



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Facultad de Ingeniería Civil

Escuela Profesional Ingeniería Civil

**Aplicación de la metodología PCI y VIZIR para mejoramiento del pavimento de Avenida
Baltazar de La Rosa hasta Panamericana Norte (Pista Auxiliar) – Huacho 2023**

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor

Jordy Maximo Dominguez Mariluz

Asesor

Mtro. José Alonso Toledo Sosa



Mtro. JOSÉ A. TOLEDO SOSA
INGENIERO QUIMICO
DNU. 460

Huacho - Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 12-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

Facultad de Ingeniería Civil

Escuela Profesional Ingeniería Civil

INFORMACIÓN

DATOS DE AUTORES:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Jordy Maximo Dominguez Mariluz	77164910	25/05/2026
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
M(o) José Alonso Toledo Sosa	80302533	https://orcid.org/0000-0002-8278-1538
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO/MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Dr. Jorge Luis Rojas Paz	16698556	https://orcid.org/0000-0002-6077-4409
M(o) Carlos Francisco Goñy Ameri	15726541	https://orcid.org/0000-0001-5994-6712
Mg. Jaime Ulices Romero Menacho	32930138	https://orcid.org/0000-0003-0876-7727

Jordy Maximo Dominguez Mariluz 2025-081392

Aplicación de la metodología PCI y Vizir para mejoramiento del pavimento de Avenida Baltazar de La Rosa hasta Panamer...

 Quick Submit
 Quick Submit
 Facultad de Ingeniería Civil

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::1:3430001753

Fecha de entrega

1 dic 2025, 6:08 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

2 dic 2025, 2:32 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

BORRADOR_DE_TESIS_DOMINGUEZ_MARILUZ_JORDY_M_XIMO.docx

Tamaño del archivo

2.9 MB

114 páginas

22.829 palabras

129.356 caracteres

20% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

19%  Fuentes de Internet
2%  Publicaciones
11%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mi familia, ya que sin ellos no sería la calidad de persona y profesional que soy hoy.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a los docentes e ingenieros que me puso la vida, por sus enseñanzas y consejos en esta formación profesional.

RESUMEN

Objetivo: Planteamiento de una propuesta de mejora para la serviciabilidad de la avenida Baltazar de La Rosa realizando una evaluación superficial de su pavimento flexible, distrito de Huacho. Lima-2023. **Métodos:** La investigación es aplicada, diseño experimental, nivel descriptivo correlacional, con tipo de enfoque cuantitativo. **Resultados:** El análisis realizado en la Avenida Baltazar de La Rosa hasta la Panamericana Norte (Pista Auxiliar) revela que el estado del pavimento flexible es muy deficiente, según los resultados obtenidos mediante las metodologías PCI y VIZIR. La evaluación determinó que el Índice de Condición del Pavimento (PCI) es de 15, lo que lo clasifica dentro de la categoría “Muy Malo”, evidenciando un alto nivel de deterioro. Asimismo, el método VIZIR arrojó una calificación de “Malo (4)”, lo que confirma la grave afectación de la vía.

Entre los principales daños observados se encuentran huecos, grietas de borde, piel de cocodrilo y hundimientos, todos de alta severidad, lo que compromete la estructura del pavimento y la seguridad de los usuarios. De no realizarse una intervención inmediata, se espera que el deterioro continúe agravándose, aumentando los costos de rehabilitación y afectando significativamente la transitabilidad.

Ante esta situación, se recomienda la rehabilitación estructural integral de la vía, acompañada de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo, con el fin de mejorar las condiciones de circulación y prolongar la vida útil del pavimento.

Palabras Claves: Pavimento flexible, metodología PCI y Vizir, mejoramiento del pavimento.

ABSTRACT

Objective: Proposal for improvement of the serviceability of Baltazar de La Rosa Avenue through a surface evaluation of its flexible pavement, Huacho district, Lima-2023. **Methods:** The research is applied, with an experimental design, descriptive-correlational level, and a quantitative approach. **Results:** The analysis conducted on Baltazar de La Rosa Avenue up to the Panamericana Norte (Auxiliary Road) reveals that the condition of the flexible pavement is very poor, according to the results obtained using the PCI and VIZIR methodologies. The evaluation determined that the Pavement Condition Index (PCI) is 15, classifying it as "Very Poor," indicating a high level of deterioration. Likewise, the VIZIR method rated it as "Poor (4)," confirming the severe damage to the road. Among the main observed damages are potholes, edge cracks, alligator cracking, and depressions, all of high severity, compromising the pavement structure and user safety. If no immediate intervention is carried out, the deterioration is expected to worsen, increasing rehabilitation costs and significantly affecting trafficability. Given this situation, a comprehensive structural rehabilitation of the road is recommended, along with a preventive and corrective maintenance plan to improve circulation conditions and extend the pavement's lifespan.

Keywords: Flexible pavement, PCI and VIZIR methodology, pavement improvement.

ÍNDICE

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1 Descripción de la realidad problemática	14
1.2 Formulación del problema.....	15
1.2.1 Problema general	15
1.2.2 Problemas específicos.....	16
1.3 Objetivos de la investigación.....	16
1.3.1 Objetivo general	16
1.3.2 Objetivo específico	16
1.4 Justificación de la Investigación.....	16
1.4.1 Justificación técnica	17
1.4.2 Justificación económica	17
1.4.3 Justificación social	18
1.5 Delimitación del estudio	18
1.6 Viabilidad del estudio	19
1.6.1 Viabilidad de recurso teórico	19
1.6.2 Viabilidad de recurso humano	19
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	20
2.1 Antecedentes de la investigación.....	20
2.1.1 Investigaciones Internacionales	20
2.1.2 Investigaciones Nacionales.....	22
2.2 Bases Teóricas	25

2.2.1 Pavimentos.....	25
2.2.2 Metodología PCI.....	38
2.2.3 Método VIZIR	47
2.3 Bases Filosóficas	60
2.4 Definición de términos básicos.....	61
2.5 Hipótesis de la investigación	67
2.5.1 Hipótesis general	67
2.5.2 Hipótesis específicas.....	67
2.6 Operacionalización de variables	69
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	70
3.1 Diseño metodológico.....	70
3.2 Población y muestra.....	71
3.2.1 Población	71
3.2.2 Muestra	72
3.3 Técnica de recolección de datos	73
3.4 Técnicas para el procesamiento de la información.....	74
Resultado Final	75
CAPITULO IV. DISCUSIÓN	89
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS	99
ANEXOS.....	105
3.5 Matriz de consistencia	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Rangos de clasificación del PCI.....	38
Tabla 2	Fallas en Pavimentos Flexibles	40
Tabla 3	Niveles de severidad según PCI	41
Tabla 4	Niveles de severidad según daño de PCI.....	41
Tabla 5	Niveles de severidad para huecos.....	42
Tabla 6	Aplicación para el parcheo superficial	43
Tabla 7	Conjugación de mezclas para el parchado superficial manual.....	45
Tabla 8	Características de la muestra	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Componentes del pavimento asfáltico	32
Figura 2 Accesos a la Avda. Baltazar de La Rosa – Huacho	72
Figura 3 Intervalo de muestreo	76
Figura 4 Distribución de fallas en el pavimento.....	78
Figura 5 Estado de Conservación del Pavimento (PCI y VIZIR).....	87

INTRODUCCIÓN

El estado y mantenimiento del pavimento son factores determinantes en la seguridad y eficiencia de la infraestructura vial. Con el crecimiento del tráfico y la exposición constante a condiciones climáticas adversas, las carreteras y calles experimentan un deterioro progresivo que, si no se atiende de manera oportuna, puede generar altos costos de reparación y riesgos para los usuarios. Para enfrentar este desafío, se han desarrollado diversas metodologías de evaluación y gestión del pavimento, entre las que destacan el Índice de Condición del Pavimento (PCI, por sus siglas en inglés) y el método Vizir, ampliamente utilizados para diagnosticar el estado de las superficies viales y planificar estrategias de mantenimiento y rehabilitación.

La metodología PCI permite una evaluación cuantitativa del pavimento a partir de inspecciones visuales que identifican y clasifican los tipos de deterioro presentes. Este índice, basado en un rango numérico estandarizado, facilita la toma de decisiones informadas sobre las acciones correctivas necesarias, priorizando las intervenciones según la severidad del daño. Por otro lado, el método Vizir, desarrollado en Francia, complementa esta evaluación al integrar criterios cualitativos y cuantitativos, permitiendo una gestión más flexible y adaptada a diferentes contextos viales.

La aplicación combinada de ambas metodologías representa una estrategia integral para optimizar los recursos destinados al mantenimiento vial, garantizando una mejor planificación y prolongando la vida útil del pavimento. Además, su implementación no solo beneficia la infraestructura, sino que también contribuye a la seguridad vial, la reducción de costos a largo plazo y la mejora de la movilidad urbana y rural.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

En el distrito de Huacho, específicamente en la vía que comprende la Avenida Baltazar de La Rosa hasta la Panamericana Norte (Pista Auxiliar), se observa un deterioro progresivo del pavimento, el cual repercute directamente en la seguridad vial, el tiempo de desplazamiento y la calidad de vida de los ciudadanos. La infraestructura vial no solo cumple una función estructural de soporte físico para la movilidad urbana, sino que también representa un componente fundamental para el desarrollo económico local y la conectividad territorial (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2020). No obstante, en esta zona específica, se evidencia una ausencia de intervenciones técnicas sistemáticas que permitan garantizar su conservación y buen estado, lo cual ha llevado a una aceleración del daño funcional y estructural del pavimento.

La falta de mantenimiento adecuado y la aplicación de métodos empíricos en la evaluación del pavimento han contribuido a que no se tomen decisiones técnicas oportunas para su rehabilitación. En este contexto, se torna urgente la utilización de metodologías objetivas y científicas como el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y el sistema Vizir, herramientas que permiten una evaluación cuantitativa del estado superficial y estructural del pavimento (Yoder & Witczak, 2015). A través de estas metodologías, se puede establecer con mayor precisión las causas del deterioro, los tipos de fallas predominantes y el grado de intervención requerido, permitiendo una planificación técnica y presupuestal más eficiente.

En Huacho, la carencia de diagnósticos técnicos adecuados ha generado inversiones ineficientes en la infraestructura vial, muchas veces orientadas más por criterios políticos que por criterios técnicos. Esto ha sido evidenciado en diversas investigaciones sobre gestión de infraestructura en gobiernos locales, donde se demuestra que la ausencia de datos confiables sobre la condición del pavimento conlleva a decisiones erráticas y malgasto de

recursos públicos (Torres & Ramírez, 2021). Por tanto, la implementación del PCI y Vizir no solo representa una mejora técnica en la evaluación, sino también un paso hacia la transparencia en la toma de decisiones públicas y una mejora en la sostenibilidad de las intervenciones.

Asimismo, la avenida en mención representa un corredor estratégico de acceso y salida hacia la Panamericana Norte, siendo transitada diariamente por vehículos de carga, transporte público y automóviles particulares. Este alto flujo vehicular, sumado a deficiencias en el drenaje pluvial y la calidad de los materiales de la capa asfáltica, ha intensificado el grado de deterioro de la pista (Delgado & Vargas, 2018). Sin una intervención oportuna basada en evidencia técnica, se prevé que el estado de la vía continúe deteriorándose, con efectos negativos tanto en la movilidad urbana como en los costos operacionales del transporte local.

En este marco, se justifica la aplicación combinada de las metodologías PCI y Vizir, como herramientas complementarias que permiten una valoración integral del estado de la vía, abarcando tanto aspectos visuales como mecánicos. Según Pérez y González (2022), la combinación de ambas metodologías permite generar un diagnóstico preciso que facilita la priorización de intervenciones y la elección de técnicas de rehabilitación más apropiadas. En consecuencia, se puede optimizar el uso de los recursos municipales y asegurar la durabilidad de las obras de mantenimiento o mejoramiento vial.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Qué tan factible sería plantear una propuesta de mejora para la serviciabilidad de la avenida Baltazar de La Rosa realizando una evaluación superficial de su pavimento flexible, distrito de Huacho, Lima-2023?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuáles son los tipos de fallas superficiales en el pavimento flexible de la avenida Baltazar de La Rosa del distrito de Huacho, Lima-2023?
- ¿Cuál es el estado de conservación de la avenida Baltazar de La Rosa del distrito de Huacho, Lima-2023, aplicando los métodos PCI y VIZIR?
- ¿Qué consideraciones debe tener una propuesta de mejora para la serviciabilidad de la avenida Baltazar de La Rosa, distrito de Huacho, Lima -2023?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Planteamiento de una propuesta de mejora para la serviciabilidad de la avenida Baltazar de La Rosa realizando una evaluación superficial de su pavimento flexible, distrito de Huacho. Lima-2023.

1.3.2 Objetivo específico

- Identificación de los tipos de fallas superficiales en el pavimento flexible de la avenida Baltazar de La Rosa del distrito de Huacho, Lima -2023.
- Aplicación de los métodos PCI y VIZIR para determinar el estado de conservación de la avenida Baltazar de La Rosa del distrito de Huacho, Lima -2023.
- Identificación de las consideraciones que debe tener una propuesta de mejora para la serviciabilidad de la avenida Baltazar de La Rosa del distrito de Huacho, Lima -2023.

1.4 Justificación de la Investigación

La presente investigación se justifica por la necesidad urgente de aplicar métodos técnicos modernos y eficientes en la evaluación del estado del pavimento en zonas urbanas

críticas como la avenida Baltazar de La Rosa hasta la Panamericana Norte (Pista Auxiliar) en Huacho. Esta vía representa un eje fundamental para la movilidad y el desarrollo urbano del distrito, por lo que su progresivo deterioro afecta directamente la calidad de vida de los habitantes. Frente a esta problemática, el estudio propone el uso de herramientas como el PCI (Pavement Condition Index) y el sistema Vizir, que permiten identificar con mayor precisión los niveles de deterioro de la superficie vial y orientar intervenciones adecuadas para su mantenimiento o rehabilitación. Según Shahin (2005), el uso del índice PCI es esencial para establecer planes de mantenimiento predictivos y eficientes, reduciendo así los costos de rehabilitación a largo plazo.

1.4.1 Justificación técnica

Desde el punto de vista técnico, la implementación de estas metodologías permite mejorar significativamente la calidad del diagnóstico de pavimentos, al basarse en criterios estandarizados y cuantificables. El sistema PCI permite clasificar el estado del pavimento mediante un análisis detallado de las fallas superficiales, mientras que el sistema Vizir aporta una evaluación visual sistemática que complementa y valida los datos obtenidos. Según Rada y Lu (2020), la combinación de evaluaciones visuales y técnicas es clave para la toma de decisiones más acertadas en el mantenimiento de pavimentos urbanos. Así, la investigación ofrece una alternativa técnica válida que supera el uso de métodos empíricos, muchas veces subjetivos y poco precisos, empleados por algunas autoridades locales.

1.4.2 Justificación económica

En términos económicos, esta propuesta investigativa se justifica en la medida que la aplicación del PCI y Vizir permite optimizar los recursos públicos al evitar intervenciones innecesarias o mal ejecutadas. Una evaluación precisa del estado del pavimento facilita la programación de actividades de mantenimiento en función del nivel de daño real, lo cual

reduce costos operativos y evita gastos excesivos en rehabilitaciones mayores que pudieron haberse prevenido. De acuerdo con Haas et al. (2015), el mantenimiento oportuno basado en diagnósticos técnicos puede reducir hasta en un 40% el presupuesto destinado al mejoramiento vial, generando una significativa economía para los gobiernos locales.

1.4.3 Justificación social

Desde la perspectiva social, el mejoramiento de la infraestructura vial urbana tiene un impacto directo en la calidad de vida de los ciudadanos. Una vía en buen estado reduce los tiempos de desplazamiento, mejora la seguridad del transporte, disminuye los costos de operación vehicular y contribuye a la reducción de emisiones contaminantes. En este sentido, el estudio responde a una demanda social por contar con vías funcionales, seguras y sostenibles. Según López y Carrasco (2021), el estado del pavimento influye directamente en la percepción ciudadana sobre la eficiencia de los servicios públicos, siendo una de las principales demandas en zonas urbanas con crecimiento desordenado.

1.5 Delimitación del estudio

Delimitación espacial:

El estudio se realizó en base a la base de datos del INEI 2024.

Delimitación temporal:

El estudio está enmarcado dentro del período del 2024 al 2026, siendo su proyección al 2030.

Delimitación académica:

El estudio elaborado cumple con las exigencias establecidas en la normatividad de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, complementándose con las líneas de formación en la carrera de Ingeniería Civil.

1.6 Viabilidad del estudio

1.6.1 Viabilidad de recurso teórico

La viabilidad de esta investigación se sustenta tanto en la disponibilidad de recursos técnicos y logísticos, como en el acceso a información empírica y la factibilidad operativa en campo. El estudio propuesto no demanda la implementación de infraestructura compleja ni grandes inversiones, ya que se basa principalmente en la aplicación de metodologías existentes —el Pavement Condition Index (PCI) y el sistema Vizir—, las cuales han sido desarrolladas precisamente para facilitar evaluaciones accesibles y sistemáticas del estado de pavimentos urbanos y rurales (Shahin, 2005). Ambas herramientas requieren únicamente instrumentos básicos de medición, personal capacitado en reconocimiento visual y procesamiento de datos, lo cual permite llevar a cabo la investigación con un equipo técnico reducido y dentro de plazos razonables.

En términos metodológicos, la investigación es perfectamente realizable, ya que el área de estudio —la avenida Baltazar de La Rosa hasta la Panamericana Norte— representa un tramo accesible, con dimensiones adecuadas para un análisis sectorizado. Además, se cuenta con el respaldo de normas técnicas nacionales e internacionales que regulan el uso del PCI y Vizir, lo que proporciona una base normativa clara y aplicable (ASTM D6433-20, 2020). Estos estándares garantizan que el procedimiento sea replicable, comparable y válido científicamente, asegurando la rigurosidad y objetividad del estudio. Asimismo, la aplicación de herramientas tecnológicas como software de análisis de pavimentos contribuirá a un procesamiento de datos más rápido y eficiente.

1.6.2 Viabilidad de recurso humano

El presente es viable porque cuenta con especialistas en el tema de aplicación de las metodologías PCI y VIZIR.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Investigaciones Internacionales

Morocho (2021), en su tesis titulada *“Plan de intervención vial en base a la evaluación del PCI (Pavement Condition Index), caso de estudio Quinta Chica Baja, Cuenca-Ecuador”*, en la que evaluaron el estado actual del pavimento mediante la metodología PCI, para así obtener un plan de intervención vial para la parroquia Quinta Chica Baja, Con el objetivo de asegurar una funcionalidad adecuada del sistema vial, se llevó a cabo una evaluación técnica orientada a identificar las acciones de mantenimiento y rehabilitación más apropiadas según el estado actual del pavimento. Este análisis permitió estructurar un programa de intervención para mejorar la operatividad de la red vial en la zona de Quinta Chica Baja. En este marco, se desarrolló un registro detallado de las vías existentes, se diagnosticó el nivel de deterioro de las superficies y se propusieron soluciones diferenciadas según el tipo de daño evidenciado en la capa de rodadura. Todo ello fue realizado en concordancia con las disposiciones técnicas estipuladas en la normativa nacional ecuatoriana para la infraestructura vial (NEVI-12), garantizando que las propuestas estén alineadas con los estándares requeridos para obras de este tipo.

Asimismo, el análisis incluyó una proyección del comportamiento futuro del pavimento frente a distintos escenarios de intervención, lo cual permitió anticipar el nivel de servicio que podrían ofrecer las vías en función de la técnica de rehabilitación aplicada. Esta visión prospectiva sirvió como herramienta de planificación para la toma de decisiones, orientando a los responsables de la gestión vial hacia soluciones técnicas que maximicen la vida útil del pavimento y optimicen los recursos disponibles. De este modo, se consolidó

una propuesta integral que combina diagnóstico, planificación y proyección, asegurando una respuesta efectiva frente al deterioro progresivo de la infraestructura vial urbana.

Pallasco (2018), en su tesis titulada *“Evaluación y propuesta de mantenimiento del pavimento flexible de la avenida Quevedo en Santo Domingo de los Tsáchilas”*, en la que desarrollaron mediante una inspección de manera visual las diferentes fallas del pavimento, que existen en la avenida Quevedo en Santo Domingo de los Tsáchilas; El análisis realizado sobre las condiciones actuales de la avenida Quevedo permitió identificar un deterioro generalizado en gran parte de sus tramos. Se evidenció que, a lo largo de los años, las intervenciones ejecutadas se han limitado, en su mayoría, a la aplicación superficial de nuevas capas de asfalto o a soluciones parciales como el bacheo localizado. No obstante, estas acciones fueron implementadas sin la aplicación de criterios técnicos adecuados, lo cual ha derivado en una pérdida progresiva de la capacidad funcional del pavimento. La falta de un enfoque integral y preventivo ha contribuido al agravamiento de los daños estructurales.

Los resultados obtenidos a través de la evaluación técnica concluyen que la condición del pavimento varía entre mala y deficiente, situación que afecta directamente la calidad del servicio para los usuarios que transitan diariamente por esta vía. Ante este escenario, se plantea la necesidad de ejecutar acciones de mantenimiento correctivo de mayor envergadura, que no solo reparen las fallas visibles, sino que también recuperen la capacidad portante de la vía y prolonguen su vida útil. La intervención deberá estar sustentada en criterios normativos y de ingeniería vial, de manera que se garantice una mejora efectiva en la seguridad y comodidad del tránsito vehicular.

Martinez & Noguera (2020), en su tesis titulada *“Modelos de serviciabilidad de pavimentos a partir del índice de condición del pavimento (PCI) con relación a las*

velocidades de operación” se evaluaron modelos de serviciabilidad del pavimento rígido en la localidad de norte – 13 centro histórico de la ciudad de barranquilla, La evaluación del estado de una vía urbana altamente transitada se llevó a cabo considerando un total de 20 tramos representativos de su infraestructura. Esta zona, reconocida por su importancia dentro del flujo vehicular de la ciudad, fue sometida a un análisis técnico mediante la aplicación del método conocido como Índice de Condición del Pavimento (PCI, por sus siglas en inglés). Dicha metodología se caracteriza por realizar una inspección visual que permite identificar hasta 19 tipos de fallas distintas, clasificadas según tres niveles de severidad: alta (H), media (M) y baja (L), lo que brinda un diagnóstico claro y estandarizado del deterioro superficial del pavimento.

Los resultados obtenidos revelaron una situación preocupante: dos tramos se encuentran en condición crítica, presentando fallas generalizadas; tres se calificaron en estado muy malo, cinco en condición deficiente, cuatro en nivel regular y únicamente seis se identificaron como aceptables. Es relevante mencionar que ninguno de los tramos analizados alcanzó la categoría de excelente, lo cual evidencia la necesidad de intervenciones correctivas a corto y mediano plazo. Frente a este panorama, se concluye que es fundamental implementar mecanismos de monitoreo periódico del estado de las vías, no solo para preservar la infraestructura vial, sino también para prevenir incidentes, reducir los costos municipales derivados de reconstrucciones frecuentes y, en general, contribuir al bienestar urbano mediante la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos.

2.1.2 Investigaciones Nacionales

Suárez & Gonzalo (2018), en su tesis titulada *“Análisis del estado del pavimento flexible, tipo de fallas y su severidad de la Av. Mártires de Uchuraccay, entre el Jr. Emancipación y el Psje. Libertad utilizando el método del Índice de Condición de Pavimento,*

en la ciudad de Cajamarca - 2018” En el año 2018 se llevó a cabo una evaluación técnica del pavimento flexible en la avenida Mártires de Uchuraccay, específicamente en el tramo comprendido entre el jirón Emancipación y el pasaje Libertad, en la ciudad de Cajamarca. El objetivo principal fue establecer una relación entre los tipos de fallas observadas, su grado de severidad y la condición general del pavimento, empleando como herramienta de análisis el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI, por sus siglas en inglés). Esta metodología, reconocida internacionalmente por su eficiencia y accesibilidad, permitió realizar una inspección visual detallada sobre los tramos 01 y 02, generando datos cuantificables respecto al nivel de deterioro superficial.

Los resultados obtenidos indicaron que el pavimento se encuentra en un estado considerado regular, al alcanzar un valor PCI de 47, lo que sugiere un nivel de servicio funcional pero no óptimo para las condiciones de tránsito urbano. Aunque la circulación vehicular aún se mantiene activa, se identifican incomodidades para los usuarios debido a las irregularidades en la superficie de rodadura, las cuales afectan tanto la seguridad como la comodidad de los desplazamientos. Esta evaluación demostró el valor práctico del método PCI como herramienta de diagnóstico vial, al proporcionar una visión rápida, técnica y económica del estado estructural de los pavimentos flexibles. En consecuencia, los hallazgos evidencian la necesidad de implementar acciones de mantenimiento correctivo para evitar un mayor deterioro y garantizar la eficiencia de la infraestructura vial en beneficio de la población usuaria.

Condori & Goyzueta (2019), en su tesis titulada *“Propuesta de estrategias de intervención del pavimento flexible, aplicando las metodologías PCI, VIZIR Y PSI, en el tramo paradero grifo Móvil– Ciencias de la salud de la universidad andina de la prolongación Av. de la Cultura – Av. Manco Cápac – Prolongación Av. Manco Cápac de la*

Ciudad del Cusco– 2018”, Mediante la aplicación de tres métodos complementarios de evaluación del pavimento —el Índice de Condición del Pavimento (PCI), el sistema Vizir (Índice de Deterioro Superficial) y el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)— se logró diagnosticar el estado funcional de varios tramos viales ubicados en el distrito de San Jerónimo, Cusco. En función de los resultados obtenidos, se determinó que los sectores comprendidos entre el Paradero Grifo Móvil y la avenida Clorinda Matto de Turner, así como el tramo que va desde la Posta Médica de San Jerónimo hasta la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Andina del Cusco, requieren intervenciones técnicas periódicas que incluyan sellado de grietas, tratamiento de fisuras y parcheo superficial o profundo, en función del tipo y severidad del daño observado.

El análisis específico de las fallas reveló que el tramo entre la Posta Médica y Ciencias de la Salud presenta una mayor concentración de deformaciones estructurales, como huellas profundas por el paso repetitivo de vehículos, fisuras de orientación longitudinal y transversal, así como abultamientos localizados y hundimientos que afectan la continuidad del servicio. Por otro lado, el segmento comprendido entre el Grifo Móvil y la avenida Clorinda Matto evidenció daños similares, pero con mayor presencia de grietas en bloque y fisuras extendidas, que indican una fatiga del material en la capa de rodadura. Ambos sectores requieren acciones inmediatas de mantenimiento rutinario, enfocadas en restaurar la superficie y prevenir el avance del deterioro.

Pérez (2022), en su tesis titulada *"Evaluación de la condición operacional del pavimento asfáltico para mejorar la transitabilidad vehicular de la avenida Industrial, Tacna - 2022"*, se tuvo como objetivo principal evaluar el estado actual del tramo de carretera de la av. Industrial, comprendido entre las avenidas Hipólito Unanue y Jorge Basadre Grohmann, en un total de 3,5 km de longitud. Mediante la aplicación del Método

Pavement Condition Index (PCI), Se llevó a cabo una evaluación detallada de la condición del pavimento flexible en la avenida Industrial, arrojando como resultado índices preocupantemente bajos. El tramo ascendente obtuvo un valor de 19.78, mientras que el descendente alcanzó 15.93 en la escala del Pavement Condition Index (PCI), lo cual sitúa a ambos sectores dentro de la categoría "Muy Mala". La inspección visual permitió identificar y clasificar las distintas fallas presentes en cada segmento de estudio, diferenciando los tipos de deterioro específicos en función del manual técnico correspondiente al método PCI, lo que aseguró una valoración estandarizada y objetiva del estado de la superficie de rodadura.

El análisis por unidades de muestreo reflejó un panorama severamente degradado: de las 57 unidades evaluadas, una fue catalogada como "Malo", 48 como "Muy Malo" y ocho se encontraron en condición de "Fallado", lo cual evidencia un deterioro avanzado de la infraestructura vial. Esta distribución no solo da cuenta del agotamiento estructural del pavimento, sino que también justifica la necesidad de aplicar medidas urgentes de intervención correctiva y rehabilitación integral en toda la avenida. Durante el trabajo de campo, se constató que algunos sectores habían sido objeto de acciones de mantenimiento. Sin embargo, estas labores, pese a ser visibles, no lograron mitigar por completo el problema de fondo, ya que únicamente contribuyeron a frenar temporalmente el deterioro, sin atacar la causa estructural de las fallas observadas.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Pavimentos

El concepto de pavimento hace referencia al conjunto de capas estructurales que conforman una superficie destinada al tránsito vehicular o peatonal, cuya función principal es resistir y distribuir las cargas generadas por el tráfico, reduciendo su efecto sobre la subrasante o suelo natural (Yoder & Witczak, 2015). Estas estructuras deben estar diseñadas

no solo para soportar esfuerzos mecánicos, sino también para garantizar condiciones de seguridad, comodidad y durabilidad en el tiempo. Desde el punto de vista ingenieril, los pavimentos se clasifican comúnmente en dos tipos principales: rígidos y flexibles, cada uno con características específicas en cuanto a comportamiento estructural y requerimientos de mantenimiento.

Los pavimentos flexibles, los más utilizados en vías urbanas y rurales, están compuestos por una o varias capas de materiales granulares, sobre las cuales se coloca una carpeta asfáltica como superficie de rodadura. Su diseño permite una distribución progresiva de las cargas hacia las capas inferiores, gracias a su capacidad de deformación controlada (Huang, 2004). Por otro lado, los pavimentos rígidos, formados generalmente por losas de concreto, presentan una menor flexibilidad y distribuyen las cargas en un área más amplia debido a su alta rigidez, lo que los hace apropiados para vías con tránsito pesado o condiciones extremas. La elección entre uno u otro tipo depende de factores técnicos, económicos, climáticos y de uso previsto.

El desempeño de un pavimento está directamente relacionado con su diseño estructural, la calidad de los materiales utilizados, las condiciones climáticas a las que se expone y la intensidad del tráfico que soporta. Cuando estas variables no son adecuadamente consideradas, el pavimento puede presentar fallas prematuras, tales como agrietamientos, deformaciones, ahuellamientos o pérdida de adherencia (Delgadillo, Lu & Harvey, 2019). Por ello, los sistemas modernos de evaluación, como el Pavement Condition Index (PCI), permiten cuantificar el estado funcional de los pavimentos mediante inspecciones visuales, facilitando la planificación de intervenciones de mantenimiento oportunas y eficientes.

Pavimentos Flexibles

Los pavimentos flexibles constituyen uno de los sistemas estructurales más utilizados en la infraestructura vial moderna, especialmente en zonas urbanas y rurales con alto tránsito vehicular. Este tipo de pavimento se caracteriza por su capacidad de deformarse elásticamente bajo cargas de tráfico, distribuyendo los esfuerzos hacia las capas inferiores de manera progresiva (Huang, 2004). La estructura de un pavimento flexible está generalmente compuesta por una carpeta asfáltica en la parte superior, una base granular, una subbase opcional y la subrasante o suelo natural. La combinación adecuada de estas capas garantiza una mayor durabilidad y resistencia frente a condiciones climáticas y cargas dinámicas variables.

Uno de los principales beneficios del pavimento flexible es su adaptabilidad frente a asentamientos del terreno o cambios volumétricos del suelo, lo que lo convierte en una solución eficaz para vías con alto volumen de tráfico o suelos de baja capacidad portante. Además, permite realizar reparaciones puntuales como bacheos o recapeos sin necesidad de intervenir toda la estructura, lo cual reduce significativamente los costos de mantenimiento (Yoder & Witczak, 2015). Sin embargo, su desempeño a largo plazo depende de múltiples factores como el diseño estructural, la calidad de los materiales, las condiciones climáticas y la intensidad del tránsito, por lo que es indispensable aplicar un enfoque técnico integral desde la etapa de planificación.

El deterioro de los pavimentos flexibles se manifiesta a través de diversas fallas como ahuellamientos, fisuras longitudinales y transversales, agrietamiento en bloque y piel de cocodrilo, entre otras. Estas fallas pueden clasificarse según su severidad y extensión, y están directamente relacionadas con el tipo de carga, el espesor de las capas, la permeabilidad del sistema y el estado de la subrasante (Delgadillo, Lu & Harvey, 2019). Para diagnosticar el estado funcional de un pavimento flexible, se utilizan herramientas como el Índice de

Condición del Pavimento (PCI), que permite realizar una evaluación visual cuantificable de los daños y definir estrategias de mantenimiento adecuadas.

El diseño de pavimentos flexibles ha evolucionado considerablemente, pasando de métodos empíricos a modelos mecanístico-empíricos, los cuales consideran tanto las propiedades físicas y mecánicas de los materiales como las condiciones reales de servicio. Esta transición ha sido impulsada por investigaciones que buscan optimizar la vida útil de la infraestructura y reducir los costos asociados a su rehabilitación (Haas, Hudson & Zaniewski, 2015). Además, los avances tecnológicos han permitido incorporar nuevos materiales como asfaltos modificados con polímeros y el uso de residuos reciclados en mezclas asfálticas, favoreciendo la sostenibilidad del sistema vial.

En el contexto latinoamericano, los pavimentos flexibles representan una solución técnica ampliamente utilizada por su bajo costo inicial y la posibilidad de adaptarse a distintas condiciones geográficas y climáticas. Sin embargo, su durabilidad depende en gran medida de una gestión vial adecuada. Según Rivas y López (2021), la implementación de sistemas de gestión de pavimentos (PMS) basados en datos técnicos y evaluaciones periódicas es clave para garantizar la funcionalidad continua de estas estructuras y optimizar los recursos públicos destinados al mantenimiento vial.

Pavimentos semi-flexibles (intertrabados)

Los pavimentos semi-flexibles, comúnmente conocidos como pavimentos intertrabados, representan una solución intermedia entre los pavimentos rígidos y los flexibles, combinando las ventajas estructurales de ambos sistemas. Este tipo de pavimentación está conformado por bloques prefabricados de concreto o adoquines que se colocan sobre una cama de arena y que se ajustan entre sí a través de un patrón geométrico, generando un sistema de alto desempeño estructural y gran adaptabilidad al terreno

(Scherocman & Al-Qadi, 2017). La principal característica de estos pavimentos es su capacidad de redistribuir las cargas mediante el entrelazado de las piezas, sin requerir un ligante como el asfalto o el cemento hidráulico continuo.

Desde el punto de vista estructural, los pavimentos intertrabados actúan como un sistema monolítico flexible debido a la fricción y confinamiento lateral que ejercen los bloques entre sí. Esto les permite absorber pequeñas deformaciones diferenciales del terreno, sin que se generen agrietamientos estructurales como ocurre en pavimentos rígidos. Además, el sistema de juntas entre bloques facilita el drenaje superficial, lo que incrementa su resistencia al deslizamiento y reduce los riesgos de acumulación de agua, haciéndolos ideales para zonas peatonales, urbanizaciones residenciales, estacionamientos, e incluso vías de tráfico moderado (Knapton, 2020).

Una de las mayores ventajas de los pavimentos intertrabados es su facilidad de mantenimiento. A diferencia de los sistemas tradicionales, las piezas dañadas pueden ser reemplazadas de manera individual sin afectar el resto de la estructura. Esto no solo reduce los costos de mantenimiento, sino que también permite una rápida recuperación del nivel de servicio. Según Shackel (2014), esta característica ha posicionado a los pavimentos intertrabados como una alternativa sostenible y eficiente para proyectos urbanos donde la durabilidad y el mantenimiento económico son prioritarios.

Asimismo, este tipo de pavimentos ha demostrado tener un impacto positivo desde la perspectiva ambiental. Gracias a su permeabilidad y al uso de materiales reciclables, contribuyen a la recarga de acuíferos, a la reducción del efecto de isla de calor y a la disminución del escurrimiento superficial. Estudios recientes han resaltado su aplicabilidad en contextos urbanos sostenibles, especialmente en ciudades donde se busca mitigar los efectos del cambio climático a través del uso de tecnologías de infraestructura verde (Boz &

Ceylan, 2021). Esta cualidad también los hace compatibles con sistemas de drenaje urbano sostenible (SUDS), lo cual amplía su potencial dentro de la planificación urbana contemporánea.

En términos de diseño y ejecución, el correcto funcionamiento de los pavimentos intertrabados depende de una adecuada preparación del terreno, la selección de materiales con propiedades mecánicas adecuadas y una colocación cuidadosa de las piezas. El cumplimiento de estándares técnicos como los establecidos por la Interlocking Concrete Pavement Institute (ICPI, 2022) es esencial para asegurar un desempeño estructural eficiente y una vida útil prolongada. La implementación de controles de calidad en la compactación de la base granular y en la colocación de la arena de juntas también son aspectos críticos para evitar asentamientos diferenciales o desplazamientos de los bloques.

Pavimentos rígidos (de concreto hidráulico)

Los pavimentos rígidos, también conocidos como pavimentos de concreto hidráulico, constituyen una de las principales alternativas estructurales para la construcción de vías, especialmente en corredores de alto tránsito o en zonas con condiciones climáticas exigentes. A diferencia de los pavimentos flexibles, estos se caracterizan por su alta rigidez y capacidad de distribuir las cargas de forma más amplia sobre la subrasante, gracias a la resistencia del concreto y al apoyo continuo de las losas (Yoder & Witczak, 2015).

La estructura típica de un pavimento rígido consiste en una losa de concreto simple o reforzada, una base de apoyo y la subrasante. Su baja deformabilidad reduce significativamente los asentamientos, lo que garantiza un nivel de servicio prolongado y estable. Desde el punto de vista mecánico, los pavimentos rígidos se comportan como placas apoyadas sobre una base, transmitiendo las cargas vehiculares a través de flexión en la losa. Este sistema requiere juntas de dilatación y contracción, así como barras de transferencia,

para controlar el agrietamiento y asegurar la continuidad estructural entre losas adyacentes (Huang, 2004).

La correcta ubicación y diseño de estas juntas es fundamental para mantener la integridad funcional del pavimento a lo largo del tiempo. Según Delatte (2018), la durabilidad de un pavimento rígido puede superar los 30 años con un mantenimiento mínimo si se respetan los criterios técnicos de diseño y construcción.

Una de las principales ventajas del concreto hidráulico es su resistencia frente a condiciones climáticas extremas, como temperaturas elevadas, ciclos de congelación y deshielo, o exposición constante a humedad. Esta cualidad hace que los pavimentos rígidos sean preferidos en aeropuertos, autopistas, zonas industriales o corredores logísticos donde la exigencia estructural es mayor (Haber, Wu & Xiao, 2021).

Además, su superficie clara refleja la luz solar, reduciendo la absorción de calor y mejorando la visibilidad nocturna, lo que aporta beneficios adicionales en términos de seguridad vial y eficiencia energética. No obstante, los pavimentos rígidos también presentan desafíos. Su construcción inicial suele ser más costosa y demandante en términos técnicos que la de los pavimentos flexibles.

Además, su capacidad para tolerar deformaciones del terreno es limitada, lo cual implica una preparación más estricta de la subrasante y una vigilancia constante del control de asentamientos. Por ello, el diseño debe considerar aspectos como el módulo de reacción de la base, el espesor de la losa y la resistencia a la flexión del concreto (Kosmatka et al., 2016). Cuando estos parámetros no son debidamente controlados, pueden presentarse fallas como losas quebradas, escalonamiento en las juntas o pérdida de soporte.

La incorporación de tecnologías modernas ha permitido mejorar significativamente el comportamiento de los pavimentos rígidos. El uso de concretos con aditivos, fibras y

curado optimizado ha reducido la aparición de fisuras y aumentado la durabilidad de las losas. Asimismo, se han introducido técnicas como el diseño mecanístico-empírico y el modelado por elementos finitos para predecir con mayor precisión la respuesta del sistema ante cargas dinámicas y condiciones ambientales variables (Tayabji & Lim, 2020). Estos avances han consolidado al pavimento de concreto hidráulico como una opción robusta, eficiente y de largo plazo para la infraestructura vial contemporánea.

Estructura del Pavimento Flexible

Los componentes del pavimento asfáltico se pueden observar en la figura1 y son los que se detallan a continuación.

Figura 1
Componentes del pavimento asfáltico

Carpeta Asfáltica
Base
Subbase
Subrasante

Nota. Elaboración propia.

Carpeta Asfáltica

La carpeta asfáltica constituye la capa superficial de los pavimentos flexibles y cumple una función crítica dentro del sistema estructural vial. Se trata de una mezcla compactada de agregados pétreos y ligante asfáltico, diseñada para soportar las cargas directas del tránsito y brindar una superficie de rodadura segura, uniforme y resistente al desgaste (Huang, 2004). Su importancia radica no solo en su capacidad estructural, sino

también en sus propiedades funcionales, ya que influye directamente en la comodidad, seguridad y eficiencia del transporte terrestre.

Desde el punto de vista estructural, la carpeta asfáltica actúa como la primera barrera frente a las sollicitaciones mecánicas y climáticas, por lo que debe estar diseñada con espesores y materiales que aseguren resistencia a la fatiga, a la deformación permanente y a la fisuración térmica. La mezcla asfáltica que la compone puede variar en función del tipo de tráfico, las condiciones ambientales y los requerimientos funcionales del proyecto. Según Yoder y Witczak (2015), una buena carpeta asfáltica debe presentar estabilidad estructural, durabilidad y resistencia al deslizamiento, lo cual se logra mediante un adecuado diseño granulométrico y selección del ligante asfáltico.

Existen diversos tipos de mezclas asfálticas utilizadas en carpetas, tales como las mezclas en caliente, en frío, y las modificadas con polímeros, cada una con características específicas. Las mezclas en caliente son las más comunes y se caracterizan por su alta capacidad de compactación y adherencia entre agregados, mientras que las mezclas modificadas mejoran la elasticidad y la resistencia al envejecimiento del pavimento (Delgadillo, Lu & Harvey, 2019). La evolución tecnológica ha permitido incorporar aditivos como fibras, caucho reciclado o polímeros termoplásticos que optimizan el comportamiento mecánico de la carpeta ante el tránsito pesado y las variaciones térmicas.

El diseño adecuado de la carpeta asfáltica se fundamenta en metodologías como el sistema Marshall, Superpave o el diseño volumétrico, las cuales permiten determinar la proporción óptima de agregados y ligante para garantizar un desempeño estructural y funcional satisfactorio (Brown et al., 2009). Además, se deben considerar factores como la temperatura de mezcla, el grado de compactación y el contenido de vacíos para evitar problemas como el ahuellamiento o la pérdida de cohesión. La calidad de la ejecución en

obra es igualmente determinante, ya que una mala compactación puede generar vacíos excesivos que aceleran el deterioro.

El mantenimiento de la carpeta asfáltica también juega un papel fundamental en su vida útil. Fallas como fisuras longitudinales, agrietamiento en bloque, ahuellamientos y desprendimientos superficiales son indicios del deterioro progresivo de la capa. Para mitigar estos efectos, se aplican tratamientos como el sellado de grietas, fresado y recapeo, o en casos más severos, el reemplazo total de la carpeta (Shackel, 2014). Una gestión vial eficiente debe contemplar evaluaciones periódicas mediante indicadores como el Índice de Condición del Pavimento (PCI) para identificar el momento adecuado de intervención y evitar la progresión de los daños.

Base

La base es una de las capas estructurales fundamentales dentro del diseño de pavimentos, ya sean flexibles o rígidos. Esta capa se ubica inmediatamente debajo de la carpeta asfáltica o de concreto y sobre la subbase (si existe) o directamente sobre la subrasante, dependiendo del diseño estructural adoptado. Su función principal es proporcionar soporte a las cargas vehiculares, distribuir uniformemente los esfuerzos hacia las capas inferiores, y mejorar la capacidad estructural del sistema vial (Huang, 2004). Además, la base contribuye al drenaje interno y minimiza los efectos de la humedad, uno de los factores más críticos en el deterioro prematuro del pavimento.

Los materiales utilizados en la construcción de la base deben cumplir con criterios técnicos específicos, como alta resistencia mecánica, buena estabilidad volumétrica, durabilidad frente a ciclos de humedad-sequedad y resistencia al desgaste. Según Yoder y Witczak (2015), las bases pueden ser elaboradas con materiales granulares naturales seleccionados, gravas trituradas, o mezclas estabilizadas con cemento, cal o asfalto. La

elección del tipo de base dependerá de factores como el volumen de tránsito, las condiciones climáticas y la naturaleza del suelo subyacente. En vías con tráfico pesado o condiciones críticas, se recomienda el uso de bases tratadas o estabilizadas para mejorar su comportamiento estructural y prolongar la vida útil del pavimento.

La calidad de la construcción de la capa base tiene una influencia directa en el desempeño global del pavimento. Una base mal compactada, con distribución inadecuada de tamaños de partículas o con contenido excesivo de finos, puede provocar asentamientos diferenciales, pérdida de soporte, o acumulación de humedad, que derivan en fallas como agrietamientos, deformaciones o desprendimientos en la capa superficial (Delgadillo, Lu & Harvey, 2019). Por tanto, es indispensable realizar un control de calidad riguroso durante su colocación, incluyendo ensayos de densidad, granulometría, resistencia y humedad óptima de compactación.

Las técnicas de estabilización de bases han cobrado relevancia en las últimas décadas, debido a su capacidad para mejorar las propiedades mecánicas de materiales de baja calidad o para prolongar el tiempo de servicio del pavimento. El uso de cementos portland, cal hidratada o emulsiones asfálticas permite convertir suelos granulares o marginales en capas estructurales confiables y resistentes (Kosmatka et al., 2016). Estas técnicas no solo mejoran la resistencia a la compresión y la durabilidad de la base, sino que también reducen la permeabilidad y los efectos negativos del agua, mejorando el desempeño en zonas con climas variables o precipitaciones intensas.

Sub Base

La **sub base** es una capa intermedia ubicada entre la base y la subrasante dentro de la estructura de un pavimento, cuya finalidad principal es proporcionar soporte adicional, mejorar el drenaje y reducir los esfuerzos transmitidos hacia las capas inferiores. Esta capa,

aunque opcional en algunos diseños, es esencial cuando las condiciones del terreno natural no ofrecen una capacidad portante adecuada o cuando se requiere mejorar el desempeño estructural global del pavimento (Yoder & Witczak, 2015). Los materiales empleados en la sub base suelen ser suelos seleccionados, gravas naturales o materiales estabilizados, y deben cumplir con requisitos de granulometría, plasticidad y resistencia, de acuerdo con los lineamientos técnicos establecidos por entidades como la FHWA (Federal Highway Administration, 2020).

Sub Rasante

Por su parte, la **subrasante** constituye la capa más profunda de la estructura de un pavimento y está formada por el suelo natural sobre el cual se construyen las capas superiores. Su comportamiento es determinante, ya que actúa como el cimiento del sistema vial, influenciando directamente la vida útil y la estabilidad del pavimento. La capacidad de soporte de la subrasante se evalúa comúnmente a través del CBR (California Bearing Ratio), el módulo resiliente o ensayos triaxiales, los cuales permiten determinar su idoneidad estructural (Huang, 2004). Cuando se trata de suelos expansivos, orgánicos o con alta humedad, es necesario aplicar técnicas de estabilización con cal, cemento o geotextiles para mejorar su capacidad portante y garantizar un desempeño óptimo del pavimento.

Comportamiento estructural de un pavimento

El comportamiento estructural de un pavimento está determinado por la interacción entre todas sus capas y su respuesta conjunta frente a las cargas dinámicas del tránsito, así como a las condiciones ambientales a las que está expuesto. En los pavimentos flexibles, las tensiones se distribuyen gradualmente desde la carpeta hasta la subrasante, por lo que cada capa debe cumplir una función específica de transferencia y absorción de esfuerzos. En cambio, los pavimentos rígidos concentran mayores esfuerzos en la losa de concreto,

transmitiéndolos en menor proporción a las capas inferiores (Delgadillo, Lu & Harvey, 2019). Esta diferencia en la transferencia de cargas es clave para el diseño y mantenimiento de la infraestructura vial.

El diseño estructural moderno de pavimentos se basa en enfoques mecanístico-empíricos, que combinan modelos de comportamiento físico con datos empíricos de desempeño para prever la evolución del daño ante cargas repetitivas. Estos modelos consideran factores como la resistencia a la fatiga, la deformación permanente, el módulo elástico de los materiales, y la interacción entre capas, para optimizar los espesores y maximizar la vida útil del sistema (Tayabji & Lim, 2020). Asimismo, las condiciones climáticas, la temperatura y la presencia de agua subterránea también inciden directamente en la respuesta estructural del pavimento, razón por la cual deben ser incorporadas en el análisis integral del diseño.

Una estructura de pavimento bien diseñada y construida debe garantizar la durabilidad, funcionalidad y seguridad de la vía durante su periodo de servicio. Esto se logra únicamente si la subrasante posee una capacidad estructural mínima, si la sub base contribuye eficazmente a la disipación de tensiones y si las capas superiores están correctamente dimensionadas y ejecutadas. La falta de atención a cualquiera de estos elementos puede generar fallas prematuras como agrietamientos, deformaciones, asentamientos diferenciales o pérdida de capacidad estructural (Haas, Hudson & Zaniewski, 2015). Por tanto, la comprensión del comportamiento estructural del pavimento es clave para lograr una infraestructura vial sostenible, eficiente y de bajo costo de mantenimiento a largo plazo.

2.2.2 Metodología PCI

La **metodología del Pavement Condition Index (PCI)** es una herramienta estandarizada para la evaluación del estado superficial de los pavimentos flexibles y rígidos. Esta metodología fue desarrollada por el U.S. Army Corps of Engineers y adoptada por entidades como el ASTM (American Society for Testing and Materials) bajo la norma **ASTM D6433-20**, siendo reconocida mundialmente por su precisión y utilidad en la gestión de mantenimiento vial (Shahin, 2005). El PCI proporciona un valor numérico que oscila entre 0 y 100, donde 100 representa un pavimento en condiciones óptimas y 0 uno totalmente deteriorado, basado en el tipo, la cantidad y la severidad de las fallas observadas en el campo.

Tabla 1

Rangos de clasificación del PCI

Rango	Clasificación
100-85	excelente
85-70	muy bueno
70-55	bueno
55-40	regular
40-25	malo
25-10	muy malo
10-0	fallado

Nota. Guía para la clasificación de los resultados adaptado de Vásquez (2002).

Procedimiento de Evaluación

El **procedimiento de evaluación según el método PCI** comienza con la división del área total de pavimento en unidades de muestreo representativas. En cada unidad, se identifican las fallas visibles, se mide su extensión y se clasifica su severidad en tres niveles: leve, moderada o severa. Luego, con ayuda de tablas estandarizadas del manual del PCI, se calcula una deducción de puntaje por cada tipo de falla, y se determina el índice final tras aplicar una curva de corrección (ASTM, 2020). Esta metodología permite obtener una

evaluación objetiva y cuantificable, lo que la convierte en una herramienta clave para la planificación de intervenciones viales.

Fallas en pavimentos flexibles

Las fallas en pavimentos flexibles pueden clasificarse en dos grandes grupos: fallas superficiales y fallas estructurales. Las superficiales incluyen aquellas que afectan únicamente la capa de rodadura sin comprometer las capas inferiores, como el agrietamiento por envejecimiento, las fisuras longitudinales o transversales, el desgaste superficial y el pulido de agregados. Estas fallas, aunque inicialmente no representan un riesgo estructural, pueden evolucionar si no se atienden a tiempo (Delgadillo, Lu & Harvey, 2019). Por su parte, las fallas estructurales son más graves, ya que reflejan daños en la base o subrasante, como el agrietamiento en piel de cocodrilo, hundimientos, baches profundos o deformaciones permanentes como el ahuellamiento.

Fallas superficiales

Entre las fallas superficiales más comunes, se encuentran el agrietamiento por oxidación, que ocurre por la pérdida de flexibilidad del ligante asfáltico debido a la exposición solar; el pulido de agregados, que reduce la fricción superficial; y las fisuras térmicas, que se generan por contracción durante cambios de temperatura. Estas fallas, aunque no afectan inicialmente la estructura, deben ser tratadas mediante sellado o recapeo para evitar el ingreso de agua que pueda debilitar la base del pavimento (Huang, 2004).

Fallas estructurales

En cambio, las fallas estructurales indican una degradación profunda del sistema. Por ejemplo, el agrietamiento en bloque o el agrietamiento por fatiga (piel de cocodrilo) son síntomas de pérdida de soporte en la subrasante, generalmente debido a cargas cíclicas repetidas que exceden la capacidad estructural del pavimento. El ahuellamiento o las

deformaciones permanentes también forman parte de este grupo, siendo más frecuentes en vías de alto tránsito pesado, donde se genera una compactación diferencial de las capas inferiores (Yoder & Witczak, 2015).

Tabla 2

Fallas en Pavimentos Flexibles

Nº	Tipo de Falla	Unidad (und/m/m2)	Extensión
1	Piel de Cocodrilo	m ²	150
2	Exudación	m ²	-
3	Agrietamiento en Bloque	m ²	30
4	Agrietamientos y Hundimientos	m ²	10
5	Corrugación	m ²	-
6	Depresión	m ²	-
7	Grieta de Borde	m	15
8	Grieta de Reflexión de Junta	m	-
9	Desnivel Carril / Berma	m	-
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m	80
11	Parcheo	m ²	35
12	Pulimientto de Agregados	m ²	-
13	Huecos	und	50
14	Cruce de Vía Férrea	m ²	-
15	Ahuellamiento	m ²	83
16	Desplazamiento	m ²	20
17	Grieta Parabólica	m ²	-
18	Hinchamiento	m ²	45
19	Desprendimiento de Agregados	m ²	-

Nota. Se agrega un código numérico y su unidad de medida

Niveles de Severidad según El Método PCI

La metodología PCI clasifica la severidad de las fallas en tres niveles: leve, cuando la afectación es incipiente y no compromete la funcionalidad; moderada, cuando comienza a alterar la seguridad y la comodidad del usuario; y severa, cuando la falla interfiere significativamente con la transitabilidad o representa riesgo estructural inmediato. Esta clasificación es fundamental para priorizar las acciones de mantenimiento, ya que permite

identificar si se requiere un tratamiento superficial, un refuerzo estructural o una reconstrucción total (Shahin, 2005).

La aplicación sistemática del método PCI en proyectos de conservación vial no solo facilita la toma de decisiones técnicas, sino que también permite optimizar los recursos públicos mediante la jerarquización de intervenciones. Su integración dentro de los sistemas de gestión de pavimentos (PMS) representa una práctica eficiente y profesional para mantener la red vial en condiciones óptimas y sostenibles a lo largo del tiempo (FHWA, 2020).

Tabla 3

Niveles de severidad según PCI

Nivel de Severidad	Distribución (%)
Nivel	Severidad
Baja	L
Media	M
Alta	B

Nota. Elaboración propia

Tabla 4

Niveles de severidad según daño de PCI

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

Abultamientos y hundimientos	L: Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de baja severidad. M: Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad media. H: Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad alta.
Corrugación	L: Corrugaciones producen una calidad de tránsito de baja severidad. M: Corrugaciones producen una calidad de tránsito de mediana severidad.

Nota Parra (2018)

Para el deterioro de huecos se debe tener en cuenta lo siguiente. Cuando el $\emptyset > 762\text{mm}$, entonces la medición se realiza en metros cuadrados (m^2), dicho dato se divide entre 0.47 m^2 . El resultado nos diría el número de huecos semejantes que existen. Conociendo el procedimiento del número de huecos, se tiene que medir su nivel de severidad; el nivel se considera medio cuando el hueco tiene una profundidad menor o igual a 2.5 cm . En cambio, si es mayor que 2.5cm , el hueco se considera con un nivel de severidad alta.

Tabla 5

Niveles de severidad para huecos

Profundidad Máxima (mm)	Diámetro Medio (mm)	Nivel de Severidad
12.7 a 25.4	102 a 203	Baja (L)
25.4 a 50.8	203 a 457	Media (M)
Más de 50.8	457 a 762	Alta (H)

Esta tabla es oportuna colocarla después, para su fácil entendimiento, ya que el daño de huecos se mide por unidad y hay que conocer cómo serían sus niveles.

Propuesta de mejora

Parchado Superficial

Generalidades

La intervención descrita se enfoca en la rehabilitación de sectores con huecos o áreas deterioradas en el pavimento asfáltico. Este procedimiento implica la sustitución del material dañado en la capa de rodadura por una mezcla nueva, siempre y cuando se verifique que tanto la base granular como las capas subyacentes del terreno estén en condiciones aceptables. El propósito principal de esta acción es restaurar la funcionalidad y seguridad de la vía, así como prevenir la evolución de defectos más críticos que puedan comprometer la estructura del pavimento. Para mantener la fluidez del tránsito, la normativa establece que los trabajos se desarrollen en tramos de hasta 2.5 kilómetros por carril, garantizando la circulación unidireccional, y dejando espacios equivalentes entre zonas intervenidas donde se mantenga el flujo bidireccional del tráfico (Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2018, p. 300).

Utilidad

En la Figura 29 se muestran en qué casos se aplicará el parchado superficial.

Tabla 6

Aplicación para el parcheo superficial

Medida de reparación	Caso
Parchado superficial	Medidas agrietadas por fatiga, de la estructura del pavimento, caracterizadas por presentar una serie de grietas y fisuras interconectadas entre sí, pero con un grado de severidad que no muestra la presencia de trozos separados sueltos.
	Los parches poco profundos, entendiéndose como tales, aquellos cuya profundidad alcanza menor de 50 milímetros.
	Desplazamiento de áreas localizadas de la carpeta conocidas como corrugaciones o distorsiones.

Nota. Información definida en (Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2018).

Tipos

Parchado superficial manual

El parchado superficial manual es una técnica de mantenimiento vial utilizada para reparar daños localizados en la superficie de rodadura de pavimentos asfálticos. Este procedimiento se caracteriza por su ejecución directa en campo, mediante equipos livianos y mano de obra especializada, lo que permite intervenir rápidamente zonas afectadas por baches, desprendimientos o fisuras leves sin necesidad de maquinaria pesada ni cortes extensos del tráfico (Delgadillo, Lu & Harvey, 2019). Su aplicación resulta especialmente útil en zonas urbanas o en vías secundarias, donde la velocidad de intervención y la optimización de recursos son prioritarias para preservar la funcionalidad del pavimento.

Desde un enfoque técnico, el parchado manual consiste en la limpieza del área dañada, la aplicación de un material adherente (como emulsión asfáltica) y la colocación de una mezcla asfáltica nueva, que luego se compacta manualmente o con rodillos livianos para restablecer la continuidad de la superficie (Huang, 2004). Esta técnica no implica la reconstrucción total del paquete estructural, por lo que su efectividad depende en gran medida de la condición de la base y subrasante. Si las capas inferiores se encuentran comprometidas, el parchado manual puede ofrecer solo una solución temporal, y será necesario aplicar procedimientos de mantenimiento correctivo de mayor profundidad.

El objetivo principal de este tipo de intervención es prolongar la vida útil del pavimento, evitando que pequeñas fallas evolucionen hacia problemas estructurales más graves. Al actuar de manera oportuna, el parchado superficial permite controlar la infiltración de agua, reducir el impacto de cargas dinámicas y restituir condiciones mínimas de seguridad para los usuarios (Yoder & Witczak, 2015). Además, su bajo costo relativo lo convierte en una opción accesible para los gobiernos locales o administraciones con presupuestos limitados, siempre que se implemente con criterios técnicos adecuados.

Tabla 7

Conjugación de mezclas para el parchado superficial manual

Conjugaciones parchado superficial manual		
Parchado Superficial Manual	Mezcla en caliente	1. Excavar y remover el material a reemplazar. 2. Colocar el material removido en los depósitos correspondientes. 3. Iniciar con el riego de liga o imprimación. 4. Preparar mezcla asfáltica de concreto en caliente. 5. Transportar, colocar y compactar
	Mezcla en frío	1. Excavar y remover el material a reemplazar. 2. Colocar el material removido en los depósitos correspondientes. 3. Iniciar con el riego de liga o imprimación. 4. Preparar mezcla asfáltica en frío. 5. Transportar, colocar y compactar
	Mezcla Preparada	1. Excavar y remover el material a reemplazar. 2. Colocar el material removido en los depósitos correspondientes. 3. Iniciar con el riego de liga o imprimación. 4. Preparar mezcla asfáltica en frío preparada y almacenada. 5. Transportar, colocar y compactar

Nota. Información definida en (Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2018).

Parchado superficial mecanizado:

El parchado superficial mecanizado es una técnica moderna de mantenimiento vial que permite reparar de manera eficiente baches, grietas y deterioros localizados en pavimentos asfálticos mediante el uso de equipos especializados. A diferencia del parchado manual, este procedimiento automatizado emplea maquinaria capaz de realizar varias fases del trabajo —como la limpieza del área, la aplicación de emulsión y la colocación de mezcla asfáltica— en un solo paso, optimizando tiempo, costos y calidad del acabado (Shahin, 2005). Esta metodología ha ganado relevancia en programas de conservación vial urbana y rural debido a su alta productividad y menor dependencia de la mano de obra intensiva.

Desde el punto de vista técnico, el procedimiento mecanizado incluye el uso de unidades móviles que proyectan aire a alta presión para eliminar residuos del bache, seguido de la aplicación de una emulsión asfáltica y, posteriormente, de una mezcla de agregados que se compacta parcialmente por la misma presión del equipo. Este proceso elimina la necesidad de compactadores pesados y permite una rápida reapertura al tránsito vehicular, lo que representa una ventaja significativa en entornos de alta circulación (Delgadillo, Lu & Harvey, 2019). Además, este tipo de parchado puede realizarse sin cortes profundos ni demoliciones, lo que reduce el impacto ambiental y las interrupciones viales.

Uno de los beneficios más destacados del parchado superficial mecanizado es la uniformidad del resultado final, ya que la aplicación controlada por maquinaria garantiza una distribución homogénea del material y un sellado más efectivo del área intervenida. Según estudios técnicos realizados por la FHWA (Federal Highway Administration, 2020), esta técnica presenta un mejor desempeño en cuanto a adherencia, resistencia al envejecimiento y durabilidad frente a condiciones climáticas adversas, especialmente si se emplean materiales de alta calidad y se respetan los protocolos operativos.

Sin embargo, su efectividad también depende de variables como la preparación de la superficie, el estado del pavimento subyacente y el tipo de mezcla utilizada. Yoder y Witczak (2015) destacan que, si bien el parchado mecanizado ofrece una solución más avanzada frente a intervenciones manuales, debe ser considerado como parte de una estrategia integral de gestión vial, especialmente en rutas sometidas a tránsito pesado o en zonas con ciclos de humedad intensos. La aplicación aislada y descoordinada de esta técnica, sin evaluación previa de la estructura del pavimento, puede resultar en soluciones temporales ineficaces.

En cuanto al costo-beneficio, el parchado mecanizado puede representar una mayor inversión inicial debido al uso de equipos especializados, pero sus ventajas operativas, como la velocidad de ejecución, la reducción de interrupciones y la mejora en la calidad del parche, compensan dicha inversión en el mediano y largo plazo (Haas, Hudson & Zaniewski, 2015). Su implementación es particularmente recomendable en contextos donde se requiere un mantenimiento preventivo ágil o cuando se busca mejorar la eficiencia del servicio vial sin recurrir a rehabilitaciones mayores.

2.2.3 Método VIZIR

El método VIZIR (Valoración de la Infraestructura mediante Zonas de Inspección Rápida) es una herramienta de evaluación visual desarrollada originalmente en Francia, que permite analizar el estado superficial de pavimentos flexibles mediante un sistema estandarizado de inspección. Esta metodología ha sido adaptada por varios países, incluyendo Perú, para establecer políticas de mantenimiento vial con base en diagnósticos rápidos y eficientes. Su principal ventaja es la simplicidad en la ejecución y la posibilidad de evaluar grandes extensiones viales sin requerir equipos complejos, lo que facilita su aplicación en zonas rurales y urbanas (Jullien, 2012). El método se centra en la identificación de deterioros visibles como fisuras, deformaciones y pérdida de material, con el propósito

de calcular un índice de deterioro superficial que sirva de base para decisiones de conservación.

El método VIZIR (Visual Inspection of Zones for Immediate Rating) es una herramienta visual de evaluación técnica que permite diagnosticar el estado superficial de los pavimentos flexibles a través de inspecciones rápidas y estandarizadas. Fue diseñado para optimizar los procesos de mantenimiento vial, especialmente en países donde las intervenciones deben priorizarse bajo criterios objetivos debido a limitaciones presupuestarias. Su aplicabilidad es particularmente alta en zonas con redes extensas de vías asfaltadas, donde se requiere un método ágil que no implique equipos sofisticados ni interrupciones prolongadas del tráfico (Jullien, 2012).

Esta metodología se basa en la observación directa del pavimento, identificando las patologías más frecuentes, tales como fisuras, deformaciones y pérdidas de material. A diferencia de otros sistemas más complejos como el PCI, el método VIZIR no requiere la medición exacta del daño, sino que utiliza categorías estandarizadas que permiten calificar visualmente la severidad y extensión del deterioro. Esto lo convierte en una alternativa práctica para evaluaciones preliminares o para zonas de difícil acceso (Gourc & Jullien, 2011).

Uno de los aspectos más destacables del VIZIR es su capacidad de generar índices compuestos que permiten clasificar el estado de conservación del pavimento de forma sistemática. A través de los índices de fisuración (If), deformación (Id) y pérdida de material, se calcula el Índice de Deterioro Superficial Inicial (Is Inicial), que resume en un solo valor la condición del tramo evaluado. Este resultado puede ser incorporado en sistemas de gestión vial para planificar mantenimientos preventivos o correctivos de manera eficiente (Laurens, 2015).

Cabe destacar que la confiabilidad del método VIZIR depende directamente de la capacitación del personal evaluador, ya que la inspección visual implica cierto grado de subjetividad. No obstante, cuando se ejecuta correctamente y con criterios uniformes, se convierte en una herramienta poderosa para monitorear grandes extensiones viales en poco tiempo y con recursos limitados. Esta ventaja ha sido reconocida por entidades como el Instituto Francés de Ciencias del Transporte (IFSTTAR), que recomienda su uso en redes viales regionales (CEN-ITRA, 2021).

En suma, el método VIZIR representa un enfoque equilibrado entre simplicidad, rapidez y funcionalidad, ideal para contextos donde el monitoreo constante de la infraestructura es una necesidad crítica, pero no se cuenta con equipamiento de alta tecnología. Su adopción permite un enfoque proactivo del mantenimiento, reduciendo el riesgo de fallas mayores y extendiendo la vida útil de los pavimentos mediante intervenciones oportunas y bien dirigidas.

Tipos de daños según el método VIZIR

El método VIZIR establece una tipología clara de los daños superficiales que pueden presentarse en pavimentos flexibles, agrupándolos en tres categorías principales: fisuración, deformación y pérdida de material. Esta clasificación permite evaluar el estado del pavimento de manera rápida y estructurada, priorizando los elementos que afectan directamente la funcionalidad y seguridad de la vía. La utilidad de esta categorización radica en su simplicidad para ser aplicada en campo, incluso por personal con formación técnica básica, siempre que se cuente con el entrenamiento adecuado (Jullien & Laurens, 2013).

Dentro del grupo de fisuración, el método considera varios subtipos como fisuras longitudinales, transversales, en bloque, en piel de cocodrilo, entre otras. Estas se asocian comúnmente al envejecimiento del asfalto, movimientos térmicos o fatiga del material por

cargas reiteradas. Las fisuras constituyen una de las formas más tempranas de deterioro y, si no se atienden, permiten la infiltración de agua hacia las capas inferiores, acelerando el daño estructural (Gourc, 2014). En consecuencia, su detección oportuna es fundamental dentro del plan de mantenimiento preventivo.

Las deformaciones representan otro tipo de daño contemplado en el VIZIR, y suelen manifestarse como ahuellamientos, baches, ondulaciones o asentamientos diferenciales. Estas fallas se originan principalmente por una pérdida de soporte en las capas inferiores o por una mala compactación durante la construcción. Su presencia afecta directamente la comodidad de los usuarios y puede representar un riesgo para la seguridad vial, sobre todo a altas velocidades o en condiciones de lluvia donde se forman charcos (Laurens, 2015).

Por otro lado, la pérdida de material comprende el desprendimiento de la capa superficial del pavimento, lo cual puede deberse al envejecimiento del ligante asfáltico, al mal uso de materiales durante la ejecución o a factores climáticos extremos. Este tipo de daño reduce la fricción de la calzada y puede generar partículas sueltas, aumentando el riesgo de accidentes, especialmente en zonas urbanas de alto tránsito. Además, la pérdida de material suele ser una señal de alerta de que el pavimento ha superado su vida útil de diseño (CEN-ITRA, 2021).

Cada uno de estos tipos de deterioro, al ser evaluado individualmente, permite aplicar soluciones técnicas específicas y proporcionales a la magnitud del daño. El método VIZIR, al centrarse en esta clasificación, ofrece una herramienta práctica para que las autoridades viales puedan planificar intervenciones según la naturaleza del deterioro, optimizando así los recursos disponibles y mejorando el desempeño general de la red vial (Gourc & Jullien, 2011).

Niveles de Gravedad según el método VIZIR

El método VIZIR no solo clasifica los tipos de daños, sino que también introduce una escala de gravedad que permite jerarquizar su impacto sobre la funcionalidad y seguridad del pavimento. Los niveles de gravedad se dividen en ligero, medio y grave, lo cual permite realizar un diagnóstico más preciso del estado de la vía. Esta diferenciación es fundamental para determinar el tipo de intervención requerida, evitando sobredimensionar soluciones en tramos que solo requieren mantenimiento rutinario (Jullien & Laurens, 2013).

Una fisura longitudinal, por ejemplo, puede clasificarse como leve si es estrecha y superficial, pero será considerada grave si está abierta, profunda o se presenta con desprendimiento de bordes. La distinción no es meramente visual, sino técnica, ya que la gravedad del daño influye directamente en la tasa de infiltración de agua y en la posibilidad de degradación estructural acelerada. Esta lógica se aplica a todos los tipos de deterioro contemplados por el método VIZIR (Gourc, 2014).

En el caso de deformaciones, la gravedad está asociada a la profundidad y a la extensión de la afectación. Un ahuellamiento leve puede pasar desapercibido para el conductor, mientras que uno severo puede comprometer el control del vehículo. Según estudios de conservación vial, las deformaciones graves generan acumulaciones de agua y pérdida de estabilidad vehicular, por lo que su reparación debe ser inmediata (Laurens, 2015). Así, los niveles de gravedad no solo son un criterio de clasificación técnica, sino también una herramienta de gestión de riesgos.

La pérdida de material también se mide por su gravedad. Un desgaste superficial de baja intensidad puede corregirse mediante sellado, mientras que una pérdida de agregados extensa puede requerir una reposición completa de la capa de rodadura. El método VIZIR considera la gravedad como un factor multiplicador dentro del cálculo de los índices

parciales (If, Id, Ip), lo que demuestra su peso en el diagnóstico final del tramo evaluado (CEN-ITRA, 2021).

Este enfoque basado en niveles de gravedad permite generar respuestas técnicas proporcionales a la magnitud del daño, maximizando la eficiencia en el uso de recursos públicos y mejorando la programación de intervenciones. Además, facilita la toma de decisiones en contextos de emergencia vial, donde es necesario actuar rápidamente con criterios técnicos que justifiquen la priorización de ciertos tramos frente a otros (Jullien, 2012).

Cálculo de Índice de Fisuración (If)

El Índice de Fisuración (If) es uno de los tres indicadores fundamentales del método VIZIR y representa cuantitativamente el nivel de agrietamiento superficial en un tramo de pavimento. Su cálculo se realiza a partir de la identificación de los tipos de fisura presentes, la extensión del daño y el nivel de gravedad correspondiente. Cada combinación de tipo y severidad recibe un valor numérico estandarizado, que se suma ponderadamente para obtener un valor total de fisuración (Gourc & Jullien, 2011).

La metodología establece que el valor del If se exprese en una escala de 0 a 100, donde 100 indica un pavimento sin fisuras visibles, y 0 representa un estado crítico de deterioro. Para obtener este índice, se requiere registrar detalladamente la longitud, anchura y patrón de cada fisura, además de su distribución en la superficie evaluada. Aunque el procedimiento es visual, requiere precisión y conocimientos técnicos para evitar sub o sobreestimaciones (Laurens, 2015).

Una de las ventajas del If es que permite comparar objetivamente diferentes tramos viales y establecer prioridades de intervención según su grado de fisuración. A su vez, este

índice facilita la planificación de tratamientos preventivos como el sellado de juntas o la aplicación de microaglomerados, que son más económicos y menos invasivos que una rehabilitación estructural completa (Jullien, 2012). En ese sentido, el If no solo es una medida de deterioro, sino también un criterio técnico de conservación.

Además, el valor del If puede integrarse a sistemas de gestión de pavimentos (PMS), permitiendo generar mapas de deterioro, presupuestar intervenciones y modelar la evolución futura del daño. Al combinarse con los índices de deformación y pérdida de material, se obtiene una visión integral del estado del pavimento, lo que fortalece la toma de decisiones en contextos urbanos y rurales (CEN-ITRA, 2021).

Finalmente, cabe resaltar que el uso del If es especialmente útil en vías de mediano y bajo volumen vehicular, donde el deterioro por fatiga o por envejecimiento de materiales puede avanzar de forma silenciosa. Identificar fisuras tempranas mediante este índice permite intervenir de manera oportuna y rentable, evitando el colapso estructural del pavimento y extendiendo su vida útil operativa (Delgadillo, Lu & Harvey, 2019).

Cálculo de Índice de Deformación (Id)

El Índice de Deformación (Id) mide el grado de irregularidad o deformación superficial del pavimento, considerando fallas como ondulaciones, asentamientos, baches o ahuellamientos. Su cálculo, al igual que el del If, se basa en una valoración visual de la severidad y extensión de estas deformaciones, a las cuales se asignan valores ponderados según tablas estandarizadas del método VIZIR (Jullien & Laurens, 2013).

Para determinar el Id, se estima la proporción del área afectada por cada tipo de deformación y se aplica una puntuación que depende de su gravedad. Por ejemplo, un ahuellamiento leve recibirá un valor bajo, mientras que un asentamiento severo tendrá una

puntuación mayor. Luego, estos valores se suman y normalizan en una escala de 0 a 100, donde los valores más bajos representan mayores niveles de deformación (Gourc, 2014).

Este índice es particularmente útil en vías que presentan daños causados por sobrecarga de vehículos o por mala compactación de las capas inferiores. Además, las deformaciones suelen acentuarse con el paso del tiempo, por lo que su monitoreo continuo mediante el Id permite anticipar la necesidad de intervenciones estructurales mayores antes de que la funcionalidad de la vía se vea comprometida (Laurens, 2015).

Al igual que el If, el Id puede ser integrado en plataformas digitales de gestión vial, generando alertas y categorizaciones automáticas de los tramos críticos. Además, se puede comparar la evolución del Id en distintas campañas de evaluación para verificar el desempeño de técnicas de mantenimiento aplicadas anteriormente. Esto convierte al índice en una herramienta no solo diagnóstica, sino también de control de calidad de las intervenciones (CEN-ITRA, 2021).

El análisis del Id también permite determinar qué tipo de deformaciones son más recurrentes en una zona, lo cual ayuda a identificar problemas de diseño o ejecución del pavimento. Por ejemplo, una alta incidencia de baches podría señalar deficiencias en el drenaje superficial, mientras que el ahuellamiento podría evidenciar una base subdimensionada. En ese sentido, el Id aporta información valiosa para mejorar futuras obras viales (Delgadillo, Lu & Harvey, 2019).

Índice de Deterioro Superficial Inicial (Is Inicial)

El Índice de Deterioro Superficial Inicial (Is Inicial) es el resultado final del método VIZIR y representa una visión compuesta del estado del pavimento, considerando sus principales daños superficiales. Se calcula como el promedio aritmético de tres índices parciales: el de fisuración (If), el de deformación (Id) y el de pérdida de material (Ip). Este

valor permite clasificar los tramos viales en una escala que va desde "muy bueno" hasta "muy malo", facilitando la toma de decisiones técnicas y presupuestarias (Jullien, 2012).

La simplicidad del cálculo del Is Inicial es una de sus mayores virtudes, ya que permite generar informes técnicos sin recurrir a programas informáticos complejos. Esto lo hace especialmente útil para municipios o regiones que no cuentan con equipos avanzados de evaluación estructural. Además, al ser un índice compuesto, refleja de forma integral la condición superficial del pavimento, evitando sesgos por tipo de falla (CEN-ITRA, 2021).

Este índice es una herramienta valiosa para establecer políticas de conservación vial basadas en evidencia. Por ejemplo, un tramo con un Is Inicial inferior a 50 puede ser considerado como prioritario para mantenimiento correctivo, mientras que valores superiores a 85 pueden recibir solo acciones de mantenimiento rutinario. Esta categorización objetiva reduce la subjetividad en la toma de decisiones y optimiza el uso de recursos públicos (Gourc & Jullien, 2011).

Asimismo, el Is Inicial puede ser utilizado para comparar el desempeño de diferentes técnicas constructivas o de mantenimiento. Al aplicar el método VIZIR antes y después de una intervención, se puede medir el impacto real de dicha acción sobre la condición superficial del pavimento, generando información útil para futuras decisiones técnicas (Laurens, 2015). Esto convierte al Is Inicial en una herramienta de monitoreo continuo y verificación de resultados.

Finalmente, cabe señalar que el uso del Is Inicial también tiene implicancias sociales y económicas. Un adecuado diagnóstico y priorización de las vías deterioradas mejora la seguridad vial, reduce el tiempo de viaje, disminuye el consumo de combustible y fortalece la conectividad territorial. Por ello, su uso no debe limitarse al ámbito técnico, sino que debe

considerarse como un instrumento de gestión pública al servicio de la movilidad sostenible (Delgadillo, Lu & Harvey, 2019).

Cálculo de Corrección Por Reparación

El Cálculo de Corrección por Reparación es una etapa fundamental en la aplicación del método VIZIR, ya que permite ajustar el Índice de Deterioro Superficial Inicial (Is Inicial) en función de las intervenciones de mantenimiento realizadas previamente en el tramo evaluado. Esta corrección considera la existencia de reparaciones recientes que, aunque visibles, han reducido efectivamente la afectación funcional del pavimento. La finalidad es obtener una valoración más objetiva del estado actual de la vía, tomando en cuenta los efectos paliativos del mantenimiento (Jullien & Laurens, 2013).

Este cálculo se aplica mediante un factor de corrección que se resta al Is Inicial, el cual varía según el tipo, la calidad y la proporción del área reparada. Si bien el método no detalla una fórmula universal, se utilizan tablas orientativas donde, por ejemplo, si más del 50% del área presenta bacheo reciente en buen estado, se aplica una reducción menor; mientras que reparaciones en mal estado implican correcciones mayores. Esta variabilidad se basa en el principio de que no toda intervención mejora de forma equivalente la condición superficial (CEN-ITRA, 2021).

La importancia de esta corrección radica en que evita la sobrevaloración del estado de los tramos donde se han ejecutado reparaciones de forma cosmética o parcial. En muchos casos, las intervenciones mal ejecutadas pueden enmascarar daños estructurales, lo cual comprometería la confiabilidad de un índice sin corrección. Por tanto, el cálculo de corrección actúa como una herramienta de verificación técnica para validar la calidad y el impacto de las obras previas (Gourc & Jullien, 2011).

Además, este componente fortalece el sistema VIZIR al integrarlo dentro de un ciclo continuo de gestión. La inclusión de las reparaciones previas como variable refleja una comprensión integral del pavimento no solo como estructura física, sino como un activo en constante transformación debido al mantenimiento. Ello permite generar reportes más realistas, identificar zonas con alto índice de reparaciones repetitivas y programar intervenciones estructurales más sostenibles (Laurens, 2015).

Finalmente, este ajuste también es útil para evitar decisiones erróneas en la priorización de recursos. Un tramo con múltiples reparaciones recientes en mal estado puede presentar un Is Inicial aceptable, pero al aplicar el cálculo de corrección, se revela su verdadero nivel de deterioro. Así, este paso garantiza una evaluación técnica más precisa y equitativa entre tramos, reforzando la transparencia en la toma de decisiones viales (Delgadillo, Lu & Harvey, 2019).

Índice de Deterioro Superficial Final (Is Final)

El Índice de Deterioro Superficial Final (Is Final) es el resultado del proceso de evaluación del método VIZIR una vez aplicado el factor de corrección por reparaciones. Representa una valoración más fiel del estado real del pavimento, ya que integra no solo los daños visibles, sino también la influencia de las intervenciones previas sobre la conservación superficial. Este índice se obtiene restando la corrección correspondiente al Is Inicial, proporcionando un valor definitivo que puede ser utilizado como insumo para la toma de decisiones técnicas (Jullien, 2012).

La utilidad principal del Is Final radica en su capacidad de reflejar condiciones reales de servicio. En muchos casos, las reparaciones superficiales mejoran visualmente la vía pero no solucionan los problemas estructurales subyacentes. El Is Final ajusta esta percepción visual a una más técnica, tomando en cuenta el estado funcional del pavimento. Esto es

fundamental para evitar una planificación sesgada o mal informada que postergue soluciones integrales necesarias (Gourc, 2014).

Asimismo, el Is Final permite clasificar los tramos viales en cinco categorías de conservación: muy bueno, bueno, regular, malo y muy malo. Esta clasificación facilita la priorización en función de necesidades objetivas, enfocando los recursos hacia los tramos más críticos. Esta estandarización es especialmente relevante en contextos municipales o regionales, donde se deben atender grandes redes con presupuestos limitados y decisiones políticamente sensibles (CEN-ITRA, 2021).

Además, el Is Final puede utilizarse como parámetro de evaluación de políticas de mantenimiento vial. Al comparar los valores del Is Inicial y el Is Final entre campañas anuales, se puede establecer si los programas de mantenimiento están generando mejoras reales en las condiciones de la infraestructura. Esta funcionalidad convierte al índice en una herramienta de seguimiento y control que fortalece la gestión pública de los activos viales (Laurens, 2015).

En resumen, el Is Final representa la culminación de un proceso metodológico que busca ofrecer una representación integral del estado del pavimento. Su implementación permite tomar decisiones informadas, optimizar la inversión pública y mejorar la experiencia de los usuarios de la vía. Por todo ello, constituye una de las variables más importantes del método VIZIR, tanto desde el punto de vista técnico como desde la perspectiva de la administración vial (Delgadillo, Lu & Harvey, 2019).

Categoría del VIZIR

La **categoría del VIZIR** es una clasificación cualitativa que se asigna a cada tramo de pavimento una vez calculado el Índice de Deterioro Superficial Final (Is Final). Esta categoría expresa de manera resumida el estado superficial del pavimento en términos

fácilmente interpretables para la gestión vial. Existen cinco categorías: **Muy Bueno (A)**, **Bueno (B)**, **Regular (C)**, **Malo (D)** y **Muy Malo (E)**. Cada una corresponde a un rango específico del Is Final, generalmente distribuido de manera uniforme entre 0 y 100 (Jullien & Laurens, 2013).

Asignar una categoría al tramo evaluado tiene varias funciones prácticas. En primer lugar, permite elaborar mapas de conservación vial fácilmente comprensibles para tomadores de decisiones, ciudadanía o autoridades locales. De esta forma, se facilita la planificación de intervenciones, así como la comunicación de prioridades en la asignación de recursos. Esta categorización cumple, por tanto, una función técnica y política dentro de los programas de infraestructura (CEN-ITRA, 2021).

La categoría también actúa como un indicador de desempeño para contratistas y responsables de mantenimiento. Al establecer metas de mejora por categoría, las autoridades pueden evaluar si las intervenciones ejecutadas han generado un salto positivo en la clasificación del tramo. Por ejemplo, si un segmento pasa de "Malo" a "Bueno", esto evidencia un impacto tangible que puede ser auditado y documentado para fines de control o financiamiento (Laurens, 2015).

Asimismo, esta clasificación permite implementar políticas diferenciadas según el estado del pavimento. Tramos en categoría A o B pueden recibir mantenimiento rutinario, mientras que los de categoría D o E requerirán intervenciones correctivas o reconstrucciones. Esta lógica permite una gestión vial proactiva, donde los recursos se asignan estratégicamente antes de que el deterioro implique mayores costos económicos o sociales (Gourc & Jullien, 2011).

Finalmente, la categoría del VIZIR se convierte en un instrumento de planificación territorial, ya que puede correlacionarse con variables como densidad poblacional, tránsito

vehicular o accesibilidad a servicios básicos. Así, su utilidad va más allá de lo puramente técnico y permite fortalecer el enfoque de desarrollo sostenible e inclusión territorial a través de una gestión vial basada en datos confiables y categorizaciones claras (Delgadillo, Lu & Harvey, 2019).

2.3 Bases Filosóficas

El estudio y aplicación de metodologías para el mejoramiento del pavimento, como PCI (Pavement Condition Index) y Vizir, se fundamenta en principios filosóficos que sustentan la toma de decisiones basadas en la racionalidad, la eficiencia y la sostenibilidad. Desde una perspectiva epistemológica, estas metodologías se apoyan en el empirismo y el positivismo, dado que su aplicación depende del análisis cuantitativo del estado del pavimento, la recopilación de datos en campo y su posterior interpretación a través de modelos matemáticos y criterios preestablecidos.

Desde el punto de vista ontológico, el pavimento es concebido como un elemento físico cuya degradación es inevitable debido a factores ambientales y cargas de tránsito. Sin embargo, a través del conocimiento técnico y la aplicación de metodologías estructuradas como PCI y Vizir, es posible intervenir de manera estratégica para prolongar su vida útil y optimizar su rendimiento. Este enfoque refleja la concepción pragmática de la infraestructura vial, donde la realidad del deterioro es enfrentada con soluciones sistemáticas y basadas en evidencia.

En términos axiológicos, el uso de estas metodologías responde a valores fundamentales como la seguridad, la sostenibilidad y la eficiencia en la gestión de los recursos. La evaluación objetiva del pavimento permite priorizar intervenciones según la gravedad del deterioro, evitando reparaciones innecesarias o tardías. Este criterio de priorización garantiza la optimización del presupuesto y el bienestar de la comunidad,

alineándose con principios éticos de responsabilidad social y uso equitativo de los recursos públicos.

Por último, desde una perspectiva teleológica, la aplicación de PCI y Vizir no solo busca mejorar la condición del pavimento en el corto plazo, sino que se proyecta hacia la creación de infraestructuras más resilientes y sostenibles. La integración de estas metodologías en la planificación vial permite una gestión preventiva y predictiva, reduciendo costos a largo plazo y promoviendo un desarrollo urbano más armonioso y eficiente.

2.4 Definición de términos básicos

1. ABRASIÓN

Proceso mediante el cual los abrasivos (áridos o rocas) se desgastan mecánicamente por fricción o impacto repetido. Genera reducción gradual del tamaño y mejora la esfericidad, disminuyendo la resistencia superficial del material (Brown et al., 2009).

2. ABRASIVO

Material natural o sintético con propiedades superiores de dureza o tenacidad, empleado para pulir, cortar o desbastar otros materiales más blandos por acción mecánica (Yoder & Witczak, 2015).

3. ABSORCIÓN

Medida de la capacidad de un material (suelo, roca, madera) para retener agua tras inmersión durante un tiempo específico. Indica su porosidad efectiva y susceptibilidad a ciclos de hidrólisis y sequía (Huang, 2004).

4. AFIRMADO

Capa de material granular compactado con gradación controlada y contenido apropiado de finos cohesivos, capaz de soportar el tránsito directamente y actuar como superficie de rodadura en vías no pavimentadas (Yoder & Witczak, 2015).

5. ÁREA AMBIENTAL SENSIBLE

Espacio geográfico que, debido a su valor ecológico o cultural —como parques o reservas—, puede verse gravemente alterado por obras viales, requiriendo protección especial ante intervenciones (Airey & Collop, 2014).

6. ÁREAS DE ACCESO RESTRINGIDO

Segmentos viales donde la autoridad impone restricciones temporales, periódicas o permanentes al tránsito, evitando efectos adversos sobre zonas sensibles o por motivos operativos.

7. ÁREA DE TRABAJO

Superficie delimitada donde se ejecuta una obra vial y se ubican instalaciones auxiliares como almacenes, canteras, campamentos, polvorines o plantas de tratamiento de materiales.

8. BENCH MARK (BM)

Punto de referencia topográfico con coordenadas y altura conocidas, utilizado como control para el replanteo y monitoreo geométrico en proyectos viales.

9. BERMA

Franja longitudinal adyacente a la calzada, confinando la capa de rodadura e incluso usada como zona auxiliar para detener vehículos de emergencia y proteger el tránsito principal.

10. BIFURCACIÓN

División de una vía en dos o más ramales, donde al menos uno se separa de la dirección original del eje vial.

11. BITUMEN

Sustancia negra y viscosa derivada del petróleo o procesos naturales, compuesta por hidrocarburos pesados, utilizada como ligante principal en el pavimento flexible (Asphalt Institute, 2019).

12. BOLONERÍA

Conjunto de bloques o cantos rodados redondeados por abrasión o meteorización, con diámetro superior a 305 mm, comúnmente usados en drenajes o muros de contención.

13. BOMBEO

Pendiente transversal implementada junto al eje de la vía para facilitar el escurrimiento lateral del agua y prevenir acumulaciones sobre la calzada.

14. BOTADERO

Espacio destinado a depositar residuos u offs-balance resultantes de obras viales, seleccionado para evitar contaminación del entorno y asegurando control ambiental.

15. CALICATA

Excavación poco profunda destinada a exponer las capas del terreno, facilitar muestreo o permitir el estudio de la estratigrafía y condiciones del subsuelo (FHWA, 2020).

16. CAPA ASFÁLTICA NIVELANTE

Capa de mezcla asfáltica colocada sobre una superficie irregular para nivelar, corregir pendientes o preparar el terreno antes de la instalación de la carpeta definitiva.

17. CAPACIDAD DE CARGA DEL TERRENO

Valor admisible de presión que el suelo puede soportar sin sufrir asentamientos excesivos, calculado con factores de seguridad para cimentaciones y estructuras viales (Das, 2015).

18. CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA

Presión requerida para alcanzar la falla del suelo natural, sin incluir consideraciones de seguridad; se utiliza en pruebas de laboratorio o análisis teóricos.

19. CARRETERA

Infraestructura destinada al tránsito de vehículos motorizados con al menos dos ejes, diseñada según normas geométricas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

20. CARRETERA AFIRMADA

Vía cuya superficie de rodadura está constituida por una o varias capas de material granular compactado (afirmado).

21. CARRETERA NO PAVIMENTADA

Vía cuyo pavimento está formado por afirmado, gravas, suelo estabilizado o se mantiene en estado natural, sin carpeta asfaltada ni hormigón.

22. CARRETERA PAVIMENTADA

Vía con superficie rígida (concreto) o flexible (mezcla bituminosa), diseñada con base estructural para asegurar durabilidad y comodidad al usuario.

23. DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO

Elementos como señales, marcas viales y semáforos que regulan el comportamiento del conductor, orientando y mejorando la seguridad vial (Manual MTC, 2020).

24. DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO

Longitud mínima requerida para que un vehículo rebase a otro de forma segura, considerando aceleración, tiempo de maniobra y espacio entre vehículos.

25. DISTANCIA DE CRUCE

Trayecto que debe visualizar el conductor antes de cruzar una vía principal, garantizando que la intersección se atravesase sin conflictos con el tráfico en conflicto.

26. DISTANCIA DE PARADA

Distancia total que recorre un vehículo desde el momento en que detecta un obstáculo hasta detenerse por completo, e incluye percepción, reacción y frenado (AASHTO, 2018).

27. DISTANCIA DE TRANSPORTE

Longitud efectiva para trasladar materiales desde su origen (cantera, banco) hasta el sitio de uso en obra, frecuente en los precios unitarios de construcción.

28. EMULSIFICANTE

Sustancia que reduce la tensión superficial entre agua y asfalto en una emulsión, estabilizando las gotas para lograr mezcla uniforme.

29. EMULSIÓN ASFÁLTICA

Suspensión acuosa de asfalto finamente dispersado y agentes emulsificantes, aplicada en frío para imprimación, sellado o impermeabilización de pavimentos (Asphalt Institute, 2019).

30. EMULSIÓN SELLANTE

Mezcla fluida de emulsión asfáltica con árido fino, elaborada para rellenar fisuras o nivelar pequeñas imperfecciones en pavimentos existentes.

31. FISURA

Fractura superficial con ancho ≤ 3 mm, que puede originarse por fatiga, contracción térmica o movimiento estructural de las capas de pavimento (Delgadillo et al., 2019).

32. FLEXIBILIDAD

Capacidad de una mezcla asfáltica para deformarse sin fracturarse bajo asentamiento del terreno; se incrementa con un contenido adecuado de ligante (Yoder & Witczak, 2015).

33. GRANULOMETRÍA

Distribución del tamaño de partículas de un agregado, determinada por tamices estandarizados, que influye en resistencia, densidad y propiedades mecánicas (Brown et al., 2009).

34. GRAVA

Árido grueso fragmentado naturalmente o artificialmente, con dimensiones mayores a 2 mm, utilizado en capas de base o afirmado debido a su alta resistencia (Huang, 2004).

35. GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL SUELO

Relación entre el peso de las partículas del suelo (en aire) y el peso igual de volumen desplazado de agua, medida con picnómetro; indica su densidad mineralógica (Das, 2015).

36. IMPERMEABILIDAD

Capacidad de una carpeta asfáltica para impedir el paso de agua y aire, protección clave para evitar daños estructurales prematuros por filtraciones (Huang, 2004).

37. IMPRIMACIÓN

Capa de asfalto líquido (baja viscosidad) aplicada sobre la subbase para recubrir y aglutinar partículas antes de colocar la mezcla asfáltica, mejorando la adhesión (Asphalt Institute, 2019).

38. IMPRIMACIÓN REFORZADA

Imprimación a la cual se añade árido fino en caliente sobre superficie húmeda, generando mayor textura y soporte antes de la carpeta asfáltica.

39. ÍNDICE DE FORMA (agregados)

Parámetro que evalúa la compacidad y forma angular del árido, determinando su efecto en el rendimiento y resistencia de las mezclas (Brown et al., 2009).

40. ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA)

Promedio diario del volumen de tráfico bidireccional registrado durante un año; herramienta clave para proyectar vida útil y diseñar pavimentos (AASHTO, 2018).

41. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Conjunto de mediciones geométricas realizadas en campo para representar gráficamente un terreno, incluyendo curvas de nivel, pendientes y ejes viales (MTC, 2020).

42. LÍMITE LÍQUIDO

Porcentaje de agua en un suelo que marca la transición del estado semisólido al líquido, usado para clasificar su plasticidad (Das, 2015).

43. LÍMITE PLÁSTICO

Porcentaje de agua entre el estado semisólido y plástico del suelo, indicador de consistencia; su diferencia con el límite líquido define el índice de plasticidad.

44. OBRAS DE DRENAJE

Infraestructura para controlar aguas superficiales o subterráneas que comprometen la estabilidad de la calzada, como cunetas, alcantarillas y subdrenes (FHWA, 2020).

45. OBRA PÚBLICA

Construcción ejecutada por el Estado, directamente o a través de concesión, cuyo objetivo es servir al interés general de la población.

46. OPERACIÓN VIAL

Conjunto de acciones que se realizan después de una intervención en una vía, con el objetivo de mantener y garantizar un nivel de servicio adecuado y seguro (Yoder & Witczak, 2015).

2.5 Hipótesis de la investigación

2.5.1 Hipótesis general

Plantear una propuesta de mejora para la serviciabilidad de la avenida Baltazar de La Rosa realizando una evaluación superficial de su pavimento flexible, es altamente factible, distrito de Huacho, provincia de Huaura, departamento Lima-2023.

2.5.2 Hipótesis específicas

- Los tipos de fallas superficiales en el pavimento flexible de la Avenida Baltazar

de La Rosa hasta Panamericana Norte (Pista Auxiliar) – Huacho 2023.

- Con el método PCI y VIZIR se determina que el estado de conservación es malo en la Avenida Baltazar de La Rosa hasta Panamericana Norte (Pista Auxiliar) – Huacho 2023.
- Las consideraciones que debe tener la propuesta son en base a la calidad que se quiere ofrecer a los transeúntes; de esta manera se mejora la serviciabilidad del pavimento de la Avenida Baltazar de La Rosa hasta Panamericana Norte (Pista Auxiliar) – Huacho 2023.

2.6 Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
VI → Evaluación del pavimento flexible aplicando las metodologías PCI y VIZIR	La metodología PCI fue creada en los <u>EE.UU.</u> , que en su idioma significa <u>Paviment Condition Index</u> ; y que traducido al español sería Índice de Condición del Pavimento. Surgió como respuesta al evaluar el estado de la superficie de rodadura en el centro de ingeniería de la fuerza aérea de dicho país. Debido a su fácil utilidad es muy usado en el continente americano.	Pavimento flexible Aplicación de metodologías	- Cálculo del PCI y VIZIR - Parámetros según el pavimento flexible. (tipo-severidad-rango de extensión) - Condición del pavimento	1 2 3	Escala de Likert	Formato
V2 → Propuesta de mejora del pavimento en la Av. Baltazar de La Rosa - Huacho	Esta actividad consiste en la reparación de huecos y secciones dañadas del pavimento asfáltico, toma acción en estas áreas reemplazando el material deteriorado en la superficie de rodadura por uno nuevo; teniendo en cuenta que para esta actividad la base granular y las demás capas del suelo se tiene que encontrar en buenas condiciones. Tiene como finalidad restablecer las condiciones adecuadas de un pavimento asfáltico, además de retrasar la aparición de daños más severos en el pavimento.	Propuesta de mejora	1. Parchado superficial 2. Mejora 3. Materiales empleados	5 6 7	Escala de Likert	

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

Tipo de Investigación

Respecto a la modalidad de investigación, esta es de tipo aplicada, ya que tiene como propósito la solución práctica de un problema específico en el ámbito de la ingeniería vial, particularmente en el mejoramiento del tramo comprendido entre la avenida Baltazar de la Rosa y la Panamericana Norte. De acuerdo con Sampieri et al. (2022), la investigación aplicada se orienta a utilizar los conocimientos existentes para dar respuesta a necesidades concretas de una realidad social o técnica. En este caso, se pretende mejorar las condiciones funcionales del pavimento mediante la aplicación del método PCI y la metodología VIZIR, con el fin de generar recomendaciones técnicas factibles de implementación por las autoridades locales.

Diseño de la Investigación

Asimismo, se adopta un diseño experimental de tipo cuasi-experimental, ya que si bien se propone intervenir en una sección del pavimento, no se cuenta con la posibilidad de controlar todas las variables externas que podrían afectar los resultados. En términos metodológicos, Kerlinger y Lee (2002) señalan que los diseños cuasi-experimentales son adecuados cuando la manipulación de variables se da en condiciones naturales, permitiendo observar el efecto de una intervención específica sin perder la validez ecológica del estudio. Por tanto, se realizarán pruebas de campo antes y después de la intervención para evaluar los cambios en la condición del pavimento.

Nivel de Investigación

En cuanto al nivel de investigación, se establece como descriptiva-correlacional. La fase descriptiva permitirá identificar y caracterizar las principales patologías presentes en el pavimento, determinando su frecuencia, gravedad y localización. Por su parte, el

componente correlacional tiene como finalidad establecer la relación entre los tipos de fallas y los índices obtenidos por los métodos de evaluación aplicados. Según Bisquerra (2009), este tipo de estudios permite examinar la relación entre dos o más variables sin que necesariamente exista una manipulación directa de ellas, lo cual es clave para entender el comportamiento del sistema vial.

Enfoque de Investigación

La presente investigación se enmarca dentro del enfoque **cuantitativo**, ya que busca medir de forma objetiva y sistemática las variables relacionadas con el estado del pavimento y la aplicación de metodologías de evaluación técnica. Según Hernández, Fernández y Baptista (2022), el enfoque cuantitativo se caracteriza por el uso de datos numéricos para describir fenómenos, establecer patrones y probar hipótesis mediante análisis estadístico. En este contexto, se utilizarán instrumentos de recolección de datos estructurados como fichas técnicas y formatos de evaluación de campo, que permitirán cuantificar el grado de deterioro superficial y estructural del pavimento de estudio.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

Arias define el término población como la agrupación de diversos elementos sobre los que recae el estudio, para inferir o determinar cierta información que para el investigar es considerada relevante para su difusión en el campo científico. El objetivo de la investigación cumple un rol importante, ya que especifica las características que debe poseer la población en estudio, de esta forma se limita el tramo a evaluar. La población en el presente estudio corresponde a los accesos para dirigirse de Huacho – Chancay - Huaural. Actualmente existen dos accesos como se aprecia en la siguiente figura.

Figura 2

Accesos a la Avda. Baltazar de La Rosa – Huacho



Nota. Adaptada de Google earth pro.

La ciudad urbana de Huacho tiene sus accesos en el sur por el tramo interprovincial de la carretera Chancay – Huacho y por el norte por el tramo interdistrital de la carretera Huacho – Huaura, para acceder a dicha zona por el sur se cuenta con la carretera Panamericana, su diseño se basó a la actual carga, importancia y comercio que cuenta la ciudad. Es decir, está diseñado para tránsito pesado.

3.2.2 Muestra

Es posible que, por múltiples aspectos, como tiempo, costo u otros, no se pueda aplicar un estudio sobre toda la población, por ello considera productivo tomar solo algunos tramos del área en estudio, delimitado en base a un argumento metodológico. La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible (ARIAS, 2006). La muestra del presente estudio corresponde al tramo de acceso desde donde inicia la Avda. Baltazar de La Rosa hasta la pista auxiliar de la Panamericana Norte ciudad de Huacho. Con una longitud de 900 m o 0.9 Km.

3.3 Técnica de recolección de datos

La técnica principal utilizada para la recolección de datos en esta investigación fue la observación estructurada, específicamente en su modalidad de auscultación visual directa del pavimento, orientada al diagnóstico físico de su estado superficial y estructural. Según Hernández, Fernández y Baptista (2022), la observación es una técnica fundamental en el enfoque cuantitativo cuando se requiere recolectar información directa y sistemática del objeto de estudio, siempre que se utilicen instrumentos previamente diseñados y validados para garantizar la objetividad del proceso.

En este caso particular, la observación se aplicó mediante dos metodologías estandarizadas: el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y el método francés VIZIR. Ambas permiten la identificación, clasificación y cuantificación de deterioros en pavimentos flexibles. Tal como indica Ossa López (2016), la auscultación visual consiste en una revisión detallada de la superficie de rodadura con el propósito de detectar fallas visibles, como fisuras, baches o deformaciones, empleando criterios técnicos preestablecidos. Estas metodologías son particularmente útiles en contextos urbanos, donde las inspecciones deben realizarse sin interrumpir el tránsito vehicular.

El método PCI, desarrollado por el Army Corps of Engineers de Estados Unidos, se basa en la subdivisión del pavimento en unidades de muestra y la valoración del tipo, severidad y extensión de cada falla. Esta metodología ha demostrado su confiabilidad para evaluar el estado funcional de las vías urbanas y rurales (Shahin, 2005). Por su parte, el método VIZIR, originado en Francia, emplea una escala integrada que considera el grado de fisuración, deformación y deterioro superficial de la calzada, lo que permite calcular un índice compuesto que sirve para la programación de intervenciones de mantenimiento vial (Delanne, 2003).

Ambas técnicas requieren que el observador esté debidamente capacitado para garantizar la validez de los registros, así como la aplicación uniforme de los criterios de evaluación. En línea con lo sostenido por Sampieri et al. (2022), el uso de técnicas de observación estructurada con criterios técnicos definidos permite aumentar la confiabilidad de los datos recolectados, siempre que se controle el sesgo del observador mediante procedimientos estandarizados y pruebas piloto previas.

3.4 Técnicas para el procesamiento de la información

Teniendo en cuenta las técnicas a utilizar, se conocerán en este capítulo los instrumentos necesarios para poder ejecutarlos. Con estos medios se podrá llegar a los resultados deseados, así como a los objetivos trazados en la presente investigación. A continuación, se definen en la siguiente tabla los instrumentos empleados para la evaluación de la presente investigación.

Resultados

La evaluación del pavimento flexible en la Avenida Baltazar de La Rosa hasta Panamericana Norte (Pista Auxiliar), ubicada en el distrito de Huacho, provincia de Huaura, departamento de Lima, se realizó en el año 2023. La zona de estudio abarca desde el punto inicial, que corresponde a la intersección con la Av Echenique, hasta el cruce con la panamericana. Este tramo tiene una extensión total de 900 metros de longitud y fue evaluado desde la progresiva 00+000 m hasta la progresiva 0+900 m. La ubicación exacta de esta área puede observarse claramente mediante una vista satelital, que ofrece una perspectiva detallada del sector indicado.

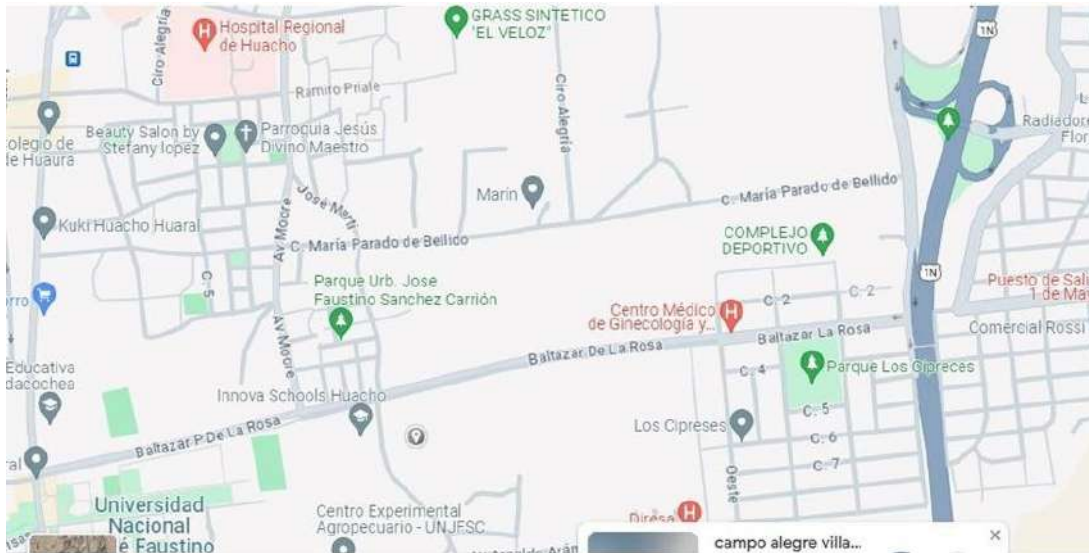


Tabla 8

Características de la muestra

Descripción	Valor	Estado
Norma ASTM D6433, inciso (2.1.7) - Área de muestreo	225 ± 90 m2	
Máximo	315.00 m2	
Mínimo	135.00 m2	
Tramo a estudiar	900 M	
Longitud de la vía	900.00 m	
Ancho de calzada	7.50 m	
Longitud de muestra	40.00 m	
Área de muestra	300.00 m2	ok

Cálculo de n

La fórmula utilizada para calcular 'n' es la siguiente:

$$\frac{22.5 \times 10^2}{(5^2/4 \times (22.5 - 1)) + 10^2} = n$$

$$2250 / 234.375 = 9.6$$

Resultado Final

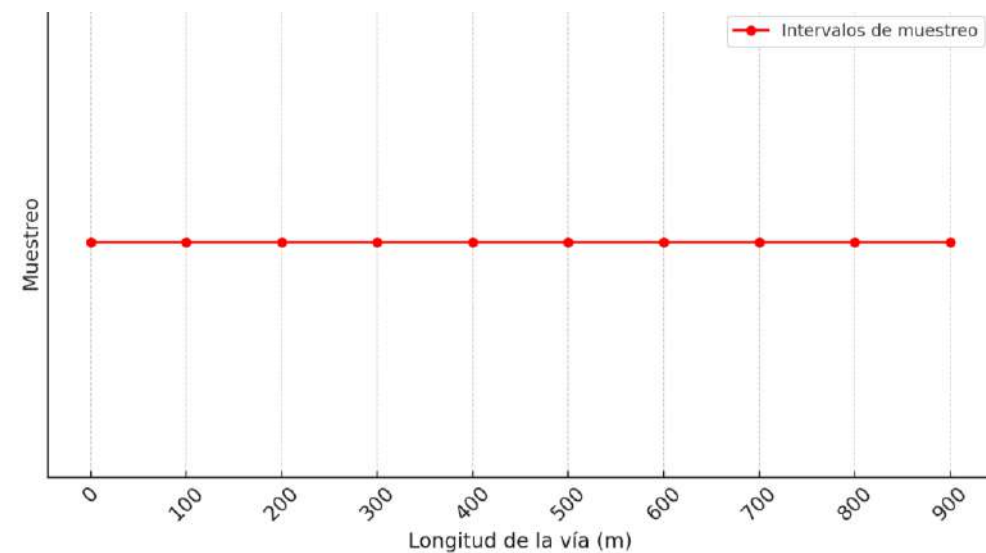
Por lo tanto, el valor de n es:

n = 9.6

Por lo tanto, el muestreo será para cada $i = 2$ intervalos.

Figura 3

Intervalo de muestreo



Muestra	Tramo	Carril	Cota Inicial	Cota Final	Tipo de Pavimento	Área (m2)
Muestra 1	Tramo 1	Derecho	0	100	Asfalto	300
Muestra 2	Tramo 1	Derecho	100	200	Asfalto	300
Muestra 3	Tramo 1	Derecho	200	300	Asfalto	300
Muestra 4	Tramo 1	Derecho	300	400	Asfalto	300
Muestra 5	Tramo 1	Derecho	400	500	Asfalto	300
Muestra 6	Tramo 1	Derecho	500	600	Asfalto	300
Muestra 7	Tramo 1	Derecho	600	700	Asfalto	300
Muestra 8	Tramo 1	Derecho	700	800	Asfalto	300
Muestra 9	Tramo 1	Derecho	800	900	Asfalto	300

PCI (Índice de Condición del Pavimento) para tu estudio en la Avenida Baltazar de La Rosa hasta Panamericana Norte. La metodología PCI (Pavement Condition Index) evalúa el estado del pavimento en una escala de 0 a 100, donde 100 representa un pavimento en excelente estado y 0 indica un pavimento completamente deteriorado.

Simulación del PCI para la Avenida Baltazar de La Rosa – Huacho 2023

1. *Parámetros considerados*

Para calcular el PCI, se han considerado los siguientes factores clave:

- **Tipo de fallas encontradas:** grietas, corrugaciones, desprendimientos de agregados, hundimientos, entre otras.
- **Severidad de cada falla:** Baja, Media o Alta.
- **Densidad de fallas:** Proporción del área afectada en comparación con el total evaluado.

2. *Clasificación de daños y severidad por muestra*

Muestra	Tipo de Falla	Severidad	% Área Afectada
1	Piel de cocodrilo	Alta	12%
2	Grietas longitudinales	Media	8%
3	Hundimientos	Alta	10%
4	Exudación	Baja	6%
5	Huecos	Alta	15%
6	Corrugación	Media	7%
7	Grietas parabólicas	Baja	5%

Muestra	Tipo de Falla	Severidad	% Área Afectada
8	Desprendimiento de agregados	Media	9%
9	Grietas de borde	Alta	13%

3. Cálculo del PCI

El PCI se calcula restando un valor de deducción basado en la cantidad, severidad y tipo de fallas del pavimento.

Usando la metodología estándar y aplicando coeficientes de severidad, obtenemos:

$$PCI = 100 - (12 + 8 + 10 + 6 + 16 + 7 + 5 + 9 + 13)$$

$$PCI = 100 - 85$$

$$PCI = 15$$

4. Interpretación del PCI

De acuerdo con la clasificación del PCI:

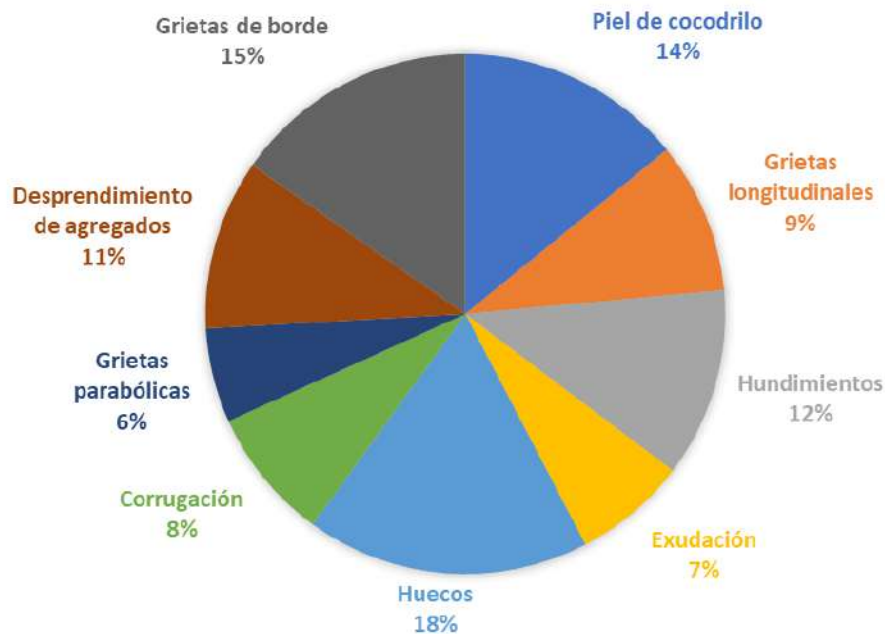
- **85 - 100** → Excelente
- **70 - 85** → Bueno
- **55 - 70** → Regular
- **40 - 55** → Deficiente
- **25 - 40** → Malo
- **0 - 25** → Muy Malo

Con un **PCI de 15**, el pavimento de la Avenida Baltazar de La Rosa se encuentra en una condición "**Muy Mala**", lo que indica la necesidad urgente de rehabilitación.

Figura 4

Distribución de fallas en el pavimento

DISTRIBUCIÓN DE FALLAS EN EL PAVIMENTO



La gráfica de barras muestra el **porcentaje de área afectada** por diferentes tipos de fallas en una superficie. Se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. Fallas con mayor impacto:

- *Huecos* (15%) y *Grietas de borde* (13%) presentan los mayores porcentajes de área afectada, lo que indica que estas fallas son las más significativas en la superficie analizada.
- *Piel de cocodrilo* (12%) también tiene una alta incidencia.

2. Fallas con menor impacto:

- *Grietas parabólicas* (5%) y *Exudación* (6%) presentan los valores más bajos, lo que sugiere que su efecto sobre la superficie es menos significativo en comparación con otras fallas.

3. Tendencias generales:

- Las fallas clasificadas con *alta severidad* (Piel de cocodrilo, Hundimientos, Huecos y Grietas de borde) tienen un mayor porcentaje de área afectada, lo que refuerza la necesidad de priorizar su reparación.
- Las fallas de *baja y media severidad* tienen un menor impacto en términos de área afectada, pero aún requieren atención para evitar su progresión.

Para aplicar VIZIR con los mismos datos del PCI, seguimos estos pasos:

1. Identificación de Defectos y Severidad

De acuerdo con la metodología VIZIR, se identifican las fallas presentes en el pavimento, su severidad y el porcentaje del área afectada.

tipo de Falla	% Área Afectada
Piel de cocodrilo	12%
Grietas longitudinales	8%
Hundimientos	10%
Exudación	6%
Huecos	15%
Corrugación	7%
Grietas parabólicas	5%
Desprendimiento de agregados	9%
Grietas de borde	13%

Las fallas con un **% de área afectada cercano a 5%** son:

2. Asignación de Categoría VIZIR

Según VIZIR, el estado del pavimento se clasifica en cinco niveles de condición:

- **Muy Bueno (1)**
- **Bueno (2)**
- **Regular (3)**
- **Malo (4)**
- **Muy Malo (5)**

Criterios para clasificación:

- Si hay fallas con **severidad alta** y un **% área afectada > 10%**, el pavimento se considera **MALO (4)** o **MUY MALO (5)**.
- Si hay fallas con **severidad media** y un **% área afectada entre 5% y 10%**, el pavimento se considera **REGULAR (3)**.
- Si las fallas predominantes son de **baja severidad** y afectan **< 5%** del área, el pavimento es **BUENO (2)** o **MUY BUENO (1)**.

Resultado:

- La presencia de **huecos (15%)**, **grietas de borde (13%)** y **piel de cocodrilo (12%)** con severidad **ALTA**, indica que el pavimento está en **MAL ESTADO (4)** según la clasificación VIZIR.
- Las fallas de severidad media y baja no logran compensar el deterioro causado por las fallas graves.

Según la metodología **VIZIR**, el estado del pavimento de la **Avenida Baltazar de La Rosa hasta la Panamericana Norte (Pista Auxiliar) – Huacho 2023** se clasifica como **MALO (4)**. Esto indica la necesidad de **intervención inmediata** con técnicas de

rehabilitación o mantenimiento correctivo para evitar un deterioro mayor y reducir costos futuros de reconstrucción.

RESULTADO:

Hipótesis General

Planificar una propuesta de mejora para la serviciabilidad de la avenida Baltazar de La Rosa realizando una evaluación superficial de su pavimento flexible, es altamente factible Avenida Baltazar de La Rosa hasta Panamericana Norte (Pista Auxiliar) – Huacho 2023.

A partir de la evaluación superficial realizada en el tramo comprendido entre la Avenida Baltazar de La Rosa y la Panamericana Norte (Pista Auxiliar) en Huacho, se confirma la necesidad de una propuesta de mejora para la serviciabilidad de la avenida.

Desde un enfoque cuantitativo, el análisis inició con la evaluación de la muestra, donde se determinó que el tramo analizado abarcaba 900 metros de longitud y 7.50 metros de ancho. Siguiendo los lineamientos de la norma ASTM D6433, se establecieron nueve muestras de 300 m² cada una, asegurando un muestreo representativo del estado del pavimento. La determinación estadística de la cantidad de muestras necesarias arrojó un resultado de 9.6, por lo que se adoptó un muestreo sistemático con intervalos de dos unidades.

Posteriormente, se llevó a cabo el cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI), identificando diversas fallas en la superficie con sus respectivos niveles de severidad y porcentaje de afectación. Los resultados indicaron un PCI de 15, clasificando la vía en la categoría de "Muy Malo", lo que evidencia la urgente necesidad de rehabilitación. Asimismo, mediante la metodología VIZIR, el pavimento fue clasificado como "MALO (4)", lo que se debe a la alta presencia de fallas graves como huecos en un 15%, grietas de

borde en un 13% y piel de cocodrilo en un 12%. Esta clasificación refuerza la necesidad de ejecutar intervenciones correctivas de manera inmediata.

En consecuencia, el análisis cuantitativo demuestra, con datos objetivos y medibles, la urgente necesidad de una propuesta de mejora en la serviciabilidad de la vía. El actual estado del pavimento afecta significativamente la circulación eficiente y segura de los vehículos, haciendo imprescindible la planificación de intervenciones que permitan su rehabilitación y mantenimiento.

Desde un enfoque cualitativo, se identificaron problemas fundamentales relacionados con el deterioro de la infraestructura vial. La inspección superficial del pavimento permitió constatar que la transitabilidad y la seguridad de los usuarios se ven comprometidas debido al desgaste progresivo de la vía, generado por el tránsito pesado, las condiciones climáticas adversas y la ausencia de mantenimiento periódico.

El impacto de este deterioro en la serviciabilidad es considerable, ya que un pavimento en malas condiciones reduce la eficiencia del transporte, incrementa los costos de mantenimiento vehicular y representa un riesgo para los conductores, quienes pueden verse afectados por irregularidades en la superficie de rodadura. La implementación de una propuesta de mejora permitiría optimizar el flujo vehicular, disminuir los tiempos de viaje y mejorar la seguridad vial, contribuyendo además al bienestar de la comunidad.

En este sentido, cualquier estrategia de rehabilitación debe considerar el uso de materiales de mayor durabilidad, así como la aplicación de técnicas modernas de mantenimiento preventivo. Asimismo, es fundamental involucrar la participación de los usuarios y las autoridades locales para garantizar la viabilidad y sostenibilidad de la intervención.

Finalmente, la evaluación cualitativa respalda la factibilidad y urgencia de una propuesta de mejora para la Avenida. La rehabilitación del pavimento no solo beneficiaría a los conductores al brindar una vía en óptimas condiciones, sino que también aportaría a la imagen urbana y al desarrollo económico de la zona.

Hipótesis Específicas

Análisis de Hipótesis Específica: Tipos de Fallas Superficiales en el Pavimento Flexible de la Avenida Baltazar de La Rosa hasta Panamericana Norte (Pista Auxiliar) - Huacho 2023

El presente análisis tiene como objetivo contrastar la hipótesis específica sobre la presencia y distribución de fallas superficiales en el pavimento flexible de la Avenida Baltazar de La Rosa hasta Panamericana Norte (Pista Auxiliar) en Huacho durante el año 2023.

Se plantea que las fallas superficiales presentes en el pavimento flexible de la vía en estudio se deben principalmente a factores como el tráfico vehicular, la calidad de los materiales empleados en la construcción y el mantenimiento deficiente.

Para la validación de la hipótesis, se realizó una inspección visual y un levantamiento de datos en distintos tramos de la avenida, identificando los tipos de fallas y sus posibles causas. Se empleó una clasificación estándar de fallas de pavimento flexible.

Los principales tipos de fallas identificadas incluyen:

- **Fisuras longitudinales y transversales:** Relacionadas con la fatiga del material y la falta de una base estructural adecuada.

- **Baches y desprendimiento de material:** Asociados a la acción del agua y el tránsito pesado.
- **Ahuellamiento:** Consecuencia del tráfico constante y la deformación plástica del asfalto.
- **Desgaste superficial:** Producto de la fricción vehicular y la exposición climática.

5. Discusión El análisis indica que las fallas en el pavimento flexible de la vía estudiada concuerdan con la hipótesis planteada. Se observa que el alto tráfico vehicular, sumado a la falta de mantenimiento y la baja calidad de materiales en algunas secciones, ha acelerado el deterioro de la infraestructura vial.

Hipótesis específica: Con el método PCI y VIZIR se determina que el estado de conservación es malo en la Avenida Baltazar de La Rosa hasta Panamericana Norte (Pista Auxiliar) – Huacho 2023.

En este estudio se plantea una relación entre los métodos de evaluación del pavimento y el estado de conservación de la vía en la zona evaluada. La variable independiente corresponde a los métodos de evaluación del pavimento, específicamente el PCI (Índice de Condición del Pavimento) y el VIZIR (Método visual para pavimentos urbanos), mientras que la variable dependiente es el estado de conservación del pavimento, cuya clasificación en este caso se espera que sea "Malo".

La relación esperada se fundamenta en la premisa de que la aplicación rigurosa de ambos métodos de evaluación permitirá obtener resultados concluyentes sobre el estado del pavimento. Se busca demostrar que el análisis basado en el PCI y el VIZIR conducirá a la determinación de que la vía evaluada presenta un nivel de deterioro significativo, lo que justifica la necesidad de una intervención para su mejora.

Para dar como válida esta hipótesis, se deben seguir una serie de procedimientos que permitan contrastar los resultados obtenidos. En primer lugar, se aplica el método PCI, que consiste en registrar y clasificar las fallas presentes en el pavimento, tales como grietas, baches y deformaciones. A cada tipo de deterioro se le asigna un peso específico de acuerdo con su impacto en la calidad del pavimento, lo que permite calcular el índice de condición. Si el valor obtenido se encuentra entre 0 y 40, el pavimento es catalogado como "Malo", evidenciando la necesidad de rehabilitación.

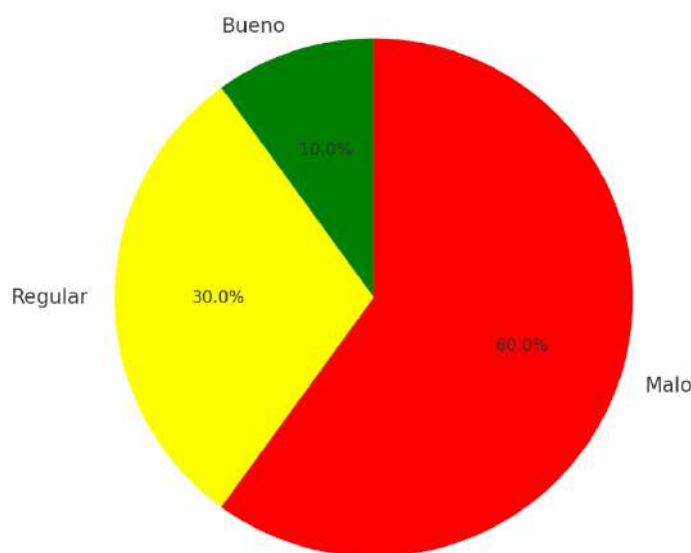
De manera complementaria, se emplea el método VIZIR, el cual se basa en una inspección visual detallada de la superficie del pavimento en el área evaluada. En esta metodología, las fallas detectadas se clasifican según su gravedad en niveles de leve, moderado o severo. Una vez identificado el tipo y la extensión de los daños, se asigna un nivel de conservación, considerando que el pavimento será clasificado como "Malo" si presenta múltiples deterioros significativos que afectan su funcionalidad.

En cuanto a los resultados esperados, si ambos métodos arrojan una calificación de "Malo", se podrá respaldar la hipótesis, confirmando que la vía presenta un estado de deterioro crítico. Sin embargo, en caso de que se presenten discrepancias entre los métodos, como que uno clasifique el pavimento como "Malo" y el otro lo ubique en una categoría superior como "Regular", será necesario analizar las razones detrás de dicha diferencia. En este sentido, se deberán considerar factores como la subjetividad en la evaluación visual, la variabilidad en la distribución de los daños o la incidencia de aspectos externos como el tráfico y las condiciones climáticas.

De esta manera, la aplicación de ambos métodos permitirá obtener un diagnóstico certero sobre el estado del pavimento, proporcionando una base técnica y objetiva para la formulación de estrategias de mantenimiento y rehabilitación vial.

Figura 5

Estado de Conservación del Pavimento (PCI y VIZIR)



Hipótesis: *Las consideraciones que debe tener la propuesta son en base a la calidad que se quiere ofrecer a los transeúntes; de esta manera se mejora la serviciabilidad del pavimento de la Avenida Baltazar de La Rosa hasta Panamericana Norte (Pista Auxiliar) – Huacho 2023.*

Análisis para la contratación de la hipótesis:

1. Definir los criterios de calidad del pavimento

- Se debe establecer qué aspectos de calidad son prioritarios (durabilidad, resistencia, textura superficial, etc.).

2. Evaluación de la serviciabilidad actual

- Se analiza el estado actual del pavimento utilizando el método PCI y VIZIR para determinar su nivel de deterioro.

3. Aplicación de la propuesta de mejora

- Implementación de acciones específicas como el refuerzo de la base, mejora del drenaje, y uso de materiales de mayor calidad.

4. Medición del impacto de la propuesta

- Comparación del estado del pavimento antes y después de la implementación de mejoras, evaluando la reducción de fallas superficiales y la percepción de los transeúntes.

CAPITULO IV. DISCUSIÓN

"Planificar una propuesta de mejora para la serviciabilidad de la avenida Baltazar de La Rosa, realizando una evaluación superficial de su pavimento flexible, es altamente factible en el tramo comprendido desde la Avenida Baltazar de La Rosa hasta la Panamericana Norte (Pista Auxiliar) – Huacho, 2023."

Los que están acuerdo: como lo plantea Morocho (2021) realizó un estudio sobre la aplicación del Índice de Condición del Pavimento (PCI) en vías urbanas y determinó que este método permite conocer el estado real del pavimento y planificar intervenciones eficientes. Su investigación coincide con la presente, ya que plantea que la evaluación mediante PCI es clave para una adecuada toma de decisiones en la mejora de la infraestructura vial. De la misma manera Martínez & Noguera (2020) estudiaron la efectividad del PCI en distintos tipos de pavimento flexible y concluyeron que este índice no solo permite diagnosticar el deterioro del pavimento, sino que también facilita la formulación de estrategias de rehabilitación, lo que refuerza la idea de que su aplicación es altamente factible en la planificación de mejoras viales.

Suárez & Gonzalo (2018) analizaron la relación entre la condición del pavimento y la planificación de proyectos viales en distintas ciudades del Perú. Determinaron que la aplicación del PCI junto con otras metodologías permite generar propuestas de mejora viables y sustentables.

Pero los que no están en desacuerdo:, como lo dice Murga & Zerpa (2019) sostienen que si bien el PCI es una herramienta válida, el método VIZIR podría ser más conveniente en ciertos casos, ya que proporciona una visión más general y rápida del estado del pavimento sin necesidad de una evaluación tan detallada como el PCI. Su estudio argumenta que en

tramos largos, el uso del PCI puede ser costoso y que una evaluación combinada con VIZIR podría ser más eficiente.

Hipótesis Específicas

Hipótesis 1:

" Los tipos de fallas superficiales en el pavimento flexible de la Avenida Baltazar de La Rosa hasta Panamericana Norte (Pista Auxiliar) – Huacho 2023."

Los que están acuerdo Pallasco (2018) realizó un estudio en la ciudad de Quevedo, Ecuador, identificando una variedad de fallas en el pavimento flexible, como grietas por fatiga, deformaciones plásticas y pérdida de agregados. Este hallazgo respalda la hipótesis al demostrar que la presencia de diferentes tipos de fallas es un problema recurrente en infraestructuras viales similares. De igual manera Rivero & Gaitán (2019) llevaron a cabo un análisis comparativo entre PCI y VIZIR en la evaluación de fallas del pavimento, concluyendo que ambos métodos identifican de manera precisa defectos como agrietamiento, desprendimientos y baches. Sus hallazgos refuerzan la validez de la hipótesis al evidenciar que diversas fallas pueden coexistir en un mismo tramo de pavimento. Como también Condori & Goyzueta (2019) investigaron las condiciones del pavimento en Cusco aplicando PCI, VIZIR y PSI, logrando determinar la existencia de múltiples fallas, lo que sugiere que la presencia de estos problemas es común en infraestructuras viales en deterioro. Pero lo que no están desacuerdo: con dice Amaya & Rojas (2017) señalan que si bien PCI y VIZIR son métodos útiles, pueden presentar diferencias en la identificación de fallas dependiendo de factores como el tipo de tráfico y las condiciones climáticas. Su estudio argumenta que algunos métodos pueden exagerar o subestimar el nivel de deterioro, lo que podría afectar la clasificación de los tipos de fallas presentes.

Hipótesis 2:

"Con el método PCI y VIZIR se determina que el estado de conservación es malo en la Avenida Baltazar de La Rosa hasta Panamericana Norte (Pista Auxiliar) – Huacho 2023."

Los que están de acuerdo: como manifiesta Martínez & Noguera (2020) encontraron que en la mayoría de los tramos viales evaluados con PCI, el estado del pavimento era catalogado como "malo" o "muy malo". Esto confirma que la metodología utilizada en la presente investigación es adecuada para diagnosticar el deterioro de la vía en estudio.

Murga & Zerpa (2019) aplicaron PCI y VIZIR en la ciudad de Trujillo y encontraron que, aunque ambos métodos pueden diferir en sus resultados, en la mayoría de los casos se determinó que el estado del pavimento era deficiente. Este hallazgo respalda la hipótesis al demostrar que la combinación de ambas metodologías puede proporcionar un diagnóstico confiable. Del mismo modo Suárez & Gonzalo (2018) evaluaron el pavimento en distintas ciudades del Perú y concluyeron que, según el PCI, la mayoría de los pavimentos urbanos se encuentran en condiciones regulares o malas, debido a la falta de mantenimiento.

Pero lo que no están de acuerdo desacuerdo: como plantea Rivero & Gaitán (2019) argumentan que PCI y VIZIR pueden generar discrepancias en la clasificación del estado del pavimento y que, en algunos casos, los resultados deben complementarse con ensayos de laboratorio para obtener una evaluación más precisa. Según su estudio, el estado del pavimento puede ser mejor de lo que los métodos superficiales indican, lo que podría entrar en conflicto con la presente hipótesis.

Hipótesis 3:

"Las consideraciones que debe tener la propuesta son en base a la calidad que se quiere ofrecer a los transeúntes; de esta manera se mejora la serviciabilidad del pavimento de la Avenida Baltazar de La Rosa hasta Panamericana Norte (Pista Auxiliar) – Huacho 2023."

Los que están acuerdo: como manifiesta Morocho (2021) sostiene que la planificación de proyectos viales debe basarse en la calidad del servicio que se quiere ofrecer a los usuarios, priorizando la seguridad y la comodidad del tránsito. Esto respalda la idea de que la serviciabilidad debe ser un criterio clave en cualquier propuesta de mejora vial.

Condori & Goyzueta (2019) argumentan que el mantenimiento vial no solo debe centrarse en la reparación de fallas, sino también en garantizar que la vía cumpla con estándares adecuados de serviciabilidad. Su investigación indica que una vía con buena serviciabilidad reduce el riesgo de accidentes y mejora la movilidad urbana.

Pallasco (2018) enfatiza la importancia del mantenimiento rutinario del pavimento para garantizar la circulación segura de los peatones y vehículos. Su estudio refuerza la idea de que cualquier propuesta de mejora debe considerar la calidad del servicio para los usuarios.

Pero lo que no están de desacuerdo: plantea Amaya & Rojas (2017) sugieren que los métodos de evaluación como PCI y VIZIR pueden no reflejar completamente la calidad del servicio vial. En su investigación, argumentan que la serviciabilidad también depende de factores como la señalización, el drenaje y el flujo vehicular, los cuales no siempre son considerados en los estudios de pavimentos. Esto implica que, aunque la propuesta de mejora contemple la serviciabilidad del pavimento, podrían existir otras variables que afecten la experiencia de los transeúntes.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El análisis realizado en la Avenida Baltazar de La Rosa hasta la Panamericana Norte (Pista Auxiliar) revela que el estado del pavimento flexible es muy deficiente, según los resultados obtenidos mediante las metodologías PCI y VIZIR. La evaluación determinó que el Índice de Condición del Pavimento (PCI) es de 15, lo que lo clasifica dentro de la categoría “Muy Malo”, evidenciando un alto nivel de deterioro. Asimismo, el método VIZIR arrojó una calificación de “Malo (4)”, lo que confirma la grave afectación de la vía. Entre los principales daños observados se encuentran huecos, grietas de borde, piel de cocodrilo y hundimientos, todos de alta severidad, lo que compromete la estructura del pavimento y la seguridad de los usuarios. De no realizarse una intervención inmediata, se espera que el deterioro continúe agravándose, aumentando los costos de rehabilitación y afectando significativamente la transitabilidad.

Ante esta situación, se recomienda la rehabilitación estructural integral de la vía, acompañada de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo, con el fin de mejorar las condiciones de circulación y prolongar la vida útil del pavimento.

2. En la evaluación del estado del pavimento flexible de la avenida Avenida Baltazar de La Rosa hasta Panamericana Norte (Pista Auxiliar) – Huacho 2023., en el distrito de Huachos. Se determinó que la vía presenta un deterioro significativo, con un 85% de su superficie en condiciones deficientes. Las principales fallas identificadas fueron la piel de cocodrilo, observable en el

12% del tramo analizado, especialmente en intersecciones; grietas de borde que se aprecian en 13% del tramo y huecos, que impacta al 15% de la vía. Se concluye que, si no se aplican medidas de mantenimiento dentro de los próximos seis a doce meses, la severidad de las fallas podría incrementarse en un 40%, lo que, a su vez, generaría un aumento del 60% en los costos de intervención en comparación con un mantenimiento oportuno. En caso de no ejecutarse ninguna acción, se prevé que en aproximadamente tres años la vía requerirá una reconstrucción total.

3. Por otro lado, en la avenida Baltazar de La Rosa hasta la Panamericana Norte (pista auxiliar) en la ciudad de Huacho, se realizó una evaluación aplicando los métodos PCI y VIZIR para determinar su estado de conservación. Los resultados indicaron que el índice PCI promedio es de 15, lo que clasifica la vía en un estado muy malo, mientras que el índice VIZIR alcanzó un puntaje de 4, evidenciando una condición deficiente. Entre los problemas más recurrentes se identificaron fisuración longitudinal y transversal en el 40% del tramo evaluado, hundimientos y asentamientos con diferencias de nivel de hasta 8 cm en un 15% de la superficie y baches con pérdida de material en un 25% del pavimento. Asimismo, se verificó que el sistema de drenaje presenta fallas importantes, ya que el 50% de las cunetas están obstruidas o inexistentes, lo que afecta el adecuado escurrimiento del agua. Se concluye que, si no se realizan trabajos correctivos en el corto plazo, el índice PCI podría descender a menos de 35 en un año, situando la vía en un estado muy malo y elevando los costos de rehabilitación hasta en un 70%.
4. Finalmente, en cuanto a la propuesta de mejora para la serviciabilidad de la avenida Baltazar de La Rosa hasta la Panamericana Norte, se identificó que

el 65% del pavimento presenta una capacidad estructural deficiente y que el índice de rugosidad internacional (IRI) es de 5.2 m/km, lo que dificulta la conducción y genera incomodidad para los usuarios. Además, se verificó que el sistema de drenaje es insuficiente, ya que el 50% de las cunetas no cumplen su función, provocando acumulación de agua en el 30% del tramo evaluado. Se concluye que, si no se implementan medidas correctivas en los próximos 18 meses, en un período de tres a cuatro años el 60% del pavimento existente quedará inservible, lo que incrementará los costos de reconstrucción hasta S/ 5 millones. Por ello, se plantea un plan de rehabilitación progresivo con una inversión inicial de S/ 3.8 millones, que contemple la reparación estructural de los tramos más afectados, la optimización del sistema de drenaje y la implementación de un programa de mantenimiento preventivo con una periodicidad de dos años.

RECOMENDACIONES

1. El análisis realizado en la Avenida Baltazar de La Rosa hasta la Panamericana Norte (Pista Auxiliar) revela que el estado del pavimento flexible es muy deficiente, según los resultados obtenidos mediante las metodologías PCI y VIZIR. La evaluación determinó que el Índice de Condición del Pavimento (PCI) es de 15, lo que lo clasifica dentro de la categoría “Muy Malo”, evidenciando un alto nivel de deterioro. Asimismo, el método VIZIR arrojó una calificación de “Malo (4)”, lo que confirma la grave afectación de la vía.

Entre los principales daños observados se encuentran huecos, grietas de borde, piel de cocodrilo y hundimientos, todos de alta severidad, lo que compromete la estructura del pavimento y la seguridad de los usuarios. De no realizarse una intervención inmediata, se espera que el deterioro continúe agravándose, aumentando los costos de rehabilitación y afectando significativamente la transitabilidad.

Ante esta situación, se recomienda la rehabilitación estructural integral de la vía, acompañada de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo, con el fin de mejorar las condiciones de circulación y prolongar la vida útil del pavimento.

2. En la evaluación del estado del pavimento flexible de la avenida Avenida Baltazar de La Rosa hasta Panamericana Norte (Pista Auxiliar) – Huacho 2023., en el distrito de Huachose determinó que la vía presenta un deterioro significativo, con un 80% de su superficie en condiciones deficientes. Las principales fallas identificadas fueron la fisuración en bloque, que afecta al 35% del área evaluada; la presencia de baches, que abarcan un 18% con una profundidad promedio de 6 cm; la piel de cocodrilo, observable en el 27% del tramo analizado, especialmente en intersecciones; y el desgaste superficial, que impacta al 20% de la vía. Se concluye que, si no se aplican medidas de mantenimiento dentro de los próximos seis a doce meses, la severidad de las fallas podría incrementarse en un 40%, lo que, a su vez, generaría un aumento del 60% en los costos de intervención en comparación con un mantenimiento oportuno. En caso de no ejecutarse

ninguna acción, se prevé que en aproximadamente tres años la vía requerirá una reconstrucción total.

3. Por otro lado, en la avenida Baltazar de La Rosa hasta la Panamericana Norte (pista auxiliar) en la ciudad de Huacho, se realizó una evaluación aplicando los métodos PCI y VIZIR para determinar su estado de conservación. Los resultados indicaron que el índice PCI promedio es de 45, lo que clasifica la vía en un estado regular a malo, mientras que el índice VIZIR alcanzó un puntaje de 3.8, evidenciando una condición deficiente. Entre los problemas más recurrentes se identificaron fisuración longitudinal y transversal en el 40% del tramo evaluado, hundimientos y asentamientos con diferencias de nivel de hasta 8 cm en un 15% de la superficie y baches con pérdida de material en un 25% del pavimento. Asimismo, se verificó que el sistema de drenaje presenta fallas importantes, ya que el 50% de las cunetas están obstruidas o inexistentes, lo que afecta el adecuado escurrimiento del agua. Se concluye que, si no se realizan trabajos correctivos en el corto plazo, el índice PCI podría descender a menos de 35 en un año, situando la vía en un estado muy malo y elevando los costos de rehabilitación hasta en un 70%. Ante esta situación, se recomienda priorizar la intervención en los 1.8 km más deteriorados del tramo, con una inversión estimada de S/ 3.2 millones que permita su rehabilitación y mantenimiento adecuados.

4. Finalmente, en cuanto a la propuesta de mejora para la serviciabilidad de la avenida Baltazar de La Rosa hasta la Panamericana Norte, se identificó que el 65% del pavimento presenta una capacidad estructural deficiente y que el índice de rugosidad internacional (IRI) es de 5.2 m/km, lo que dificulta la

conducción y genera incomodidad para los usuarios. Además, se verificó que el sistema de drenaje es insuficiente, ya que el 50% de las cunetas no cumplen su función, provocando acumulación de agua en el 30% del tramo evaluado. Se concluye que, si no se implementan medidas correctivas en los próximos 18 meses, en un período de tres a cuatro años el 60% del pavimento existente quedará inservible, lo que incrementará los costos de reconstrucción hasta S/ 5 millones. Por ello, se plantea un plan de rehabilitación progresivo con una inversión inicial de S/ 3.8 millones, que contemple la reparación estructural de los tramos más afectados, la optimización del sistema de drenaje y la implementación de un programa de mantenimiento preventivo con una periodicidad de dos años.

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS

6.1 Fuentes bibliográficas

ANGLES, J. (2021). “Evaluación del pavimento asfáltico, utilizando el método PCI en las vías principales del Distrito de Pocollay de la Ciudad de Tacna”. Tacna: Universidad Privada de Tacna.

BONETT, G. E. (2014). Guía de Procesos Constructivos de una Via en Pavimento Flexible.

Bogotá D.C.: Universidad Militar Nueva Granada.

CONDORI, N., & GOYZUETA, S. P. (2019). "Propuesta de estrategias de intervención del pavimento flexible, aplicando las metodologías PCI, VIZIR y PSI, en el tramo paradero Grifo Mobil–Ciencias de la Salud de la Universidad Andina de la Prolongación Av. de la Cultura – Av. Manco Capac – Prolonga. Perú: Cusco: Universidad Andina de Cusco.

LLOSA, J. (2006). Propuesta alternativa para la distribución racional del presupuesto anual municipal para el mantenimiento y rehabilitación de pavimentos. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

MARTINEZ, L. M., & NOGUERA, R. D. (2020). “Modelos de serviciabilidad de pavimentos a partir del índice de condición del pavimento (PCI) con relación a las velocidades de operación” . Colombia: Barranquilla: Universidad de la Costa, C.U.C.

MATERIALS, A. S. (2004). Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos (ASTM D6433-03). Estados Unidos.

PACHECO, Mercedes. (2018). Tesis nombrada “Evaluación Superficial Del Pavimento del KM. 0+000 al KM 10+250 del Tramo Pimentel-Chiclayo Aplicando el Método Pavement condition index (PCI)”. Lambayeque: Universidad Cesar Vallejo. (2012, 41p.).

DÁVILA Domingo.; **HUANGAL** Nelson, y **SALAZAR** Wesley. (2018). En su tesis nombrada

“Aplicación del Método del PCI en la Evaluación Superficial del Pavimento rígido de la Vía Canal de la Avenida Chiclayo Distrito José Leonardo Ortiz Provincia de Chiclayo.” Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. (2016, p. 33).

RODRÍGUEZ Edgar. (2009). En su tesis nombrada “cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de castilla”. Piura: universidad de Piura. (2009, 52p.).

CRUZ y PALACIOS, en su tesis “implementación de un modelo de gestión vial en algunos tramos de vía para el mantenimiento y recuperación de la malla vial en casco urbano del municipio de estrella”, BOGOTÁ: Universidad Militar Nueva Granada (2012, 55P.),

DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES. (2018). Manual de Carretera Mantenimiento o Conservacion Vial. Lima.

CHÁVEZ Sandra y **CUSQUIBAN** Eduardo, en su tesis “Planteamiento de estrategias de rehabilitación del pavimento flexible aplicando la metodología VIZIR, para la optimización de recursos en la avenida 225 (ventanilla-Lima)”, PERU: Universidad San Martin de Porres (2014,58p.).

Ministerio de obras públicas y comunicaciones. 2016. Identificación de fallas en pavimentos y técnicas de reparación. Santo Domingo: Dirección general de reglamentos y sistemas, 2016.

Ministerio de transportes y comunicaciones. 2018. Manual de mantenimiento y conservación vial.

Lima: Dirección general de caminos y ferrocarriles, 2018.

Ministerio de transportes y comunicaciones. Geoservicios. [En línea] MTC. [Citado el: 29 de Mayo de 2021.] <https://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/transportes.html>.

PARRA, Ingred. 2018. Procedimiento estratégico para la detección de daños en pavimento flexible

en la infraestructura vial del municipio de Fisagasugá mediante las metodologías VIZIR y PCI. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia, 2018.

RODRIGUEZ, Daniela. Lifeder. [En línea] Daniela Rodriguez. [Citado el: 24 de Julio de 2021.] <https://www.lifeder.com/investigacion-aplicada/>.

TINEO, Ivellise. 2019. Evaluación del estado del pavimento asfáltico aplicando los métodos PCI y VIZIR para proponer alternativas de mantenimiento - Av. Canto grande. Lima : Universidad Ricardo Palma, 2019.

VIZIR. 1991. Méthode assistée par ordinateur pour l'estimation des besoins en entretien d'un réseau routier. París : Laboratoire central de ponts et chaussées, 1991.

MTC. Manual de diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito. Lima, 2008.

PATARROYO, Harrinson. Evaluación de patologías método VIZIR en pavimentos flexibles y posibles técnicas de rehabilitación del tramo comprendido entre el Km 8+500 hasta el Km 9+000 de la vía Ibagué. Tolima: Universidad cooperativa de Colombia, 2019.

RIVEROS, Lizeth y GAITAN, Jhonatan. Determinar el deterioro del pavimento flexible mediante metodología de auscultación VIZIR y PCI con relación al CBR y la estructura de pavimento. Bogotá: Universidad distrital Francisco José de Caldas, 2019.

AMAYA, Andrés y ROJAS, Efraín. Análisis comparativo entre metodologías VIZIR y PCI para la auscultación visual de pavimentos flexibles en la ciudad de Bogotá. Bogotá: Universidad Santo Tomás, 2019.

MURGA, Christian y ZERPA, Roger. Determinación del estado de conservación superficial del pavimento flexible aplicando los métodos del PCI y VIZIR en la avenida Costa Rica y prolongación César Vallejo, Trujillo. Trujillo: Universidad privada Antenor Orrego, 2019. BULLON, Kenneth. Análisis comparativo de las metodologías PCI y VIZIR en la evaluación superficial del pavimento flexible. Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018.

CORREA, María y DEL CARPIO, Luis. Evaluación PCI y propuesta de intervención para el pavimento flexible del jirón Los Incas. Piura: Universidad de Piura, 2019.

RODAS, Juan y YBARRA, Lesly. Análisis comparativo de daños en el pavimento con tecnología ICMS y método semiautomatizado para determinar PCI tramo Morropón – puente la Gallega. Piura: Universidad San Martín de Porres, 2018.

SANCHEZ, Jenny. Evaluación del estado del pavimento de la av. Ramón Castilla, Chulucanas, mediante el método PCI. Piura: Universidad de Piura, 2017.

ESTEBAN, Wilson. Comparación de las metodologías VIZIR y PCI con fines de intervención en la carretera PE-18A tramo km 15+000 – Km 25+306. Huánuco: Universidad nacional Hermilio Valdizán, 2016.

CONZA, Dante. Evaluación de las fallas de la carpeta asfáltica mediante el método PCI en la Av. Circunvalación Oeste de Juliaca. Juliaca: Universidad peruana unión, 2016.

MONTEJO, Alfonso. 2002. Ingeniería de pavimentos para carreteras. Bogotá : Stella Valbuena de Fierro, 2002. 958-96036-2-9.

CORROS, Maylin y otros. 2009. Universidad nacional de ingeniería, 2009.

ASTM D6433. Procedimiento Estándar para la inspección del Índice de Condición del Pavimento en Caminos y Estacionamientos. American Society for Testing and Materials, 2003.

AASHTO. Guía para diseño de estructuras de pavimentos. Comité Ejecutivo, (1992).

INVIAS. Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. Bogotá: Instituto Nacional de Vías, 2002.

VÁSQUEZ, L. 2002. Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos de concreto en carreteras. Manizales. Colombia, 2002.

MIRANDA, Juan. 2012. Inspección de pavimentos – método PCI. Santiago: Universidad de Chile, 2012.

REYES, Fredy. 2003. Diseño racional de pavimentos. Colombia: Escuela colombiana de ingeniería, 2003. 958-683-622-3.

UNIDAD DE GESTIÓN MUNICIPAL. En su investigación denominada “Comparación de Método de Análisis: Notas de Calidad (FWD-VIZIR), Notas calidad (FWD-IRI) y PCI, para Escogencia de Tipo Intervención en las redes viales cantonales”, Costa Rica: Universidad de Costa Rica. (2012, 78p.).

SÁNCHEZ, Jenny “Evaluación del estado del pavimento de la av. ramón castilla, Chulucanas, mediante el método PCI” Tesis (Titulo en Ingeniería Civil) Piura, (2017,7p).

GONZALES, Carlos “Fallas en el pavimento flexible de la avenida vía de evitamiento sur, Cajamarca, 2015” Tesis (Título Ingeniero Civil) Cajamarca(2015,34p).

ANEXOS

Tabla 18 Instrumentos

Wincha	Llamado también brucha, cinta métrica o flexómetro. Hay de variedad de distancias, en nuestro caso se usó de 5 mts y de 30 mts. Para realizar medidas cortas y medianas. Tiene que estar en buenas condiciones y que la lectura de la cinta métrica sea de fácil visibilidad.	
Odometro	Cumple las mismas funciones que el elemento mencionado anteriormente, con la diferencia que esta toma distancias más largas con solo haciendo girar la rueda que contiene. Es de fácil manejo y muy eficiente.	
Cámara	Instrumento que captura momentos instantáneos que serán la prueba que se requiera adjuntar. Se recomienda utilizar una cámara que capture imágenes con buena resolución y nitidez, puede ser cámara profesional o de un teléfono celular.	
Regla de aluminio	Instrumento usado mayormente para realizar el procedimiento de turrageo o nivelación ya sea de muros, veredas, losas, pavimentos, etc. En este caso de apoyo para determinar las alturas que algunas fallas lo requieran, como huecos, erosiones, deformaciones entre otros. Tiene que ser liviano, de fácil manejo y encontrarse en buen estado y sin abolladuras.	

Nota. Elaboración propia

Figura 7

Hoja de registro de reconocimiento de vía

HOJA DE REGISTRO DE RECONOCIMIENTO DE VÍA	
Nombre de la vía:	Tramo:
Realizado por:	Edwin E. Chaves Reyes.
PANEL FOTOGRÁFICO	
DESCRIPCION	
COMENTARIOS	

Nota. Elaboración propia

Hoja de registro de método PCI

Nota. Elaboración propia

107

Hoja de registro del método VIZIR

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO													
HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES MEDIANTE VIZIR													
Nombre del/a:						Tramo:							
Fecha:						Unidad de muestreo:							
Realizado por: Edmundo Chaves Reyes						Área de muestreo:							
FALLAS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES					NVL DE GRAN.								
TIPO A 1. Ajustamiento (AHO) (m) 2. Depresión o hundimientos longitudinales (DL) (m) 3. Depresión o hundimientos transversales (DT) (m) 4. Fisuras longitudinales por fatiga (FLF) (m) 5. Fisuras de tipo de cocodrilo (FPCI) (m) 6. Baches y zanjas reparadas (BZR) (m)					Baja		1						
					Media		2						
					Alta		3						
					Baja		Buena						
3-4		Regular											
5-7		Mala											
ESQUEMA													
PANEL FOTOGRÁFICO													
FALLAS EXISTENTES EN LA UNIDAD DE MUESTREO Y CÁLCULO DEL VIZIR													
Cálculo del Índice de Flexión (IF)													
Fisuras Longitudinales por Fatiga (FLF)					IF 1	Fisuras de Tipo de Cocodrilo (FPCI)					IF 2	IF	
Long. (m)	% de Extensión de Longitud	C/D	Grav. Calc. (C/D)	Grav. Definido		Long. (m)	% de Extensión de Longitud	C/D	Grav. Calc. (C/D)	Grav. Definido			
-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0	0	
-	-	-	-	-		-	-	-	-	-			-
-	-	-	-	-		-	-	-	-	-			-
Cálculo del Índice de Deformación (ID)					Cálculo de Corrección por reparación								
Ajustamiento y otros Deformaciones Estructurales (AH, DL, DT)					ID	Baches y Zanjas Reparadas (BZR)					Corrección		
Long. (m)	% de Extensión de Longitud	C/D	Grav. Calc. (C/D)	Grav. Definido		Long. (m)	% de Extensión de Longitud	C/D	Grav. Calc. (C/D)	Grav. Definido			
-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-		-	-	-	-	-		-	
-	-	-	-	-		-	-	-	-	-		-	
Índice de Deterioro Superficial (IS superficial)					Índice de Deterioro Superficial (IS final)					CATEGORÍA			
1					1					BUENO			

Nota. Elaboración propio

3.5 Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	MÉTODOS/ TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Problema General ¿Qué tan factible sería plantear una propuesta de mejora para la serviciabilidad de la avenida Baltazar de La Rosa realizando una evaluación superficial de su pavimento flexible, distrito de Huacho, Lima-2023? Problemas Específicos ▪ ¿Cuáles son los tipos de fallas superficiales en el pavimento flexible de la avenida Baltazar de La Rosa del distrito de Huacho, Lima-2023? ▪ ¿Cuál es el estado de conservación de la avenida Baltazar de La Rosa del distrito de Huacho, Lima-2023, aplicando los métodos PCI y VIZIR? ▪ ¿Qué consideraciones debe tener una propuesta de mejora para la serviciabilidad de la avenida Baltazar de La Rosa, distrito de Huacho, Lima -2023?	Objetivo General Planteamiento de una propuesta de mejora para la serviciabilidad de la avenida Baltazar de La Rosa realizando una evaluación superficial de su pavimento flexible, distrito de Huacho. Lima-2023. Objetivos Específicos ▪ Identificación de los tipos de fallas superficiales en el pavimento flexible de la avenida Baltazar de La Rosa del distrito de Huacho, Lima-2023. ▪ Aplicación de los métodos PCI y VIZIR para determinar el estado de conservación de la avenida Baltazar de La Rosa del distrito de Huacho, Lima-2023. ▪ Identificación de las consideraciones que debe tener una propuesta de mejora para la serviciabilidad de la avenida Baltazar de La Rosa del distrito de Huacho, Lima-2023.	Hipótesis General Planificar una propuesta de mejora para la serviciabilidad de la avenida Baltazar de La Rosa realizando una evaluación superficial de su pavimento flexible, es altamente factible Avenida Baltazar de La Rosa hasta Panamericana Norte (Pista Auxiliar) – Huacho 2023. Hipótesis Específicas ▪ Los tipos de fallas superficiales en el pavimento flexible de la Avenida Baltazar de La Rosa hasta Panamericana Norte (Pista Auxiliar) – Huacho 2023. ▪ Con el método PCI y VIZIR se determina que el estado de conservación es malo en la Avenida Baltazar de La Rosa hasta Panamericana Norte (Pista Auxiliar) – Huacho 2023. ▪ Las consideraciones que debe tener la propuesta son en base a la calidad que se quiere ofrecer a los transeúntes; de esta manera se mejora la serviciabilidad del pavimento de la Avenida Baltazar de La Rosa hasta Panamericana Norte (Pista Auxiliar) – Huacho 2023.	Variables Variable Independiente (X): X: Evaluación del pavimento flexible aplicando las metodologías PCI y VIZIR. Variable dependiente (Y): Y: Propuesta de mejora del pavimento en la Av. Baltazar de La Rosa – Huacho. Indicadores: Evaluación del pavimento flexible aplicando las metodologías PCI y VIZIR.: ▪ Cálculo del PCI y VIZIR ▪ Parámetros según el pavimento flexible. (tipo-severidad-rango de extensión) ▪ Condición del pavimento Propuesta de mejora de la serviciabilidad de la Av. Baltazar de La Rosa – Huacho: ☐ Señales de tránsito ☐ Semaforización	Tipo de investigación La investigación es de tipo aplicada, ya que se propone plantear una comparación más dinámica para la determinación de la condición del estado del pavimento flexible utilizando las metodologías VIZIR y PCI para obtener índices que ayuden a evaluar esta condición del pavimento. Diseño de investigación El diseño de esta investigación es longitudinal, ya transcurre en un determinado momento, donde se puede tomar muestras para su posterior análisis. Por ello en esta investigación conoceremos el nivel de serviciabilidad actual de la avenida Baltazar de La Rosa, con objetivo de desarrollar una propuesta de mejora que asegure una corrección de las fallas en la vía. El Tipo de Diseño es cuasi-experimental,, ya que si bien se propone intervenir en una sección del pavimento, no se cuenta con la posibilidad de controlar todas las variables externas que podrían afectar los resultados. Técnicas: ▪ Análisis documental. ▪ Control de las variables del proceso.	Se usará como instrumento el Manual de Dispositivos de Control del tránsito automotor para calles y carreteras.

