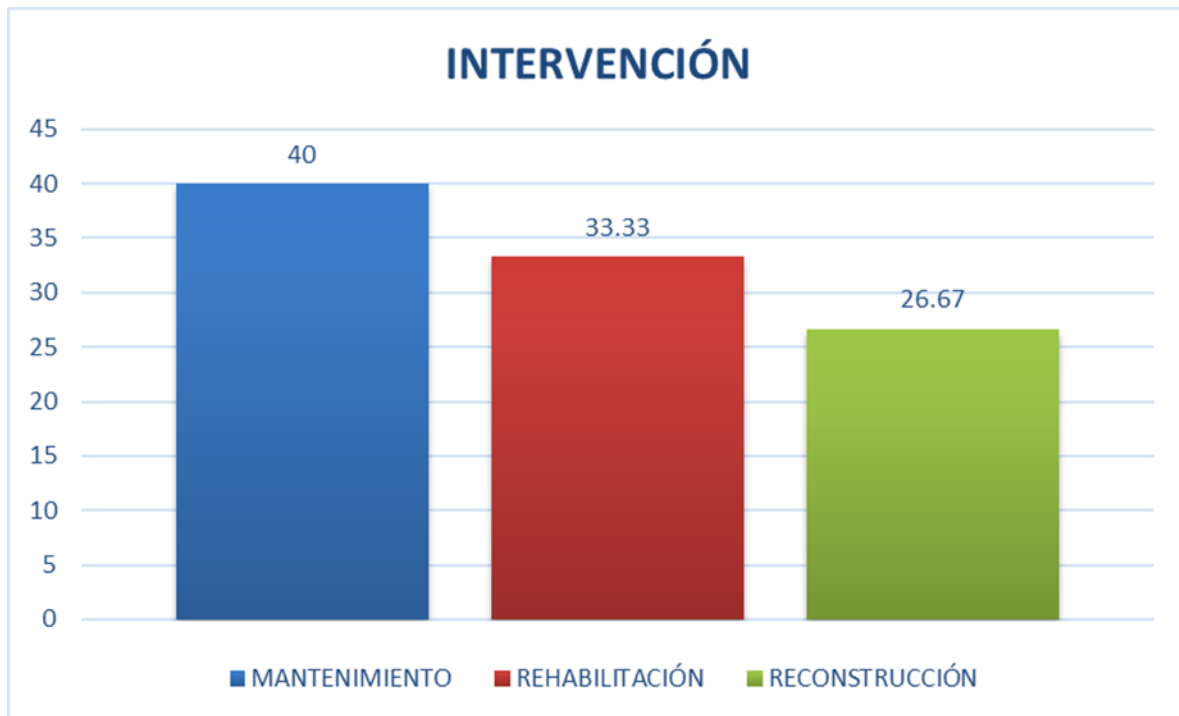


Figura 9. Propuesta de mejora según PCI

4.2. METODOLOGÍA AASHTO

4.2.1 ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Tabla 10. *Ubicación de las unidades muestrales*

N°	DESCRIPCIÓN	AREA DE MUESTREO (m2)	PROGRESIVA	COORDENADAS UTM (m)		COTA (m)
				X	Y	
1	UM-01	260	321+000 AL 321+040	579952	8541751	3304
2	UM-02	260	321+680 AL 321+720	580343	8542171	3276
3	UM-03	260	322+360 AL 322+400	580627	8542747	3247
4	UM-04	260	323+040 AL 323+080	580778	8543392	3216
5	UM-05	260	323+720 AL 323+760	581043	8543973	3191
6	UM-06	260	324+400 AL 324+440	581502	8544020	3140
7	UM-07	260	325+080 AL 325+120	581420	8544541	3121
8	UM-08	260	325+760 AL 325+800	581881	8544190	3068
9	UM-09	260	326+440 AL 326+480	582071	8544262	3037
10	UM-10	260	327+120 AL 327+160	582073	8544501	3013
11	UM-11	260	327+800 AL 327+840	582464	8544515	2967
12	UM-12	260	328+480 AL 328+520	582611	8545060	2925
13	UM-13	260	329+160 AL 329+200	582900	8545350	2887
14	UM-14	260	329+840 AL 329+880	583074	8545937	2856
15	UM-15	260	330+520 AL 330+560	583302	8546576	2837

Tabla 11. *Ubicación de las calicatas*

N°	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS UTM (m)		COTA (m)
		X	Y	
1	CALICATA 1	580308	8542152	3275
2	CALICATA 2	581064	8543975	3192

Tabla 12. *Ubicación del conteo vehicular*

N°	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS UTM (m)		COTA (m)
		X	Y	
1	ESTACIÓN 1	580438	8542269	3275
2	ESTACIÓN 2	581884	8544400	3065

4.2.2 ESTUDIO DE TRÁFICO VEHICULAR

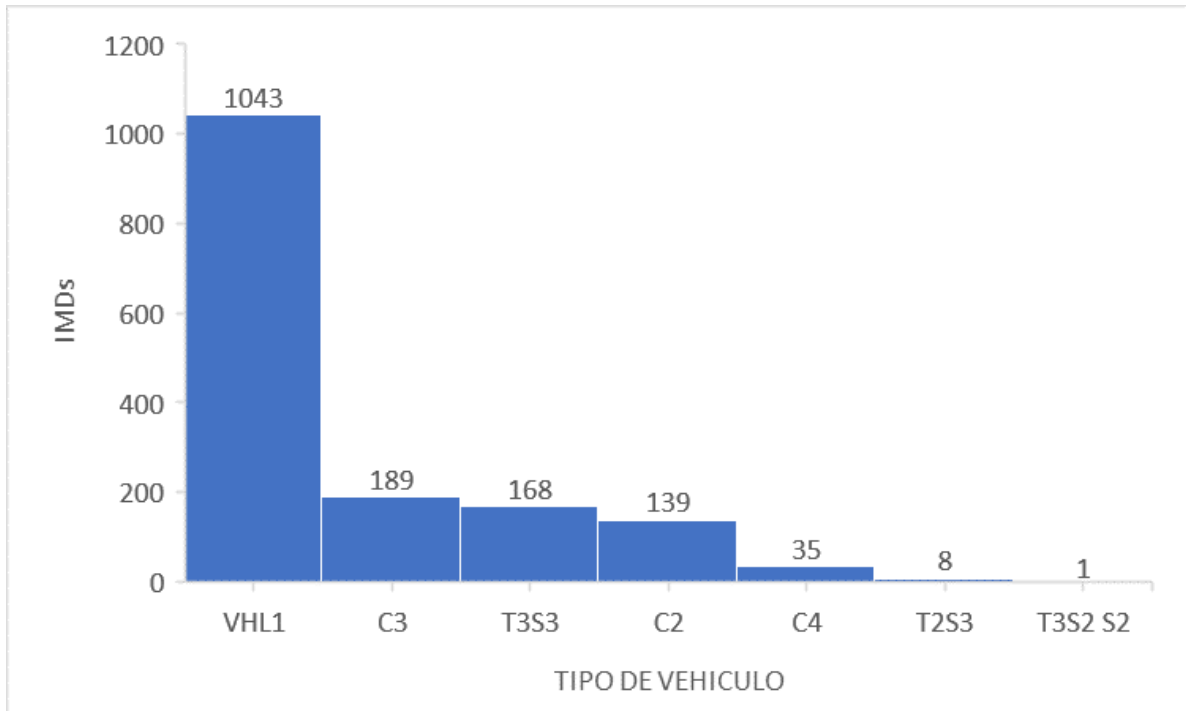


Figura 10. Índice medio diario de vehículos

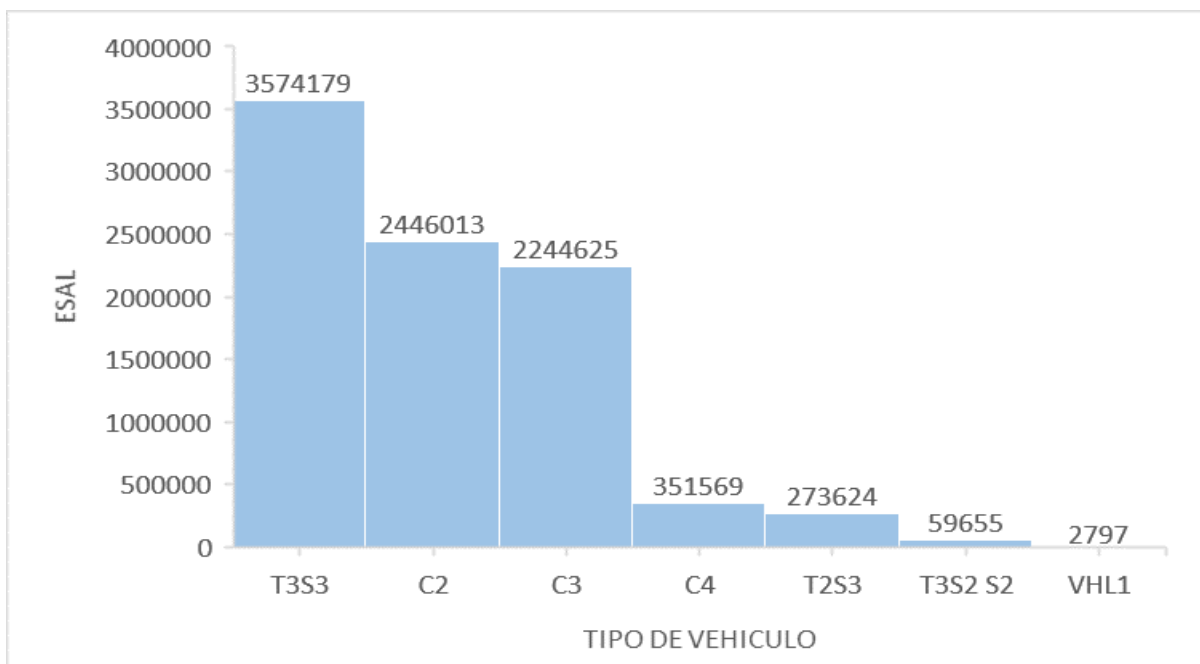


Figura 11. Carga Estándar por eje equivalente

4.3. MEJORAMIENTO DEL DISEÑO DE PAVIMENTO

4.3.1 NÚMERO ESTRUCTURAL (SN)

Tabla 13. *Numero estructural y espesores del pavimento flexible*

SN REQUERIDO	SN CALCULADO	ESPESORES (cm)		
		CARPETA ASFALTICA	BASE	SUB BASE
4.22	4.31	11	20	28
4.22	4.23	10	20	30
4.22	4.28	9	20	35
4.22	4.23	8	22	35

V. DISCUSIÓN

La investigación se realizó para analizar el problema planteado que es ¿Cuál es el mejoramiento mediante la metodología AASHTO 93 en el Índice de Condición del Pavimento flexible de Chanchoccocha hacia la ciudad de Ayacucho 2023?

Considerando que el presente proyecto aplica la Metodología AASHTO 93, con el objetivo de examinar y proponer mejoras en la vía de evaluación, dicha evaluación se dio inicio con el reconocimiento de las fallas existentes la carretera en base a la Metodología, encontrando 11 daños existentes de tipo: piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, abultamiento y hundimiento, corrugación, depresión, grietas de borde, grieta longitudinales y transversales, parche, pulimiento de agregados, huecos y desplazamiento, presentando en mayor incidencia el daño de agrietamiento en bloque según la información recogida en campo, siguiendo el daño de grietas longitudinales.

Según los resultados que se muestran en la tabla 7, de tipos de daños existentes, se muestra la variación de las diferentes patologías encontradas en la vía en estudio, siendo de 9 km, dividida en 15 unidades muestrales, con un área de estudio de 260.00 m². Encontrándose que la falla piel de cocodrilo se encontró en las unidades 4 y 5 que inician en las progresivas KM 323+080 hasta 323+760, la falla agrietamiento se presenta en las unidades muestrales 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 que va desde la progresiva km 312+000 hasta 327+840 mostrándose en gran porcentaje, la falla abultamiento y hundimientos se presenta en las Unidades Muestrales 1, 2, 7 y 14 teniendo gran incidencia en la unidad muestral 2, de acuerdo a los valores alcanzados.

Del daño depresión en cuanto a la información recogida en campo se aprecia que se encuentra presente en la unidad muestral 13, situada en la Progresiva Km 329+160 al 329+200, la falla grieta de borde se presenta en las unidades muestrales 3, 7, 8, 12, 13, 14 y 15. En relación a la falla Grietas longitudinales se observa que se encuentra presente en todas las unidades muestrales con valores altos que hacen considerable su presencia en la carretera evaluada.

La patología de grietas longitudinales y transversales son la que con mayor frecuencia se presenta, sin embargo, no es la determinante en la de mayor incidencia. En este contexto de acuerdo a los resultados de las unidades muestrales, se tiene un PCI promedio de 49.62 requiriendo una Rehabilitación de todo el pavimento.

En la cantidad de los daños presentados de acuerdo a la figura 5, se aprecia la distribución de los 11 daños existentes, observándose que la falla con mayor frecuencia encontrada es el agrietamiento en bloque con un 46.15% presentándose en las 15 unidades muestrales, siendo la mayor patología que perjudica la duración operativa de la carretera, continuando con la patología de grietas longitudinales y transversales mostrándose en un 16.59 % y la patología con menor presencia de severidad corresponde a la depresión con un 0.13 % incidiendo en la preservación de la vía.

Ante la presencia de tipo de falla de agrietamiento en bloque presente en gran parte de la vía, como consecuencia de su antigüedad, dando como resultado a lo largo del tiempo el agrietamiento al asfalto como resultado de los factores climáticos y de temperatura de la región.

A través de la información obtenida de campo y haciendo uso de los documentos y a través del método PCI, que nos facilita la inspección y el cálculo objetivo los grados de severidad de las patologías, se obtuvieron los valores de PCI de las 15 unidades muestrales tal como se aprecia en la Figura 7, apreciándose que la unidad muestral 2 alcanza el valor más bajo en relación a los daños presentado con un PCI de 4.79, mientras que la unidad muestral 15 logra obtener un PCI de 82.99. en base a los valores obtenidos; se determinó la condición de las unidades muestrales, conformado en la siguiente clasificación de Regular las unidades muestrales 1, 6, 7, 8 y 14, fallado la unidad muestral 2, Malo unidad muestral 4, Muy malo unidad muestral 3 y 5. De la clasificación considerado como bueno las unidades muestrales 9, 10 y 11 y como muy bueno se encuentran las unidades muestrales 12, 13 y 15.

En este escenario en referencia a la figura 8 y de acuerdo la clasificación de los PCI para el pavimento en evaluación cuenta en gran parte en estado "regular" con un 33.33% que involucra en su inspección de las áreas es estudio. Por lo que según lo

mostrado en la figura 9, la intervención para los trabajos de mejoras se realiza a través de procedimiento de mantenimientos periódicos, sin embargo, señalar que existe un 33.33 % y 26.67% que necesitan la intervención de rehabilitación y reconstrucción, respectivamente.

Dentro de los mantenimientos periódicos destinados a las áreas que requieren dicha intervención, se propone realizar el fresado y recapeo, parcheo profundo, sellado de grietas, entre otros procedimientos según corresponda el tipo de daño existente.

Otras de las propuestas para mejorar para el pavimento de Chanchoccocha hacia la ciudad de Ayacucho, es la intervención de Reconstrucción, lo que demanda que se realicen los trabajos necesarios, partiendo en el reconocimiento de la ubicación del área en mención realizando los trabajos topográficos tomando puntos de coordenadas UTM.

Por otro lado, en relación al estudio del suelo, se realizó a través de las calicatas para la toma de muestra para la realización de los ensayos, estas calicatas se ubicaron adyacentes a las unidades muestrales 2 y 5, obteniendo como valor para el CBR de 12%.

En este escenario, para conocer la cantidad y volumen de vehículos que transitan por la vía en evaluación y realizar un nuevo diseño, se ejecutó el estudio de tráfico vehicular en primera instancia obteniendo los índices medio diario de vehículos, apreciándose en la figura 10 la gran cantidad de vehículos que pasan corresponde a vehículos ligeros, este procedimiento se realizó en dos puntos estratégicos a los bordes de las unidades muestrales 1 y 2.

Para el diseño de los pavimentos es necesario saber los tipos de vehículos que circulan en la carretera en relación a sus tamaños y pesos ya que depende los daños que puedan ocasionar al pavimento, por tanto, el paquete estructural debe ser diseñado para soportar dichos vehículos en su vida útil. Por lo que es imprescindible conocer los pesos por eje que se asentarán en la superficie asfáltica. Por lo mencionado se realizó el cálculo del ESAL (cálculo de ejes equivalentes), dando como resultado que los vehículos pesados (Semi tráiler) los que requieren mayores demandas a la carretera y producen mayor daño debido a que la sobre carga.

Habiendo realizado todos los estudios requeridos para el diseño en función a la condición del pavimento, carga vehicular y resistencia del suelo, se realizaron los cálculos obteniendo el numero estructural (SN), presentado combinación de espesores de capas satisfactorias.

Según **(Cuadros, 2020)**, en su tesis encontró 9 patologías en el pavimento que evaluó, de los cuales el mayor nivel de severidad del valor deducido corresponde al daño de Parcheo con un 30.30 %. Obtuvo resultados de PCI que van desde 31.58 a 61.58 como máximo, concluyendo con el valor promedio de 41.93. Asimismo, determino el estado de conservación de la carretera en función a la condición de la vía, logrando un estado de: 12 % como Bueno, 28% como Regular y 60% como malo; proponiendo alternativas de solución como el fresado, recapeo y parchado profundo correspondiendo al tipo de la intervención en relación a la Rehabilitación.

Sin embargo, en la investigación según la información recabada en el lugar y a la metodología PCI, el daño con mayor severidad se presenta en el agrietamiento en bloque con un 28.30%. Logrando un PCI promedio de 49.62 para la carretera encontrándose en un estado regular. Asimismo, la gran parte de intervención para la presente tesis corresponde la Rehabilitación con un 60%, proponiendo el sellado de grietas, recapeo, parcheo profundo, entre otros. Además, se propone el nuevo diseño de pavimento para aquellos que se encuentran con valores de PCI por debajo de lo permitido

VI. CONCLUSIONES

Los resultados derivados de la evaluación de la vía los libertadores del tramo Chanchoccocha hacia la ciudad de Ayacucho, se concluye de la siguiente manera:

1. De los daños encontrados se identificaron 11 fallas existentes de los cuales los mayores en cantidad de porcentaje corresponden a Agrietamiento en bloque con un 46.15 %, seguida Grietas longitudinales y transversales con 16.59% y pulimiento de agregados con 12.97 %. En relación al porcentaje de severidad los mayores daños son agrietamiento en bloque 28.30%, Grietas longitudinales y transversales con 18.02 %, parcheo y acometidas de servicios públicos con 16.52 %.

Del pavimento evaluado el PCI oscila entre 82.99 y 4.79 y de acuerdo al porcentaje del nivel de Condición el 20% de la vía es de Condición muy buena, seguido por el 33.33% siendo regular, el 6.67% es malo, el 13.33% es muy malo y el 6.67% es de condición fallado.

2. Del análisis de la Metodología AASHTO 93, el conteo vehicular fue realizado en un periodo de 7 días, en la estación 1 se contabilizo 11 049 vehículos, obteniéndose un IMD de 1583 vehículos por día, donde el tipo de vehículo T3S3 obtuvo el mayor eje equivalente de 3574,179 y el vehículo de menor eje equivalente fue del tipo VHL1 de 2797.
3. Del tramo evaluado de acuerdo al método PCI el 40% de la vía requiere mantenimiento, el 33.33 % requiere intervención de rehabilitación y el 26.67% requiere reconstrucción. Para las unidades de muestreo 2, 3 y 5 que requieren la reconstrucción aplicando los criterios de la Metodología AASHTO 93 para el nuevo diseño del pavimento.
4. Para el mejoramiento de las unidades muestrales 2, 3 y 5 evaluados que requieren reconstrucción, se plantea para un ESAL de 8 952 462 y un número

estructural requerido de 4.22, un diseño de pavimento flexible con carpeta asfáltica de 10 cm., base de 20 cm y sub base de 30 cm.

VII. RECOMENDACIONES

Basándonos en los resultados y conclusiones de la presente, se recomienda lo siguiente:

- Se recomienda al PROVIAS realizar el mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de la Vía Los Libertadores, utilizando los resultados de la investigación realizada, se llevó a cabo el análisis correspondiente en el tramo desde la progresiva 321 hasta el 330 kilómetro.
- Se recomienda a los gobiernos locales y gobiernos regionales realizar la evaluación de la condición del pavimento de todas las vías de alto tránsito a partir del quinto año de funcionamiento para dar soluciones oportunas de mejora a las fallas o daños encontradas en la vía.
- A los investigadores y especialistas del estudio de pavimentos y carreteras se recomienda realizar estudios estructurales del pavimento flexible de la vía los libertadores, mediante el tipo de investigación aplicativo y el nivel de investigación experimental.

REFERENCIAS

1. AASHTO 93, 1993. *Método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos*. Nueva York: s.n.
2. AASHTO 93, 2006. *Diseño de Pavimentos (AASHTO-93)*. Manual AAS. La Paz: s.n.
3. ANDRADE ET AL., 2021. Efectos de la variabilidad de los datos iniciales en el índice de condición del pavimento y predicción de su deterioro. *NOVASINERGIA REVISTA DIGITAL DE CIENCIA, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA* [en línea], vol. 4, no. 1, ISSN 26312654. DOI 10.37135/ns.01.07.06. Disponible en: <https://novasinerгия.unach.edu.ec/index.php/novasinerгия/article/view/149>.
4. BAQUE, 2020. Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la carretera puerto-aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de Manabí. *Científica Dominio de las Ciencias*, vol. 6, no. 2, DOI <https://orcid.org/0000-0003-0700-7136>.
5. BENAVIDES ET AL., 2020. Revisión de las tecnologías para la evaluación de pavimentos flexibles. *Revista Nor@ndina* [en línea], vol. 3, no. 2, ISSN 27079848. DOI 10.37518/2663-6360X2020v3n2p133. Disponible en: <https://unach.edu.pe/rcnorandina/index.php/ciencianorandina/article/view/59>.
6. CCASANI Y FERRO, 2017. *Evaluación y Análisis de Pavimentos en la Ciudad de Abancay, para Proponer una Mejor Alternativa Estructu- ral en el Diseño de Pavimentos*. S.I.: Universidad Tecnológica de los Andes.
7. CHAVARRIA Y MARREROS, 2021. *Análisis del punto de ablandamiento y el grado de penetración del asfalto modificado con polímero SBS para pavimentos flexibles, Mundo 2021*. Trujillo: Universidad Privada del Norte.
8. CUADROS, 2020. *Evaluación superficial del pavimento flexible por el Método Pavement Condition Index (PCI) en la vía Libertadores, Ayacucho 2020*. S.I.: Universidad Cesar Vallejo.
9. DE LA CRUZ, 2022. *Aplicación de métodos no destructivos en la condición superficial del pavimento para la conservación vial de la Av. Chimú-Chimbote 2022* [en línea]. S.I.: Universidad Cesar Vallejo. Disponible en:

http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

10. DE LA CRUZ Y PAREDES, 2021. Diseño de infraestructura vial con pavimento flexible para mejora de transitabilidad de la avenida Industrial, Lurín, Lima. *Memoria Investigaciones en Ingeniería* [en línea], vol. 21, ISSN 23011106. DOI 10.36561/ING.21.9. Disponible en: <http://revistas.um.edu.uy/index.php/ingenieria/article/view/858>.
11. GONZÁLES ET AL., 2019. Propuesta de metodología para la evaluación de pavimentos mediante el índice de condición del pavimento (PCI). *Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba*, vol. 1, no. 4, DOI <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181358738015>.
12. HERNÁNDEZ ET AL., 2014. *Metodología de la Investigación*. MCGRAW-HILL. México D.F.: 2014. vol. Sexta Edición.
13. HERNÁNDEZ Y DUANA, 2020. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA* [en línea], vol. 9, no. 17, Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/article/view/6019/7678%0A%0A>.
14. HUAMÁN ET AL., 2023. Ciclo de vida del pavimento orientado a su agrietamiento y mantenimiento. *Llamkasun* [en línea], vol. 4, no. 1, ISSN 2709-2275. DOI 10.47797/llamkasun.v4i1.117. Disponible en: <https://llamkasun.unat.edu.pe/index.php/revista/article/view/117>.
15. JIMENEZ Y VALVERDE, 2018. *Diseño comparativo entre pavimento flexible y rígido en el tramo de Pariahuanca – San Miguel de Aco, Ancash 2018*. S.I.: Universidad Cesar Vallejo.
16. KOESELL Y RUIZ DE CHÁVEZ, 2015. *Ética de la Investigación, Integridad Científica*. CONBIOÉTICA. MEXICO D.F.: 2015. vol. Primera Edición.
17. MACEA ET AL., 2016. Un sistema de gestión de pavimentos basado en nuevas tecnologías para países en vía de desarrollo. *Ingeniería, Investigación y Tecnología* [en línea], vol. 17, no. 2, ISSN 14057743. DOI

- 10.1016/j.riit.2016.06.007. Disponible en:
<http://www.revistaingenieria.unam.mx/numeros/v17n2-07.php>.
18. MARTINEZ Y NOGUERA, 2020. *Modelos de serviciabilidad de pavimentos a partir del índice de condición del pavimento (PCI) con relación a las velocidades de operación* [en línea]. S.l.: Universidad de la Costa. Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.encep.2012.03.001>.
 19. MTC, 2014. *Manual de Carreteras: Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos* [en línea]. Biblioteca. Lima: Biblioteca Nacional del Perú. Disponible en:
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES_DE_CARRETERAS_2019/MC-05-14_Seccion_Suelos_y_Pavimentos_Manual_de_Carreteras_OK.pdf.
 20. MTC, 2018. *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico*. Biblioteca. Lima: Biblioteca Nacional del Perú. vol. 02.
 21. MUÑOZ, 2016. Desarrollo de curvas de deterioro para pavimento flexible y factor de incertidumbre. *Revista Infraestructura Vial*, vol. 18, no. 31, ISSN 1409-4045. DOI 10.15517/iv.v18i31.27762.
 22. OBLITAS ET AL., 2021. Índice de regularidad internacional e índice de condición de pavimento para definir niveles de serviciabilidad de pavimentos. *ITECKNE*, vol. 18, no. 2, DOI <https://doi.org/10.15332/iteckne>.
 23. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LAS NACIONES UNIDAS, 2023. *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible* [en línea]. 2023. S.l.: s.n. Disponible en:
https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023_Spanish.pdf?_gl=1*_arkxzk*_ga*MTc3ODI5OTYwMS4xNjE4MzU3NTMz*_ga_TK9BQL5X7Z*MTY5NDkwMzM3OS4xLjEuMTY5NDkwMzU1OS4wLjAuMA..
 24. PALOMINO, 2017. *Evaluación de la condición operacional del pavimento, aplicando el método del PCI, en las pistas del Jr. Callao Cuadra 3 y 4, y prolg. Jr. Callao cuadra 5 y 6 del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho*. S.l.: Universidad Católica Los Ángeles Chimbote.

25. PARRA Y VÁZQUEZ, 2017. Muestreo probabilístico y no probabilístico. En: UNISTMO (ed.), *Universidad del Istmo* [en línea]. Oaxaca: s.n., pp. 1-14. Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/wp-content/uploads/2017/02/muestreo-probabilistico-no-probabilistico-guadalupe.pdf>.
26. ROBLES, 2019. Población y muestra. *Pueblo continente* [en línea], vol. 30, no. 1, Disponible en: <http://journal.upao.edu.pe/PuebloContinente/article/download/1269/1099>.
27. SÁNCHEZ, 2017. *Evaluación del estado del pavimento de la Av. Ramón Castilla, Chulucanas, mediante el método PCI*. S.I.: Universidad de Piura.
28. TACZA Y RODRIGUEZ, 2018. *Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado* [en línea]. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10757/624556>.
29. TORRES ET AL., 2019. Metodos de recolección de datos para una investigación. *Universidad Rafael Landivar*, vol. 27, no. 3, ISSN 0970-9290.
30. VASQUEZ, 2002. *Pavement Condition Index*. Ingepav. Manizales: s.n. ISBN 0369672003.
31. VIVA M Y M S.A., 2016. Estudio de mecanica de suelos para fines de cimentación y pavimentación lote 2, sector girasoles 3 urb. los parques de comas - Comas - Lima. . Lima:

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de convergencia

Variable		Dimensiones	Indicadores
Variable Fáctica	Índice de condición	Tipo de fallas y severidad de daños	Piel de cocodrilo
			Huecos
			Parches
			Otros
			Niveles de severidad
		Cálculo del PCI	Valores deducidos
			Máximo valor deducido
			Determinar PCI
Condición del PCI			
Tema		Eje Temático	Sub - Ejes temáticos
Eje Temático	Metodología AASHTO 93	Estudio topográfico	Puntos topográficos
		Estudio de Trafico	Conteo vehicular
			Flujo vehicular
Propuesta		Eje Propositivo	Sub - Ejes propositivos
Eje Propositivo	Mejoramamiento del diseño de pavimento	Número estructural (SN)	Espesor Sub base
			Espesor Base
			Espesor Carpeta asfáltica

Anexo 4. Hoja de evaluación de la Unidad Muestral N° 3

METODO DE EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE ALFALTICA										
HOJA DE REGISTRO										
NOMBRE DE LA VÍA :		VIA LIBERTADORES TRAMO 321+000 AL 330+950			UNIDAD DE MUESTRA :		UM-03		<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 10px;">6.50 m.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">260.00 m²</div> <div style="margin-left: 10px;">40.00 m.</div> </div>	
PROGRESIVA:		322+360 al 322+400			AREA DE MUESTREO :		260.00			
EVALUADORES:		RONI ZUÑIGA HUAMAN / LIZETT LORENA ALVAREZ FLORES			FECHA DE EVALUACIÓN:		28/08/2023			
1. PIEL DE COCODRILO (m2)		6. DEPRESION (m2)			11. PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS (m2)		16. DESPLAZAMIENTO (m2)			
2. EXUDACION (m2)		7. GRIETA DE BORDE(m)			12. PULIMIENTO DE AGREGADOS (m2)		17. GRIETAS PARABÓLICAS (m2)			
3. AGIETAMIENTO EN BLOOQUE(m2)		8. GRIETA DE REFLEXION DE JUNTA (m)			13. HUECOS (m2)		18. HINCHAMIENTO (m2)			
4. ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS (m2)		9. DESNIVEL CARRIL / BERMA (m)			14. CRUCE DE VÍA FÉRREA (m2)		19. METEORIZACIÓN / DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS (m2)			
5. CORRUGACION (m2)		10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSLAES (m)			15. AHUELLAMIENTO (m2)					
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
3	H	146.85	25.14	23.81				195.80	75.31	66.41
11	M	8.37	37.44					45.81	17.62	38.74
3	M	53.58						53.58	20.61	23.21
7	M	28.00						28.00	10.77	14.15
10	H	6.60						6.60	2.54	14.35
							TOTAL VD =			156.86
Calculo PCI										
numero de deducisios mayores a 2 (q)		5								
valor deducido mas alto		66.41								
numero maximo de valores reducidos (mi)		4.08								
N°	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	CDV	
1	66.41	38.74	23.21	14.35			142.71	4	79.08	
2	66.41	38.74	23.21	2.00			130.36	3	78.72	
3	66.41	38.74	2.00	2.00			109.15	2	75.58	
4	66.41	2.00	2.00	2.00			72.41	1	72.41	
							MAX CDV =	79.08		
							PCI	20.92		
condicion del pavimento:					Muy malo					

Anexo 5. Hoja de evaluación de la Unidad Muestral N° 4

METODO DE EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE ALFALTICA												
HOJA DE REGISTRO												
NOMBRE DE LA VÍA :	VIA LIBERTADORES TRAMO 321+000 AL 330+950				UNIDAD DE MUESTRA :	UM-04			<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> 6.50 m. <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #d9ead3;">260.00 m²</div> 40.00 m. </div>			
PROGRESIVA:	323+040 al 323+080				AREA DE MUESTREO :	260.00						
EVALUADORES:	RONI ZUÑIGA HUAMAN / LIZETT LORENA ALVAREZ FLORES				FECHA DE EVALUACIÓN:	21/08/2023						
1. PIEL DE COCODRILO (m2)	6. DEPRESION (m2)				11. PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS (m2)				16. DESPLAZAMIENTO (m2)			
2. EXUDACION (m2)	7. GRIETA DE BORDE(m)				12. PULIMIENTO DE AGREGADOS (m2)				17. GRIETAS PARABÓLICAS (m2)			
3. AGIETAMIENTO EN BLOQUE(m2)	8. GRIETA DE REFLEXION DE JUNTA (m)				13. HUECOS (m2)				18. HINCHAMIENTO (m2)			
4. ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS (m2)	9. DESNIVEL CARRIL / BERMA (m)				14. CRUCE DE VÍA FÉRREA (m2)				19. METEORIZACIÓN / DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS (m2)			
5. CORRUGACION (m2)	10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES (m)				15. AHUELLAMIENTO (m2)							
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
10	L	1.4	1.6	6.4	2.5	2.8	3.5	2	20.17	7.76	6.26	
10	M	6.5	3.4	6.5	3.1				19.50	7.50	14.90	
10	H	5.4							5.40	2.08	12.60	
3	M	1	8						9.00	3.46	9.03	
3	H	3.42							3.42	1.32	8.31	
1	M	0.42	10.5						10.92	4.20	36.08	
11	H	7.26	6.24						13.50	5.19	38.77	
									TOTAL VD =		125.95	
Calculo PCI												
numero de deducidos mayores a 2 (q)											7	
valor deducido mas alto											38.77	
numero maximo de valores reducidos (mi)											6.62	
N°	VALORES DEDUCIDOS								TOTAL	q	CDV	
1	38.77	36.08	14.90	12.60	9.03	8.31	3.88		123.57	7	60.43	
2	38.77	36.08	14.90	12.60	9.03	8.31	2.00		121.69	6	59.68	
3	38.77	36.08	14.90	12.60	9.03	2.00	2.00		115.38	5	59.69	
4	38.77	36.08	14.90	12.60	2.00	2.00	2.00		108.35	4	61.58	
5	38.77	36.08	14.90	2.00	2.00	2.00	2.00		97.75	3	61.65	
6	38.77	36.08	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		84.85	2	60.91	
7	38.77	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		50.77	1	50.77	
									MAX CDV =		61.65	
									PCI		38.35	
condicion del pavimento:											Malo	

Anexo 6. Hoja de evaluación de la Unidad Muestral N° 5

METODO DE EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE ALFALTICA											
HOJA DE REGISTRO											
NOMBRE DE LA VÍA :		VIA LIBERTADORES TRAMO 321+000 AL 330+950			UNIDAD DE MUESTRA :		UM-05		<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 10px;">6.50 m.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">260.00 m²</div> <div style="margin-left: 10px;">40.00 m.</div> </div>		
PROGRESIVA:		323+720 al 323+760			AREA DE MUESTREO :		260.00				
EVALUADORES:		RONI ZUÑIGA HUAMAN / LIZETT LORENA ALVAREZ FLORES			FECHA DE EVALUACIÓN:		21/08/2023				
1. PIEL DE COCODRILO (m2)		6. DEPRESION (m2)			11. PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS (m2)		16. DESPLAZAMIENTO (m2)				
2. EXUDACION (m2)		7. GRIETA DE BORDE(m)			12. PULIMIENTO DE AGREGADOS (m2)		17. GRIETAS PARABÓLICAS (m2)				
3. AGIETAMIENTO EN BLOOQUE(m2)		8. GRIETA DE REFLEXION DE JUNTA (m)			13. HUECOS (m2)		18. HINCHAMIENTO (m2)				
4. ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS (m2)		9. DESNIVEL CARRIL / BERMA (m)			14. CRUCE DE VÍA FÉRREA (m2)		19. METEORIZACIÓN / DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS (m2)				
5. CORRUGACION (m2)		10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSLAES (m)			15. AHUELLAMIENTO (m2)						
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO	
3	L	1.30	0.84	1.47	1.84			5.45	2.10	1.46	
3	M	14.26	16.80	45.00				76.06	29.25	27.62	
3	H	9.00	1.60					10.60	4.08	17.20	
10	L	2.50	3.10	6.50	7.30	11.00		30.40	11.69	8.68	
10	M	4.50	4.90	3.50	3.60	5.00	7.50	29.00	11.15	19.20	
10	H	7.20	6.50	4.80	3.25	8.50		30.25	11.63	36.91	
11	L	1.54						1.54	0.59	1.38	
11	H	8.16						8.16	3.14	31.36	
11	H	1.56						1.56	0.60	15.80	
1	M	2.60						2.6	1.00	22.00	
								TOTAL VD -			181.61
Calculo PCI											
numero de deducidos mayores a 2 (q)										8	
valor deducido mas alto										36.91	
numero maximo de valores reducidos (mi)										6.79	
N°	VALORES DEDUCIDOS								TOTAL	q	CDV
1	36.91	31.36	27.62	22.00	19.20	17.20	12.48		166.77	7	75.35
2	36.91	31.36	27.62	22.00	19.20	17.20	2.00		156.29	6	74.52
3	36.91	31.36	27.62	22.00	19.20	2.00	2.00		141.09	5	72.44
4	36.91	31.36	27.62	22.00	2.00	2.00	2.00		123.89	4	69.95
5	36.91	31.36	27.62	2.00	2.00	2.00	2.00		103.89	3	64.95
6	36.91	31.36	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		78.27	2	56.79
7	36.91	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		48.91	1	48.91
								MAX CDV -			75.35
								PCI			24.65
condicion del pavimento: Muy Malo											

Anexo 7. Hoja de evaluación de la Unidad Muestral N° 6

METODO DE EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE ALFALTICA										
HOJA DE REGISTRO										
NOMBRE DE LA VÍA :		VIA LIBERTADORES TRAMO 321+000 AL 330+950			UNIDAD DE MUESTRA :		UM-06		<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 10px;">6.50 m.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #d9e1f2;">260.00 m²</div> <div style="margin-left: 10px;">40.00 m.</div> </div>	
PROGRESIVA:		DE 324+400 AL 324+440			AREA DE MUESTREO :		260.00			
EVALUADORES:		RONI ZUÑIGA HUAMAN /LIZETT LORENA ALVAREZ FLORES			FECHA DE EVALUACIÓN:		22/08/2023			
1. PIEL DE COCODRILO (m2)		6. DEPRESION (m2)			11. PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS (m2)			16. DESPLAZAMIENTO (m2)		
2. EXUDACION (m2)		7. GRIETA DE BORDE (m)			12. PULIMIENTO DE AGREGADOS (m2)			17. GRIETAS PARABÓLICAS (m2)		
3. AGIETAMIENTO EN BLOOQUE(m2)		8. GRIETA DE REFLEXION DE JUNTA (m)			13. HUECOS (m2)			18. HINCHAMIENTO (m2)		
4. ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS (m2)		9. DESNIVEL CARRIL / BERMA (m)			14. CRUCE DE VÍA FÉRREA (m2)			19. METEORIZACIÓN / DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS (m2)		
5. CORRUGACION (m2)		10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSLAES (m)			15. AHUELLAMIENTO (m2)					
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
3	L	3.2	6.5					9.70	3.73	3.78
3	M	2.5	4.51					7.01	2.70	7.48
3	H	2.8	0.83	30.49				34.12	13.12	32.65
10	M	9.6						9.60	3.69	8.49
10	H	13.02						13.02	5.01	22.63
11	H	1.04	2.7					3.74	1.44	22.30
								0.00	0.00	
10	L	3.20	2.50					5.70	2.19	0.46
								TOTAL VD =		97.79
Calculo PCI										
numero de deducidos mayores a 2 (q)										6
valor deducido mas alto										32.65
numero maximo de valores reducidos (m)										7.19
N°	VALORES DEDUCIDOS							TOTAL	q	CDV
1	32.65	22.63	22.30	8.49	7.48	3.78		97.33	6	47.67
2	32.65	22.63	22.30	8.49	7.48	2.00		95.55	5	49.33
3	32.65	22.63	22.30	8.49	2.00			90.07	4	51.04
4	32.65	22.63	22.30	2.00	2.00	2.00		83.58	3	52.83
5	32.65	22.63	2.00	2.00	2.00	2.00		63.28	2	46.30
6	32.65	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		42.65	1	42.65
								MAX CDV =		52.83
								PCI		47.17
condicion del pavimento:					Regular					

Anexo 8. Hoja de evaluación de la Unidad Muestral N° 7

METODO DE EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE ALFALTICA										
HOJA DE REGISTRO										
NOMBRE DE LA VÍA:	VIA LIBERTADORES TRAMO 321+000 AL 330+950				UNIDAD DE MUESTRA:	UM-07				
PROGRESIVA:	DE 325+080 AL 325+120				AREA DE MUESTREO:	260.00				
EVALUADORES:	RONI ZUÑIGA HJAMAN / LIZETT LORENA ALVAREZ FLORES				FECHA DE EVALUACIÓN:	22/08/2023				
1. PIEL DE COCODRILO (m2)		6. DEPRESION (m2)			11. PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS (m2)			16. DESPLAZAMIENTO (m2)		
2. EXUDACION (m2)		7. GRIETA DE BORDE(m)			12. PULIMIENTO DE AGREGADOS (m2)			17. GRIETAS PARABÓLICAS (m2)		
3. AGIETAMIENTO EN BLOOQUE(m2)		8. GRIETA DE REFLEXION DE JUNTA (m)			13. HUECOS (m2)			18. HINCHAMIENTO (m2)		
4. ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS (m2)		9. DESNIVEL CARRIL / BERMA (m)			14. CRUCE DE VÍA FÉRREA (m2)			19. METEORIZACIÓN / DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS (m2)		
5. CORRUGACION (m2)		10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSLAES (m)			15. AHUELLAMIENTO (m2)					
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
3	M	4.00					4.00	1.54	3.91	
3	H	7.00	18.00				25.00	9.62	28.93	
10	M	9.60	30.00				39.60	15.23	22.38	
5	M	10.00					10.00	3.85	29.25	
4	M	1.20					1.20	0.46	7.30	
7	M	20.00					20.00	7.69	12.38	
TOTAL VD =									104	
Calculo PCI										
numero de deducidos mayores a 2 (q)										6
valor deducido mas alto										29.25
numero maximo de valores reducidos (mi)										7.5
N°	VALORES DEDUCIDOS							TOTAL	q	CDV
1	29.25	28.93	22.38	12.38	7.30	3.91	104.15	6	51.08	
2	29.25	28.93	22.38	12.38	7.30	2.00	102.24	5	53.12	
3	29.25	28.93	22.38	12.38	2.00	2.00	96.94	4	49.16	
4	29.25	28.93	22.38	2.00	2.00	2.00	86.56	3	48.23	
5	29.25	28.93	2.00	2.00	2.00	2.00	66.18	2	48.33	
6	29.25	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	39.25	1	39.25	
MAX CDV =									53.12	
PCI									46.88	
condicion del pavimento:					Regular					

Anexo 9. Hoja de evaluación de la Unidad Muestral N° 8

METODO DE EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE ALFALTICA										
HOJA DE REGISTRO										
NOMBRE DE LA VIA		VIA LIBERTADORES TRAMO 321+000 AL 330+950			UNIDAD DE MUESTRA :		UM-08		<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 10px;">6.50 m.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #e0f0ff;">260.00 m2</div> <div style="margin-left: 10px;">40.00 m.</div> </div>	
PROGRESIVA:		DE 325+760 AL 325+800			AREA DE MUESTREO :		260.00			
EVALUADORES:		RONI ZUÑIGA HUAMAN / LIZETT LORENA ALVAREZ FLORES			FECHA DE EVALUACIÓN:		22/08/2023			
1. PIEL DE COCODRILO (m2)		6. DEPRESION (m2)			11. PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS (m2)			16. DESPLAZAMIENTO (m2)		
2. EXUDACION (m2)		7. GRIETA DE BORDE(m)			12. PULIMENTO DE AGREGADOS (m2)			17. GRIETAS PARABÓLICAS (m2)		
3. AGIETAMIENTO EN BLOQUE(m2)		8. GRIETA DE REFLEXION DE JUNTA (m)			13. HUECOS (m2)			18. HINCHAMIENTO (m2)		
4. ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS (m2)		9. DESNIVEL CARRIL / BERMA (m)			14. CRUCE DE VÍA FÉRREA (m2)			19. METEORIZACIÓN / DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS (m2)		
5. CORRUGACION (m2)		10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSLAES (m)			15. AHUELLAMIENTO (m2)					
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
10	M	7.08	9.00	9.00				25.08	9.65	17.88
3	M	90.00	24.00	4.2				118.20	45.46	32.57
7	M	5.00						5.00	1.92	6.97
13	M	3.50						3.50	1.35	36.90
12	L	11.86						11.86	4.56	0.89
								TOTAL VD =		95
Calculo PCI										
numero de deducisos mayores a 2 (q)										4
valor deducido mas alto										48.79
numero maximo de valores reducidos (mi)										6.79
N°	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	CDV	
1	36.90	32.57	17.88	6.97	0.89		95.21	5	19.43	
2	36.90	32.57	17.88	6.97	2.00		96.32	4	54.79	
3	36.90	32.57	17.88	2.00	2.00		91.35	3	57.81	
4	36.90	32.57	2.00	2.00	2.00		75.47	2	54.83	
5	36.90	2.00	2.00	2.00	2.00		44.90	1	56.79	
							MAX CDV =		57.81	
							PCI		42.19	
condicion del pavimento:					Regular					

Anexo 10. Hoja de evaluación de la Unidad Muestral N° 9

METODO DE EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE ALFALTICA											
HOJA DE REGISTRO											
NOMBRE DE LA VÍA :		VIA LIBERTADORES TRAMO 321+000 AL 330+950			UNIDAD DE MUESTRA :		UM-09			6.50 m.	260.00 m ²
PROGRESIVA:		DE 326+440 AL 326+480			AREA DE MUESTREO :		260.00				
EVALUADORES:		RONI ZUÑIGA HUAMAN / LIZETT LORENA ALVAREZ FLORES			FECHA DE EVALUACIÓN:		22/08/2023				
1. PIEL DE COCODRILLO (m2)		6. DEPRESION (m2)			11. PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS (m2)			16. DESPLAZAMIENTO (m2)			
2. EXUDACION (m2)		7. GRIETA DE BORDE(m)			12. PULIMIENTO DE AGREGADOS (m2)			17. GRIETAS PARABÓLICAS (m2)			
3. AGIETAMIENTO EN BLOOQUE(m2)		8. GRIETA DE REFLEXION DE JUNTA (m)			13. HUECOS (m2)			18. HINCHAMIENTO (m2)			
4. ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS (m2)		9. DESNIVEL CARRIL / BERMA (m)			14. CRUCE DE VÍA FÉRREA (m2)			19. METEORIZACIÓN / DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS (m2)			
5. CORRUGACION (m2)		10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSLAES (m)			15. AHUELLAMIENTO (m2)						
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO	
3	L	35.88	21.45	14.3	7.15	31.5		110.28	42.42	19.46	
10	L	5.20						5.20	2.00	0.10	
3	H	45.00						45.00	17.31	36.88	
10	M	6.00						6.00	2.31	5.31	
								TOTAL VD =		62	
Calculo PCI											
numero de deducisios mayores a 2 (q)										3	
valor deducido mas alto										36.88	
numero maximo de valores reducidos (mi)										6.8	
N°	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	CDV		
1	36.88	19.46	5.31				61.7	3	39.11		
2	36.88	19.46	2.00				58.3	2	42.81		
3	36.88	2.00	2.00				40.88	1	40.88		
							MAX CDV =		42.81		
							PCI		57.19		
condicion del pavimento:					Bueno						

Anexo 11. Hoja de evaluación de la Unidad Muestral N° 10

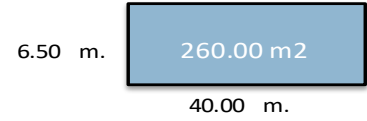
METODO DE EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)										
CARRETERAS CON SUPERFICIE ALFALTICA										
HOJA DE REGISTRO										
NOMBRE DE LA VIA :		VIA LIBERTADORES TRAMO 321+000 AL 330+950			UNIDAD DE MUESTRA :		UM-10		<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 10px;">6.50 m.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">260.00 m²</div> <div style="margin-left: 10px;">40.00 m.</div> </div>	
PROGRESMA:		DE 327+120 AL 327+160			AREA DE MUESTREO :		260.00			
EVALUADORES:		RONI ZUNIGA HUAMAN / LIZETT LORENA AL VAREZ FLORES			FECHA DE EVALUACIÓN:		22/08/2023			
1. PIEL DE COCODRILO (m2)		6. DEPRESION (m2)			11. PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS (m2)		16. DESPLAZAMIENTO (m2)			
2. EXUDACION (m2)		7. GRIETA DE BORDE(m)			12. PULIMIENTO DE AGREGADOS (m2)		17. GRIETAS PARABÓLICAS (m2)			
3. AGIETAMIENTO EN BLOOQUE(m2)		8. GRIETA DE REFLEXION DE JUNTA (m)			13. HUECOS (m2)		18. HINCHAMIENTO (m2)			
4. ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS (m2)		9. DESNIVEL CARRIL / BERMA (m)			14. CRUCE DE VÍA FÉRREA (m2)		19. METEORIZACIÓN / DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS (m2)			
5. CORRUGACION (m2)		10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSLAES (m)			15. AHUELLAMIENTO (m2)					
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
11	M	1.80	4.20					6.00	2.31	15.26
13	M	0.80						0.80	0.31	13.78
3	M	45.00	40.00					85.00	32.69	28.83
3	L	17.50	21.00					38.50	14.81	10.45
10	L	6.00	7.00					13.00	5.00	4.30
								TOTAL VD -		73
Calculo PCI										
numero de deducisos mayores a 2 (q)										5
valor deducido mas alto										28.83
numero maximo de valores reducidos (mi)										7.54
N°	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	CDV	
1	28.83	15.26	13.78	10.45	4.30		72.62	5	36.57	
2	28.83	15.26	13.78	10.45	2.00		70.32	4	39.19	
3	28.83	15.26	13.78	2.00	2.00		61.87	3	39.22	
4	28.83	15.26	2.00	2.00	2.00		50.09	2	37.06	
5	28.83	2.00	2.00	2.00	2.00		36.83	1	36.83	
								MAX CDV -	39.22	
								PCI	60.78	
condicion del pavimento:						Bueno				

Anexo 12. Hoja de evaluación de la Unidad Muestral N° 11

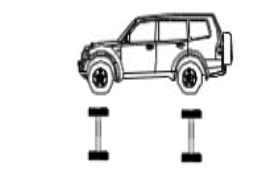
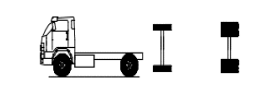
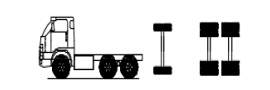
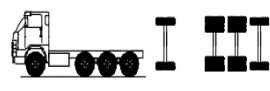
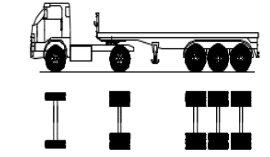
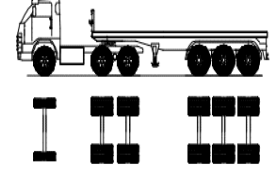
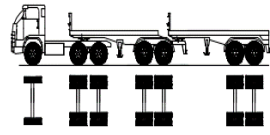
METODO DE EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE ALFALTICA												
HOJA DE REGISTRO												
NOMBRE DE LA VÍA :	VIA LIBERTADORES TRAMO 321+000 AL 330+950	UNIDAD DE MUESTRA :	UM-11			<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 10px;">6.50 m.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">260.00 m²</div> <div style="margin-left: 10px;">40.00 m.</div> </div>						
PROGRESIVA:	DE 327+800 AL 327+840	AREA DE MUESTREO :	260.00									
EVALUADORES:	RONI ZUÑIGA HUAMAN / LIZETT LORENA ALVAREZ FLORES	FECHA DE EVALUACIÓN:	22/08/2023									
1. PIEL DE COCODRILO (m ²)	6. DEPRESION (m ²)	11. PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS (m ²)				16. DESPLAZAMIENTO (m ²)						
2. EXUDACION (m ²)	7. GRIETA DE BORDE(m)	12. PULIMIENTO DE AGREGADOS (m ²)				17. GRIETAS PARABÓLICAS (m ²)						
3. AGIETAMIENTO EN BLOOQUE(m ²)	8. GRIETA DE REFLEXION DE JUNTA (m)	13. HUECOS (m ²)				18. HINCHAMIENTO (m ²)						
4. ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS (m ²)	9. DESNIVEL CARRIL / BERMA (m)	14. CRUCE DE VÍA FÉRREA (m ²)				19. METEORIZACIÓN / DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS (m ²)						
5. CORRUGACION (m ²)	10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSLAES (m)	15. AHUELLAMIENTO (m ²)										
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO		
10	L	4.00	9.00	3.00	2.30			18.30	7.04	5.82		
3	L	33.00	9.00	12.00	17.64			71.64	27.55	15.67		
11	M	3.90						3.90	1.50	12.20		
10	M	54.00						54.00	20.77	26.45		
12	M	10.40						10.40	4.00	0.50		
								TOTAL VD =		61		
N°	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	CDV			
1	26.45	15.67	12.20	5.82			60.14	4	33.08			
2	26.45	15.67	12.20	2.00			56.32	3	35.42			
3	26.45	15.67	2.00	2.00			46.12	2	34.28			
4	26.45	2.00	2.00	2.00			32.45	1	32.45			
								MAX CDV =		35.42		
								PCI		64.58		
CONDICION DEL PAVIMENTO:										BUENO		

Anexo 13. Hoja de evaluación de la Unidad Muestral N° 12





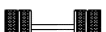

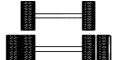
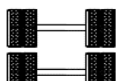




METODO DE EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)										
CARRETERAS CON SUPERFICIE ALFALTICA										
HOJA DE REGISTRO										
NOMBRE DE LA VÍA :	VIA LIBERTADORES TRAMO 321+000 AL 330+950			UNIDAD DE MUESTRA :	UM-12					
PROGRESIVA:	DE 328+480 AL 328+520			AREA DE MUESTREO :	260.00					
EVALUADORES:	RONI ZUNIGA HUAMAN / LIZETT LORENA ALVAREZ FLORES			FECHA DE EVALUACIÓN:	22/08/2023					
1. PIEL DE COCODRILO (m2)		6. DEPRESION (m2)			11. PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS (m2)			16. DESPLAZAMIENTO (m2)		
2. EXUDACION (m2)		7. GRIETA DE BORDE(m)			12. PULIMIENTO DE AGREGADOS (m2)			17. GRIETAS PARABÓLICAS (m2)		
3. AGIETAMIENTO EN BLOOQUE(m2)		8. GRIETA DE REFLEXION DE JUNTA (m)			13. HUECOS (m2)			18. HINCHAMIENTO (m2)		
4. ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS (m2)		9. DESNIVEL CARRIL / BERMA (m)			14. CRUCE DE VÍA FÉRREA (m2)			19. METEORIZACIÓN / DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS (m2)		
5. CORRUGACION (m2)		10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSLAES (m)			15. AHUELLAMIENTO (m2)					
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
7	M	8.45	7.00					15.45	5.94	11.15
5	L	20.00	18.00	16.00				54.00	20.77	20.75
12	L	48.00	6.00	12				66.00	25.38	7.47
10	L	1.20	2.50	1.50				5.20	2.00	0.10
10	M	1.55						1.55	0.60	1.40
								TOTAL VD =		41
N°	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	CDV	
1	20.75	11.15	7.47				39.37	3	23.56	
2	20.75	11.15	2.00				33.90	2	25.12	
3	20.75	2.00	2.00				24.75	1	24.75	
								MAX CDV =	25.12	
								PCI	74.88	
CONDICION DEL PAVIMENTO:				MUY BUENO						



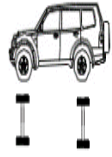
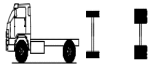
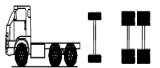
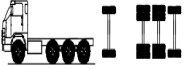
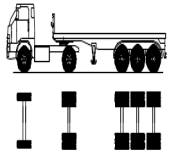
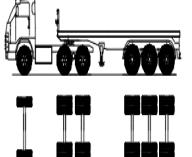
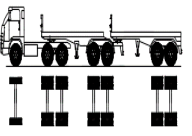
Anexo 17. Conteo vehicular en la estación 1

CONTEO VEHICULAR EN ESTACIÓN SOCOS												
VEHÍCULO		CONTEO								TOTAL	IMDs	%
COD	GRÁFICO	DIR	D	L	M	M	J	V	S			
VHL1_		IDA	683	478	492	460	469	474	412	3468	1043	47.53%
		VUE.	664	519	450	483	534	595	583	3828		52.47%
_C2		IDA	70	72	57	70	67	73	43	452	139	46.55%
		VUE.	79	58	59	67	95	80	81	519		53.45%
_C3		IDA	105	109	97	84	102	95	78	670	189	50.87%
		VUE.	79	61	96	98	113	110	90	647		49.13%
_C4		IDA	13	16	8	14	20	17	13	101	35	41.91%
		VUE.	21	9	24	19	21	24	22	140		58.09%
T2S3		IDA	0	8	1	2	4	0	1	16	8	30.77%
		VUE.	5	2	7	9	2	3	8	36		69.23%
T3S3		IDA	88	76	86	96	71	68	60	545	168	46.58%
		VUE.	93	45	101	96	100	91	99	625		53.42%
T3S2_S2		IDA	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.00%
		VUE.	1	0	0	0	0	0	1	2		100.00%
									TOTAL	11049	1583	

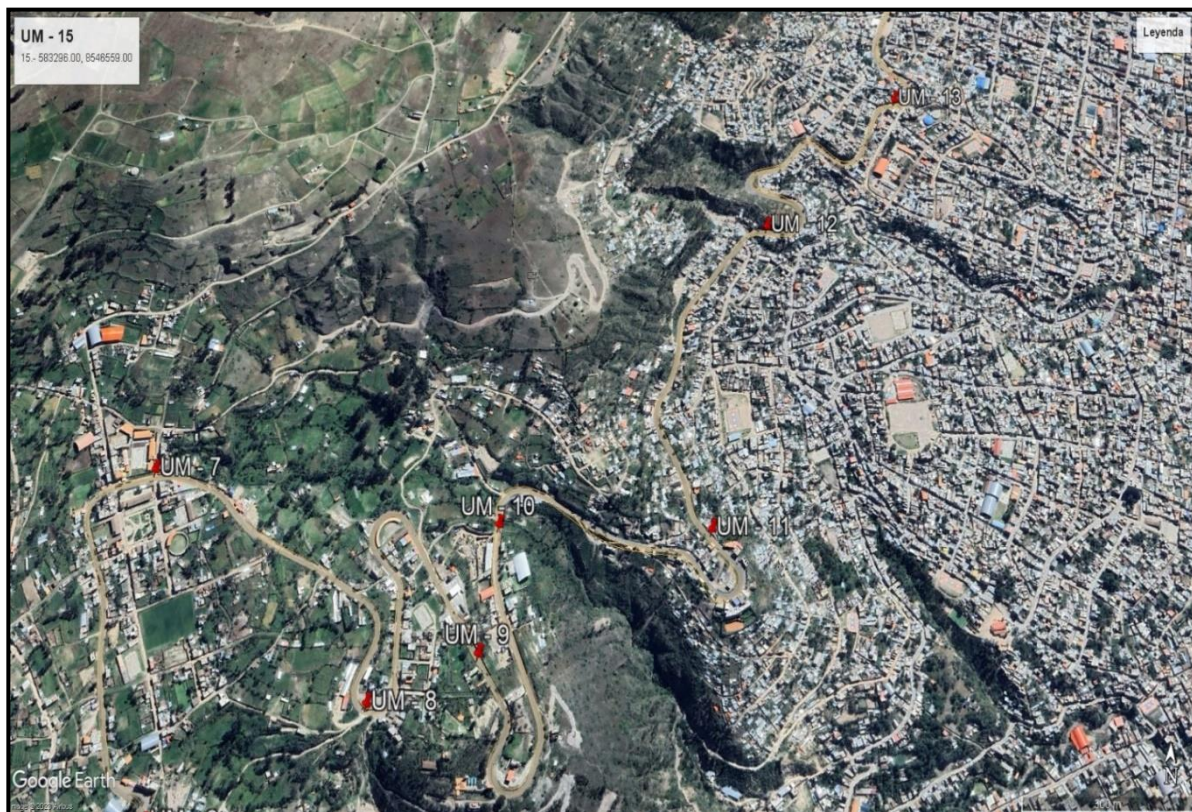
Anexo 18. Cálculo de factor de ejes equivalentes

CÁLCULO DE FACTOR DE EJES EQUIVALENTES									
NOMENCLATURA	GRÁFICO	Peso (ton)	Lx kips	L2	β_x	β_{18}	G_t	$\log\left(\frac{1}{FEE}\right)$	FEE
_1VL		1	2.2	1	0.401	0.6546	-0.2009	3.5112	0.0003
_2VL		2	4.4	1	0.404	0.6546	-0.2009	2.4272	0.0037
_4VL		4	8.8	1	0.430	0.6546	-0.2009	1.2174	0.0606
_1RS		7	15.4	1	0.560	0.6546	-0.2009	0.2544	0.5566
_1RD		11	24.2	1	1.042	0.6546	-0.2009	-0.4734	2.9744
_2RS		12	26.4	2	0.501	0.6546	-0.2009	0.3729	0.4237
_1RS_1RD		16	35.2	2	0.641	0.6546	-0.2009	-0.1009	1.2615
_2RD		18	39.6	2	0.745	0.6546	-0.2009	-0.2894	1.9472
_3RS		16	35.2	3	0.471	0.6546	-0.2009	0.4932	0.3212
_1RS_2RD		23	50.6	3	0.611	0.6546	-0.2009	-0.1133	1.2979
_3RD		25	55	3	0.673	0.6546	-0.2009	-0.2474	1.7677
_1RD_1RD		22	48.4	2	1.042	0.655	-0.201	-0.473	5.949

Anexo 19. Cálculo de numero de repeticiones del eje equivalente

CÁLCULO DE NUMERO DE REPETICIONES DE EJE EQUIVALENTE													
VAHICULO			FACTORES DE EJE EQUIVALENTE POR EJE				F.E.E. TOTAL	FACTOR DIREC. (FD)	FACTOR CARRIL (FC)	AÑO	(Fca)	ESAL	
TIPO	GRÁFICO	IMDs	DELANT.	EJE N° 01	EJE N° 02	EJE N° 03							EJE N° 04
VHL1_		1043	0.00031	0.00031				0.0006	52.47%	1	365	22.718	2797
_C2		139	0.55661	2.97443				3.5310	53.45%	1	365	25.545	2446013
_C3		189	0.55661	1.94719				2.5038	50.87%	1	365	25.545	2244625
_C4		35	0.55661	1.29794				1.8545	58.09%	1	365	25.545	351569
T2S3		8	0.55661	2.97443	1.76769			5.2987	69.23%	1	365	25.545	273624
T3S3		168	0.55661	1.94719	1.76769			4.2715	53.42%	1	365	25.545	3574179
T3S2_S2		1	0.55661	1.94719	1.94719	1.94719		6.3982	100.00%	1	365	25.545	59655
											ESAL =	8.95E+06	

Anexo 20. Ubicación de las unidades muestrales en el mapa



Anexo 21. Ubicación de las unidades muestrales en las progresivas

UNIDAD MUESTRAL	INICIO	FIN
1	321 + 000	321 + 040
2	321 + 680	321 + 720
3	322 + 360	322 + 400
4	323 + 040	323 + 080
5	323 + 720	323 + 760
6	324 + 400	324 + 440
7	325 + 080	325 + 120
8	325 + 760	325 + 800
9	326 + 440	326 + 480
10	327 + 120	327 + 160
11	327 + 800	327 + 840
12	328 + 480	328 + 520
13	329 + 160	329 + 200
14	329 + 840	329 + 880
15	330 + 520	330 + 560

Anexo 22. Panel fotográfico de la ejecución de la tesis



Materiales y equipos usados para la evaluación de los daños del pavimento.

Daño en el pavimento de tipo grietas longitudinales y transversales en la unidad muestral 01



Daño en el pavimento de tipo agrietamiento en bloque en la unidad muestral 01



Daño en el pavimento de tipo abultamientos y hundimiento en la unidad muestral 02

Medición y delimitación de las unidades muestrales para la evaluación



Daño en el pavimento de tipo huecos en la unidad muestral 02



Delimitación y pintado de las unidades muestrales para la evaluación

Daño en el pavimento de tipo corrugación en la unidad muestral 07



Daño en el pavimento de tipo grieta de borde y huecos en la unidad muestral 08.

Anexo 23. Pavement Condition Index (PCI)

1. Piel de Cocodrilo: conjunto de grietas originadas por la fatiga debido a las cargas vehiculares que experimenta la estructura, estas comienzan en lo inferior de la capa donde las tensiones son mayores. Este daño es estimado como importante.

Nivel de severidad:

L (Low: Bajo): Grietas finas que se generan en forma paralela con una pocas o ninguna conectada.

M (Medium: Medio): desarrolladas en lo posterior de las grietas bajas, las cuales pueden presentar descascaramiento ligero.

H (High: Alto): grietas evolucionadas, que forma piezas o trozos bien definidos.



Imagen 01. Daño piel de cocodrilo

1. Exudación: superficie luminosa y brillante que se presenta en el pavimento, proveniente de la abundancia de asfalto, exceso de sellante o falta de contenido de vacíos de aire.

Nivel de severidad:

L (Low: Bajo): Es un grado muy ligero, solo se manifiesta en unos días del año.

M (Medium: Medio): se presenta al pegarse en los zapatos y vehículos.

H (High: Alto): se presenta en gran cantidad de área del asfalto, y esta se manifiesta pegándose en la llanta de vehículos y zapatos.

2. Agrietamiento en Bloque: grietas conectadas que seccionan el pavimento en fracciones rectangulares. Son originados por la contracción del concreto.

Nivel de severidad:

L (Low: Bajo): bloque de grietas de baja severidad, estas pueden ser longitudinales y transversales.

M (Medium: Medio): bloque de grietas de severidad media.

H (High: Alto): bloque de grietas de severidad alta.



Imagen 02. *Falla Agrietamiento en bloque*

3. Abultamientos y Hundimientos: deslizamientos hacia la parte superior de la estructura, son resultado por la presencia de variedad de factores, siendo el levantamiento de losa, por congelación y elevación de grieta como resultado de la carga vehicular. Los hundimientos corresponden al traslado hacia la parte inferior del pavimento.

Nivel de severidad

L (Low: Bajo): estos daños generan mala calidad en el tránsito con una severidad baja.

M (Medium: Medio): estos daños generan mala calidad en el tránsito con una severidad media.

H (High: Alto): estos daños generan una deplorable calidad en el tránsito con una severidad alta.



Imagen 03. *Falla tipo Abultamientos y Hundimientos*

4. Corrugación: serie de picos y depresiones que surgen a intervalos regulares, siendo perpendiculares a la dirección del tránsito. Es causado por el hecho del tránsito en combinación con un carpeta asfáltica o base inestable.

Nivel de severidad

L (Low: Bajo): produce una mala calidad en el transito con una severidad baja.

M (Medium: Medio): produce una mala calidad en el transito con una severidad media.

H (High: Alto): produce una mala calidad en el transito con una severidad alta.

5. Depresión: se trata de niveles ligeramente inferiores al pavimento, siendo generalmente evidentes después de lluvia. Durante la temporada seca pueden identificarse por las manchas generada por el agua.

Nivel de severidad: de acuerdo a la profundidad de la depresión.

L (Low: Bajo): 13 a 25 mm.

M (Medium: Medio): 25 a 51 mm

H (High: Alto): mayor de 51 mm.

6. Grietas de Borde: son grietas paralelas y a una distancia de 0.30 hasta 0.60 m, al borde del pavimento. Es causado por cargas de tránsito y originado por el debilitamiento del pavimento debido a la presencia de los factores climáticos.

Nivel de severidad:

L (Low: Bajo): un agrietamiento sin fragmentación ni desprendimiento del pavimento.

M (Medium: Medio): un agrietamiento con cierta fragmentación o desprendimiento del pavimento.

H (High: Alto): un agrietamiento con fragmentación considerable o desprendimiento al borde del pavimento.



Imagen 04. *Falla tipo Grietas de borde*

7. Desnivel de Carril/berma, es la disparidad de nivel del borde y la berma, ocasionado por la erosión de la berma, asentamiento o colocación de sobre carpetas de la calzada sin encajar el nivel de la berma.

Nivel de severidad:

L (Low: Bajo): cuando la diferencia de nivel se encuentra entre 25 y 51 mm.

M (Medium: Medio): cuando la diferencia se encuentra entre 51 y 102 mm.

H (High: Alto): cuando la diferencia es mayor a 102 mm.



Imagen 05. *Falla tipo Desnivel de Carril/berma*

8. Grietas Longitudinales y transversales: son grietas paralelas al eje del pavimento, tienen su origen por: una junta mal construida, contracción de la superficie originada por las bajas temperaturas o endurecimiento del asfalto y por el agrietamiento bajo de la capa base.

Nivel de severidad:

L (Low: Bajo): de acuerdo a la siguiente condición:

- Grieta sin relleno de ancho, cuando es menor a 10 mm.
- Grieta rellana con cualquier ancho.

M (Medium: Medio): existe las siguientes condiciones:

- Grieta sin relleno de ancho de 10 a 76 mm.
- Grieta sin relleno de cualquier ancho de 76 mm.
- Grieta rellena a de cualquier ancho, cerca de pequeñas grietas.

H (High: Alto): cuando la diferencia es mayor a 102 mm.

- Cualquier grieta rellena, rodeada de pequeñas grietas.
- Grieta sin relleno mayor de 76 mm de ancho.
- Grieta con cualquier ancho, en la cual algunas pulgadas de pavimento están severamente fracturadas.



Imagen 06. *Falla tipo Grietas Longitudinales y transversales*

9. Parcheo y Acometidas de Servicios Públicos, es el área de pavimento sustituido con nuevo material con el fin de corregir el existente, considerado

como un defecto sin considerar como se comparte. Usualmente está relacionada a este daño la rugosidad.

Nivel de severidad:

L (Low: Bajo): el parche está en buena condición originando una calidad de tránsito de severidad baja.

M (Medium: Medio): el parche está en una condición mesurado de deterioro, con una calidad de tránsito de severidad media.

H (High: Alto): el parche está en un estado deplorable, con una mala calidad de tránsito de severidad alta. Necesita su pronto reemplazo.



Imagen 07. *Falla tipo Grietas Parcheo y Acometidas de Servicios Públicos*

10. Pulimiento de agregados, es originado por la repetición de cargas de tránsito vehicular, por lo que cuando el agregado adquiere una textura suave al contacto, disminuye la adhesión con las ruedas de los vehículos se de manera considerable. Para el pulimiento es necesario realizar un análisis que establezca que la composición del agregado presente que se encuentra en el pavimento es degradable y es suave al contacto.

Nivel de severidad:

No se cuenta con algún grado de gravedad.



Imagen 08. *Falla tipo Pulimiento de agregados*

11. Huecos, se trata de depresiones en pequeños tamaños en el pavimento, habitualmente de diámetros menores que 0.90 cm. El desarrollo de los huecos se agiliza por la acumulación de agua. A menudo los huecos son daños relacionados al estado de la vía.

Nivel de severidad:

La severidad para los huecos de diámetro menor a 762 mm, están relacionados a la siguiente tabla.

Los huecos de diámetro mayores a 762 mm, el área debe medirse en pies cuadrados y ser dividida entre 5 pies², para calcular el número de huecos.

Si, la profundidad del hueco es menor o igual a 25 mm, se consideran de severidad media, si la profundidad es mayor a 25 mm la severidad es alta.

Cuadro 01. *Dimensiones de las profundidades de los huecos*

Profundidad*máxima del hueco	Diámetro medio*(mm)		
	102 a 203 mm.	203 a 457 mm.	457 a 762 mm.
12.7 a 25.4 mm	L	L	M
> 25.4 a 50.8 mm	L	M	H
> 50.8 mm	M2	M	H



Imagen 09. *Falla tipo hueco*

12. Cruce de Vía Férrea, las anomalías relacionadas al cruce de vía férrea, correspondiente a depresiones o abultamientos alrededor o entre los rieles.

Nivel de severidad:

L (Low: Bajo): produce una calidad de tránsito de severidad baja.

M (Medium: Medio): produce una calidad de tránsito de severidad media.

H (High: Alto): produce una calidad de tránsito de severidad alta.

13. Ahuellamiento, es la depresión de las huellas de las llantas de los vehículos. Suele presentarse como el levantamiento del pavimento a los lados del ahuellamiento y usualmente esto es sólo visible después de la lluvia. El ahuellamiento puede conllevar a un colapso estructural importante en el pavimento.

Nivel de severidad: de acuerdo a la profundidad.

L (Low: Bajo): 6 a 13 mm.

M (Medium: Medio): mayor a 13 mm a 25 mm.

H (High: Alto): > 25 mm.

14. Desplazamiento, es un corrimiento a lo largo de una zona específica del pavimento y es el resultado de las cargas de tránsito. Usualmente el daño solo se origina en pavimentos de mezclas de asfalto líquido inestable.

Nivel de severidad:

L (Low: Bajo): ocasiona con una calidad de tránsito de severidad baja.

M (Medium: Medio): ocasiona con una calidad de tránsito de considerable severidad.

H (High: Alto): ocasiona con una calidad de tránsito de severidad alta.



Imagen 10. *Falla tipo Desplazamiento*

15. Grietas Parabólicas, grietas en forma de media luna, son originadas por las ruedas al momento de frenar o girar induciendo a la deformación del pavimento.

Nivel de severidad:

L (Low: Bajo): Cuando el ancho de la grieta es menor que 10 mm.

M (Medium: Medio): de acuerdo a las siguientes condiciones:

- Ancho promedio de la grieta es de 10 mm a 38 mm
- El alrededor del área de la grieta esta fracturada en pedazos pequeños.

H (High: Alto): De acuerdo a las siguientes condiciones:

- Ancho promedio de la grieta es mayor a 38 mm
- El alrededor del área de la grieta esta fracturada en pedazos que pueden ser removibles fácilmente.

16. Hinchamiento, se identifica por un pandeo hacia la parte superior del pavimento, una onda de longitud mayor a 3.0 m. Esta lesión se genera debido a la congelación en la sub rasante o a la presencia de suelos con potencial expansivo.

Nivel de severidad:

L (Low: Bajo): produce una calidad de tránsito de severidad baja. Cuando la severidad es baja no es fácil ver el hinchamiento, sin embargo, este puede ser detectado conduciendo sobre la sección del pavimento.

M (Medium: Medio): produce una calidad de tránsito de severidad media.

H (High: Alto): produce una calidad de tránsito de severidad alta.

17. Meteorización / Desprendimiento de agregados, es la pérdida de la superficie a causa de la disminución del ligante asfáltico y partículas de agregado, este fenómeno puede ser provocado por el tránsito de vehículos de tipo oruga.

Nivel de severidad:

L (Low: Bajo): Inicia a producirse la pérdida los agregados y ligantes.

M (Medium: Medio): Se pierden los agregados o el ligante. La textura de la superficie es moderadamente rugosa y ahuecada.

H (High: Alto): Pérdida importante de agregados o ligante. La superficie es muy rugosa y gravemente ahuecada con diámetros de 10 mm y profundidades menores a 13 mm.