

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL: INGENIERÍA CIVIL



Tesis

**Evaluación mediante la metodología Pavement Condition Index y propuesta de
mejoramiento superficial del pavimento rígido en la Av. Brilla el Sol, Abancay -
Apurímac, 2024.**

Asesor:

Ph.D. Vásquez Ramírez Abbon Alex

Autor:

Salazar Ugarte Critcia Lucera

Para optar el Título Profesional de: Ingeniero Civil

Abancay – Apurímac – Perú

2026



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

Acta N°: 029

En la ciudad de Abancay, a los **treinta** (30) días del mes de junio del 2026, siendo las 4:00 pm horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral N° 0509-2026-EPIC-FI-UTEA-SA de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería:

Presidente :	Mag. MALDONADO MENDÍVIL, Ángel
Dictaminante :	Dra. VERA TEVES, Rosa Marina
Replicante :	Mag. LEGUÍA VALVERDE, Willy Silvestre

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

☒ Tesis

☐ Trabajo de suficiencia profesional

Titulada: ***Evaluación mediante la metodología Pavement Condition Index y propuesta de mejoramiento superficial del pavimento rígido en la Av. Brilla el Sol, Abancay Apurímac, 2024.***

Desarrollado por el (los) Bachiller (es):

Br.: **SALAZAR UGARTE, Critcia Lucera**

Para optar el Tituló Profesional de:

Ingeniero Civil

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) (los) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) APROBADO(S) ☒ o DESAPROBADO(S) ☐:

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller	Nota	Detalle (**)
SALAZAR UGARTE, Critcia Lucera	13	APROBADO

Siendo las 17:17 horas concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: Mag. MALDONADO MENDÍVIL, Ángel

(.....)

Dictaminante: Dra. VERA TEVES, Rosa Marina

(.....)

Replicante: Mag. LEGUÍA VALVERDE, Willy Silvestre

(.....)

Nota: Desaprobado: 0-10; Aprobado: 11-20

(**): 0 a 10: Desaprobado, 11 a 15: Aprobado, 16 a 18: Aprobado Notable, 19 y 20: Aprobado con Distinción, Art. 18 RGGAT.

23% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 23%  Fuentes de Internet
- 5%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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.

Metadatos

Datos del Autor		
Apellidos y Nombres		Salazar Ugarte Critcia Lucera
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Numero de Documento de Identidad:	:	70797282
URL ORCID	:	https://orcid.org/0009-0001-2841-274X
Datos del Asesor		
Apellidos y Nombres:	:	Ph. D Vásquez Ramírez Abbon Alex
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Numero de Documento de Identidad:	:	06532658
URL ORCID	:	https://orcid.org/0000-0001-7299-5367
Datos de la Investigación		
Facultad	:	Ingeniería
Escuela profesional	:	Ingeniería civil
Línea de investigación	:	Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible
Rango de años en que se realizó la investigación	:	2024
Fuente de financiamiento	:	Autofinanciado
Porcentaje de similitud		23 %
URL de OCDE		https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01

Dedicatoria

A Dios, por concederme fortaleza, salud y sabiduría para culminar este camino.

A mis padres, por su amor y apoyo incondicional, que han constituido el principal sostén en mi desarrollo personal y académico.

A mi pareja, por su comprensión y motivación constante.

A mi hijo, Niels Kaleph, mi mayor inspiración; este logro también es tuyo.

A mi asesor y a mi universidad, por su orientación y formación académica.

Salazar Ugarte Critcia Lucera.

Agradecimiento

A Dios, por concederme fortaleza, salud y sabiduría para culminar esta importante etapa de mi vida y acompañarme en cada momento de este camino.

A mis padres, por su amor, sacrificio y apoyo incondicional, siendo el principal sostén en mi desarrollo personal y académico, y por brindarme siempre la confianza necesaria para seguir adelante.

A mi pareja, por su comprensión, paciencia y motivación constante durante el desarrollo de esta investigación.

A mi hijo, Niels Kaleph, quien es mi mayor inspiración y la razón que impulsa cada uno de mis esfuerzos; este logro también es tuyo.

Asimismo, expreso mi agradecimiento a mi asesor y a la Universidad Tecnológica de los Andes, por la orientación, enseñanza y formación académica brindada durante mi formación profesional.

Salazar Ugarte Critcia Lucera

Resumen

La presente tesis tuvo como objetivo evaluar el estado superficial del pavimento rígido mediante la aplicación de la metodología Pavement Condition Index (PCI), con la finalidad de proponer alternativas de mejoramiento superficial orientadas a recuperar la funcionalidad y serviciabilidad de la vía. La investigación presentó un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, nivel descriptivo y diseño no experimental. La evaluación superficial se realizó mediante inspección visual directa en 12 unidades de muestreo distribuidas a lo largo del tramo evaluado, empleándose la ficha de evaluación PCI conforme a los procedimientos establecidos en la norma ASTM D6433. Durante la inspección se identificaron deterioros superficiales como grietas longitudinales, grietas transversales, despostillamiento de juntas, pulimento superficial y parches deteriorados. Los resultados obtenidos evidenciaron un valor promedio del Índice de Condición del Pavimento (PCI) de 45.33, clasificando el pavimento rígido en condición regular. Asimismo, se identificaron sectores en condición mala y muy mala, evidenciándose la necesidad de ejecutar actividades de mantenimiento preventivo y correctivo. Finalmente, se concluyó que la metodología PCI permitió evaluar objetivamente la condición funcional del pavimento rígido y formular propuestas técnicas de mantenimiento superficial orientadas a prolongar la vida útil del pavimento y mejorar las condiciones de transitabilidad vehicular.

Palabras clave: Pavement Condition Index (PCI), pavimento rígido, evaluación superficial, deterioros del pavimento, conservación vial.

Abstract

The objective of this research was to evaluate the surface condition of rigid pavement through the application of the Pavement Condition Index (PCI) methodology, in order to propose surface improvement alternatives aimed at restoring the functionality and serviceability of the roadway. The research adopted a quantitative approach, applied type, descriptive level, and non-experimental design. The surface evaluation was carried out through direct visual inspection in 12 sampling units distributed along the evaluated section, using the PCI evaluation sheet according to the procedures established in ASTM D6433. During the inspection, surface distresses such as longitudinal cracks, transverse cracks, joint spalling, surface polishing, and deteriorated patches were identified. The results showed an average Pavement Condition Index (PCI) value of 45.33, classifying the rigid pavement as being in regular condition. Likewise, sections in poor and very poor condition were identified, evidencing the need to implement preventive and corrective maintenance activities. Finally, it was concluded that the PCI methodology allowed an objective evaluation of the functional condition of the rigid pavement and the formulation of technical surface maintenance proposals aimed at extending the pavement service life and improving vehicular traffic conditions.

Key words: Pavement Condition Index (PCI), rigid pavement, surface evaluation, pavement deterioration, road maintenance.

Índice general

Portada	i
Acta de sustentación	ii
Reporte de similitud	iii
Metadatos	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento	vi
Resumen	vii
Abstract.....	viii
Índice general	ix
Índice de tablas	xi
Índice de figuras	xii
Índice de anexos	xiii
I. Introducción	14
II. Planteamiento del Problema.....	17
2.1. Descripción y formulación del problema.....	17
2.2. Objetivos.....	19
2.2.1. Objetivo General	19
2.2.2. Objetivos Específicos	19
2.3. Justificación e importancia	20
2.4. Hipótesis	22

2.5.	Variables	22
III.	Marco Teórico.....	24
3.1.	Antecedentes.....	24
3.2.	Bases teóricas.....	29
3.3.	Definición de términos.....	40
IV.	Metodología.....	44
4.1.	Tipo y nivel de investigación.....	44
4.2.	Ámbito temporal y espacial	45
4.3.	Población y muestra.....	46
4.4.	Instrumentos	47
4.5.	Procedimientos.....	49
4.6.	Análisis de datos.	50
4.7.	Consideraciones Éticas	51
V.	Resultados y discusión.....	53
VI.	Conclusiones.....	68
VII.	Recomendaciones.....	70
VIII.	Referencias	71
IX.	Anexos.....	74

Índice de tablas

Tabla 1	Operacionalización de las variables	23
Tabla 2	Comparación entre métodos de evaluación de pavimentos.....	39
Tabla 3	Valores PCI obtenidos por unidad de muestreo	54
Tabla 4	Estadísticos descriptivos del PCI.....	55
Tabla 5	Tipos de deterioro identificados en el pavimento rígido	60
Tabla 6	Severidad predominante de deterioros	62
Tabla 7	Propuesta técnica de mejoramiento superficial	64

Índice de figuras

Figura 1	Estado funcional del pavimento rígido	30
Figura 2	Niveles de severidad de deterioros.....	33
Figura 3	Densidad de deterioros en pavimento rígido	34
Figura 4	Mantenimiento superficial del pavimento rígido	35
Figura 5	Rehabilitación superficial del pavimento rígido	36
Figura 6	Ubicación geográfica del área de estudio	46
Figura 7	Clasificación funcional del pavimento rígido	55
Figura 8	Estado funcional del pavimento rígido evaluado	59
Figura 9	Frecuencia de deterioros identificados.....	61
Figura 10	Nivel de severidad de deterioros	63
Figura 11	Actividades propuestas de mejoramiento superficial	65

Índice de anexos

Anexos 1 Matriz de consistencia.....	75
Anexos 2 Operacionalización de las variables	77
Anexos 3 Panel Fotográfico de los principales deterioros superficiales del pavimento rígido identificados mediante la metodología PCI	78
Anexos 4 Declaración jurada de originalidad de trabajo de tesis.....	81
Anexos 5 Ficha de recolección de datos - PCI.....	82

I. Introducción

La infraestructura vial constituye uno de los componentes fundamentales para el desarrollo económico y social de una ciudad, debido a que permite garantizar la movilidad vehicular, el acceso a servicios y la conectividad urbana. En este contexto, los pavimentos rígidos desempeñan una función importante dentro del sistema vial, ya que proporcionan resistencia estructural, durabilidad y adecuadas condiciones de transitabilidad. Sin embargo, el deterioro progresivo ocasionado por el tránsito vehicular, condiciones climáticas y ausencia de mantenimiento preventivo afecta significativamente la funcionalidad y serviciabilidad de las vías urbanas.

En la Av. Brilla el Sol, ubicada en el distrito de Abancay, departamento de Apurímac, se evidencian diferentes deterioros superficiales en el pavimento rígido, tales como grietas longitudinales, grietas transversales, despostillamiento de juntas, pulimento superficial y parches deteriorados, los cuales afectan progresivamente la seguridad y comodidad de circulación vehicular. Frente a esta problemática, resulta necesario realizar evaluaciones técnicas que permitan determinar objetivamente el estado funcional del pavimento y establecer propuestas adecuadas de mejoramiento superficial.

En ese sentido, la presente tesis titulada “Evaluación mediante la metodología Pavement Condition Index (PCI) y propuesta de mejoramiento superficial del pavimento rígido en la Av. Brilla el Sol, Abancay – Apurímac, 2024” tuvo como finalidad evaluar el estado superficial del pavimento rígido mediante la aplicación de la metodología Pavement Condition Index (PCI), conforme a los procedimientos técnicos establecidos en la norma ASTM D6433.

La metodología PCI constituye una herramienta técnica ampliamente utilizada en la gestión y conservación de pavimentos rígidos y flexibles mediante inspecciones visuales sistemáticas, permitiendo identificar deterioros, severidad y densidad de fallas presentes en la estructura del pavimento. Según Augusto Bernal Torres (2020), la investigación científica permite estudiar y analizar objetivamente una problemática mediante procedimientos sistemáticos y métodos técnicos orientados a generar conocimiento aplicable. Asimismo, Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018) señalan que el enfoque cuantitativo utiliza la recolección y análisis de datos numéricos para describir fenómenos y sustentar objetivamente los resultados obtenidos.

La investigación presentó un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, nivel descriptivo y diseño no experimental, empleándose la metodología Pavement Condition Index (PCI) para la evaluación superficial del pavimento rígido mediante inspecciones visuales directas y aplicación de fichas técnicas conforme a los procedimientos establecidos en la norma ASTM D6433.

La investigación adquiere relevancia técnica y social debido a que contribuirá al mejoramiento de la infraestructura vial urbana del distrito de Abancay, permitiendo optimizar las condiciones de transitabilidad y seguridad vehicular mediante la identificación objetiva del estado funcional del pavimento rígido y la formulación de propuestas adecuadas de mantenimiento superficial.

La estructura de la investigación se encuentra organizada en nueve secciones principales. En la primera sección se desarrolla la introducción de la investigación. En la segunda sección se presenta el planteamiento del problema, formulación del problema, objetivos, hipótesis y justificación del estudio. En la tercera sección se desarrolla el marco

teórico, antecedentes, bases teóricas y definición de términos básicos relacionados con pavimentos rígidos y metodología PCI. En la cuarta sección se presenta la metodología de investigación, incluyendo tipo y nivel de investigación, población, muestra, técnicas, instrumentos, procedimientos y análisis de datos. En la quinta sección se presentan los resultados obtenidos mediante la evaluación superficial del pavimento rígido, así como la contrastación de hipótesis y discusión de resultados. En la sexta sección se desarrollan las conclusiones derivadas de la investigación. En la séptima sección se presentan las recomendaciones orientadas al mantenimiento y mejoramiento superficial del pavimento rígido. En la octava sección se incluyen las referencias bibliográficas utilizadas en el estudio y, finalmente, en la novena sección se presentan los anexos correspondientes a la investigación.

De esta manera, la investigación busca contribuir técnicamente a la conservación y mejoramiento de la infraestructura vial urbana del distrito de Abancay.

II. Planteamiento del Problema

2.1. Descripción y formulación del problema

La infraestructura vial urbana constituye un componente fundamental para el desarrollo económico y social de las ciudades, debido a que garantiza la conectividad, accesibilidad y transitabilidad vehicular de la población. Sin embargo, el crecimiento del tránsito vehicular, el envejecimiento de los materiales y la limitada ejecución de actividades de conservación vial han generado un progresivo deterioro funcional en numerosos pavimentos urbanos. En ese contexto, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2023) señala que gran parte de las vías urbanas presentan deterioros superficiales ocasionados por la ausencia de mantenimiento preventivo y correctivo oportuno.

A nivel nacional, el deterioro progresivo de los pavimentos rígidos representa una problemática técnica recurrente, debido a que las fallas superficiales afectan directamente la serviciabilidad, seguridad vial y durabilidad de la infraestructura. Asimismo, la presencia de grietas, despostillamientos y deformaciones superficiales incrementa los costos de operación vehicular, reduce las condiciones de confort para los usuarios y favorece la infiltración de agua hacia las capas inferiores del pavimento, acelerando el proceso de degradación estructural.

En la región Apurímac, específicamente en la Avenida Brilla el Sol del distrito de Abancay, se evidencian diversos deterioros superficiales en el pavimento rígido, entre ellos grietas longitudinales, grietas transversales, despostillamiento de juntas, pulimento superficial y parches deteriorados, los cuales afectan las condiciones funcionales de la vía y disminuyen progresivamente su vida útil.

La ausencia de intervenciones oportunas de conservación vial puede ocasionar el incremento de fallas superficiales y estructurales, generando mayores costos de rehabilitación y reduciendo la capacidad funcional del pavimento. Por ello, resulta necesario realizar un diagnóstico técnico del estado funcional de la vía mediante procedimientos estandarizados que permitan identificar el tipo, severidad y densidad de los deterioros presentes en el pavimento rígido.

En ese contexto, la aplicación de la norma ASTM D6433 mediante el método Pavement Condition Index (PCI) constituye una herramienta técnica confiable para el análisis funcional de pavimentos rígidos, debido a que permite efectuar una inspección superficial objetiva y determinar cuantitativamente la condición del pavimento mediante criterios normalizados. Por consiguiente, la presente investigación busca evaluar la condición funcional del pavimento rígido de la Avenida Brilla el Sol y formular propuestas de mejoramiento superficial orientadas a recuperar la serviciabilidad de la vía y prolongar la vida útil de la infraestructura vial.

Problema general.

¿De qué manera la evaluación mediante la metodología Pavement Condition Index (PCI) permite proponer el mejoramiento superficial del pavimento rígido en la Av. Brilla el Sol, distrito de Abancay - Apurímac, 2024?

Problemas Específicos.

- ¿Cuál es el estado actual del pavimento rígido mediante la metodología PCI en la Av. Brilla el Sol, distrito de Abancay - Apurímac, 2024?
- ¿Cuáles son los principales tipos de deterioro presentes en el pavimento rígido evaluado mediante la metodología PCI en la Av. Brilla el Sol, distrito de Abancay - Apurímac, 2024?

- ¿Cuál es el nivel de severidad y densidad de los deterioros identificados mediante la metodología PCI en la Av. Brilla el Sol, distrito de Abancay - Apurímac, 2024?
- ¿Qué propuesta de mejoramiento superficial corresponde según la condición funcional del pavimento rígido evaluado mediante la metodología PCI en la Av. Brilla el Sol, distrito de Abancay - Apurímac, 2024?

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo General

Evaluar mediante la metodología Pavement Condition Index (PCI) el estado del pavimento rígido para proponer el mejoramiento superficial en la Av. Brilla el Sol, distrito de Abancay - Apurímac, 2024.

2.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar el estado actual del pavimento rígido mediante la metodología Pavement Condition Index (PCI) en la Av. Brilla el Sol, distrito de Abancay - Apurímac, 2024.
- Identificar los principales tipos de deterioro presentes en el pavimento rígido mediante la metodología Pavement Condition Index (PCI) en la Av. Brilla el Sol, distrito de Abancay - Apurímac, 2024.
- Evaluar el nivel de severidad y densidad de los deterioros identificados mediante la metodología Pavement Condition Index (PCI) en la Av. Brilla el Sol, distrito de Abancay - Apurímac, 2024.
- Proponer el mejoramiento superficial según la condición funcional del pavimento rígido evaluado mediante la metodología Pavement Condition Index (PCI) en la Av. Brilla el Sol, distrito de Abancay - Apurímac, 2024.

2.3. Justificación e importancia

Justificación

La presente tesis se justifica teóricamente porque permitirá fortalecer el conocimiento técnico relacionado con la evaluación funcional de pavimentos rígidos mediante la metodología Pavement Condition Index (PCI), considerada una herramienta técnica estandarizada para la gestión, conservación y mantenimiento vial. Según ASTM International (2023), el método PCI permite evaluar objetivamente la condición superficial de los pavimentos mediante la identificación de deterioros, niveles de severidad y densidad de fallas presentes en la infraestructura vial.

Asimismo, la tesis contribuirá al desarrollo de estudios relacionados con evaluación funcional de pavimentos rígidos y conservación vial urbana, proporcionando información técnica aplicable a vías urbanas con características similares a las de la ciudad de Abancay. En ese sentido, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2023) señala que las actividades de conservación vial permiten preservar las condiciones de serviciabilidad y prolongar la vida útil de la infraestructura vial.

Desde el enfoque metodológico, la tesis se justifica por la aplicación de la metodología Pavement Condition Index (PCI), establecida en la norma ASTM D6433-23, la cual permite desarrollar evaluaciones técnicas, sistemáticas y reproducibles del estado funcional de pavimentos rígidos mediante inspecciones visuales estandarizadas. La aplicación de esta metodología permitirá identificar los principales deterioros presentes en el pavimento rígido de la Av. Brilla el Sol, así como evaluar el nivel de severidad y densidad de las fallas identificadas, obteniéndose valores PCI que permitan clasificar objetivamente la condición funcional del pavimento y formular propuestas de mejoramiento superficial.

La presente tesis posee importancia práctica porque permitirá conocer el estado funcional actual del pavimento rígido de la Av. Brilla el Sol, identificando las principales patologías superficiales que afectan su serviciabilidad y transitabilidad vehicular. Los resultados obtenidos servirán como base técnica para formular propuestas de mantenimiento y mejoramiento superficial orientadas a recuperar las condiciones funcionales de la vía y reducir el deterioro progresivo del pavimento rígido.

Socialmente, la tesis beneficiará a la población usuaria de la Av. Brilla el Sol, debido a que un pavimento en adecuadas condiciones funcionales contribuye a mejorar la seguridad vial, reducir riesgos de accidentes, optimizar la movilidad urbana y disminuir costos de operación vehicular. Asimismo, la ejecución de actividades de mantenimiento superficial permitirá mejorar las condiciones de transitabilidad vehicular y peatonal en la zona de estudio.

Importancia

La importancia de la presente tesis radica en que permitirá aplicar la metodología Pavement Condition Index (PCI) como una herramienta técnica confiable para evaluar objetivamente la condición funcional del pavimento rígido de la Av. Brilla el Sol, distrito de Abancay. La aplicación de esta metodología permitirá identificar el tipo de deterioro, severidad y densidad de fallas presentes en la superficie de rodadura, proporcionando información técnica necesaria para la formulación de propuestas de mantenimiento y mejoramiento superficial.

Asimismo, la investigación posee importancia técnica, académica y social, debido a que los resultados obtenidos podrán servir como referencia para futuras investigaciones relacionadas con conservación vial urbana y gestión de pavimentos rígidos en la región Apurímac. Del mismo modo, contribuirá a mejorar las condiciones de transitabilidad, seguridad vial y serviciabilidad del pavimento rígido evaluado, favoreciendo una

adecuada toma de decisiones respecto al mantenimiento y conservación de la infraestructura vial urbana.

2.4. Hipótesis

Hipótesis general

La aplicación de la metodología PCI permitirá identificar una condición funcional regular del pavimento rígido y formular propuestas de mejoramiento superficial técnicamente adecuadas para la Av. Brilla el Sol, distrito de Abancay - Apurímac, 2024.

Hipótesis específicas

- El estado actual del pavimento rígido puede ser analizado mediante la metodología Pavement Condition Index (PCI) en la Av. Brilla el Sol, distrito de Abancay - Apurímac, 2024.
- Los principales tipos de deterioro presentes en el pavimento rígido pueden ser identificados mediante la metodología Pavement Condition Index (PCI) en la Av. Brilla el Sol, distrito de Abancay - Apurímac, 2024.
- El nivel de severidad y densidad de los deterioros identificados puede ser evaluado mediante la metodología Pavement Condition Index (PCI) en la Av. Brilla el Sol, distrito de Abancay - Apurímac, 2024.
- El mejoramiento superficial puede ser propuesto según la condición funcional del pavimento rígido evaluado mediante la metodología Pavement Condition Index (PCI) en la Av. Brilla el Sol, distrito de Abancay - Apurímac, 2024.

2.5. Variables

Variable Independiente:

Metodología Pavement Condition Index (PCI)

Variable Dependiente:

Mejoramiento superficial del pavimento rígido

Tabla 1*Operacionalización de las variables*

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Instrumento
Variable Independiente: Metodología Pavement Condition Index (PCI)	La metodología Pavement Condition Index (PCI) es un procedimiento técnico estandarizado utilizado para evaluar la condición funcional de pavimentos mediante la identificación de deterioros superficiales, severidad y densidad de fallas presentes en la estructura vial (ASTM International, 2023).	La variable será evaluada mediante inspección visual directa del pavimento rígido, identificando los tipos de deterioro, nivel de severidad y densidad de fallas presentes en las unidades de muestreo, de acuerdo con el procedimiento establecido en la norma ASTM D6433-23 para el cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI).	Estado del pavimento	Valor PCI	Ficha de inspección PCI
			Tipos de deterioro	Grietas longitudinales y transversales	
				Parches deteriorados	
				Grietas de retracción	
				Despostillamientos	
			Severidad de deterioros	Nivel de severidad (baja, media y alta)	
			Densidad de deterioros	Porcentaje de densidad de deterioro	
Variable Dependiente: Mejoramiento superficial del pavimento rígido	El mejoramiento superficial del pavimento rígido comprende el conjunto de actividades técnicas orientadas a recuperar las condiciones funcionales y de serviciabilidad del pavimento mediante tratamientos de mantenimiento y conservación vial (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2023).	La variable será evaluada mediante el análisis de la condición funcional del pavimento rígido a partir de los valores PCI obtenidos, permitiendo formular propuestas técnicas de mejoramiento superficial de acuerdo con el nivel de deterioro identificado en la vía evaluada.	Mantenimiento superficial	Sellado de grietas	Manual de conservación vial (MTC)
				Reparación de juntas	
				Parchado superficial	
			Rehabilitación superficial	Reemplazo parcial de losas	Propuesta técnica de mejoramiento superficial
				Recuperación de serviciabilidad	

Nota. La presente tabla de operacionalización de variables fue elaborada considerando los criterios técnicos de evaluación del Pavement Condition Index (PCI) establecidos por ASTM International (2023) y los lineamientos del Manual de Conservación Vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2023). Elaboración propia.

III. Marco Teórico

3.1. Antecedentes

3.1.1. Internacionales

Pérez Acosta (2021), en la investigación titulada “Diagnóstico de pavimentos mediante el método PCI y análisis de la influencia del mal estado de la vía con relación al número de accidentes presentados en la Av. La Victoria entre calle 37 Sur y calle 27A Sur”, desarrollada en la Universidad Católica de Colombia, tuvo como objetivo evaluar la condición funcional del pavimento mediante la metodología Pavement Condition Index (PCI), conforme a la norma ASTM D6433. La investigación se desarrolló mediante inspección visual directa, identificando deterioros superficiales, severidad y densidad de fallas presentes en la vía. Los resultados permitieron determinar el estado del pavimento y establecer criterios técnicos para actividades de mantenimiento y conservación vial. El autor concluyó que la metodología PCI constituye una herramienta confiable para la evaluación objetiva de pavimentos urbanos y la toma de decisiones en gestión vial.

Baque Solís (2020), en la investigación titulada “Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método PCI de la carretera Puerto–Aeropuerto (Tramo II), Manta, provincia de Manabí”, desarrollada en Ecuador, tuvo como finalidad diagnosticar el estado funcional del pavimento mediante la metodología PCI. La evaluación se realizó mediante inspección visual y registro técnico de deterioros superficiales presentes en la vía. Los resultados permitieron clasificar el pavimento según rangos PCI e identificar fallas predominantes como grietas longitudinales, grietas transversales y parches deteriorados. El autor concluyó que la metodología PCI constituye una herramienta eficiente para establecer estrategias de mantenimiento y conservación vial.

Zuluaga Astudillo (2015), investigador vinculado a la Escuela de Ingenieros Militares de Colombia, desarrolló estudios relacionados con evaluación y desempeño de pavimentos, orientados al análisis técnico y funcional de infraestructura vial. Sus investigaciones estuvieron enfocadas en metodologías de evaluación de pavimentos y criterios de conservación vial aplicados a estructuras de transporte. Los resultados de sus estudios evidenciaron la importancia de utilizar metodologías técnicas de evaluación superficial para optimizar la gestión del mantenimiento vial y prolongar la vida útil de los pavimentos.

Ruiz Acero y Gutiérrez Hortua (2022), en el estudio titulado “Evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI) mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG): Aplicación en el tramo Cajicá–Tabio”, desarrollado en la Universidad Militar Nueva Granada de Colombia, tuvieron como objetivo evaluar el estado funcional del pavimento mediante la metodología PCI y herramientas SIG. La investigación integró inspección visual y análisis geoespacial para identificar sectores con mayor deterioro superficial. Los resultados permitieron establecer niveles de deterioro y prioridades de mantenimiento vial. Los autores concluyeron que el método PCI facilita la gestión eficiente de pavimentos y optimiza la toma de decisiones en infraestructura vial.

Álvarez Rodríguez (2021), en la investigación titulada “Evaluación del estado del pavimento mediante el método PCI en vías urbanas de la parroquia Ximena”, desarrollada en la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador, tuvo como objetivo evaluar la condición superficial del pavimento rígido mediante la metodología PCI. La investigación utilizó inspección visual directa para identificar deterioros, severidad y densidad de fallas presentes en la vía. Los resultados permitieron determinar el nivel de deterioro superficial y establecer propuestas de mantenimiento preventivo y correctivo. La autora concluyó

que el PCI constituye una metodología eficiente y objetiva para la evaluación funcional de pavimentos urbanos.

3.1.2. Nacionales

Solís Ortiz (2020), en la investigación titulada “Evaluación del pavimento rígido aplicando el método PCI en la Av. Confraternidad Internacional Este, distrito y provincia de Huaraz – Áncash – 2020”, tuvo como objetivo evaluar el estado superficial del pavimento rígido mediante la metodología Pavement Condition Index (PCI). La metodología empleada fue de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo y diseño no experimental, utilizando inspecciones visuales basadas en la norma ASTM D6433. Los resultados evidenciaron la presencia de fallas como grietas de esquina, grietas lineales y blow up, obteniéndose diferentes niveles de deterioro en las losas evaluadas. Finalmente, concluyó que el método PCI permite identificar de manera objetiva el estado funcional del pavimento y constituye una herramienta técnica adecuada para la planificación del mantenimiento vial.

Silva Gonzáles (2019), en la investigación titulada “Evaluación superficial del pavimento rígido por el método PCI en la calle Dos de Mayo – Jaén – Cajamarca”, tuvo como objetivo determinar el nivel de deterioro superficial del pavimento rígido mediante la metodología PCI. La metodología fue cuantitativa, descriptiva y no experimental, aplicándose inspecciones visuales y clasificación de fallas conforme a la norma ASTM D6433. Los resultados identificaron grietas transversales, despostillamientos y pulimento superficial, clasificando sectores del pavimento en condición regular y mala. Finalmente, concluyó que el método PCI constituye una herramienta confiable para la conservación y rehabilitación vial.

De la Cruz Espinoza y Oriundo Núñez (2020), en la investigación titulada “Evaluación superficial del pavimento rígido aplicando el método Pavement Condition

Index (PCI), en calles del distrito Jesús Nazareno – Huamanga – Ayacucho”, desarrollada en la Universidad César Vallejo, tuvieron como objetivo evaluar la condición superficial del pavimento rígido mediante la metodología PCI. La investigación presentó enfoque cuantitativo, diseño no experimental y nivel descriptivo, empleándose fichas de inspección visual para identificar tipos de deterioro, severidad y densidad de fallas presentes en la superficie de rodadura. Los resultados evidenciaron predominancia de grietas lineales, grietas de esquina, parchado y pulimento superficial asociados al tránsito vehicular y envejecimiento del concreto. Finalmente, concluyeron que el método PCI permite determinar objetivamente la condición funcional del pavimento y establecer estrategias adecuadas de mantenimiento y conservación vial.

Cieza Irigoín (2021), en la investigación titulada “Evaluación del estado del pavimento mediante el método Pavement Condition Index (PCI) del jirón Progreso de la ciudad de Cajamarca”, desarrollada en la Universidad Nacional de Cajamarca, tuvo como objetivo evaluar la condición funcional del pavimento mediante la metodología PCI y determinar la categoría de daño predominante en la vía evaluada. La metodología empleada fue cuantitativa, descriptiva y no experimental, realizándose inspecciones visuales para identificar deterioros superficiales, severidad y densidad de fallas presentes en el pavimento. Los resultados evidenciaron deterioros moderados asociados al desgaste progresivo de la superficie de rodadura y tránsito vehicular continuo. Finalmente, concluyó que la metodología PCI constituye una herramienta técnica confiable para evaluar objetivamente el estado funcional del pavimento y priorizar intervenciones de mantenimiento vial.

3.1.3. Regionales y locales

Atocsa Cruz (2024), en la investigación titulada “Evaluación superficial del pavimento rígido empleando la metodología del PCI en la avenida Núñez del distrito de

Abancay, provincia de Abancay, departamento de Apurímac – 2023”, tuvo como objetivo evaluar la condición superficial del pavimento rígido mediante la metodología Pavement Condition Index (PCI) en la avenida Núñez de la ciudad de Abancay. La metodología empleada fue de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo y diseño no experimental, aplicándose inspecciones visuales conforme a la norma ASTM D6433 para identificar tipos de deterioro, severidad y densidad de fallas presentes en las unidades de muestreo evaluadas. Los resultados evidenciaron deterioros como grietas longitudinales, grietas transversales, despostillamiento de juntas y desgaste superficial, obteniéndose valores PCI clasificados principalmente en estado regular. Finalmente, concluyó que la metodología PCI constituye una herramienta técnica confiable para determinar el estado funcional del pavimento rígido y establecer propuestas adecuadas de mantenimiento y conservación vial.

Espinoza León y Pocco Ramírez (2021), en la investigación titulada “Evaluación del estado de serviciabilidad de pavimento rígido para mantenimiento vial utilizando aplicación Roadroid con Smartphone - Avenida Andahuaylas - Andahuaylas - Apurímac 2021”, tuvieron como objetivo determinar el estado de serviciabilidad del pavimento rígido utilizando la aplicación Roadroid con Smartphone para establecer el tipo de mantenimiento vial en la avenida Andahuaylas del distrito y provincia de Andahuaylas. La metodología empleada fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo y diseño cuasi experimental, utilizando herramientas tecnológicas para la evaluación superficial del pavimento rígido. Los resultados evidenciaron deterioros funcionales asociados al tránsito vehicular y pérdida de serviciabilidad en la vía evaluada. Finalmente, concluyeron que la evaluación superficial mediante aplicaciones tecnológicas permite identificar el estado funcional del pavimento y establecer estrategias adecuadas de mantenimiento y conservación vial.

Llamccaya Talaverano (2023), en la investigación titulada “Variabilidad de resultados en la evaluación de las fallas superficiales del pavimento rígido para la mejora del tránsito vial en la Urb. Los Chancas, Abancay – Apurímac – 2023”, tuvo como objetivo evaluar las fallas superficiales del pavimento rígido para mejorar las condiciones de transitabilidad vehicular en la urbanización Los Chancas de la ciudad de Abancay. La metodología empleada fue de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo y diseño no experimental, aplicándose inspecciones visuales del pavimento rígido y evaluación de deterioros superficiales conforme a criterios técnicos de pavimentación. Los resultados evidenciaron la presencia de grietas longitudinales, fisuras transversales y deterioros superficiales asociados al envejecimiento del pavimento y al tránsito vehicular. Finalmente, concluyó que la evaluación superficial del pavimento rígido permite identificar técnicamente las fallas predominantes y establecer propuestas de mantenimiento y mejoramiento vial para optimizar la transitabilidad urbana.

3.2. Bases teóricas

3.2.1 Estado del pavimento rígido

El estado del pavimento rígido representa la condición funcional y superficial que presenta la infraestructura vial durante su periodo de servicio, considerando el nivel de deterioro, serviciabilidad y capacidad funcional de la superficie de rodadura. La evaluación del estado del pavimento permite identificar el grado de afectación generado por cargas vehiculares, envejecimiento del concreto, infiltración de agua y ausencia de mantenimiento preventivo.

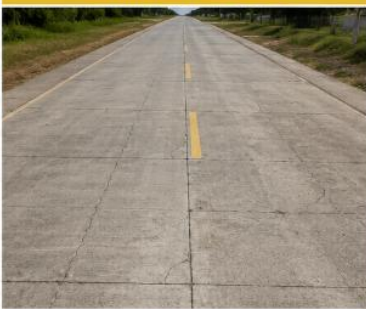
Según Vásquez Varela (2015), la evaluación funcional del pavimento constituye un procedimiento técnico orientado a determinar el nivel de serviciabilidad de la vía

mediante inspecciones visuales y análisis de deterioros superficiales presentes en la estructura vial.

Asimismo, ASTM International (2023) señala que la metodología Pavement Condition Index (PCI) permite determinar objetivamente la condición funcional del pavimento mediante inspecciones visuales estandarizadas, considerando deterioros superficiales, severidad y densidad de fallas presentes en las unidades de muestreo evaluadas.

Figura 1

Estado funcional del pavimento rígido

CONDICIÓN BUENA	CONDICIÓN REGULAR	CONDICIÓN DETERIORADO
		
• Superficie uniforme y lisa. • Sin grietas significativas. • Juntas en buen estado. • Sin desprendimientos ni parches. • Funcionalidad óptima.	• Grietas leves y aisladas. • Desgaste superficial moderado. • Juntas con deterioro parcial. • Pequeños desprendimientos o parches. • Funcionalidad aceptable.	• Grietas extensas y ramificadas. • Desprendimientos y baches. • Juntas severamente dañadas. • Parches deteriorados. • Funcionalidad deficiente.
ÍNDICE DE CONDICIÓN: 85 – 100 (BUENO)	ÍNDICE DE CONDICIÓN: 55 – 84 (REGULAR)	ÍNDICE DE CONDICIÓN: 0 – 54 (DETERIORADO)

Nota. La figura representa los estados funcionales del pavimento rígido según la condición superficial observada, considerando la clasificación técnica del índice de condición del pavimento. Adaptado de ASTM International (2023).

3.2.2. Tipos de deterioro en pavimentos rígidos

Los deterioros en pavimentos rígidos corresponden a fallas superficiales originadas por la acción repetitiva de cargas vehiculares, cambios térmicos, infiltración de agua, envejecimiento del concreto y ausencia de mantenimiento preventivo. La identificación adecuada de deterioros permite evaluar la condición funcional del pavimento y determinar las actividades de conservación vial requeridas.

Vásquez Varela (2015) sostiene que los deterioros superficiales constituyen indicadores directos del comportamiento funcional del pavimento, debido a que afectan progresivamente la serviciabilidad y transitabilidad vehicular.

Según ASTM International (2023), los principales deterioros presentes en pavimentos rígidos afectan directamente la seguridad vial, comodidad de circulación y vida útil de la infraestructura vial.

3.2.2.1 Grietas longitudinales y transversales

Las grietas longitudinales y transversales corresponden a discontinuidades lineales presentes en las losas de concreto originadas por contracción, fatiga y cargas repetitivas del tránsito vehicular. Estas fallas permiten el ingreso de agua y aceleran el deterioro progresivo del pavimento rígido (ASTM International, 2023).

3.2.2.2 Parches deteriorados

Los parches deteriorados corresponden a reparaciones superficiales que presentan desgaste, fisuración o pérdida de adherencia debido a deficiencias en trabajos previos de mantenimiento. Según Shahin (2005), este deterioro evidencia procesos de conservación vial inadecuados y afecta progresivamente la funcionalidad superficial del pavimento rígido.

3.2.2.3. Grietas de retracción

Las grietas de retracción corresponden a fisuras superficiales originadas por pérdida de humedad y contracción del concreto durante el proceso de fraguado y endurecimiento. Estas grietas afectan progresivamente la integridad superficial del pavimento rígido y favorecen la infiltración de agua hacia las capas inferiores (Huang, 2004).

3.2.4 Despostillamientos

El despostillamiento corresponde a la pérdida de fragmentos de concreto en bordes de juntas o grietas del pavimento rígido, generando pérdida de integridad funcional y deterioro superficial progresivo. Vásquez Varela (2015) señala que este deterioro se produce principalmente por acción repetitiva del tránsito vehicular, infiltración de agua y deterioro progresivo de juntas.

3.2.3. Severidad de deterioros

La severidad representa el nivel de afectación funcional que presenta un deterioro identificado en el pavimento rígido. La metodología PCI clasifica la severidad en baja, moderada y alta, permitiendo determinar el grado de intervención requerido para conservar las condiciones funcionales del pavimento.

Según Vásquez Varela (2015), la severidad de los deterioros influye directamente en la pérdida progresiva de serviciabilidad del pavimento y constituye un parámetro fundamental para priorizar actividades de mantenimiento y conservación vial.

ASTM International (2023) establece criterios técnicos específicos para clasificar la severidad de los deterioros considerando dimensiones, apertura de grietas, pérdida de material y afectación funcional de la superficie de rodadura.

Figura 2

Niveles de severidad de deterioros

SEVERIDAD BAJA (Leve)	SEVERIDAD MODERADA (Media)	SEVERIDAD ALTA (Severa)
El deterioro está presente, pero afecta ligeramente la condición superficial y no compromete la funcionalidad del pavimento.	El deterioro es evidente y muestra pérdidas de material o fisuras que pueden afectar la durabilidad si no se atienden.	El deterioro es avanzado y compromete la integridad estructural y la funcionalidad del pavimento.
		
• Grietas finas y poco visibles. • Desgaste superficial leve. • Pérdida mínima de material. • No hay desprendimientos. • Mantiene buena funcionalidad.	• Grietas visibles y moderadas. • Desgaste superficial evidente. • Pequeños desprendimientos o parches. • Infiltración de agua posible. • Puede afectar la durabilidad a mediano plazo.	• Grietas extensas y ramificadas. • Desprendimientos y baches profundos. • Desgaste severo con pérdida de material. • Infiltración de agua y deterioro estructural. • Requiere intervención inmediata.

Nota. Adaptado de ASTM International (2023).

3.2.4. Densidad de deterioros

La densidad de deterioros corresponde al porcentaje de área afectada respecto al área total de la unidad de muestreo evaluada. Este parámetro permite cuantificar el grado de deterioro superficial presente en el pavimento rígido.

Según Vásquez Varela (2015), la densidad de fallas constituye uno de los principales parámetros utilizados en la metodología PCI debido a que permite medir cuantitativamente el nivel de afectación superficial del pavimento.

Asimismo, ASTM International (2023) señala que la densidad influye directamente en el cálculo de valores deductivos utilizados para determinar el Índice de Condición del Pavimento (PCI).

Figura 3

Densidad de deterioros en pavimento rígido



Nota. Adaptado de ASTM International (2023).

3.2.5. Mantenimiento superficial del pavimento rígido

El mantenimiento superficial comprende actividades orientadas a conservar las condiciones funcionales del pavimento rígido mediante intervenciones preventivas y correctivas de menor magnitud.

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2023), las actividades de mantenimiento superficial permiten reducir el deterioro progresivo del pavimento y prolongar la vida útil de la infraestructura vial.

Vásquez Varela (2015) sostiene que la ejecución oportuna de actividades de mantenimiento preventivo contribuye significativamente a preservar la serviciabilidad del pavimento y disminuir costos futuros de rehabilitación vial.

Entre las principales actividades de mantenimiento superficial se encuentran:

- sellado de grietas,
- reparación de juntas,
- parchado superficial,
- mantenimiento preventivo periódico.

Figura 4

Mantenimiento superficial del pavimento rígido



Nota. Adaptado del MTC (2023).

3.2.6. Rehabilitación superficial del pavimento rígido

La rehabilitación superficial comprende actividades orientadas a recuperar las condiciones funcionales y de serviciabilidad del pavimento rígido mediante intervenciones correctivas de mayor alcance.

Estas actividades se ejecutan cuando el pavimento presenta deterioros moderados y severos que afectan significativamente la transitabilidad vehicular.

Entre las principales actividades de rehabilitación superficial se encuentran:

- reemplazo parcial de losas,
- recuperación de serviciabilidad,
- reparación de sectores críticos,
- rehabilitación localizada.

Según Vásquez Varela (2015), la rehabilitación superficial permite recuperar parcialmente la funcionalidad del pavimento mediante reparaciones localizadas y tratamientos correctivos orientados a mejorar las condiciones de transitabilidad vehicular.

Asimismo, AASHTO (1993) señala que la serviciabilidad representa la capacidad funcional del pavimento para brindar seguridad, comodidad y adecuada circulación vehicular.

Figura 5

Rehabilitación superficial del pavimento rígido



Nota. Adaptado de AASHTO (1993).

3.2.6. Estudios comparativos entre el PCI y otros métodos de evaluación de pavimentos

El Pavement Condition Index (PCI) es una de las metodologías más utilizadas para evaluar la condición superficial de los pavimentos mediante inspecciones visuales; sin embargo, existen otros métodos de evaluación que permiten analizar el comportamiento funcional y estructural del pavimento desde diferentes enfoques. Entre los métodos más empleados se encuentran el International Roughness Index (IRI), el Present Serviceability Index (PSI), el método PASER y las metodologías AASHTO y PCA para diseño y evaluación vial.

Según Vásquez Varela (2015), el PCI presenta ventajas importantes debido a que permite identificar tipos de deterioro, severidad y densidad de fallas de manera objetiva mediante inspecciones visuales normalizadas. Asimismo, el PCI facilita la priorización de actividades de mantenimiento y conservación vial a partir de una clasificación numérica del estado del pavimento.

Por otro lado, el International Roughness Index (IRI) evalúa la rugosidad superficial del pavimento mediante mediciones de irregularidad longitudinal, permitiendo determinar el nivel de confort y serviciabilidad para los usuarios. A diferencia del PCI, el IRI no identifica directamente los tipos de deterioro presentes en el pavimento, sino que cuantifica las deformaciones superficiales de la vía (Sayers & Karamihas, 1998).

El Present Serviceability Index (PSI), desarrollado por la AASHTO, evalúa la serviciabilidad del pavimento considerando parámetros relacionados con confort de conducción, rugosidad y percepción del usuario. Este método se orienta principalmente al desempeño funcional del pavimento y no al análisis detallado de deterioros superficiales como ocurre con el PCI (AASHTO, 1993).

Asimismo, el método PASER (Pavement Surface Evaluation and Rating) utiliza una evaluación visual simplificada basada en escalas de calificación superficial del pavimento. Aunque presenta facilidad y rapidez en su aplicación, el PASER posee menor nivel de detalle técnico en comparación con la metodología PCI, especialmente en la identificación específica de fallas y severidad de deterioros (Walker, 2002).

En estudios comparativos desarrollados para evaluación funcional de pavimentos, diversos autores concluyen que el Pavement Condition Index (PCI) constituye uno de los métodos más completos y ampliamente utilizados para la evaluación superficial de pavimentos rígidos y flexibles, debido a su capacidad para identificar detalladamente tipos de deterioro, severidad y densidad de fallas presentes en la superficie de rodadura. Asimismo, esta metodología permite establecer estrategias adecuadas de mantenimiento, conservación y mejoramiento vial, facilitando la toma de decisiones técnicas relacionadas con la gestión de pavimentos (Shahin, 2005).

Tabla 2*Comparación entre métodos de evaluación de pavimentos*

Método de evaluación	Tipo de evaluación	Parámetro principal	Ventajas	Limitaciones	Aplicación principal
Pavement Condition Index (PCI)	Visual y funcional	Deterioros, severidad y densidad de fallas	Permite identificar tipos de fallas y estado superficial del pavimento de manera detallada	Requiere inspección técnica especializada y tiempo de evaluación	Gestión de mantenimiento y conservación vial
International Roughness Index (IRI)	Funcional	Rugosidad superficial	Evalúa comodidad y calidad de rodadura del pavimento	No identifica tipos específicos de deterioro	Evaluación de confort y transitabilidad
Present Serviceability Index (PSI)	Funcional	Serviciabilidad y percepción del usuario	Permite medir el desempeño funcional de la vía	Depende parcialmente de apreciaciones subjetivas	Diseño y evaluación funcional del pavimento
PASER	Visual simplificada	Condición superficial general	Aplicación rápida y sencilla	Menor detalle técnico respecto al PCI	Evaluación preliminar de pavimentos
Método AASHTO	Estructural y funcional	Capacidad estructural y serviciabilidad	Considera tránsito, materiales y desempeño estructural	Mayor complejidad técnica y cálculo	Diseño estructural de pavimentos
Método PCA	Estructural	Espesor y resistencia del concreto	Adecuado para diseño de pavimentos rígidos	Se enfoca más en diseño que en deterioros superficiales	Diseño de pavimentos rígidos

Nota. Elaborado con base en Shahin (2005), Vásquez Varela (2015), AASHTO (1993) y Sayers y Karamihas (1998).

3.3. Definición de términos

Pavement Condition Index (PCI)

El Pavement Condition Index (PCI) es una metodología técnica estandarizada utilizada para evaluar la condición funcional de pavimentos rígidos y flexibles mediante inspecciones visuales, considerando deterioros superficiales, severidad y densidad de fallas presentes en la superficie de rodadura (ASTM International, 2023).

Pavimento rígido

El pavimento rígido es una estructura vial conformada principalmente por losas de concreto hidráulico que distribuyen las cargas vehiculares hacia las capas inferiores mediante su elevada rigidez estructural (Huang, 2004).

Evaluación superficial

La evaluación superficial corresponde al proceso de inspección visual sistemática orientado a identificar deterioros, severidad y densidad de fallas presentes en el pavimento para determinar su condición funcional (Vásquez Varela, 2015).

Estado del pavimento

El estado del pavimento representa la condición funcional y superficial que presenta la infraestructura vial durante su periodo de servicio, considerando el nivel de deterioro y serviciabilidad de la superficie de rodadura (ASTM International, 2023).

Valor PCI

El valor PCI corresponde al índice numérico obtenido mediante la metodología Pavement Condition Index, cuyos valores varían entre 0 y 100 y permiten clasificar la condición funcional del pavimento evaluado (ASTM International, 2023).

Grietas longitudinales y transversales

Las grietas longitudinales y transversales son discontinuidades lineales presentes en las losas de concreto originadas por contracción, fatiga y cargas repetitivas del tránsito

vehicular, afectando progresivamente la funcionalidad del pavimento rígido (ASTM International, 2023).

Parches deteriorados

Los parches deteriorados corresponden a reparaciones superficiales que presentan desgaste, fisuración o pérdida de adherencia debido a deficiencias en trabajos previos de mantenimiento (Shahin, 2005).

Grietas de retracción

Las grietas de retracción son fisuras superficiales generadas por pérdida de humedad y contracción del concreto durante el proceso de fraguado y endurecimiento de las losas de concreto hidráulico (Huang, 2004).

Despostillamientos

Los despostillamientos corresponden a la pérdida de fragmentos de concreto en bordes de juntas o grietas del pavimento rígido, afectando la integridad funcional y superficial de las losas de concreto (Vásquez Varela, 2015).

Severidad de deterioros

La severidad de deterioros representa el nivel de afectación funcional que presenta una falla superficial identificada en el pavimento rígido, clasificándose en baja, moderada y alta según los criterios establecidos por la metodología PCI (ASTM International, 2023).

Densidad de deterioros

La densidad de deterioros corresponde al porcentaje de área afectada por un determinado deterioro respecto al área total de la unidad de muestreo evaluada (ASTM International, 2023).

Mantenimiento superficial

El mantenimiento superficial comprende el conjunto de actividades preventivas y correctivas orientadas a conservar las condiciones funcionales del pavimento rígido y prolongar la vida útil de la infraestructura vial (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2023).

Sellado de grietas

El sellado de grietas consiste en la aplicación de materiales sellantes sobre fisuras superficiales del pavimento para evitar infiltración de agua y reducir el deterioro progresivo de la estructura vial (MTC, 2023).

Reparación de juntas

La reparación de juntas comprende actividades orientadas a recuperar la funcionalidad y hermeticidad de las juntas deterioradas presentes en las losas de concreto del pavimento rígido (MTC, 2023).

Parchado superficial

El parchado superficial consiste en la reparación localizada de sectores deteriorados del pavimento mediante reposición parcial de material o concreto superficial (MTC, 2023).

Rehabilitación superficial

La rehabilitación superficial comprende actividades correctivas orientadas a recuperar parcialmente las condiciones funcionales y de serviciabilidad del pavimento rígido mediante intervenciones técnicas de mayor alcance (AASHTO, 1993).

Recuperación de serviciabilidad

La recuperación de serviciabilidad corresponde al conjunto de actividades orientadas a restablecer las condiciones funcionales del pavimento para garantizar seguridad, comodidad y adecuada transitabilidad vehicular (AASHTO, 1993).

Conservación vial

La conservación vial comprende el conjunto de actividades técnicas orientadas a preservar las condiciones funcionales y estructurales de la infraestructura vial mediante mantenimiento preventivo y correctivo (MTC, 2023).

IV. Metodología

4.1. Tipo y nivel de investigación

4.1.1. Tipo de investigación

La presente tesis es de tipo aplicada, debido a que se orienta a evaluar el estado superficial del pavimento rígido mediante la metodología Pavement Condition Index (PCI) y proponer alternativas de mejoramiento superficial para optimizar las condiciones de serviciabilidad y transitabilidad vehicular en la Av. Brilla el Sol, distrito de Abancay – Apurímac, 2024.

Según Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018), la investigación aplicada busca solucionar problemas prácticos mediante la utilización de conocimientos científicos en contextos reales, permitiendo generar propuestas técnicas orientadas a mejorar una determinada problemática.

4.1.2. Nivel de la investigación

La presente investigación corresponde al nivel descriptivo, debido a que busca describir y analizar las características, tipos de deterioro, severidad y condición superficial del pavimento rígido mediante la aplicación de la metodología Pavement Condition Index (PCI) en la Av. Brilla el Sol, distrito de Abancay – Apurímac, 2024.

Asimismo, la investigación permite identificar el estado funcional y de serviciabilidad del pavimento rígido a partir de la evaluación visual de las fallas presentes en las unidades de muestreo, sin manipular deliberadamente las variables de estudio.

Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018), los estudios descriptivos tienen como finalidad especificar propiedades, características y perfiles de fenómenos, grupos o procesos sometidos a análisis.

4.2. Ámbito temporal y espacial

4.2.1. Ámbito temporal

La presente tesis se desarrolló durante el año 2024, periodo en el cual se realizaron las actividades de inspección visual, recolección de datos, evaluación superficial del pavimento rígido mediante la metodología Pavement Condition Index (PCI), procesamiento de información y elaboración de la propuesta de mejoramiento superficial de la Av. Brilla el Sol.

Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018), el ámbito temporal corresponde al periodo o intervalo de tiempo en el que se desarrolla la investigación y se ejecutan las actividades de recolección y análisis de datos.

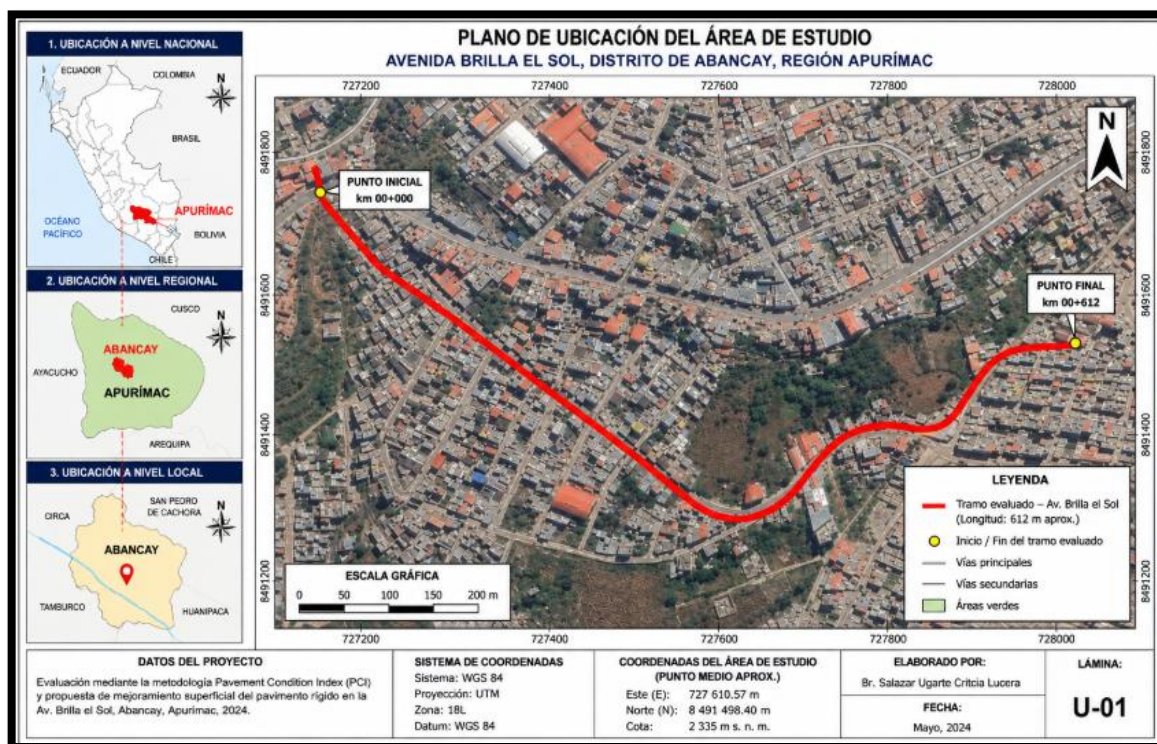
4.2.2. Ámbito espacial

La tesis se realizó en la Av. Brilla el Sol, ubicada en el distrito de Abancay, provincia de Abancay, departamento de Apurímac, Perú. El área de estudio comprende el tramo de pavimento rígido evaluado mediante la metodología PCI, donde se identificaron los deterioros superficiales, severidad y densidad de fallas presentes en las unidades de muestreo seleccionadas para la investigación.

Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018) señalan que el ámbito espacial hace referencia al lugar geográfico donde se desarrolla la investigación y donde ocurren los fenómenos objeto de estudio.

Figura 6

Ubicación geográfica del área de estudio



Nota. Elaboración propia con base en imágenes de Google Earth Pro (2024) y verificación de campo, La figura muestra la localización del tramo evaluado en la av. Brilla el sol, donde se realizó la evaluación de la condición superficial del pavimento rígido mediante la metodología del Índice de Condición del Pavimento (PCI) durante el año 2024.

4.3. Población y muestra

4.3.1 Población

La población estuvo conformada por la totalidad del pavimento rígido de la Av. Brilla el Sol, ubicada en el distrito de Abancay, provincia de Abancay, departamento de Apurímac, el cual fue objeto de evaluación superficial mediante la metodología Pavement Condition Index (PCI).

Asimismo, la población comprendió todas las losas de concreto y unidades de pavimento existentes dentro del tramo de estudio, donde se identificaron y evaluaron los diferentes tipos de deterioros presentes.

Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018), la población corresponde al conjunto total de elementos, individuos o casos que poseen características comunes y sobre los cuales se realiza la investigación.

4.3.2 Muestra

La muestra estuvo conformada por las unidades de muestreo seleccionadas del pavimento rígido de la Av. Brilla el Sol, las cuales fueron evaluadas mediante inspección visual conforme a la metodología PCI establecida en la norma ASTM D6433.

Para la presente tesis se consideraron 12 unidades de muestreo distribuidas a lo largo del tramo evaluado, permitiendo identificar los deterioros, severidad y densidad de fallas presentes en el pavimento rígido.

Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018) señalan que la muestra es un subgrupo de la población del cual se recolectan los datos y debe representar adecuadamente las características del fenómeno estudiado.

4.4. Instrumentos

Para la presente tesis se utilizó como instrumento principal la ficha de evaluación del Pavement Condition Index (PCI), la cual permitió registrar de manera sistemática los tipos de deterioro, severidad y densidad de fallas presentes en el pavimento rígido de la Av. Brilla el Sol.

La ficha PCI fue aplicada mediante inspección visual directa conforme a los procedimientos establecidos en la norma ASTM D6433, permitiendo evaluar las unidades

de muestreo y determinar el índice de condición del pavimento mediante criterios técnicos normalizados.

Entre los deterioros evaluados mediante el instrumento se consideraron grietas longitudinales, grietas transversales, grietas de esquina, despostillamiento de juntas, pulimento superficial y fallas tipo blow up.

Validez del instrumento

La validez del instrumento estuvo determinada mediante juicio de expertos, quienes evaluaron la pertinencia, coherencia y claridad de la ficha de evaluación PCI en relación con los objetivos y variables de la investigación.

Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018), la validez se refiere al grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir.

Asimismo, la ficha PCI presenta validez técnica debido a que se encuentra respaldada por la norma ASTM D6433, reconocida internacionalmente para la evaluación superficial de pavimentos.

Confiabilidad del instrumento

La confiabilidad del instrumento se sustentó en la aplicación estandarizada de la metodología PCI conforme a la norma ASTM D6433, garantizando consistencia y uniformidad en el registro de deterioros durante las inspecciones visuales.

Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018) señalan que la confiabilidad corresponde al grado en que un instrumento produce resultados consistentes y estables cuando es aplicado en condiciones similares.

Asimismo, la metodología PCI es ampliamente utilizada en sistemas de gestión de pavimentos debido a su confiabilidad técnica para la identificación y clasificación de deterioros superficiales en pavimentos rígidos y flexibles (Shahin, 2005).

4.5. Procedimientos.

Para el desarrollo de la presente tesis se realizaron procedimientos técnicos y metodológicos orientados a evaluar el estado superficial del pavimento rígido mediante la metodología Pavement Condition Index (PCI) en la Av. Brilla el Sol, distrito de Abancay – Apurímac, 2024.

En primer lugar, se efectuó el reconocimiento preliminar del área de estudio con la finalidad de identificar las características generales del pavimento rígido y delimitar el tramo objeto de evaluación.

Posteriormente, se realizó la división del pavimento en unidades de muestreo conforme a los criterios establecidos en la norma ASTM D6433, permitiendo organizar técnicamente el proceso de inspección visual.

Seguidamente, se aplicó la ficha de evaluación PCI mediante inspección visual directa en cada unidad de muestreo, registrándose los tipos de deterioro, severidad y densidad de fallas presentes en las losas de concreto. Entre los principales deterioros evaluados se consideraron grietas longitudinales, grietas transversales, grietas de esquina, despostillamiento de juntas, pulimento superficial y fallas tipo blow up.

Luego, se procedió al procesamiento y análisis de los datos obtenidos mediante el cálculo del Pavement Condition Index (PCI), determinándose el estado funcional y nivel de serviciabilidad del pavimento rígido evaluado.

Finalmente, con base en los resultados obtenidos, se elaboró la propuesta de mejoramiento superficial del pavimento rígido considerando actividades de mantenimiento y conservación vial acordes al nivel de deterioro identificado.

Según ASTM International (2023), la metodología PCI establece procedimientos sistemáticos para la evaluación superficial de pavimentos mediante inspecciones visuales y clasificación técnica de deterioros.

Asimismo, Vásquez Varela (2015) señala que el procedimiento PCI permite identificar objetivamente la condición funcional del pavimento y establecer estrategias adecuadas de mantenimiento vial.

4.6. Análisis de datos.

El análisis de datos se realizó mediante procedimientos estadísticos descriptivos orientados a interpretar la información obtenida durante la evaluación superficial del pavimento rígido mediante la metodología Pavement Condition Index (PCI).

Inicialmente, los datos recopilados en las fichas de evaluación PCI fueron organizados y tabulados en hojas de cálculo de Microsoft Excel, permitiendo clasificar los deterioros identificados según tipo, severidad y densidad de falla presentes en las unidades de muestreo evaluadas.

Posteriormente, se efectuó el cálculo del índice PCI de cada unidad de muestreo conforme a los procedimientos establecidos en la norma ASTM D6433, obteniéndose valores numéricos comprendidos entre 0 y 100 para determinar el estado funcional y nivel de serviciabilidad del pavimento rígido.

Asimismo, se aplicó estadística descriptiva mediante frecuencias, porcentajes, tablas y gráficos estadísticos, permitiendo analizar la distribución de deterioros y la clasificación del pavimento según los rangos establecidos por la metodología PCI.

Finalmente, los resultados obtenidos fueron interpretados técnicamente para formular la propuesta de mejoramiento superficial del pavimento rígido de acuerdo con el nivel de deterioro identificado en la Av. Brilla el Sol.

Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018), el análisis de datos comprende la organización, procesamiento e interpretación de la información recolectada para responder a los objetivos de investigación.

Asimismo, ASTM International (2023) establece que el análisis PCI debe realizarse mediante procedimientos técnicos normalizados para determinar objetivamente la condición funcional del pavimento.

4.7. Consideraciones Éticas

La presente tesis se desarrolló respetando los principios éticos de responsabilidad, objetividad, veracidad y originalidad científica durante todas las etapas del proceso investigativo.

Asimismo, la información obtenida mediante la evaluación superficial del pavimento rígido fue registrada y procesada de manera objetiva, evitando la manipulación o alteración de los resultados obtenidos mediante la metodología Pavement Condition Index (PCI).

Durante el desarrollo de la investigación se respetaron los derechos de autor y propiedad intelectual, citando adecuadamente las fuentes bibliográficas, normas técnicas, manuales y antecedentes utilizados conforme a las normas APA.

De igual manera, la investigación se ejecutó considerando criterios de responsabilidad profesional y transparencia en la recolección, análisis e interpretación de los datos relacionados con la condición funcional del pavimento rígido de la Av. Brilla el Sol.

Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018), toda investigación científica debe desarrollarse respetando principios éticos relacionados con honestidad académica, objetividad y respeto por la propiedad intelectual.

Asimismo, la Universidad Tecnológica de los Andes (2024) establece que los trabajos de investigación deben garantizar autenticidad, integridad científica y uso adecuado de las fuentes de información.

V. Resultados y discusión

5.1 Resultados

La presente investigación tuvo como finalidad evaluar la condición funcional del pavimento rígido de la Avenida Brilla el Sol, distrito de Abancay – Apurímac, mediante la aplicación de la metodología Pavement Condition Index (PCI), conforme a los procedimientos establecidos en la norma ASTM D6433. La evaluación funcional comprendió la inspección visual detallada de 12 unidades de muestreo distribuidas a lo largo del tramo de estudio, permitiendo identificar el tipo de deterioro, nivel de severidad, densidad y condición funcional del pavimento rígido evaluado.

Durante la inspección funcional se identificaron diversos deterioros superficiales presentes en la superficie de rodadura, entre ellos grietas lineales, grietas de esquina, losas divididas, descascaramiento de juntas, parchado deteriorado y pulimento superficial. Estos deterioros evidencian el desgaste progresivo del pavimento rígido ocasionado principalmente por el tránsito vehicular, envejecimiento del concreto, infiltración de agua y ausencia de mantenimiento preventivo oportuno.

Asimismo, la evaluación funcional permitió determinar el Índice de Condición del Pavimento (PCI) correspondiente a cada unidad de muestreo evaluada, obteniéndose un PCI promedio de 45.33, valor que clasifica al pavimento rígido en condición general “Regular”, conforme a los criterios establecidos en la metodología PCI.

De igual manera, se obtuvo un PCI mínimo de 24 correspondiente a la unidad de muestreo UM-12 y un PCI máximo de 60 correspondiente a la unidad de muestreo UM-10, evidenciándose variabilidad en la condición funcional del pavimento rígido a lo largo del tramo evaluado.

La distribución porcentual de la condición funcional mostró que el 66.7 % de las unidades de muestreo presentaron condición “Regular”, el 25.0 % condición “Bueno” y el 8.3 % condición “Malo”, evidenciándose sectores específicos con deterioros más severos que requieren intervención inmediata mediante actividades de mantenimiento correctivo y mejoramiento superficial.

Los resultados obtenidos permitieron identificar objetivamente el estado funcional del pavimento rígido y establecer criterios técnicos para la formulación de propuestas de conservación vial orientadas a recuperar las condiciones de serviciabilidad y transitabilidad vehicular de la vía evaluada.

Tabla 3

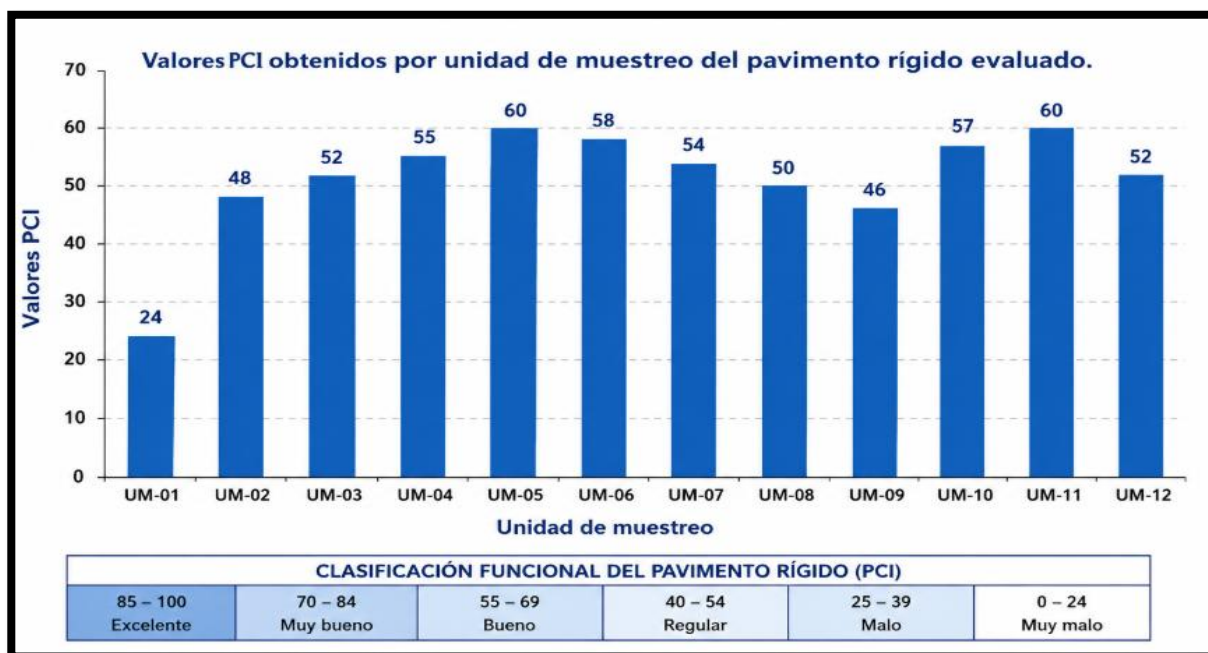
Valores PCI obtenidos por unidad de muestreo

Unidad de muestreo	PCI	Clasificación
UM-01	42	Regular
UM-02	48	Regular
UM-03	54	Regular
UM-04	42	Regular
UM-05	42	Regular
UM-06	48	Regular
UM-07	42	Regular
UM-08	55	Bueno
UM-09	29	Malo
UM-10	60	Bueno
UM-11	58	Bueno
UM-12	24	Muy Malo

Nota: Elaboración propia con base en las fichas PCI aplicadas al pavimento rígido de la Avenida Brilla el Sol, 2024.

Figura 7

Clasificación funcional del pavimento rígido



Nota: Elaboración Propia con base en las fichas PCI aplicadas en la av. Brilla el Sol.

Tabla 4

Estadísticos descriptivos del PCI

Estadístico descriptivo	Valor
Número de unidades de muestreo	12
PCI promedio	45.33
PCI mínimo	24
PCI máximo	60
Rango estadístico	36
Clasificación global	Regular

Nota. Elaboración propia con base en los resultados obtenidos mediante la metodología PCI.

5.2 Contrastación técnica de resultados

La contrastación técnica de resultados se realizó mediante la aplicación de la metodología Pavement Condition Index (PCI), conforme a los lineamientos establecidos en la norma ASTM D6433, con la finalidad de evaluar objetivamente la condición funcional del pavimento rígido de la Avenida Brilla el Sol, distrito de Abancay – Apurímac.

Para el desarrollo del análisis se consideraron los resultados obtenidos en las 12 unidades de muestreo evaluadas, tomando en cuenta el tipo, severidad y densidad de los deterioros identificados durante la inspección funcional del pavimento rígido.

Asimismo, el análisis de resultados se sustentó mediante estadística descriptiva, utilizando tablas, frecuencias, porcentajes y valores PCI obtenidos en las unidades de muestreo evaluadas, debido a que la investigación presentó un enfoque cuantitativo, tipo aplicada, nivel descriptivo y diseño no experimental.

En ese sentido, no fue necesaria la aplicación de pruebas estadísticas inferenciales como T de Student, ANOVA, chi-cuadrado o regresión, debido a que la investigación no buscó establecer relaciones causales ni correlacionales entre variables, sino describir técnicamente la condición funcional del pavimento rígido evaluado.

La contrastación de la hipótesis se realizó de manera descriptiva, comparando el valor del PCI promedio obtenido (45.33) con los rangos de la escala de clasificación establecida en la norma ASTM D6433. Al ubicarse dicho valor en el intervalo de 40 a 55, correspondiente a la categoría “Regular”, se confirmó la hipótesis general planteada. Este procedimiento es metodológicamente pertinente para investigaciones de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo y diseño no experimental, en las que la validación de

hipótesis no requiere pruebas inferenciales, sino el análisis objetivo de los datos obtenidos mediante el instrumento normado.

Los resultados obtenidos permitieron determinar un PCI promedio de 45.33, correspondiente a una clasificación general “Regular”, evidenciándose deterioros superficiales moderados que afectan las condiciones de serviciabilidad y transitabilidad vehicular del pavimento rígido evaluado.

Por consiguiente, los resultados obtenidos permitieron cumplir el objetivo general de la investigación, debido a que la metodología PCI permitió evaluar objetivamente la condición funcional del pavimento rígido y establecer propuestas técnicas de mejoramiento superficial orientadas a recuperar la funcionalidad de la vía y prolongar la vida útil del pavimento rígido.

5.2.1 Estado actual del pavimento

La evaluación funcional del pavimento rígido de la Avenida Brilla el Sol, realizada mediante la metodología Pavement Condition Index (PCI), permitió determinar que la vía presenta una condición funcional general clasificada como “Regular”, de acuerdo con los criterios establecidos en la norma ASTM D6433.

Los resultados obtenidos evidenciaron un PCI promedio de 45.33, con valores extremos comprendidos entre un PCI mínimo de 24 y un PCI máximo de 60, lo que demuestra una variabilidad significativa en el nivel de deterioro superficial a lo largo de las unidades de muestreo evaluadas. Esta variación refleja diferencias en el comportamiento funcional del pavimento, influenciadas por factores como el tránsito vehicular, el envejecimiento de la superficie de rodadura y las limitadas actividades de conservación vial.

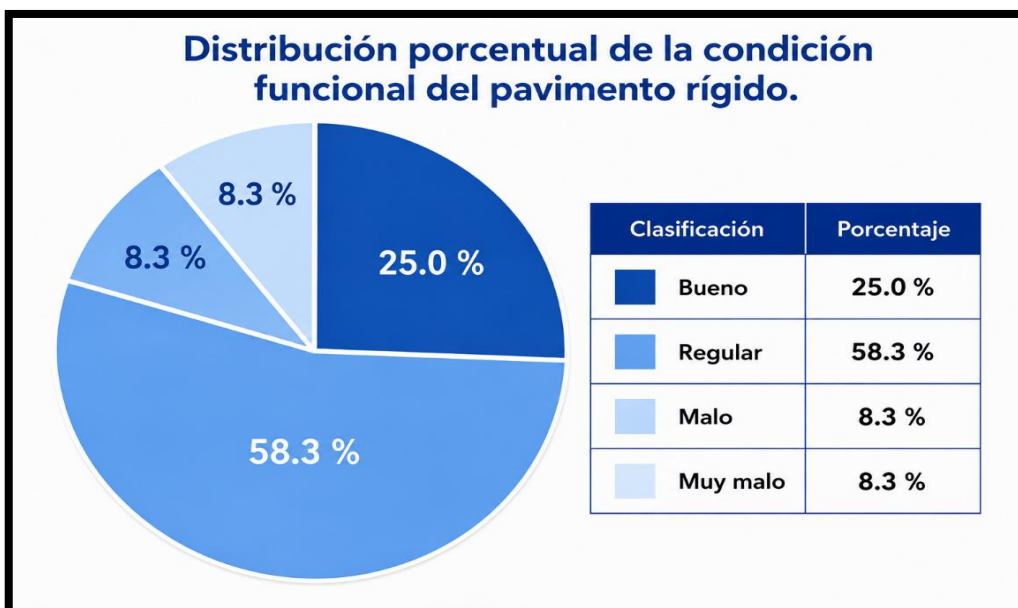
Asimismo, las unidades de muestreo UM-09 y UM-12 registraron las condiciones más críticas del tramo evaluado, obteniendo valores PCI de 29 y 24 respectivamente, clasificándose en condición Malo y Muy Malo. Estas unidades presentaron deterioros superficiales severos, tales como grietas, despostillamientos y desgaste progresivo de la superficie, afectando considerablemente la serviciabilidad y el desempeño funcional del pavimento rígido.

Por otro lado, las unidades UM-08, UM-10 y UM-11 presentaron las mejores condiciones funcionales, alcanzando valores PCI de 55, 60 y 58 respectivamente, correspondientes a una clasificación “Bueno”. En dichas unidades se identificaron menores niveles de deterioro superficial y una mejor conservación estructural de las losas de concreto.

En términos generales, los resultados obtenidos permiten establecer que el pavimento rígido evaluado presenta deterioros de severidad moderada, asociados principalmente al desgaste progresivo de la superficie, la acción continua del tránsito vehicular y la insuficiente aplicación de actividades de mantenimiento preventivo. En consecuencia, se requiere la implementación de intervenciones de conservación vial, tanto preventivas como correctivas, con la finalidad de reducir el avance de los deterioros existentes y prolongar la vida útil funcional del pavimento.

Figura 8

Estado funcional del pavimento rígido evaluado



Nota. Elaboración propia con base en los valores PCI obtenidos durante la evaluación funcional.

La distribución porcentual de la condición funcional del pavimento mostró que el 58.3 % de las unidades de muestreo presentaron condición “Regular”, el 25.0 % condición “Bueno”, el 8.3 % condición “Malo” y el 8.3 % condición “Muy malo”, evidenciándose sectores críticos que requieren intervención inmediata mediante actividades de mantenimiento correctivo y mejoramiento superficial.

5.2.2 Tipos de deterioro

Durante la inspección funcional del pavimento rígido se identificaron diversos tipos de deterioro superficial que afectan las condiciones funcionales de la vía evaluada.

Entre los principales deterioros identificados se encontraron grietas lineales, grietas de esquina, losas divididas, parchado deteriorado, descascaramiento de juntas y

pulimento superficial, deterioros que evidencian el desgaste progresivo del pavimento rígido y la pérdida gradual de funcionalidad de la superficie de rodadura.

Las grietas lineales y grietas de esquina fueron los deterioros de mayor frecuencia en las unidades de muestreo evaluadas, asociándose principalmente a efectos del tránsito vehicular, variaciones térmicas, envejecimiento del concreto y ausencia de mantenimiento preventivo oportuno.

Asimismo, la presencia de losas divididas y parches deteriorados evidenció sectores con mayor deterioro superficial, afectando la continuidad estructural y condiciones de serviciabilidad del pavimento rígido.

El descascaramiento de juntas evidenció pérdida parcial de material en los bordes de las losas, afectando la transferencia adecuada de cargas entre juntas y favoreciendo el ingreso de agua hacia las capas inferiores del pavimento.

Por otro lado, el pulimento superficial redujo la textura y adherencia de la superficie de rodadura, afectando las condiciones de seguridad vial y transitabilidad vehicular.

Tabla 5

Tipos de deterioro identificados en el pavimento rígido

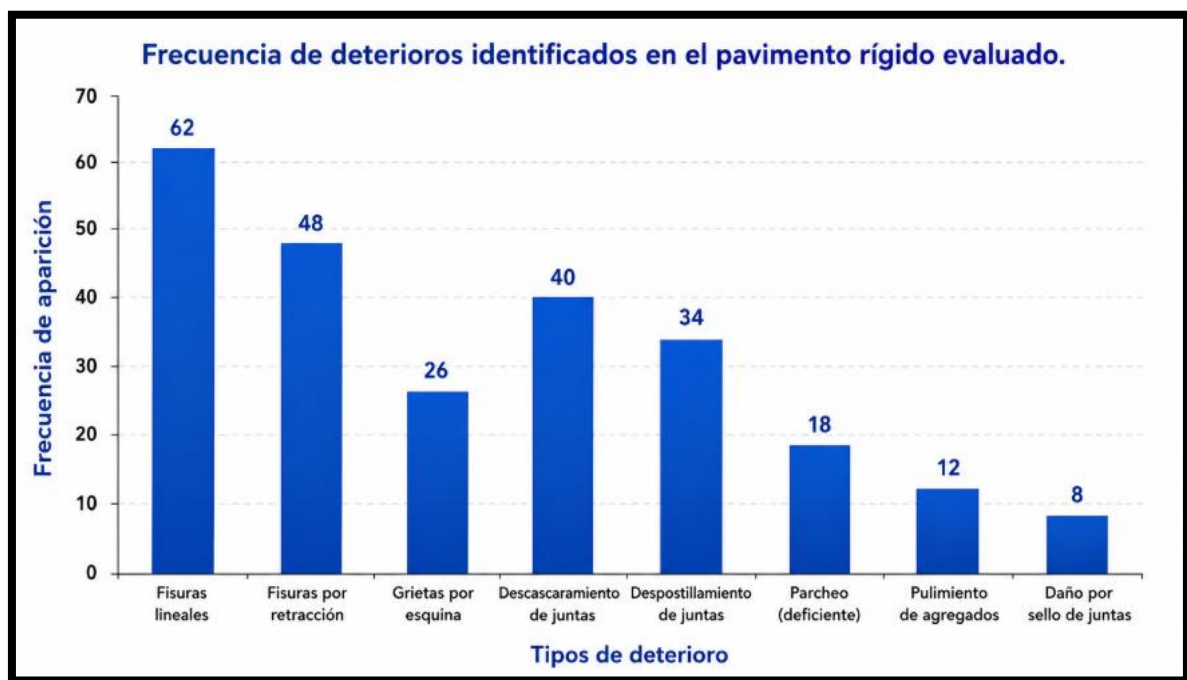
Tipo de deterioro	Frecuencia	Severidad predominante
Grietas lineales	Alta	Moderada
Grietas de esquina	Alta	Moderada
Losa dividida	Media	Alta
Parches	Media	Moderada
Descascaramiento de junta	Baja	Moderada

Tipo de deterioro	Frecuencia	Severidad predominante
Pulimento superficial	Media	Baja

Nota. Elaboración propia con base en las fichas PCI evaluadas.

Figura 9

Frecuencia de deterioros identificados



Nota: Elaboración propia con base en la inspección funcional realizada.

5.2.3 Severidad y densidad

La evaluación funcional permitió determinar el nivel de severidad y densidad de los deterioros identificados durante la inspección superficial del pavimento rígido.

Los resultados obtenidos evidenciaron predominancia de deterioros con severidad moderada en la mayor parte de las unidades de muestreo evaluadas, principalmente asociados a grietas lineales y grietas de esquina.

Sin embargo, también se identificaron sectores con deterioros de severidad alta, especialmente en las unidades UM-09 y UM-12, donde se registraron mayores valores deducidos y menores índices PCI, evidenciando deterioros más avanzados y pérdida significativa de funcionalidad.

Asimismo, la densidad de deterioros presentó variabilidad entre las unidades de muestreo evaluadas, observándose mayores porcentajes de deterioro en los sectores clasificados en condición “Malo”.

La combinación entre severidad y densidad permitió calcular los valores deducidos y determinar el Índice de Condición del Pavimento (PCI) correspondiente a cada unidad de muestreo, conforme a los procedimientos establecidos en la metodología ASTM D6433.

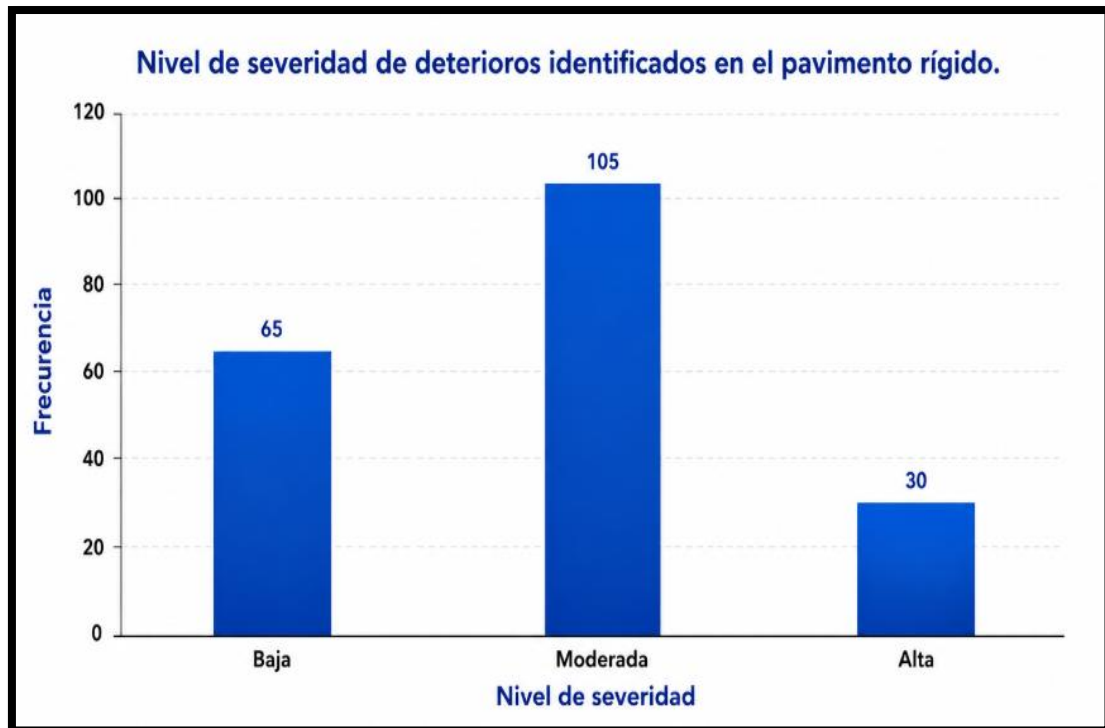
Los resultados obtenidos permitieron identificar objetivamente los sectores críticos que requieren intervención prioritaria mediante actividades de mantenimiento superficial y reparación parcial de losas deterioradas.

Tabla 6

Severidad predominante de deterioros

Nivel de severidad	Frecuencia
Baja	Baja
Moderada	Alta
Alta	Media

Nota. Elaboración propia con base en la evaluación PCI del pavimento rígido.

Figura 10*Nivel de severidad de deterioros*

Nota. Elaboración propia con base en los resultados obtenidos mediante la metodología PCI.

5.2.4 Propuesta de mejoramiento superficial

La propuesta de mejoramiento superficial fue formulada en función de los deterioros identificados durante la evaluación funcional del pavimento rígido de la Avenida Brilla el Sol, considerando el tipo, severidad y densidad de las fallas presentes en las unidades de muestreo evaluadas.

Las actividades propuestas están orientadas a recuperar las condiciones funcionales del pavimento rígido, mejorar la serviciabilidad de la vía y prolongar la vida útil de la infraestructura vial.

Entre las principales actividades de conservación vial propuestas se consideran el sellado de grietas lineales y grietas de esquina, reparación parcial de losas deterioradas, reposición y sellado de juntas deterioradas, reparación de parches degradados y tratamientos superficiales orientados a recuperar la textura y adherencia del pavimento rígido.

Asimismo, se plantea la ejecución de mantenimiento preventivo periódico con la finalidad de reducir el avance progresivo de los deterioros superficiales identificados durante la evaluación funcional.

La propuesta técnica planteada permitirá disminuir el deterioro progresivo del pavimento rígido, optimizar las condiciones de transitabilidad vehicular y reducir futuros costos de rehabilitación vial.

Tabla 7

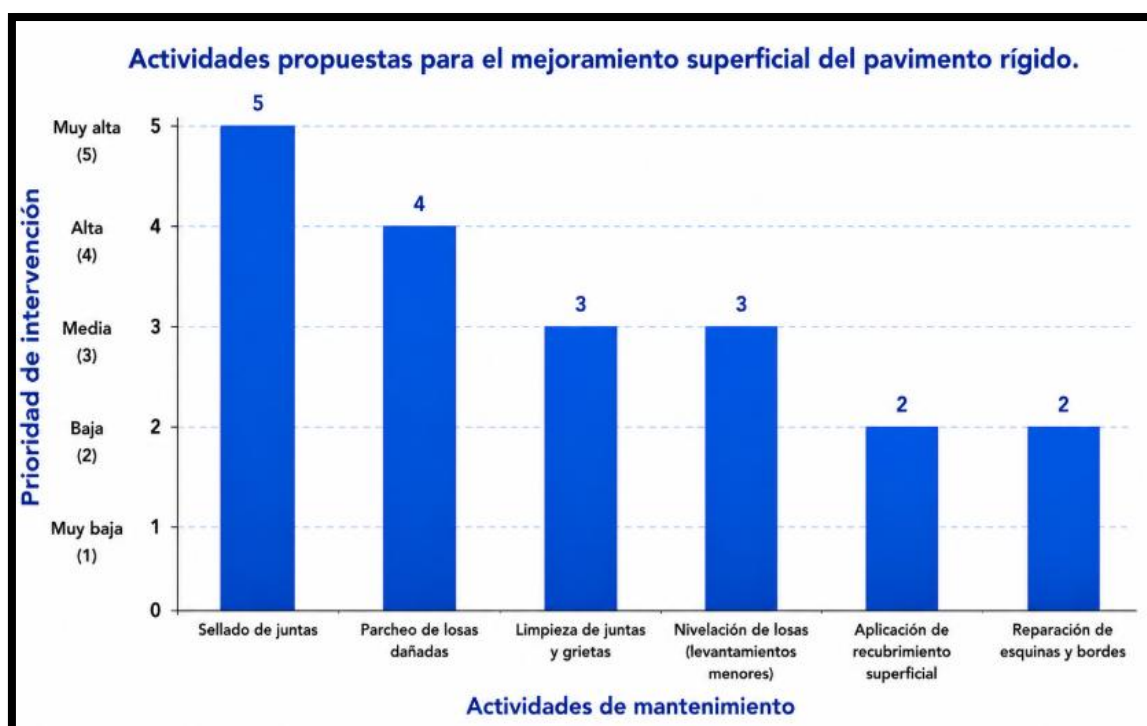
Propuesta técnica de mejoramiento superficial

Deterioro identificado	Tratamiento propuesto	Unidad
Grietas lineales	Sellado de grietas	m
Grietas de esquina	Reparación superficial	m ²
Losa dividida	Reposición parcial de losa	m ²
Parches deteriorados	Reparación de parche	m ²
Descascaramiento de juntas	Sellado y reposición	m

Nota. Elaboración propia con base en los deterioros identificados durante la evaluación funcional del pavimento rígido.

Figura 11

Actividades propuestas de mejoramiento superficial



Nota. Elaboración propia con base en la propuesta técnica planteada.

5.3 Discusión de resultados

Los resultados obtenidos mediante la evaluación funcional del pavimento rígido de la Avenida Brilla el Sol evidenciaron un valor promedio de PCI de 45.33, clasificando la vía en condición “Regular”, de acuerdo con los criterios establecidos en la norma ASTM D6433. Esta clasificación indica que el pavimento presenta deterioros superficiales de severidad moderada que afectan progresivamente la serviciabilidad y funcionalidad de la vía, aunque todavía conserva condiciones mínimas de operación vehicular.

La condición funcional “Regular” identificada en el tramo evaluado se encuentra asociada principalmente al desgaste progresivo de la superficie de rodadura, la acción continua del tránsito vehicular y la limitada ejecución de actividades de mantenimiento preventivo.

Asimismo, la presencia de grietas longitudinales, grietas transversales, despostillamiento de juntas y parches deteriorados evidencia un proceso de deterioro acumulativo que afecta directamente el comportamiento funcional del pavimento rígido.

Las unidades de muestreo UM-09 y UM-12 presentaron las condiciones más críticas, obteniendo valores PCI de 29 y 24 respectivamente, clasificándose en condición “Muy Malo”. Estas unidades evidenciaron deterioros severos caracterizados por pérdida de concreto, deterioro de juntas y presencia de fallas superficiales extensas, lo cual afecta considerablemente la seguridad y comodidad de circulación vehicular. Técnicamente, estas condiciones pueden estar relacionadas con la infiltración de agua a través de juntas deterioradas, la acción repetitiva de cargas vehiculares y la ausencia de intervenciones oportunas de conservación vial.

Por otro lado, las unidades UM-08, UM-10 y UM-11 registraron las mejores condiciones funcionales, alcanzando clasificaciones “Bueno” con valores PCI de 55, 60 y 58 respectivamente. Estas unidades presentaron menores niveles de deterioro superficial y una mejor conservación de las losas de concreto, evidenciando que el pavimento aún mantiene sectores con adecuada capacidad funcional y menor afectación estructural.

Los resultados obtenidos guardan relación con investigaciones desarrolladas sobre evaluación funcional de pavimentos rígidos mediante la metodología PCI. En ese sentido, diversos estudios coinciden en señalar que la presencia de deterioros superficiales como grietas, despostillamientos y desgaste progresivo reduce significativamente la serviciabilidad del pavimento y acelera el deterioro funcional de la infraestructura vial. Asimismo, la metodología PCI permite identificar objetivamente el estado funcional del pavimento mediante criterios técnicos estandarizados basados en el tipo, severidad y densidad de fallas presentes en la superficie de rodadura.

Desde el punto de vista técnico, los deterioros identificados en la vía evaluada representan un riesgo progresivo para la durabilidad del pavimento rígido, debido a que las grietas y juntas deterioradas favorecen la infiltración de agua hacia las capas inferiores del pavimento, generando pérdida de soporte, debilitamiento estructural y aceleración de las fallas existentes. Además, la presencia de parches deteriorados y desgaste superficial evidencia procesos de mantenimiento insuficientes o intervenciones previas con limitada efectividad técnica.

De no ejecutarse actividades de mantenimiento preventivo y correctivo oportunamente, el pavimento rígido podría evolucionar hacia condiciones funcionales más críticas, incrementando los costos de rehabilitación y reduciendo considerablemente la vida útil de la infraestructura vial. En consecuencia, resulta técnicamente necesaria la implementación de actividades de conservación vial orientadas al sellado de grietas, reparación de juntas, parchado superficial y mantenimiento preventivo, con la finalidad de controlar el avance de los deterioros existentes y recuperar las condiciones adecuadas de serviciabilidad vehicular.

Finalmente, la aplicación de la metodología Pavement Condition Index (PCI) permitió desarrollar una evaluación funcional objetiva y técnicamente confiable del pavimento rígido evaluado, facilitando la identificación de deterioros superficiales, niveles de severidad y condiciones funcionales de la vía, así como la formulación de propuestas de mejoramiento superficial orientadas a prolongar la vida útil del pavimento y mejorar las condiciones de transitabilidad en la Avenida Brilla el Sol.

VI. Conclusiones

Conclusión general

Se evaluó mediante la metodología Pavement Condition Index (PCI) la condición funcional del pavimento rígido de la Av. Brilla el Sol, obteniéndose una clasificación general “Regular”, con predominancia de grietas lineales, grietas de esquina y deterioros superficiales moderados, lo cual permitió formular propuestas de mantenimiento y mejoramiento superficial orientadas a recuperar la serviciabilidad y prolongar la vida útil del pavimento.

Conclusiones específicas

- Se determinó que el estado actual del pavimento rígido evaluado presenta diferentes niveles de deterioro superficial, registrándose valores PCI mínimos de 24 y máximos de 60 en las unidades de muestreo evaluadas, evidenciando sectores con condición “Muy malo”, “Malo”, “Regular” y “Buena”.
- Se identificaron como principales deterioros presentes en el pavimento rígido las grietas longitudinales, grietas transversales, despostillamiento de juntas, pulimento superficial y parches deteriorados, los cuales afectan progresivamente las condiciones funcionales y de transitabilidad de la Av. Brilla el Sol.
- Se evaluó el nivel de severidad y densidad de los deterioros identificados mediante la metodología PCI, determinándose la presencia de deterioros con severidad baja, media y alta, así como diferentes niveles de extensión superficial en las unidades de muestreo evaluadas, permitiendo clasificar técnicamente la condición funcional del pavimento rígido.
- Se propuso el mejoramiento superficial del pavimento rígido considerando la condición funcional obtenida mediante la metodología PCI, planteándose actividades de mantenimiento como sellado de grietas, reparación de juntas,

parchado superficial y reemplazo parcial de losas deterioradas, con la finalidad de prolongar la vida útil del pavimento y mejorar las condiciones de transitabilidad vehicular.

VII. Recomendaciones

Recomendación general

Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Abancay ejecutar actividades de mejoramiento superficial y mantenimiento vial en la Av. Brilla el Sol, considerando los resultados obtenidos mediante la metodología Pavement Condition Index (PCI), debido a que el pavimento rígido presentó una condición general “Regular” con un PCI promedio de 45.33.

Recomendaciones específicas

- Se recomienda realizar evaluaciones periódicas mediante la metodología PCI con la finalidad de monitorear el estado actual del pavimento rígido y detectar oportunamente sectores con deterioro severo o pérdida de serviciabilidad.
- Se recomienda intervenir prioritariamente los deterioros identificados durante la evaluación superficial, especialmente grietas longitudinales, grietas transversales, despostillamiento de juntas y parches deteriorados, debido a que estos afectan progresivamente las condiciones funcionales y de transitabilidad de la vía.
- Se recomienda ejecutar actividades de mantenimiento preventivo y correctivo según el nivel de severidad y densidad de los deterioros identificados, con la finalidad de evitar el incremento progresivo del daño superficial y prolongar la vida útil del pavimento rígido.
- Se recomienda implementar las propuestas de mejoramiento superficial planteadas en la investigación, tales como sellado de grietas, reparación de juntas, parchado superficial y reemplazo parcial de losas deterioradas, para recuperar la funcionalidad del pavimento y mejorar las condiciones de seguridad y transitabilidad vehicular en la Av. Brilla el Sol.

VIII. Referencias

- AASHTO. (1993). *Guide for design of pavement structures*. American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Álvarez Rodríguez, M. (2021). *Evaluación del estado del pavimento mediante el método PCI en vías urbanas de la parroquia Ximena* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional UPS.
- ASTM International. (2023). ASTM D6433-23: *Standard practice for roads and parking lots pavement condition index surveys*. ASTM International.
- Atoccsa Cruz, J. A. (2024). *Evaluación superficial del pavimento rígido empleando la metodología del PCI en la avenida Núñez del distrito de Abancay, provincia de Abancay, departamento de Apurímac – 2023* [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de los Andes].
- Baque Solís, J. D. (2020). *Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método PCI de la carretera Puerto–Aeropuerto (Tramo II), Manta, provincia de Manabí* [Tesis de pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí].
- Cieza Irigoín, J. A. (2021). *Evaluación del estado del pavimento mediante el método Pavement Condition Index (PCI) del jirón Progreso de la ciudad de Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca].
- De la Cruz Espinoza, J., & Oriundo Núñez, M. (2020). *Evaluación superficial del pavimento rígido aplicando el método Pavement Condition Index (PCI), en calles del distrito Jesús Nazareno – Huamanga – Ayacucho* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].

- Espinoza León, D., & Pocco Ramírez, R. (2021). *Evaluación del estado de serviciabilidad de pavimento rígido para mantenimiento vial utilizando aplicación Roadroid con Smartphone - Avenida Andahuaylas - Andahuaylas - Apurímac 2021* [Tesis de pregrado].
- Google Earth Pro. (2024). *Ubicación geográfica del área de estudio: Av. Brilla el Sol, Abancay – Apurímac* [Imagen satelital].
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.
- Huang, Y. H. (2004). *Pavement analysis and design* (2.a ed.). Pearson Education.
- Llamccaya Talaverano, L. (2023). *Variabilidad de resultados en la evaluación de las fallas superficiales del pavimento rígido para la mejora del tránsito vial en la Urb. Los Chancas, Abancay – Apurímac – 2023* [Tesis de pregrado].
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2023). *Manual de conservación vial*. MTC.
- Pérez Acosta, J. D. (2021). *Diagnóstico de pavimentos mediante el método PCI y análisis de la influencia del mal estado de la vía con relación al número de accidentes presentados en la Av. La Victoria entre calle 37 Sur y calle 27A Sur* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia].
- Ruiz Acero, J., & Gutiérrez Hortua, D. (2022). *Evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI) mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG): Aplicación en el tramo Cajicá–Tabio* [Tesis de pregrado, Universidad Militar Nueva Granada].

- Sayers, M. W., & Karamihas, S. M. (1998). *The little book of profiling: Basic information about measuring and interpreting road profiles*. The University of Michigan Transportation Research Institute.
- Shahin, M. Y. (2005). *Pavement management for airports, roads, and parking lots* (2.a ed.). Springer.
- Silva Gonzáles, J. (2019). *Evaluación superficial del pavimento rígido por el método PCI en la calle Dos de Mayo – Jaén – Cajamarca* [Tesis de pregrado].
- Solís Ortiz, J. (2020). *Evaluación del pavimento rígido aplicando el método PCI en la Av. Confraternidad Internacional Este, distrito y provincia de Huaraz – Áncash – 2020* [Tesis de pregrado].
- Universidad Tecnológica de los Andes. (2024). *Reglamento e instructivo para elaboración de tesis*. UTEA.
- Vásquez Varela, L. R. (2015). *Manual PCI para pavimentos rígidos y flexibles*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Walker, D. (2002). *PASER manual: Pavement surface evaluation and rating*. Transportation Information Center.
- Zuluaga Astudillo, J. (2015). *Estudios de evaluación y desempeño de pavimentos*. Escuela de Ingenieros Militares.

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes