



**UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO CON METODOLOGÍA PCI  
DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. MARIANO LINO  
URQUIETA DEL DISTRITO DE MOQUEGUA, 2024**

**PRESENTADO POR**

**EGRESADA GLABI VIVIAN TAPIA VACA**

**ASESOR:**

**MGR. KARLA FIORELLA CORNEJO LECAROS**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER EN  
INGENIERÍA CIVIL**

**MOQUEGUA - PERÚ**

**2024**



# Universidad José Carlos Mariátegui

## CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, en calidad de Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias, certifica que el trabajo de investigación (  ) / Tesis (  ) / Trabajo de suficiencia profesional (  ) / Trabajo académico (  ), titulado **“EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO CON METODOLOGÍA PCI DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. MARIANO LINO URQUIETA DEL DISTRITO DE MOQUEGUA, 2024”** presentado por el(la) egresado(a) **TAPIA VACA, GLABI VIVIAN** para obtener el grado académico (  ) o Título profesional (  ) o Título de segunda especialidad (  ) de: **BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL**, y asesorado por el(la) **MGR. KARLA FIORELLA CORNEJO LECAROS**, designado como asesor con RESOLUCIÓN DE DECANATURA N°365-2024-DFAIA-UJCM, fue sometido a revisión de similitud textual con el software TURNITIN, conforme a lo dispuesto en la normativa interna aplicable en la UJCM.

En tal sentido, se emite el presente certificado de originalidad, de acuerdo al siguiente detalle:

Programa académico	Aspirante(s)	Trabajo de investigación	Porcentaje de similitud
Ingeniería Civil	Tapia Vaca, Glabi Vivian	“EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO CON METODOLOGÍA PCI DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. MARIANO LINO URQUIETA DEL DISTRITO DE MOQUEGUA, 2024”	33 %  (20 de noviembre de 2024)

El porcentaje de similitud del Trabajo de investigación es del **33 %**, que está por debajo del límite **PERMITIDO** por la UJCM, por lo que se considera apto para su publicación en el Repositorio Institucional de la UJCM.

Se emite el presente certificado de similitud con fines de continuar con los trámites respectivos para la obtención de grado académico o título profesional o título de segunda especialidad.

Moquegua, 20 de noviembre de 2024



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI  
FACULTAD DE CIENCIAS

Dr. JAVIER PEDRO FLORES AROCUTIPA  
Jefe de la Unidad de Investigación

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
PÁGINA DE JURADO.....	ii
CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
CONTENIDO .....	vi
CONTENIDO DE TABLAS.....	viii
CONTENIDO DE FIGURAS .....	ix
CONTENIDO DE ECUACIONES.....	x
CONTENIDO DE APÉNDICES .....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	xiv

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad problemática .....	1
1.2. Definición del problema.....	4
1.2.1. Problema general .....	4

1.2.2.	Problemas específicos .....	4
1.3.	Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1.	Objetivo general .....	4
1.3.2.	Objetivos específicos.....	4
1.4.	Justificación.....	5
1.5.	Alcances y limitaciones .....	6
1.6.	Variables.....	6
1.6.1.	Operacionalización de variables.....	6
1.7.	Hipótesis de la investigación.....	7
1.7.1.	Hipótesis general .....	7
1.7.2.	Hipótesis específicas .....	7

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1.	Antecedentes de la investigación.....	8
2.2.	Marco teórico.....	10

## **CAPÍTULO III**

### **METODO**

3.1.	Tipo de investigación .....	26
------	-----------------------------	----

3.2.	Diseño de la investigación.....	27
3.3.	Población y muestra .....	27
3.3.1.	Población.....	27
3.3.2.	Muestra.....	27
3.4.	Descripción de instrumentos para la recolección de datos .....	32

## **CAPÍTULO IV**

### **ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS**

4.1	Presentación de resultados.....	33
4.2	Contrastación de hipótesis.....	38
4.3	Discusión de resultados .....	39

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1	Conclusiones.....	42
5.2	Recomendaciones .....	43
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44

## CONTENIDO DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1:</b> Operacionalización de las variables _____	6
<b>Tabla 2:</b> Rangos y clasificación de la metodología PCI _____	15
<b>Tabla 3:</b> Elementos de muestreo de la metodología PCI _____	16
<b>Tabla 4:</b> Resumen del tramo intervenido _____	30
<b>Tabla 5:</b> Progresivas para las unidades de muestra _____	31
<b>Tabla 6:</b> Unidades de muestras seleccionadas _____	33
<b>Tabla 7:</b> Resultados de evaluación PCI para la calzada _____	34
<b>Tabla 8:</b> Matriz de Consistencia del trabajo de investigación _____	47

## CONTENIDO DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1:</b> Elementos estructurales (SN o capas) del pavimento flexible .....	11
<b>Figura 2:</b> Elementos estructurales y espesores típicos del pavimento flexible.....	13
<b>Figura 3:</b> Comportamientos estructurales del pavimento flexible y rígido .....	14
<b>Figura 4:</b> Modelo de formato N°01 para registro PCI .....	23
<b>Figura 5:</b> Modelo de formato N°2 para registro PCI .....	24
<b>Figura 6:</b> Ubicación del área intervenida; población y muestra .....	29
<b>Figura 7:</b> Tramo intervenido del presente estudio .....	29
<b>Figura 8:</b> Distribución de patologías del pavimento flexible.....	35
<b>Figura 9:</b> Incidencia en grietas longitudinales y verticales.....	36
<b>Figura 10:</b> Incidencia en huecos.....	36
<b>Figura 11:</b> Incidencia en parcheo .....	37

## CONTENIDO DE ECUACIONES

	<b>Pág.</b>
<b>Ecuación 1:</b> Selección de unidades de muestreo.....	22
<b>Ecuación 2:</b> Índice de condición del pavimento .....	25

## CONTENIDO DE APÉNDICES

	<b>Pág.</b>
Tabla A 1: Indicadores y características de las patologías.....	48
Figura B 1: Identificación de grietas .....	49
Figura B 2: Identificación de parcheo .....	49
Figura B 3: Identificación de huecos .....	49
Figura B 4: Identificación de desprendimiento de agregado .....	50
Figura B 5: Identificación de huecos y desprendimiento de agregado .....	50
Figura B 6: Identificación de piel de cocodrilo.....	51
Figura C 1: Registro de condición del pavimento PCI .....	52

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por propósito analizar y evaluar una infraestructura vial. Se pretende efectuar la exploración correspondiente de la realidad problemática; daños del pavimento flexible en la avenida Mariano Lino Urquieta del distrito de Moquegua. El método de evaluación en el que se respalda el presente estudio es el Método Pavement Condition Index (PCI) por sus siglas en inglés, cuya norma internacional que la respalda es la American Society for Testing and Materials (ASTM) D6433-07 considerando el siguiente procedimiento de evaluación: el registro y evaluación visual, medición in situ e identificación de las principales fallas y/o patologías presentadas por el pavimento objeto de la muestra. Posteriormente al registro detallado de las condiciones se procede al trabajo de gabinete, cuya finalidad es catalogar el tipo de falla e identificar el correspondiente formato propuesto por la metodología. Al efectuar el procesamiento de los datos considerando el tramo en estudio conformado por una longitud de 1000.00 m (01 Km) de longitud, vía comprendía por 02 carriles en ambos sentidos; la calzada es de 6.50 metros de ancho, dividido en sub tramos detallados en el presente estudio. El cálculo y procesamiento de los datos se obtuvo como resultado un PCI 48 cuyo valor indica que el pavimento es regular; la evaluación y estudio de la avenida Mariano Lino Urquieta, permitió identificar las patologías con mayor frecuencia, las cuales fueron grietas, parcheo y huecos. Los resultados, que se apoyan en la correspondiente prueba de hipótesis que examina la diferencia de proporciones entre las muestras, validan principalmente el estado de la estructura de la carretera.

***Palabras clave:*** Evaluación del pavimento, índice de condición del pavimento, infraestructura vial, patologías, PCI.

## ABSTRACT

The purpose of this research work is to analyze and evaluate a road infrastructure. It is intended to carry out the corresponding exploration of the problematic reality; Damage to the flexible pavement on Mariano Lino Urquieta Avenue in the Moquegua district. The evaluation method on which this study is based is the Pavement Condition Index (PCI) Method, whose international standard that supports it is the American Society for Testing and Materials (ASTM) D6433-07 considering the following evaluation procedure: registration and visual evaluation, in situ measurement and identification of the main faults and/or pathologies presented by the pavement that is the subject of the sample. After the detailed record of the conditions, the office work is carried out, the purpose of which is to catalog the type of failure and identify the corresponding format proposed by the methodology. When processing the data considering the section under study consisting of a length of 1000.00 m (01 km), the road included 02 lanes in both directions; The road is 6.50 meters wide, divided into subsections detailed in this study. The calculation and processing of the data resulted in a PCI 48 whose value indicates that the pavement is regular; The evaluation and study of Mariano Lino Urquieta Avenue allowed us to identify the most frequent pathologies, which were cracks, patches and holes. The results, which are confirmed by the corresponding hypothesis test of difference in proportions between samples; They mainly corroborate: the structural state of the road.

**Keywords:** *Pavement evaluation, pavement condition index, road infrastructure, pathologies, PCI.*

## INTRODUCCIÓN

La evaluación del pavimento flexible es un aspecto crítico en la gestión de infraestructura vial, ya que permite identificar y abordar problemas relacionados con la seguridad, la durabilidad y el rendimiento de las carreteras. La metodología conocida como Índice de condición del pavimento (PCI) implica evaluar el estado del pavimento mediante la realización de inspecciones visuales y observando el tipo, la gravedad y la cantidad de los problemas detectados. Utilizando los datos recopilados durante el proceso de evaluación y adhiriéndose a la metodología PCI prescrita, se calcula un índice para medir la condición general del pavimento que se analiza. Este índice categoriza el pavimento como fallido, malo, muy malo, regular, bueno, muy bueno o excelente, proporcionando una indicación clara de su estado.

El propósito de la investigación es evaluar y diagnosticar la condición del pavimento flexible en la avenida Mariano Lino Urquieta del distrito de Moquegua mediante la metodología PCI, identificando patologías y oportunidades de mejora. Para abordar esta problemática se optó por un análisis descriptivo con enfoque comparativo y transversal, optando por una metodología no experimental. El diseño elegido implicó un examen cuantitativo de la situación, utilizando muestras de las poblaciones involucradas, incluyendo la vía de pavimento flexible, los instrumentos de la metodología, así como herramientas generales y representaciones visuales.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

Una vez finalizadas las obras de infraestructura vial, a menudo presentan una amplia gama de fallas en la superficie, lo que resalta la importancia de implementar prácticas efectivas de mantenimiento y rehabilitación de carreteras para minimizar los daños durante toda la vida útil del pavimento.

De la revisión documental según el estudio señalado por ComexPerú (2020) del Reporte de Competitividad Global 2019:

La ubicación del Perú en el pilar de Infraestructura, según la evaluación del Foro Económico Mundial, es la 88° entre 141 economías. Dentro del subpilar de Infraestructura de Transporte, nuestra clasificación ocupa el puesto 97, lo que se puede atribuir a los avances en la eficiencia de los servicios portuarios (92) y la conectividad del transporte marítimo (39). Sin embargo, los indicadores de conectividad vial (102) y calidad de la infraestructura vial (110) pintan un panorama preocupante del estado actual del Perú en términos de su infraestructura vial.

Según Linares (2021), las principales causas de fallas en los pavimentos son:

Debido a un proceso de construcción deficiente o un mantenimiento insuficiente, el pavimento se vuelve vulnerable a cantidades sustanciales de agua y desechos en el sistema de alcantarillado, lo que en última instancia resulta en un deterioro estructural. Además, un número significativo de carreteras en todo el país han superado su vida útil prevista y, como resultado, han sufrido grandes daños.

La principal causa de las deformaciones del pavimento es el intenso flujo de vehículos, que supera la capacidad de carga prevista y provoca el colapso. Además, los factores climáticos contribuyen al deterioro del pavimento, ya que las fluctuaciones diarias de temperatura provocan grietas y cambios estructurales. Es importante reconocer que las variaciones de temperatura también impactan el estado del pavimento.

La responsabilidad del mantenimiento de las carreteras en la mayor parte del país recae en las autoridades locales, en particular los gobiernos locales. Sin embargo, estas tareas de mantenimiento muchas veces no se ejecutan con prontitud, lo que resulta en una disminución de la vida útil del pavimento y su eventual deterioro.

El terrible estado de las carreteras dentro de la ciudad de Moquegua plantea un problema importante que afecta a todo el departamento. La mayoría de las calles urbanas carecen de pavimento adecuado, e incluso aquellas que alguna vez lo tuvieron ahora lo han perdido. Las propias vías se encuentran en un estado deplorable, agravado aún más por los frecuentes daños causados por los vehículos debido a la abundancia de averías y fisuraciones considerables aunándose los baches existentes.

Las deficiencias dentro del sistema de alcantarillado contribuyen a la degradación del pavimento flexible, siendo uno de los factores clave. Es común presenciar la rotura de desagües, lo que obliga a romper carreteras y aceras para reparar las tuberías. Aunque las calles pueden sufrir reparaciones, a menudo terminan con un pavimento de menor calidad en comparación con el original, lo que las hace susceptibles a fallas futuras. En algunos casos, el pavimento ni siquiera se reemplaza en absoluto.

Se ha observado que los proyectos carecen de un plan de mantenimiento, lo que resulta el deterioro progresivo de las pistas. Esto es evidente en ciertos tramos donde los ciudadanos, de manera empírica, intentan solucionar y "reparar" sus calles rellenando las fallas como los baches o con cualquier tipo de material.

Otro factor que contribuye a los accidentes de tráfico es el deterioro del firme de las carreteras. A modo de ejemplo, cuando un carril se vuelve intransitable debido a defectos en el pavimento, los vehículos se ven obligados a incorporarse al carril restante. Esto genera caos e inevitablemente aumenta la probabilidad de que se produzcan accidentes.

A pesar de algunos esfuerzos para abordar problemas como los baches y la colocación de bloques de hormigón, la mejora general de las aceras ha sido inadecuada. Es fundamental no sólo intervenir cuando las pistas se vuelven intransitables, sino también evaluar continuamente su estado para determinar el momento óptimo para el mantenimiento. Al hacerlo, se puede minimizar la necesidad de reparaciones costosas (Rodríguez, 2019).

## **1.2. Definición del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿De qué manera se puede evaluar y diagnosticar el estado del pavimento flexible en la avenida Mariano Lino Urquieta del distrito de Moquegua en el 2024?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿En qué medida la metodología PCI permite hallar el estado de conservación del pavimento flexible en la avenida Mariano Lino Urquieta del distrito de Moquegua en el 2024?
- ¿Como es el procedimiento de la metodología PCI aplicado en el pavimento flexible en la avenida Mariano Lino Urquieta del distrito de Moquegua en el 2024?
- ¿Cuáles son las patologías más frecuentes según la evaluación de la metodología PCI del pavimento flexible en la avenida Mariano Lino Urquieta del distrito de Moquegua en el 2024?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar el estado del pavimento flexible mediante la metodología PCI en la avenida Mariano Lino Urquieta del distrito de Moquegua en el 2024.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Ejecutar el registro de daños a través de la metodología PCI para diagnosticar el estado de conservación del pavimento flexible en la avenida Mariano Lino Urquieta del distrito de Moquegua en el 2024.

- Ejecutar el procedimiento establecido en la norma ASTM D-6433 en la evaluación y diagnóstico del pavimento flexible en la avenida Mariano Lino Urquieta del distrito de Moquegua en el 2024.
- Identificar las patologías más frecuentes según la evaluación de la metodología PCI del pavimento flexible en la avenida Mariano Lino Urquieta del distrito de Moquegua en el 2024.

#### **1.4. Justificación**

El presente estudio cobra importancia a través de sus dos justificaciones fundamentales: técnica y social, todas las cuales contribuyen a la legitimidad de este trabajo.

**Justificación técnica.** - La justificación técnica de este proyecto de investigación radica en su enfoque en la evaluación y diagnóstico de pavimentos flexibles. Los temas explorados están estrechamente vinculados al campo de la ingeniería civil, lo que lo convierte en una fuerte justificación para realizar este estudio.

- Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial – MTC
- Manual de Dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras.
- Manual de carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción.

**Justificación social.** – El objetivo de este esfuerzo de investigación es mejorar el bienestar general de la población y abordar los desafíos económicos y sociales prevalecientes. Esto se logrará mediante la implementación de Proyectos de Inversión e iniciativas complementarias que ofrezcan soluciones efectivas a los

problemas encontrados en los diferentes sectores. Un ejemplo notable de tal iniciativa es la revitalización de la avenida Mariano Lino Urquieta.

### 1.5. Alcances y limitaciones

Comprende la determinación del índice de comportamiento del pavimento flexible a través de la metodología PCI específicamente en la avenida Mariano Lino Urquieta del distrito de Moquegua.

Las principales limitaciones son:

- Acceso a la zona de intervención, debido a la afluencia vehicular haciéndose dificultoso la toma de registro de las patologías encontradas.

### 1.6. Variables

#### Variable independiente

- Metodología de evaluación de pavimento

#### Variable dependiente

- Estado de conservación del pavimento flexible.

#### 1.6.1. Operacionalización de variables

**Tabla 1**

*Operacionalización de las variables*

<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Instrumento de investigación</b>
Metodología de evaluación de pavimento	Metodología PCI	Criterios o parámetros de evaluación PCI	Norma ASTM Ensayo MTC
Estado de conservación del pavimento flexible.	Conservación del estado del pavimento flexible.	Severidad Baja Severidad Media Severidad Alta	Formato de PCI Matriz PCI

## **1.7. Hipótesis de la investigación**

### **1.7.1. Hipótesis general**

El estado del pavimento flexible en la avenida Mariano Lino Urquieta del distrito de Moquegua es regular según la metodología PCI.

### **1.7.2. Hipótesis específicas**

- La metodología PCI registra de manera específica el estado de conservación del pavimento flexible en la avenida Mariano Lino Urquieta del distrito de Moquegua en el 2024.
- El procedimiento establecido en la Norma ASTM D-6433 permite describir de manera detallada las patologías del pavimento flexible en la avenida Mariano Lino Urquieta del distrito de Moquegua en el 2024.
- Las patologías más frecuentes según la evaluación de la metodología PCI son: grietas, huecos y parcheo del pavimento flexible en la avenida Mariano Lino Urquieta del distrito de Moquegua en el 2024.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

Según Tello et al. (2021) en su estudio realizado en Cali Colombia, se llevó a cabo una evaluación de daños en pavimento flexible utilizando fotogrametría terrestre y redes neurales. El método VIZIR, diseñado para concreto flexible, categoriza el deterioro en dos tipos: degradación tipo A, causada por insuficiencias de capacidad estructural, y degradación tipo B, resultante de deficiencias constructivas y condiciones locales. Por otro lado, el método PCI, aplicable a cualquier tipo de pavimento, determina la clase, severidad y extensión del daño. Estos métodos se basan en inventarios manuales e inspecciones visuales. El estudio concluye que la implementación de estos métodos permite recopilar y analizar información detallada sobre el estado de los pavimentos de las carreteras.

Andrade et al. (2021) en su estudio tienen como objetivo evaluar el impacto de la variabilidad de los datos en la determinación del índice de condición del pavimento (PCI) y su predicción de deterioro. Los investigadores reconocen la falta de consideración por la subjetividad en la recopilación de datos y su influencia en los resultados. Para abordar esto, desarrollaron una herramienta de evaluación de

campo siguiendo las pautas de la metodología PCI y emplearon la técnica de doble ciego con 20 expertos. A través del procesamiento e interpretación de datos, el estudio revela los efectos de la variabilidad de la recopilación de datos en los resultados de la evaluación del pavimento y el modelo de predicción.

González et al. (2019) en su estudio realizado en Cuba presentan una metodología para evaluar el estado técnico de pavimentos. El tramo objeto de estudio recibió una calificación justa según el método de evaluación PCI. Con base en esta evaluación y los hallazgos de la inspección visual, se puede concluir que el pavimento no presenta signos de agotamiento de su capacidad estructural. Sin embargo, la evaluación sirve de alerta para el Centro Provincial de Vialidad, indicando la necesidad de una intervención superficial en un futuro próximo. La inspección visual reveló diversos tipos de deterioro, entre ellos grietas longitudinales y transversales, agrietamiento de bloques, parches y desprendimiento de agregados, que representaron el 66% de los daños reportados. Ninguna de las unidades muestreadas se encontró en excelentes condiciones.

Según Linares (2021) Evaluar el estado del pavimento flexible en la Av. Confraternidad en el PP JJ Ricardo Palma, Chiclayo, se utilizó la metodología PCI y el Benkelman Beam para su evaluación y diagnóstico. El objetivo principal fue inspeccionar visualmente las unidades de pavimento muestreadas, identificando los distintos tipos de fallas, su gravedad y el alcance del daño. La recolección y descripción de los datos se realizó siguiendo el formato de evaluación PCI y el manual de metodología PCI.

Para Correa & Carpio (2019) se realiza una evaluación utilizando la metodología PCI para proponer un plan de intervención del pavimento flexible del

jirón Los Incas en Piura. El estudio tiene como objetivo determinar el porcentaje de fallas recurrentes a lo largo de la vía. Se concluye que el tipo de daño más común es la falla por brecha, representando el 50% de todas las fallas. Esta falla en particular probablemente sea causada por la retención de agua debido a las constantes lluvias de El Niño Costero, exacerbadas por hundimientos preexistentes. La infiltración de agua a través de las grietas existentes satura la capa de asfalto, lo que provoca el colapso estructural bajo cargas vehiculares. En el estudio se utiliza el software EVALPAV y métodos tradicionales que involucran ábacos y curvas deducidas, revelando diferencias mínimas en los resultados.

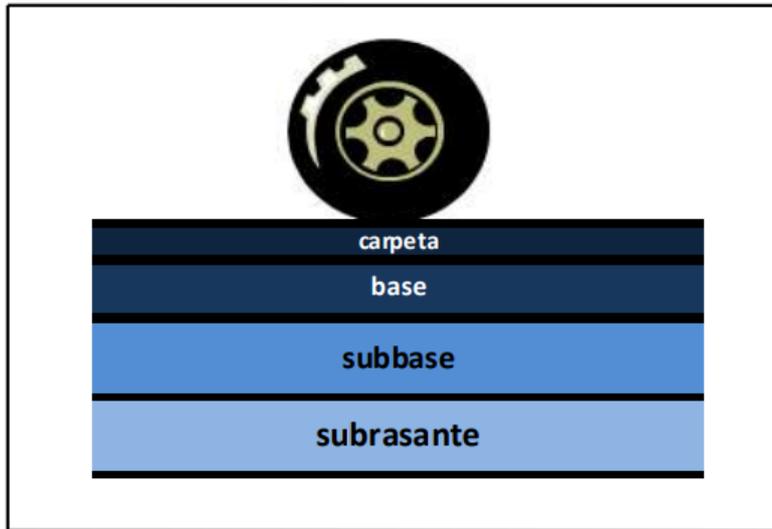
## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. Pavimento**

Según el estudio de Rodríguez (2019) la subrasante, que es el terreno de cimentación que sostiene toda la superficie del pavimento, es un componente crucial. Debe estar preparado adecuadamente para proporcionar una base estable para las capas de diferentes espesores conocidas como paquete estructural. Este paquete estructural está diseñado específicamente para soportar cargas externas durante un período específico.

**Figura 1**

*Elementos estructurales (SN o capas) del pavimento flexible*



*Nota:* Capas y estructura estándar; capa subrasante, capa subbase, base y carpeta asfáltica según el diseño aprobado.

El pavimento es la estructura heterogénea de suelos y rocas naturales estructurada por capas resistentes que, en su conjunto, soportan las cargas inducidas y transmitidas por los vehículos, así como agentes naturales, dichas capas tienen como función soportar los esfuerzos, durante toda su vida útil de servicio.

El objetivo principal de los pavimentos es distribuir eficazmente las cargas concentradas, garantizando que no se supere la capacidad de las capas de soporte, y al mismo tiempo ofrecer una excelente calidad de rodaje y seguridad operativa para las aeronaves en todas las condiciones climáticas (Váldez & Alonso, 2017).

### **2.2.2. Elementos conformantes de un pavimento:**

#### **a) Base**

La capa de material que se coloca encima de la subbase se conoce como pavimento. Su objetivo principal es proporcionar resistencia estructural y durabilidad para soportar el peso y la presión ejercida por los vehículos. Debe tener un espesor

adecuado para soportar eficazmente la carga y distribuirla sobre la subbase. Además, una de sus principales funciones es asegurar un soporte consistente y uniforme de la capa asfáltica.

#### **b) Sub base**

Es la capa de material que se construye directamente sobre la sub rasante o terreno natural, transmitiendo las cargas a esta sub capa. Es el componente estructura del pavimento. El propósito principal de este componente es salvaguardar la base creando una barrera entre esta y la subrasante. La introducción de materiales extraños en la base puede provocar fluctuaciones volumétricas causadas por variaciones en los niveles de humedad, que en última instancia pueden debilitar la durabilidad de la base. Por tanto, es fundamental que este componente impida eficazmente el movimiento ascendente del agua mediante acción capilar.

#### **c) Sub rasante**

El terreno natural sirve como base para toda la estructura del pavimento, separada de la propia estructura. Su función principal es soportar el peso del tráfico, distribuir y transmitir este peso al terraplén y evitar la infiltración de materiales plásticos finos del terraplén al pavimento.

### **2.2.3. Clases de pavimento**

Según las capas o paquete estructural que lo conforman pueden clasificarse en 03 tipos de pavimentos:

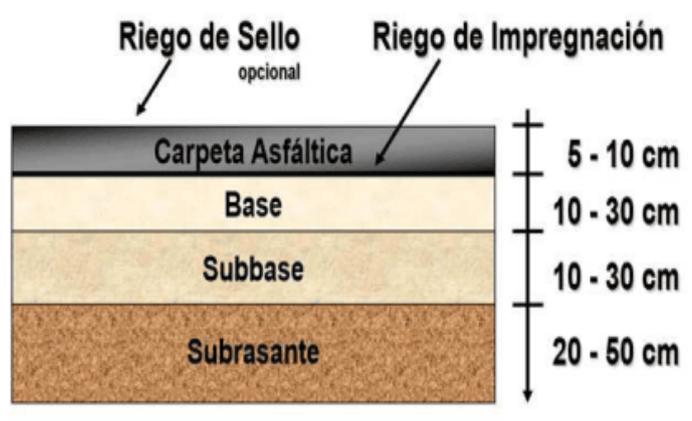
#### **a) Pavimento flexible**

El pavimento asfáltico, también conocido como pavimento flexible, se construye con una capa superior de asfalto que permite deformaciones menores en

las capas subyacentes manteniendo la integridad estructural. Estos pavimentos se construyen utilizando una o varias capas de material granular, que se puede mezclar con asfalto o dejar como productos naturales para mejorar la durabilidad y proporcionar superficies más lisas para los vehículos. El espesor de la capa de rodadura se puede aumentar para distribuir las cargas de manera más uniforme en el suelo (Váldez & Alonso, 2017).

**Figura 2**

*Elementos estructurales y espesores típicos del pavimento flexible*



*Nota:* Capas y estructura estándar.

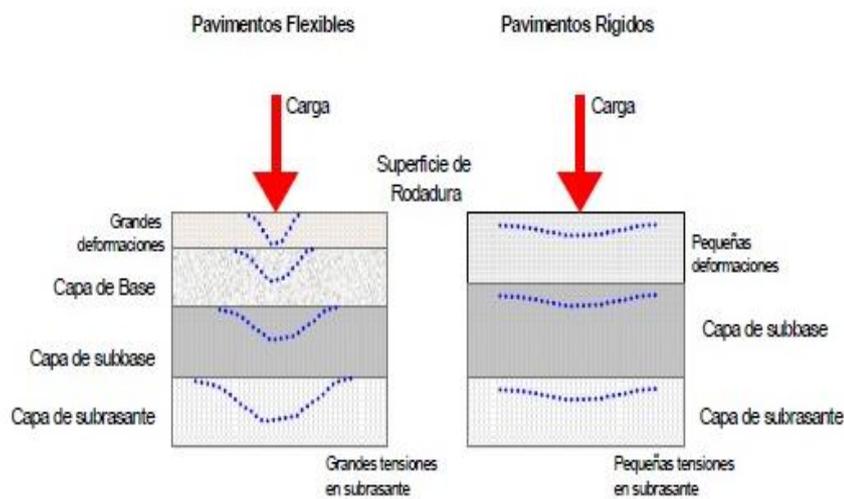
## **b) Pavimento rígido**

Estas estructuras están compuestas por losas de hormigón de cemento que se colocan sobre el terreno, ya sea directamente o con la ayuda de una capa de material granular. El espesor de las losas está determinado por la capacidad del hormigón para absorber y distribuir uniformemente cargas sobre la superficie del terreno.

El pavimento hidráulico, comúnmente conocido como pavimento rígido, consiste en una losa de hormigón armado que se coloca encima de la base o subbase, que a su vez se apoya sobre la subrasante. Su diseño puede incorporar acero de refuerzo para mejorar su integridad estructural. A diferencia de otros tipos de pavimento, el pavimento rígido no permite deformaciones en las capas subyacentes.

**Figura 3**

*Comportamientos estructurales del pavimento flexible y rígido*



### c) Pavimento híbrido o mixto

También denominado pavimento híbrido, está compuesto tanto por materiales flexibles como rígidos. En determinados casos, como cuando los bloques de hormigón sustituyen a la capa asfáltica tradicional, se crea un pavimento híbrido. El objetivo principal es reducir la velocidad a la que pueden circular los vehículos.

#### 2.2.4. Metodología PCI

En 1978, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos publicó el informe técnico M-268, que introdujo una metodología creada por M.Y. Shahin

y S.D. Jon. La degradación de la estructura del pavimento está influenciada por el tipo, severidad y cantidad del daño. Sin embargo, crear un índice que considere los tres factores ha resultado un desafío debido a la multitud de condiciones potenciales (Vasquez, 2022). El PCI sirve como un índice numérico que va desde cero (0), que indica un pavimento en estado de falla o mal estado, hasta cien (100), que representa un pavimento en impecable estado.

**Tabla 2**

*Rangos y clasificación de la metodología PCI*

<b>Rango</b>	<b>Clasificación</b>
100-85	Excelente
85-70	Muy bueno
70-55	Bueno
55-40	Regular
40-25	Malo
25-10	Muy Malo
10-0	Fallado

*Nota:* Rangos de clasificación establecidos en la norma.

El cálculo del PCI se basa en realizar una evaluación visual del estado del pavimento, determinando la CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD de cada daño observado. El propósito del PCI es medir la solidez estructural del pavimento y evaluar su estado operativo. Al recopilar información sobre los daños durante el inventario, se obtienen conocimientos valiosos sobre las causas de los daños y su correlación con las cargas o las condiciones climáticas (Vasquez, 2022).

#### **2.2.4.1. Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento**

Durante la fase inicial se realiza trabajo de campo para identificar y evaluar los daños, considerando su naturaleza, gravedad y alcance.

## Unidades de muestreo

La carretera se divide en tramos conocidos como "unidades de muestreo", con dimensiones variables según los tipos específicos de carretera y capa de rodadura.

**Tabla 3**

*Elementos de muestreo de la metodología PCI*

<b>Ancho de calzada (m)</b>	<b>Longitud de la unidad de muestreo (m)</b>
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

*Nota:* Norma ASTM D-6433. Fuente: ASTM International (2018).

Para caminos que tienen una superficie asfáltica y un ancho inferior a 7,30 m, el área designada de la unidad de muestreo debe estar dentro del rango de  $230,0 \pm 93,0$  m<sup>2</sup>.

### 2.2.4.2. Tipos de fallas y/o patologías

- a) Piel de cocodrilo
- b) Exudación.
- c) Agrietamiento en bloque.
- d) Abultamientos y hundimientos.
- e) Corrugación.
- f) Depresión.
- g) Grieta de borde.
- h) Grieta de reflexión de junta
- i) Desnivel carril/berma
- j) Grietas longitudinales y transversales
- k) Parcheo
- l) Pulimiento de agregados

- m) Huecos
- n) Cruce de vía férrea
- o) Ahuellamiento
- p) Desplazamiento
- q) Grieta parabólica
- r) Hinchamiento
- s) Desprendimiento de agregados

### **A. Piel de cocodrilo**

Las grietas que se forman son el resultado de una falla por fatiga causada por el impacto repetitivo de las cargas del tráfico. Conocido como piel de cocodrilo, este tipo de daño se considera significativo y suele ir acompañado de celo. El agrietamiento comienza en la base y se extiende a la superficie en un patrón de grietas longitudinales paralelas.

#### **Niveles de severidad**

- *L*: Hay grietas finas que se forman de manera paralela, corriendo tanto capilar como longitudinalmente, con interconexiones mínimas o nulas. Estas grietas no provocan ninguna rotura del material en sus lados, lo que significa que no se produce desconchado.
- *M*: La progresión posterior de las grietas de la piel de cocodrilo de nivel L se manifiesta como una red o patrón de grietas, que pueden presentar una ligera descamación.
- *H*: La presencia de una red o disposición de fisuras se ha desarrollado de tal manera que los fragmentos están claramente delimitados y los bordes se descaman. Es posible que ciertos fragmentos se muevan cuando se someten al tráfico.

## **B. Exudación**

Se forma sobre el pavimento una superficie brillante, cristalina y reflectante debido a la presencia de una película bituminosa, que muchas veces se vuelve pegajosa. Este hecho es el resultado de una abundancia de asfalto en la mezcla, una aplicación excesiva de sellador asfáltico o un bajo contenido de huecos de aire.

## **C. Agrietamiento en bloque**

Las grietas en bloques, que varían en tamaño desde 0,30 mx 0,3 m hasta 3,0 mx 3,0 m, surgen principalmente de la contracción del hormigón asfáltico y de los cambios diarios de temperatura. Estas grietas, que no son consecuencia de la carga, sirven como indicación de un endurecimiento sustancial del asfalto.

## **D. Elevaciones y/o hundimientos**

Estos pequeños movimientos verticales se pueden observar en la superficie del pavimento.

### **Niveles de severidad**

L: La calidad del tráfico de baja severidad es el resultado de abombamientos o hundimientos.

M: El abombamiento o el hundimiento provocan una calidad del tráfico de severidad media.

H: La calidad del tráfico se ve muy afectada por el abultamiento o el hundimiento, lo que resulta en una alta gravedad.

## **E. Corrugación**

La aparición de estas perturbaciones se puede atribuir a la interacción entre el movimiento del tráfico y una superficie o cimientos inestables. Estas

irregularidades se manifiestan como una secuencia de crestas y depresiones muy cercanas, que ocurren a intervalos relativamente consistentes y que generalmente miden menos de 3,0 m.

#### **F. Depresiones**

La formación de la subrasante o la construcción inadecuada de las capas superiores del pavimento pueden provocar su asentamiento.

#### **Niveles de severidad**

Máxima profundidad de la depresión:

- L: 13.0 a 25.0 mm.
- M: 25.0 a 51.0 mm.
- H: Más de 51.0 mm

#### **G. Grietas de borde**

Las grietas que se forman en el borde de la carretera corren paralelas al eje de la carretera y normalmente ocurren dentro de un rango de 0,30 a 0,60 metros desde el borde exterior del pavimento. Este tipo particular de daño se ve agravado por la presencia de tráfico intenso, ya que se remonta al deterioro de la base o subrasante cerca del borde del pavimento debido a condiciones climáticas desfavorables. Además, un soporte lateral insuficiente o el uso de materiales expansivos en la construcción de terraplenes también pueden contribuir al desarrollo de grietas en los bordes.

#### **H. Grietas de reflexión de juntas**

La ocurrencia de este tipo de daños es exclusiva de pavimentos con superficie asfáltica que se construye sobre una losa de concreto de cemento Portland. El factor principal que contribuye a la formación de estas grietas es el movimiento de la losa

de concreto de cemento Portland debajo de la superficie del concreto asfáltico, que puede ser provocado por cambios en la temperatura o los niveles de humedad.

### **I. Desnivel calzada-hombrillo**

La variación de altura entre el borde del pavimento y el arcén se conoce como desnivel del arcén. Este problema surge de la erosión o hundimiento del arcén, o de la aplicación de revestimientos a la carretera sin elevar simultáneamente el nivel del arcén.

### **J. Grietas longitudinales y transversales**

Las juntas de carriles de pavimento mal construidas pueden causar grietas longitudinales que corren paralelas al eje del pavimento.

- La superficie del concreto asfáltico puede encogerse como resultado de las bajas temperaturas o del proceso de envejecimiento natural del asfalto.
- Las grietas que ocurren debajo de la capa base, incluidas las que se encuentran en las losas de concreto de cemento Portland, pero excluyendo las juntas de pavimento de concreto, pueden provocar la formación de grietas de reflexión.

El pavimento está marcado por grietas transversales que se extienden perpendicularmente a su eje.

### **K. Bacheo y zanjas reparadas**

Cuando se repara el pavimento, una sección del mismo se reemplaza con material nuevo, creando lo que se conoce como un bache. Independientemente de su desempeño, un bache se clasifica como un defecto, ya que normalmente no funciona tan eficazmente como el pavimento original o el área circundante.

## **L. Agregados pulidos**

La aplicación repetida de cargas de tráfico puede provocar el ablandamiento del agregado en la superficie de la carretera, lo que resulta en una disminución significativa de la adherencia entre los neumáticos de los vehículos.

## **M. Hueco**

Cuando los vehículos pasan sobre la superficie de la carretera, tienen la capacidad de arrancar pequeños fragmentos de pavimento, lo que resulta en la formación de baches. El deterioro del pavimento puede atribuirse a diversos factores, como mezclas superficiales inadecuadas, vulnerabilidades en la base o subrasante, o el desarrollo de una afección grave de piel de cocodrilo.

## **N. Cruce de sumideros de rejilla (cruce de rieles)**

Cuando se cruzan desagües de rejilla, el plano de contacto entre el pavimento de la carretera y el desagüe puede experimentar depresiones o protuberancias, lo que tiene un impacto negativo en la suavidad general de la carretera.

## **O. Ahuellamiento**

El ahuellamiento, que se refiere a la formación de depresiones en las huellas de las ruedas, es el resultado de la deformación permanente en el pavimento o las capas de subrasante, generalmente causada por la consolidación o el movimiento lateral de materiales bajo la presión ejercida por el tráfico.

## **P. Deformaciones por empuje**

La ocurrencia de este tipo de daños suele limitarse a pavimentos que tienen mezclas asfálticas líquidas inestables como emulsión.

### **Niveles de severidad**

- L: El desplazamiento resulta en una calidad del tráfico de baja severidad.

- M: El desplazamiento conduce a una calidad del tráfico de severidad media.
- H: La calidad del tráfico experimenta un descenso importante debido a los desplazamientos, lo que se traduce en una alta gravedad.

### 2.2.4.3. Procedimiento Metodológico

#### A. Selección de las unidades de muestreo

La calzada está dividida en segmentos conocidos como "unidades de muestreo", que tienen diferentes dimensiones según el tipo de vía. Se recomienda que cada sección tenga un tamaño aproximado de 225 m<sup>2</sup>, con un rango de 210 m<sup>2</sup> a 240 m<sup>2</sup>.

En los casos en que el número de unidades de muestreo supere las 100, se sugiere utilizar una ecuación estadística para estimar un tamaño de muestra adecuado.

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{N \cdot E^2} \quad \dots\dots\dots \text{[Ecuación 1]}$$

**Donde:**

n= tamaño de la muestra

R= Nivel de Confianza (Sugerido 95%, para obtener con la curva de distribución normal un valor de Z= 1,96).

p= Variabilidad positiva (0,5 para variabilidad máxima).

q= Variabilidad negativa (0,5 para variabilidad máxima).

N= tamaño de la población.

E= error o precisión (Sugerido 5%)

## B. Registro en campo

Luego de la selección de las unidades de muestreo, es necesario visitar el área y documentar minuciosamente cada falla, incluyendo sus dimensiones y gravedad, en hojas dedicadas.

**Figura 4**

*Modelo de formato N°01 para registro PCI*

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - PCI																																																				
EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO																																																				
NOMBRE DE LA VIA				SECCION																																																
<input type="text"/>				2																																																
INSPECCIONADO POR				UNIDAD DE MUESTREO																																																
<input type="text"/>				<input type="text"/>																																																
FECHA				AREA DE MUESTREO (m2)																																																
<input type="text"/>				230.54																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>DAÑO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Piel de Cocodrilo</td></tr> <tr><td>2</td><td>Exudacion</td></tr> <tr><td>3</td><td>Agrietamiento en Bloque</td></tr> <tr><td>4</td><td>Abultamientos y Hundimientos</td></tr> <tr><td>5</td><td>Corrugacion</td></tr> <tr><td>6</td><td>Depresion</td></tr> <tr><td>7</td><td>Grieta de Borde</td></tr> <tr><td>8</td><td>Grieta de Reflexion de Junta.</td></tr> <tr><td>9</td><td>Desnivel Carril / Verma</td></tr> <tr><td>10</td><td>Grietas Long. y Transversal</td></tr> </tbody> </table>					N°	DAÑO	1	Piel de Cocodrilo	2	Exudacion	3	Agrietamiento en Bloque	4	Abultamientos y Hundimientos	5	Corrugacion	6	Depresion	7	Grieta de Borde	8	Grieta de Reflexion de Junta.	9	Desnivel Carril / Verma	10	Grietas Long. y Transversal	<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>DAÑO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>11</td><td>Parqueo</td></tr> <tr><td>12</td><td>Pulimento de Agregados</td></tr> <tr><td>13</td><td>Huecos</td></tr> <tr><td>14</td><td>Cruce de Via Ferrea</td></tr> <tr><td>15</td><td>Ahuellamiento</td></tr> <tr><td>16</td><td>Desplazamiento</td></tr> <tr><td>17</td><td>Grieta Parabolica</td></tr> <tr><td>18</td><td>Hinchamiento</td></tr> <tr><td>19</td><td>Desprendimiento de Agregados</td></tr> </tbody> </table>					N°	DAÑO	11	Parqueo	12	Pulimento de Agregados	13	Huecos	14	Cruce de Via Ferrea	15	Ahuellamiento	16	Desplazamiento	17	Grieta Parabolica	18	Hinchamiento	19	Desprendimiento de Agregados	
N°	DAÑO																																																			
1	Piel de Cocodrilo																																																			
2	Exudacion																																																			
3	Agrietamiento en Bloque																																																			
4	Abultamientos y Hundimientos																																																			
5	Corrugacion																																																			
6	Depresion																																																			
7	Grieta de Borde																																																			
8	Grieta de Reflexion de Junta.																																																			
9	Desnivel Carril / Verma																																																			
10	Grietas Long. y Transversal																																																			
N°	DAÑO																																																			
11	Parqueo																																																			
12	Pulimento de Agregados																																																			
13	Huecos																																																			
14	Cruce de Via Ferrea																																																			
15	Ahuellamiento																																																			
16	Desplazamiento																																																			
17	Grieta Parabolica																																																			
18	Hinchamiento																																																			
19	Desprendimiento de Agregados																																																			
DAÑO	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD		AREA LONGITUDINAL			TOTAL	DENSIDAD																																											
			X (m)	Y (m)	L (m)	A (m)	Und																																													



- El valor de deducción total (VDT) se puede determinar sumando los valores de deducción para cada tipo de falla individual.

#### **D. Cálculo del valor de deducción corregido (vdc)**

La determinación del VDC se basa en el Umbral de Detección Visual (VDT) y la cantidad de valores de VD que exceden cinco (5) (valor "q"). Consultando el gráfico "VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO", al que se puede acceder mediante el VDT, se localiza el punto de intersección con el valor "q" respectivo.

#### **E. Cálculo del índice de condición del pavimento (PCI).**

Se aplica la ecuación:

$$PCI = 100 - VDC \quad \dots\dots\dots [Ecuación 2]$$

#### **Donde:**

PCI = valor del índice de condición del pavimento

VDC= valor deducido corregido

## **CAPÍTULO III**

### **METODO**

#### **3.1. Tipo de investigación**

Es de tipo investigación pura (básica), según Baena (2017) ya que se desarrolla en abstracto y con principios generales. Dado que este estudio tiene como objetivo ampliar la teoría y el contexto del diagnóstico y evaluación de las muestras, que son relevantes para el análisis teórico.

El diseño es no experimental transversal descriptivo, ya que es un diseño exploratorio que recopila datos en un instante de tiempo. El objetivo de este método es describir las variables en un momento dado y analizar sus frecuencias y relaciones y se busca indagar la incidencia y los valores en que se manifiesta una o más variables.

### **3.2. Diseño de la investigación**

Los datos y la información se recopilan y analizan a partir de las unidades de muestreo, que se clasifican en la evaluación preliminar según su tipo, nivel de gravedad y parámetros de extensión. Además, la evaluación estructural tiene en cuenta la longitud característica y el módulo de elasticidad de la subrasante. El objetivo del estudio es proporcionar una descripción de los distintos tipos de fallas del pavimento y analizar las deflexiones que se han registrado. Esto se logra mediante una combinación de observación directa y procesamiento de datos, lo que da como resultado información valiosa que se utilizará para desarrollar un plan de mantenimiento para el área específica bajo investigación.

### **3.3. Población y muestra**

#### **3.3.1. Población**

Según Hernandez et al. (2014), el concepto de población abarca todas las instancias que cumplen con criterios específicos. Representa la totalidad del tema bajo investigación, donde los individuos dentro de la población comparten un atributo común que se examina y forma la base de los datos de la investigación.

El proyecto actual sugiere un aumento en el acceso de la población a la infraestructura vial en el distrito de Moquegua.

#### **3.3.2. Muestra**

Como afirman Hernández et al. (2014), una muestra se refiere a un subgrupo específico de la población o universo que se elige para recolectar datos y debe representarlo con precisión.

La muestra se refiere a un segmento o subconjunto específico del universo o población que será el foco de la investigación. Existen métodos para determinar el tamaño o la cantidad de los componentes de la muestra.

En el estudio se consideró la muestra no probabilística, la vía de la avenida Mariano Lino Urquieta, como referencia se tomó el inicio de tramo (0+000) intersección con la calle Tarapacá, hasta el final de tramo (1+000) teniendo como referencia ingreso al distrito de San Antonio.

**Figura 6**

*Ubicación del área intervenida; población y muestra*



*Nota:* La ubicación geográfica y política se encuentra en el distrito de Moquegua, región Moquegua.

**Figura 7**

*Tramo intervenido del presente estudio*



*Nota:* La ubicación geográfica del área de intervención inicia en la cuadra 01 de la avenida Mariano lino Urquieta hasta la 9na cuadra

El tramo comprende una longitud de 1000 m (1km) progresiva 0+000 a la 1+000. Para implementar el método PCI, el paso inicial implicó dividir la sección de estudio en Unidades de muestra que cumplieran con los criterios especificados. Para vías con capa asfáltica y ancho inferior a 7,30 m, el área designada deberá estar dentro del rango de  $230,0 \pm 93,0$  m<sup>2</sup>.

**Tabla 4**

*Resumen del tramo intervenido*

<b>PROGRESIVA</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>ANCHO DE CALZADA</b>	<b>LONGITUD DE MUESTRA</b>	<b>AREA DE MUESTRA</b>
<b>Progresiva inicial (0+000)</b>	1000 m	6.5 m	35 m	227.5 m <sup>2</sup>
<b>Progresiva final (1+000)</b>				

**Tabla 5***Progresivas para las unidades de muestra*

<b>PROGRESIVA INICIAL</b>	<b>PROGRESIVA FINAL</b>
0+000	0+035
0+035	0+070
0+070	0+105
0+105	0+140
0+140	0+175
0+175	0+210
0+210	0+245
0+245	0+280
0+280	0+315
0+315	0+350
0+350	0+385
0+385	0+420
0+420	0+455
0+455	0+490
0+490	0+525
0+525	0+560
0+560	0+595
0+595	0+630
0+630	0+665
0+665	0+700
0+700	0+735
0+735	0+770
0+770	0+805
0+805	0+840
0+840	0+875
0+875	0+910
0+910	0+945
0+945	1+000

### **3.4. Descripción de instrumentos para la recolección de datos**

#### **3.4.1. Técnicas**

Se emplea la observación; útil en el proceso de investigación del analista y consiste en observar la información en el campo aplicado.

Se utilizó la técnica de la observación, lo que nos permitió identificar y elegir la sección específica del estudio que presentaba deficiencias en la capa asfáltica. Además, el método PCI se basa en una evaluación visual del estado del pavimento, categorizando las fallas según su tipo, gravedad y cantidad. Esta evaluación produce un índice estructural para el pavimento, así como una evaluación de su condición operativa. Estos hallazgos son cruciales para sugerir opciones de intervención para la carretera y mejorar su estado actual.

De manera similar, para implementar el método PCI, se utiliza un formato de recopilación de datos específico para recopilar detalles esenciales sobre la carretera y facilitar la identificación precisa de fallas dentro del área de estudio designada.

#### **3.4.2. Instrumentos**

Los instrumentos a emplear son:

- Formato físico de Registro.
- Observación directa.
- Catálogo de Referencias.
- Información visual (Tablas)
- Información visual (Ábacos)

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

#### 4.1 Presentación de resultados

Para la evaluación del pavimento flexible en la avenida Mariano Lino Urquieta aplicando el método PCI se realizó la distribución de unidades de muestra.

**Tabla 6**

*Unidades de muestras seleccionadas*

<b>UNIDAD DE MUESTRA</b>
01 02
03 04
05 06
07 08
09 10
11 12
13 14
15 16
17 18
19 20
21 22
23 24
25 26
27 28

Se presenta los resultados del PCI para cada unidad de muestra en la calzada y su estado de conservación.

**Tabla 7**

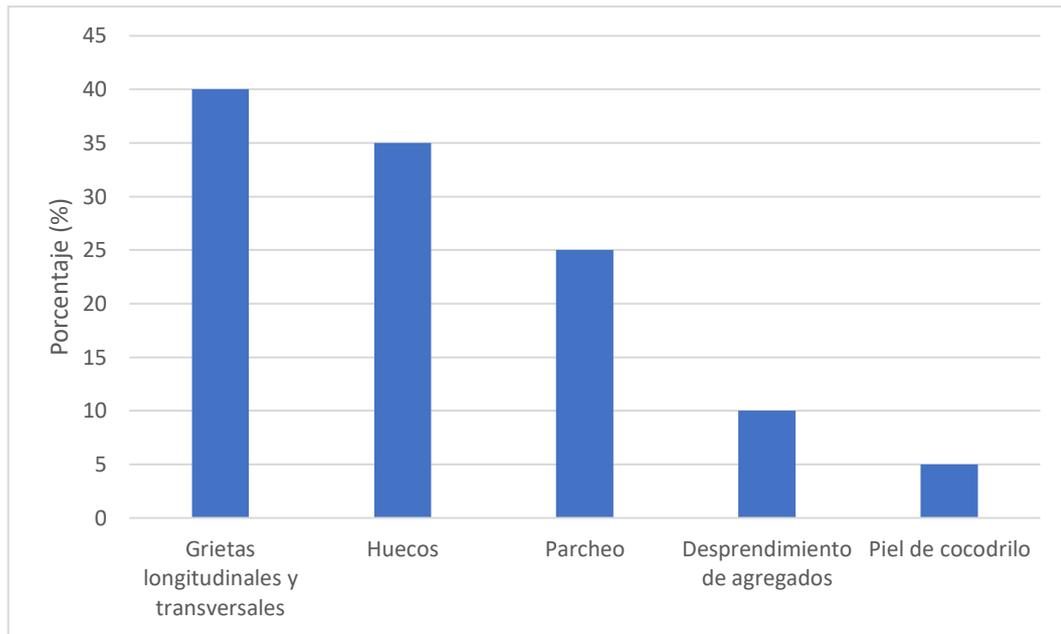
*Resultados de evaluación PCI para la calzada*

<b>UNIDAD DE MUESTRA</b>	<b>PROGRESIVA INICIAL</b>	<b>PROGRESIVA FINAL</b>	<b>PCI</b>	<b>CLASIFICACION</b>
<b>01</b>	0+000	0+035	55	REGULAR
<b>02</b>	0+035	0+070	55	REGULAR
<b>03</b>	0+070	0+105	70	BUENO
<b>04</b>	0+105	0+140	50	REGULAR
<b>05</b>	0+140	0+175	50	REGULAR
<b>06</b>	0+175	0+210	80	BUENO
<b>07</b>	0+210	0+245	45	REGULAR
<b>08</b>	0+245	0+280	30	MALO
<b>09</b>	0+280	0+315	30	MALO
<b>10</b>	0+315	0+350	60	BUENO
<b>11</b>	0+350	0+385	75	MUY BUENO
<b>12</b>	0+385	0+420	50	BUENO
<b>13</b>	0+420	0+455	75	MUY BUENO
<b>14</b>	0+455	0+490	80	MUY BUENO
<b>15</b>	0+490	0+525	80	MUY BUENO
<b>16</b>	0+525	0+560	70	BUENO
<b>17</b>	0+560	0+595	70	BUENO
<b>18</b>	0+595	0+630	65	BUENO
<b>19</b>	0+630	0+665	55	REGULAR
<b>20</b>	0+665	0+700	50	REGULAR
<b>21</b>	0+700	0+735	50	REGULAR
<b>22</b>	0+735	0+770	40	MALO
<b>23</b>	0+770	0+805	10	MUY MALO
<b>24</b>	0+805	0+840	25	MUY MALO
<b>25</b>	0+840	0+875	25	MUY MALO
<b>26</b>	0+875	0+945	10	FALLADO
<b>27</b>	0+945	0+980	0	FALLADO
<b>28</b>	0+980	1+000	0	FALLADO

El PCI total calculado es **48**, lo que indica una condición **REGULAR** del pavimento.

**Figura 8**

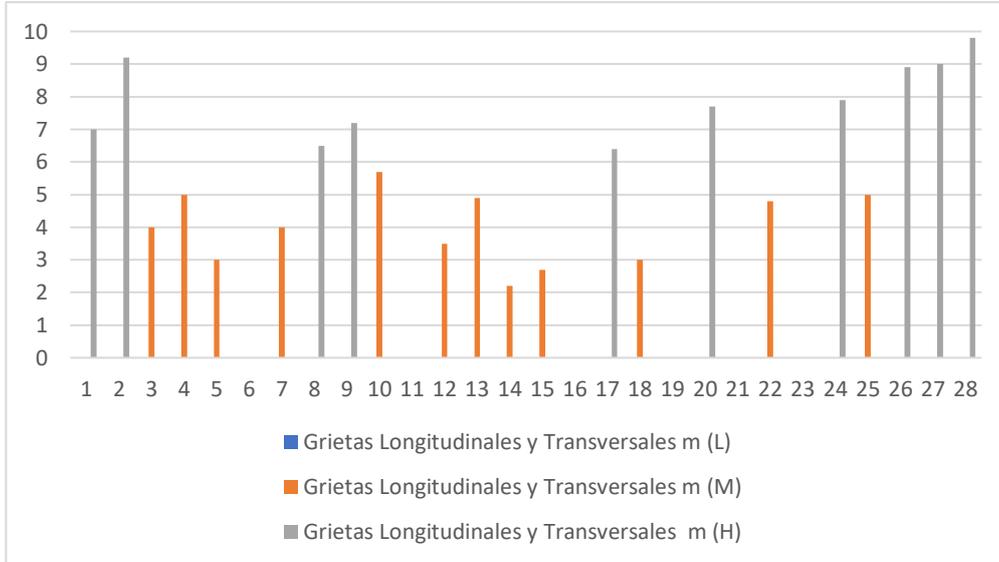
*Distribución de patologías del pavimento flexible*



Las siguientes gráficas muestran las incidencias de patologías más frecuentes del pavimento en la avenida Mariano Lino Urquieta:

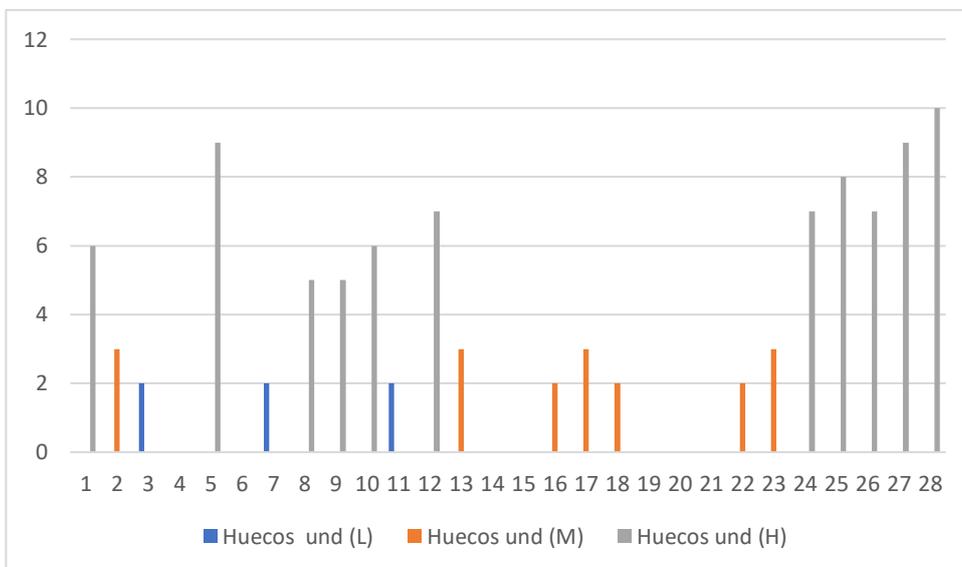
**Figura 9**

*Incidencia en grietas longitudinales y verticales*



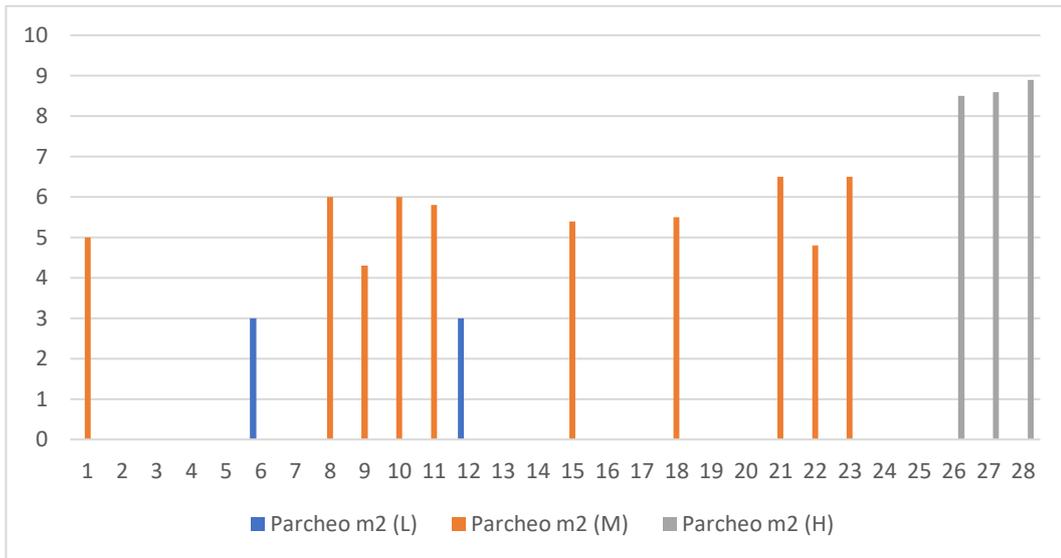
**Figura 10**

*Incidencia en huecos*



**Figura 11**

*Incidencia en parcheo*



## 4.2 Contrastación de hipótesis

### Hipótesis General

- **Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** El estado del pavimento flexible es regular según la metodología PCI.
- **Hipótesis Alternativa ( $H_1$ ):** El estado del pavimento flexible no es regular según la metodología PCI.

Los resultados obtenidos aplicados del método PCI para la calzada indicaron que el pavimento es regular, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula.

### Primera Hipótesis Específica

- **Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** La metodología PCI registra de manera específica el estado de conservación del pavimento.
- **Hipótesis Alternativa ( $H_1$ ):** La metodología PCI no registra de manera específica el estado de conservación del pavimento.

La metodología PCI registró de manera específica el estado de conservación del pavimento, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula.

### Segunda Hipótesis Específica

- **Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** La norma ASTM D-6433 permite describir de manera detallada las patologías.
- **Hipótesis Alternativa ( $H_1$ ):** La norma ASTM D-6433 no permite describir de manera detallada las patologías.

La norma ASTM D-6433 permitió una descripción detallada de las patologías del pavimento, por lo tanto, se confirma la hipótesis nula.

### **Tercera Hipótesis Específica**

- **Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** Las patologías más frecuentes son grietas, huecos y parcheo.
- **Hipótesis Alternativa ( $H_1$ ):** Las patologías más frecuentes no son grietas, huecos y parcheo.

Las patologías más frecuentes que fueron identificadas son: grietas, huecos y parcheo, por lo tanto, se confirma la hipótesis nula.

### **4.3 Discusión de resultados**

#### **Primer Objetivo Específico: Ejecutar el registro de daños a través de la metodología PCI para diagnosticar el estado de conservación del pavimento flexible**

El registro de daños utilizando la metodología PCI permitió una documentación detallada de los tipos de patologías en el pavimento. La clasificación y localización de estos daños proporcionó un diagnóstico preciso del estado del pavimento. Este registro detallado facilita la identificación de áreas críticas que requieren intervención. Los resultados son consistentes con los estudios de:

Rodríguez (2019) encontró que esta metodología proporciona una evaluación concisa y detallada del estado del pavimento.

**Segundo Objetivo Específico: Ejecutar el procedimiento establecido en la norma ASTM D-6433 en la evaluación y diagnóstico del pavimento flexible**

La aplicación del procedimiento de la norma ASTM D-6433 permitió una evaluación precisa del pavimento, identificando diversas patologías como grietas, huecos, parcheo, desprendimiento de agregado y piel de cocodrilo. Esta norma facilitó una clasificación detallada de los daños y aseguró la consistencia en la recopilación de datos. El enfoque estandarizado de la norma ha sido crucial para obtener datos válidos y precisos, respaldando la efectividad de la metodología PCI en la evaluación del estado del pavimento, como se reporta en los estudios de:

Andrade et al. (2021) utilizaron la norma ASTM D-6433 para clasificar patologías en pavimentos, encontrando una correspondencia en la precisión y sistematicidad de la evaluación. La aplicación de esta norma en el estudio asegura una clasificación detallada y consistente, validando el enfoque utilizado.

**Tercer Objetivo Específico: Identificar las patologías más frecuentes según la evaluación de la metodología PCI del pavimento flexible**

La evaluación reveló que las patologías más frecuentes del pavimento flexible son grietas (40%), huecos (35%) y parcheo (25%). Estos hallazgos son consistentes con las expectativas basadas en la metodología PCI y coinciden con los problemas típicos de pavimentos en áreas urbanas con características similares.

Linares (2021) evaluó el estado del pavimento flexible en la Av. Confraternidad en la Ciudad de Chiclayo, encontrando que las patologías predominantes eran grietas y huecos, similares a las identificadas en el estudio presente.

**Objetivo General: Determinar el estado del pavimento flexible mediante la metodología PCI**

La evaluación realizada con la metodología PCI reveló que el pavimento flexible en la avenida Mariano Lino Urquieta se encuentra en un estado regular, con un PCI de 48. Este resultado indica la necesidad de mejoramiento en la vía. El análisis de los objetivos específicos proporciona una visión integral del estado del pavimento, destacando la importancia de abordar los daños identificados para mantener la funcionalidad del pavimento y prevenir su deterioro adicional.

El estudio de Tacsá & Rodríguez (2018) encontró que los pavimentos urbanos a menudo presentan un estado regular con un PCI similar, destacando la necesidad de mejoramiento vial. La coincidencia con el PCI de 48 refuerza la idea de que el estado del pavimento en el área de estudio evaluada es representativo de condiciones urbanas similares.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

**Primera.** Se determinó que el estado del pavimento flexible en la avenida Mariano Lino Urquieta, utilizando la metodología PCI, es regular con un índice de condición del pavimento PCI de 48.

**Segunda.** Se ejecutó el registro de daños mediante la metodología PCI, lo que permitió identificar y categorizar las patologías presentes en el pavimento.

**Tercera.** Se ejecutó la aplicación del procedimiento de evaluación y diagnóstico según la norma ASTM D-6433 con éxito. Este procedimiento permitió una descripción detallada de las patologías del pavimento.

**Cuarta.** Se identificaron las patologías más frecuentes mediante la metodología PCI, siendo estas las grietas (40%), los huecos (30%) y el parcheo (20%).

## **5.2 Recomendaciones**

**Primera.** Para aquellos interesados en realizar más investigaciones sobre el análisis, estudio y preservación de pavimentos flexibles, se recomienda consultar los procedimientos establecidos descritos en la norma ASTM D-6433.

**Segunda.** Se recomienda a las autoridades correspondientes su intervención inmediata en la avenida Mariano Lino Urquieta en base a los resultados obtenidos considerando que esta vía no está cumpliendo sus funciones de confort y transitabilidad vial eficiente.

**Tercera.** Se aconseja el uso de la metodología PCI para análisis y evaluación de pavimento en vías de dos carriles de alto tránsito.

**Cuarta.** Se recomienda incluir la metodología PCI regulado bajo la norma ASTM D-6433 en la etapa de estudio y elaboración del expediente técnico de ejecución de vías.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, A., Gabriela, C., & Chacater, C. (2021). Efectos de la variabilidad de los datos iniciales en el índice de condición del pavimento y predicción de su deterioro. *Revista Digital Novasinergia*, 4(1), 102-114. [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2631-26542021000100102](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2631-26542021000100102)
- Baena, G. M. (2017). *Metodología de la investigación* (3a. ed.). Grupo Editorial Patria. <http://ebookcentral.proquest.com>.
- ComexPerú. (2020). *Sociedad de Comercio Exterior del Perú*. Obtenido de Infraestructura vial: Gobiernos Subnaciones estancados: <https://www.comexperu.org.pe/articulo/infraestructura-vial-gobiernos-subnacionales-estancados>
- Correa, V. M., & Carpio, M. L. (2019). *Evaluación PCI y propuesta de intervención para el pavimento flexible del jirón Los Incas de Piura* [Tesis de pregrado, Universidad de Piura, Piura]. Repositorio institucional [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4162/ICI\\_287.pdf](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4162/ICI_287.pdf)
- González, F. H., Ruiz, C. P., & Guerrero, V. D. (2019). Propuesta de metodología para la evaluación de pavimentos mediante el Índice de Condición del Pavimento (PCI). *Ciencia en su PC*, 1(1) 58-72. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181358738015>

Hernandez , R., Fernández , C., & Baptista , M. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico (6ta ed). McGRAW-HILL  
<https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Linares, S. L. (2021). *Evaluación y diagnóstico del estado del pavimento flexible utilizando la metodología PCI y la Viga Benkelman en la Av. confraternidad en el PP JJ Ricardo Palma en la Ciudad de Chiclayo* [Tesis de pregrado, Universidad San Martín de Porres, Lima]. Repositorio institucional.  
[https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/8534/linares\\_slv.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/8534/linares_slv.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rodriguez, V. E. (2019). *Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla* [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Piura, Piura]. Repositorio institucional.  
[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1350/ICI\\_180.pdf](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1350/ICI_180.pdf)

Tacsa, H. E., & Rodriguez, P. B. (2018). *Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima]. Repositorio institucional.  
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/624556>

Tello, C. L., Aguirre, S. M., Díaz, P. J., & Hernández, F. (2021). Evaluación de daños en pavimento flexible usando fotogrametría terrestre y redes neuronales. *TecnoLógicas*, 24(50).

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-77992021000100059](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-77992021000100059)

Váldez, M. L., & Alonso, A. A. (2017). Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles en aeropuertos para Cuba. *Revista de arquitectura e ingeniería*, 11(2).

<https://www.redalyc.org/pdf/1939/193954081002.pdf>

Vasquez, V. L. (2022). *Pavement Condition Index PCI*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

<https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 8

Matriz de Consistencia del trabajo de investigación

EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO CON METODOLOGÍA PCI DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. MARIANO LINO URQUIETA DEL DISTRITO DE MOQUEGUA, 2024.				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<b>PROBLEMA PRINCIPAL</b> ¿De qué manera se puede evaluar y diagnosticar el estado del pavimento flexible en la avenida Mariano Lino Urquieta del distrito de Moquegua en el 2024?	<b>OBJETIVO GENERAL</b> Determinar el estado del pavimento flexible mediante la Metodología PCI en la avenida Mariano Lino Urquieta del distrito de Moquegua en el 2024.	<b>HIPOTESIS GENERAL</b> El estado del pavimento flexible en la avenida Mariano Lino Urquieta del distrito de Moquegua es regular según la Metodología PCI.	<b>Variable Independiente (X)</b> Metodología de evaluación de pavimento: Evaluación y diagnóstico. Metodología (PCI).  <b>Indicador:</b> Índice de condición del pavimento (IC)	<b>Tipo de Investigación</b> Básica.  <b>Diseño de la Investigación</b> Estudio no Experimental
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b> a) ¿En qué medida la metodología (PCI) permite hallar el estado de conservación del pavimento flexible en la avenida Mariano Lino Urquieta del distrito de Moquegua en el 2024?  b) ¿Como es el procedimiento de la metodología PCI aplicado en el pavimento flexible en la avenida Mariano Lino Urquieta del distrito de Moquegua en el 2024?  c) ¿Cuáles son las patologías más frecuentes según la evaluación de la metodología PCI del pavimento flexible en la avenida Mariano Lino Urquieta del distrito de Moquegua en el 2024?	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> a) Ejecutar el registro de daños a través de la metodología PCI para diagnosticar el estado de conservación del pavimento flexible de la avenida Mariano Lino Urquieta del distrito de Moquegua en el 2024.  b) Ejecutar el procedimiento establecido en la norma ASTM D-6433 en la evaluación y diagnóstico del pavimento flexible en la avenida Mariano Lino Urquieta del distrito de Moquegua en el 2024.  c) Identificar las patologías más frecuentes según la evaluación de la metodología PCI del pavimento flexible en la avenida Mariano Lino Urquieta del distrito de Moquegua en el 2024.	<b>HIPOTESIS ESPECÍFICA</b> a) La metodología PCI registra de manera específica el estado de conservación del pavimento flexible en la avenida Mariano Lino Urquieta del distrito de Moquegua en el 2024.  b) El procedimiento establecido en la Norma ASTM D-6433 permite describir de manera detallada las patologías del pavimento flexible en la avenida Mariano Lino Urquieta del distrito de Moquegua en el 2024.  c) Las patologías más frecuentes según la evaluación de la metodología PCI son: grietas, huecos y parcheo del pavimento flexible en la avenida Mariano Lino Urquieta del distrito de Moquegua en el 2024.	<b>Escala:</b> Escala establecida por el método PCI Formato PCI Escala PCI: Excelente, muy bueno, bueno, regular, pobre, muy pobre, fallado. Niveles de severidad; Alta, media y baja.  <b>Variable dependiente (Y)</b> Estado de conservación del pavimento flexible.  <b>Indicadores:</b> Tipo de falla. Tipo de patología	<b>Método de Investigación</b> Inductivo  <b>Población</b> No estadística, Infraestructura vial  <b>Muestra</b> El tipo de muestra considerado es a conveniencia; proyecto vial.  <b>Técnica de Recolección de datos</b> Observación

*Nota:* La matriz de consistencia contempla el problema, objetivos e hipótesis de investigación en consistencia con las variables e indicadores, así como la metodología de investigación.

## Apéndice A

### Tabla

Tabla A 1: Indicadores y características de las patologías

N°	CLASE DE FALLA	SÍMBOLO	UNIDAD	CARACTERÍSTICAS	SEVERIDAD		
					L	M	H
					Low (Baja)	Medium (Medio)	High (Alta)
1	Piel de Cocodrilo	PC	m <sup>2</sup>	Severidad de grietas	s < 10mm	10mm < s < 30mm	s > 30mm
				Interconexión	Baja	Definida	Bien definida
				Descascaramientos	NP (no presenta)	Ligero	Bien definido
				Desprendimientos	NP (no presenta)	NP (no presenta)	Bien definido
2	Exudación	EX	m <sup>2</sup>	Grado de exudación	Ligero	Medio	Intenso
				El asfalto se pega a las ruedas de vehículos y zapatos	Pocos días al año	Pocas semanas al año	Varias semanas al año
3	Agrietamiento en Bloque	BLO	m <sup>2</sup>	Severidad de grietas que definen los bloques	s < 10mm	10mm < s < 76mm	s > 76mm
4	Abultamientos y Hundimientos	ABH	m <sup>2</sup>	Severidad del tránsito	baja	media	alta
5	Corrugación	COR	m <sup>2</sup>	Severidad del tránsito	baja	media	alta
6	Depresión	DEP	m <sup>2</sup>	Severidad del tránsito	13mm < h < 25mm	25mm < h < 51mm	h > 51mm
7	Grieta de Borde	GB	m	Fragmentación o desprendimientos	NP (no presenta)	Poco Definido	Bien definido
				Severidad	s < 10mm	10mm < s < 76mm	s > 76mm
				Agrietamiento	bajo	medio	severo
8	Grieta de Reflexión de Junta	GR	m	Grieta sin relleno	s < 10mm	10mm < s < 76mm	s > 76mm
				Grieta con relleno			
9	Desnivel Carril Berma	DN	m	Elevación entre el borde del pavimento y la berma	25mm < h < 51mm	51mm < h < 102mm	h > 102mm
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m	Severidad de las grietas	s < 10mm	10mm < s < 76mm rodeado o no por grietas aleatorias	s > 76mm rodeado por grietas aleatorias de severidad M o H
11	Parcheo	PA	m <sup>2</sup>	Condición del parche	Buen estado	Moderadamente deteriorado	Muy deteriorado
				Severidad del tránsito	baja	media	alta
12	Pulimento de Agregados	PU	m <sup>2</sup>	Grado de pulimento deberá ser significativo para ser considerado como defecto.	ND (no definido)	ND (no definido)	ND (no definido)
13	Huecos	HUE	unidad	Huecos con diámetro menor a 762mm (d < 762mm)	102mm < d < 203mm h < 25.4mm	102mm < d < 203mm h > 50.8mm	203mm < d < 457mm h > 50.8mm
					102mm < d < 203mm 25.4mm < h < 50.8mm	203mm < d < 457mm 25.4mm < h < 50.8mm	457mm < d < 762mm 25.4mm < h < 50.8mm
					203mm < d < 457mm h < 25.4mm	457mm < d < 762mm h < 25.4mm	457mm < d < 762mm h > 50.8mm
				Huecos con diámetro mayor a 762mm (d > 762mm) N = A/0.47	No definido	h ≤ 25mm	h ≥ 25mm
14	Cruce de vía férrea	CVF	m <sup>2</sup>	Severidad del tránsito	baja	media	alta
15	Ahuellamientos	AHU	m <sup>2</sup>	Profundidad media del ahuellamiento (mm)	6mm < h < 13mm	13mm < h < 25mm	h > 25mm
16	Desplazamientos	DES	m <sup>2</sup>	Severidad del tránsito	baja	media	alta
17	Grieta Parabólica	GP	m <sup>2</sup>	Severidad de la grieta	s < 10mm	10mm < s < 38mm	s > 38mm
				Área alrededor de la grieta	Normal	Fracturada levemente	Fracturada severamente
18	Hinchamiento	HN	m <sup>2</sup>	Severidad del tránsito	baja	media	alta
19	Desprendimiento de Agregados	DAG	m <sup>2</sup>	Desprendimientos	bajo	regular	considerable
				Textura superficial	Normal	Moderadamente rugosa y ahuecada	Muy rugosa y severamente ahuecada
					No puede penetrarse con una moneda	Puede penetrarse con una moneda	Agregados sueltos

Nota: la tabla muestra las 19 patologías/fallas considerando los niveles de severidad.

## Apéndice B

### Panel Fotográfico

*Figura B 1: Identificación de grietas*



*Figura B 2: Identificación de parcheo*



*Figura B 3: Identificación de huecos*



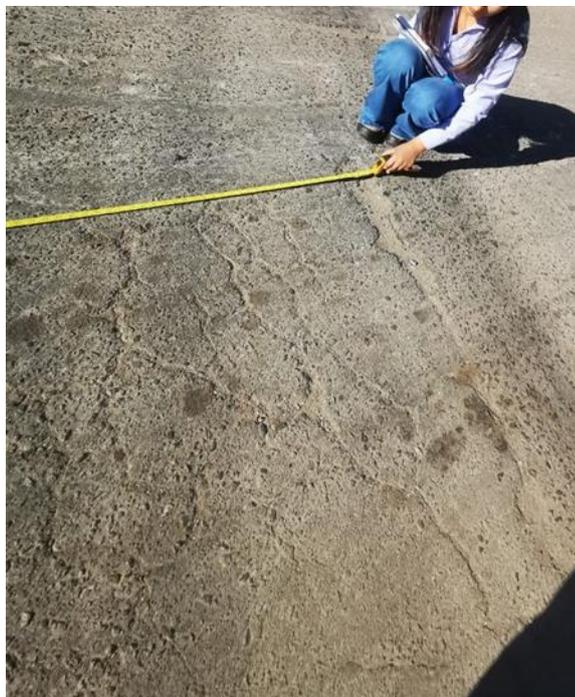
*Figura B 4: Identificación de desprendimiento de agregado*



*Figura B 5: Identificación de huecos y desprendimiento de agregado*



*Figura B 6: Identificación de piel de cocodrilo*



## Apéndice C

### Hoja de registro

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - PCI						
EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO						
NOMBRE DE LA VIA				SECCION		
AV. MARIANO LINO URQUIETA				2		
INSPECCIONADO POR				UNIDAD DE MUESTREO		
GLABI TAPIA				1		
FECHA				AREA DE MUESTREO (m2)		
14/07/2024				227.5		
N°	DAÑO	N°	DAÑO			
1	Piel de Cocodrilo	11	Parcheo			
2	Exudación	12	Pulimiento de Agregados			
3	Agrietamiento en Bloque	13	Huecos			
4	Abultamientos y Hundimientos	14	Cruce de Via Ferrera			
5	Corrugación	15	Ahuellamiento			
6	Depresión	16	Desplazamiento			
7	Grieta de Borde	17	Grieta Parabolica			
8	Grieta de Reflexión de Junta	18	Hinchamiento			
9	Desnivel Carril/Verma	19	Desprendimiento de Agregados			
10	Grietas Long. Y Transversal					
DAÑO	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD		AREA LONGITUDINAL	
			X(m)	Y(m)	L(m)	A(m)
1	H		0	0	8.6	3.7
10	M		5.35	1.15	2.8	0
11	M		5.1	13.7	12.2	5.4
13	H	6	1.24	0	2.2	1.70

*Figura C 1: Registro de condición del pavimento PCI*