



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Uso del método PCI para la evaluación patológica del pavimento flexible entre el km 71+000 al km 76+000 de la vía Morropón que da acceso al centro poblado de Piedra del Toro, Piura**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Campoverde Orozco, Jose Braulio (orcid.org/0000-0002-0703-2836)

**ASESOR:**

Diaz Rodríguez, Breitner Guillermo (orcid.org/0000-0001-6733-2868)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE ACCIÓN DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

PIURA – PERÚ

2022

## **Dedicatoria**

Esta investigación está dedicada a mi madre Irma Orozco porque sin ella no podría haberlo hecho. Tu protección y trabajo diario a lo largo de mi vida me guían a hacer el bien.

## **Agradecimiento**

Dios, gracias por brindarme una familia maravillosa que siempre me ha apoyado, me ha mostrado el valor de todo lo que tengo y ha sido un ejemplo de humildad, sacrificio y éxito.

## Índice de contenido

Dedicatoria .....	I
Agradecimiento .....	II
Índice de contenido .....	III
Índice de tablas .....	IV
Índice de gráficos .....	VI
Resumen .....	VII
Abstract .....	VIII
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
<b>III. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1. Tipo, diseño y nivel de investigación .....</b>	<b>16</b>
3.1.1. Tipo de investigación .....	16
3.1.2. Diseño de investigación .....	16
3.1.3. Nivel de investigación .....	16
<b>3.2. Variables y operacionalización .....</b>	<b>16</b>
3.2.1. Variable .....	16
3.2.2. Operacionalización de las variables .....	16
<b>3.3. Población y muestra .....</b>	<b>18</b>
<b>3.4. Procedimiento .....</b>	<b>19</b>
<b>3.5. Método de análisis de datos .....</b>	<b>19</b>
<b>3.6. Técnica de procesamiento de datos .....</b>	<b>20</b>
<b>3.7. Aspectos éticos .....</b>	<b>20</b>
<b>IV. REDACCIÓN DE PROCEDIMIENTO .....</b>	<b>21</b>
<b>V. RESULTADOS .....</b>	<b>23</b>
<b>VI. DISCUSIÓN .....</b>	<b>48</b>
<b>VII. CONCLUSIONES .....</b>	<b>50</b>
<b>VIII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>51</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>52</b>
<b>IX. ANEXOS .....</b>	<b>55</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Fallas en el pavimento flexible .....	15
<b>Tabla 2.</b> Rangos de clasificación PCI .....	15
<b>Tabla 3.</b> Matriz de operacionalización de las variables .....	17
<b>Tabla 4.</b> Instrumentos de evaluación para el pavimento flexible en la vía de acceso al Centro Poblado Piedra del Toro. ....	18
<b>Tabla 5.</b> Valores de muestreo .....	23
<b>Tabla 6.</b> Área de muestra .....	23
<b>Tabla 7.</b> Tipos de Fallas .....	25
<b>Tabla 8.</b> Clasificación de severidad .....	25
<b>Tabla 9.</b> Condición del estado del pavimento .....	25
<b>Tabla 10.</b> Datos .....	26
<b>Tabla 11.</b> Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla .....	26
<b>Tabla 12.</b> Cálculo del valor deducido (VD) .....	26
<b>Tabla 13.</b> Cálculo del valor deducido corregido (VDC) .....	27
<b>Tabla 14.</b> Datos .....	27
<b>Tabla 15.</b> Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla .....	27
<b>Tabla 16.</b> Cálculo del valor deducido (VD) .....	28
<b>Tabla 17.</b> Cálculo del valor deducido corregido (VDC) .....	28
<b>Tabla 18.</b> Datos .....	28
<b>Tabla 19.</b> Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla .....	29
<b>Tabla 20.</b> Cálculo del valor deducido (VD) .....	29
<b>Tabla 21.</b> Cálculo del valor deducido corregido (VDC) .....	29
<b>Tabla 22.</b> Datos .....	30
<b>Tabla 23.</b> Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla .....	30
<b>Tabla 24.</b> Cálculo del valor deducido (VD) .....	30
<b>Tabla 25.</b> Cálculo del valor deducido corregido (VDC) .....	30
<b>Tabla 26.</b> Datos .....	31
<b>Tabla 27.</b> Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla .....	31
<b>Tabla 28.</b> Cálculo del valor deducido (VD) .....	31
<b>Tabla 29.</b> Cálculo del valor deducido corregido (VDC) .....	32
<b>Tabla 30.</b> Datos .....	32

<b>Tabla 31.</b>	Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla .....	32
<b>Tabla 32.</b>	Cálculo del valor deducido (VD) .....	33
<b>Tabla 33.</b>	Cálculo del valor deducido corregido (VDC) .....	33
<b>Tabla 34.</b>	Datos .....	33
<b>Tabla 35.</b>	Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla .....	33
<b>Tabla 36.</b>	Cálculo del valor deducido (VD) .....	34
<b>Tabla 37.</b>	Cálculo del valor deducido corregido (VDC) .....	34
<b>Tabla 38.</b>	Datos .....	35
<b>Tabla 39.</b>	Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla .....	35
<b>Tabla 40.</b>	Cálculo del valor deducido (VD) .....	35
<b>Tabla 41.</b>	Cálculo del valor deducido corregido (VDC) .....	35
<b>Tabla 42.</b>	Datos .....	36
<b>Tabla 43.</b>	Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla .....	36
<b>Tabla 44.</b>	Cálculo del valor deducido (VD) .....	36
<b>Tabla 45.</b>	Cálculo del valor deducido corregido (VDC) .....	37
<b>Tabla 46.</b>	Datos .....	37
<b>Tabla 47.</b>	Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla .....	37
<b>Tabla 48.</b>	Cálculo del valor deducido (VD) .....	38
<b>Tabla 49.</b>	Cálculo del valor deducido corregido (VDC) .....	38
<b>Tabla 50.</b>	Datos .....	38
<b>Tabla 51.</b>	Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla .....	39
<b>Tabla 52.</b>	Cálculo del valor deducido (VD) .....	39
<b>Tabla 53.</b>	Cálculo del valor deducido corregido (VDC) .....	39
<b>Tabla 54.</b>	Datos .....	40
<b>Tabla 55.</b>	Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla .....	40
<b>Tabla 56.</b>	Cálculo del valor deducido (VD) .....	40
<b>Tabla 57.</b>	Cálculo del valor deducido corregido (VDC) .....	40
<b>Tabla 58.</b>	Datos .....	41
<b>Tabla 59.</b>	Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla .....	41
<b>Tabla 60.</b>	Cálculo del valor deducido (VD) .....	41
<b>Tabla 61.</b>	Cálculo del valor deducido corregido (VDC) .....	42
<b>Tabla 62.</b>	Datos .....	42
<b>Tabla 63.</b>	Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla .....	42

<b>Tabla 64.</b> Cálculo del valor deducido (VD).....	43
<b>Tabla 65.</b> Cálculo del valor deducido corregido (VDC).....	43
<b>Tabla 66.</b> Datos .....	43
<b>Tabla 67.</b> Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla .....	43
<b>Tabla 68.</b> Cálculo del valor deducido (VD).....	44
<b>Tabla 69.</b> Cálculo del valor deducido corregido (VDC).....	44
<b>Tabla 70.</b> Resumen promedio del PCI .....	45
<b>Tabla 71.</b> Resumen Patologías encontradas .....	45

### Índice de gráficos

<b>Figura 1.</b> Estado de la Red Vial Nacional según el tipo de superficie de rodadura a diciembre del 2019.....	1
<b>Figura 2.</b> Partes del pavimento flexible.....	13
<b>Figura 3.</b> Partes del pavimento flexible.....	14
<b>Figura 4.</b> Patologías encontradas.....	48
<b>Figura 5.</b> Condición del pavimento .....	49

## Resumen

Se tiene como objetivo en el presente estudio dar a conocer sobre el método PCI y de esa manera se pueda definir las condiciones del pavimento para que se pueda evaluar la patología del pavimento flexible entre los Km 71+000 hasta el km 76+000 de la vía Morropón que da acceso al centro poblado de Piedra del Toro del departamento de Piura. Se siguió la normativa del ASTM D6433 "Método de evaluación del PCI", para poder identificar las fallas que existían para que se pueda cuantificar posteriormente el estado de la vía. Se dividieron en tramos la vía, con el fin de que este se pueda cuantificar. Se tuvo en cuenta las tomas fotográficas, ya que estas fueron tomadas para evidenciar las deficiencias que presenta el pavimento asfáltico, la cual sirvieron para precisar qué tipo de falla presentaba, la clasificación de su severidad, donde se calculará el área afectada del pavimento por los diferentes tipos de falla en los distintos tramos de la muestra donde será evaluada, en este caso son 15 tramos de 7mx40m (Ancho de la carretera x Largo) y como último paso se determinó las condiciones del estado del pavimento, según el valor resultante obtenido. Este procedimiento se realiza para cada muestra representativa de la carretera, en este caso son 15 unidades de muestra a ser evaluadas. Se obtuvieron como resultados que los tipos de patologías encontradas en el pavimento del lugar en estudio, son las siguientes: Agrietamiento por fatiga 8%, exudación 2%, abultamientos y derrumbamiento 5%, Fisuras de borde (FBD) 7%, desplazamiento 1%, grietas horizontales 1% y desprendimiento de agregados 8%. También las patologías con mayor densidad identificada: FBD y perpendicular 35%, Desnivel carril Berma 12%, agrietamiento en bloque 11% y parcheo 10%. Y como último se pudo observar que el pavimento en estudio presenta un 60% del tramo en condiciones buenas, un 27% de condición regular y un 13% de mal estado. Su PCI promedio es de 56.92, clasificándose en buen estado.

Palabras clave: PCI, Evaluación, Estructura



## Abstract

The objective of this study is to make known about the PCI method and in this way the conditions of the pavement can be defined so that the pathology of the flexible pavement can be evaluated between km 71+000 to km 76+000 of the via Morropon that gives access to the populated center of Piedra del Toro in the department of Piura. The ASTM D6433 "PCI evaluation method" standard was followed in order to identify the faults that existed so that the state of the road can be quantified later. The road was divided into sections, so that it can be quantified. The photographic shots were taken into account, since these were taken to demonstrate the deficiencies that the asphalt pavement presents, which served to specify what type of failure it presented, the classification of its severity, where the area affected by the pavement will be calculated. different types of failure in the different sections of the sample where it will be evaluated, in this case there are 15 sections of 7mx40m (Width of the road x Length) and as a last step the conditions of the state of the pavement were determined, according to the resulting value obtained. This procedure is carried out for each representative sample of the road, in this case there are 15 sample units to be evaluated. It was obtained as results that the types of pathologies found in the pavement of the place under study are the following: fatigue cracking 8%, exudation 2%, bulges and collapse 5%, edge cracks (FBD) 7%, displacement 1%, horizontal cracks 1% and detachment of aggregates 8%. Also, the pathologies with the highest density identified: FBD and perpendicular 35%, Berma rail unevenness 12%, block cracking 11% and patching 10%. And lastly, it was possible to observe that the pavement under study presents 60% of the section in good condition, 27% in regular condition and 13% in poor condition. Its average PCI is 56.92, classifying it in good condition.

Keywords: PCI, Evaluation, Structu

## I. INTRODUCCIÓN

Diferentes redes viales con varios niveles de tracción están presentes a lo largo del territorio peruano, incluyendo caminos de pavimento duro, pavimentos flexibles, afirmaciones, caminos, arreglos fundamentales, etc. al desgaste o fatiga que experimenta el piso, ya sea estructural, cosmético o funcional, y debido a estrategias de diseño deficientes, materiales deficientes, factores climáticos o fallas en el diseño. Un proceso de construcción es el proceso de construcción. El pavimento se deteriora como resultado. Como resultado, es importante poder evaluar el daño del pavimento e identificar las áreas que necesitan reparación.

**Figura 1.** Estado de la Red Vial Nacional según el tipo de superficie de rodadura a diciembre del 2019.

**(Kilómetros)**

ESTADO	BUENO	REGULAR	MALO	TOTAL
PAVIMENTADO	18,221	2,760	1,191	22,172
NO PAVIMENTADO	674	2,256	1,952	4,881
<b>TOTAL</b>	<b>18,895</b>	<b>5,016</b>	<b>3,143</b>	<b>27,054</b>

**(Porcentaje %)**

ESTADO	BUENO	REGULAR	MALO	TOTAL
PAVIMENTADO	82	12	5	100
NO PAVIMENTADO	14	46	40	100
<b>TOTAL</b>	<b>70%</b>	<b>19%</b>	<b>12%</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Provias Nacional, MTC (2020)

Con respecto a la figura 1, nos ilustra el estado actual en la que se encuentra la red vial nacional en términos de la capa rodante. Para ello tomamos en cuenta el PCI como método que ayude a determinar en qué situación se encuentra el pavimento, Por lo general, se evalúa a pie con un odómetro manual que puede calcular la distancia que ha viajado. Además, creamos un inventario visual donde se ven varias obstrucciones y usamos una regla y un estante para medir la profundidad de grietas y grietas. las características del pavimento, y luego analizarlas.

La tesis en estudio se sitúa en el Centro Poblado (CP) Piedra del Toro, Morropón – Piura, en el cual se va evaluar las fallas que viene presentando desde antes el pavimento flexible que dan acceso a este lugar. Debido a las distintas dificultades que presenta dicho pavimento, se deberá elegir las medidas apropiadas para el estado operativo del pavimento flexible.

De esa manera, el siguiente estudio se plantea la siguiente cuestión: ¿Cuál es la condición superficial del pavimento flexible mediante el método del PCI en el tramo km 71+000 al km 76+000 de la vía de acceso Centro Poblado Piedra del Toro, Morropón - Piura? Asimismo se plantean las siguientes cuestiones específicas buscando dar solución a dichos problemas: ¿Cómo determinar los parámetros para la evaluación del pavimento flexible mediante el método del PCI en el tramo 71+000 al km 76+000 de la vía Morropón que da acceso al centro poblado de Piedra del Toro, Piura?, ¿Cómo se realiza el cálculo del PCI para la evaluación del pavimento en el tramo km 71+000 al km 76+000 de la vía Morropón que da acceso al centro poblado de Piedra del Toro, Piura?, ¿Determinar las patologías del pavimento flexible en el tramo 71+000 al km 76+000 de la vía Morropón que da acceso al centro poblado de Piedra del Toro, Piura?

Estimando el problema expuesto anteriormente; se tiene la justificación teórica, que es determinar en qué estado se encuentra la capa de rodadura del pavimento flexible en la localización antes mencionada, así mismo, las clases de lesiones que presenta y explicar aquellas posibles causantes que puedan estar generándolas. Asimismo, los hallazgos que se obtengan de la valoración empleando el método del PCI, serán consideradas para futuras obras viales y de esa manera mejorar su diseño de infraestructura. Por otra parte, nos da la capacidad de crear un plan para el mantenimiento o reconstrucción del pavimento porque los datos que recopilamos nos permiten determinar qué partes de la carretera están en mal, regular o buen estado, lo que resulta en una adecuada seguridad vial para quienes lo utilizan y ayuda a evitar daños en el pavimento.

El objetivo general del presente estudio es determinar las patologías existentes en la superficie del pavimento flexible mediante el método del PCI en el tramo km 71+000 al km 76+000 de la vía Morropón que da acceso al centro poblado de Piedra del Toro, Piura. Por ello, considera los siguientes objetivos específicos: Identificar

los tipos de patologías que presenta la capa de rodadura del pavimento flexible, evaluar la condición en que se encuentra el pavimento flexible mediante el método PCI y analizar las principales causas de las patologías del pavimento en estudio.

Finalmente se expone la siguiente hipótesis general: Las principales patologías que presenta el pavimento flexible del segmento en estudio, son deficiencias como baches, abultamiento, hundimiento, desnivel entre calzada y berma, grietas, ahuellamiento, fisuras longitudinales o transversales, falla por deslizamiento y parcheo.

## II. MARCO TEÓRICO

Se examinó una amplia gama de estudios para desarrollar este proyecto de investigación. En consecuencia, se descubrió como una fuente de información en el ámbito internacional Valdés & Alonso (2017), su objetivo en su enfoque científico fue proponer un directorio para identificar las diversas patologías presentes en el pavimento del aeropuerto de Cuba teniendo en cuenta el método PCI, aplicar la metodología con un enfoque cualitativo, teniendo en cuenta las herramientas y métodos empleados, la estructura del catálogo de degradación del pavimento flexible, el tamaño del área de estudio, las temperaturas ambientales mínimas y máximas en Cuba y la cantidad de lluvia caída en el año 2017. Caracterización Encontrar fisuras conectadas que fueron desgastadas, segregadas, deformadas, o provocadas por otras degradaciones posteriores. Debido a esto, pueden ocurrir patologías del pavimento como agrietamiento, erosión, erosión, grietas en bloque, grietas verticales y horizontales, grietas (reparaciones), deterioro por derrames de combustible, filtraciones y erosión por aspersion de turbinas. Con el fin de mejorar los trabajos de remediación y conservación establecidos durante la fase de mantenimiento y aumentar el costo y la vida útil, se concluye que el análisis de criterios se basa en la evaluación de los pisos flexibles del aeropuerto y el uso de herramientas de inspección visual. una superficie segura desde un punto de vista táctico. Con el fin de mejorar el servicio y la seguridad operativa, también modificamos el catálogo de PCI para pavimento flexible en función de la infraestructura, la tecnología, los números operativos y el clima cubano.

Baque (2020), su estudio científico utiliza una metodología descriptiva para evaluar el estado del pavimento flexible en el Tranvía II de la Vía Expresa Puerto-Aeropuerto en la ciudad de Manta, Provincia de Manab, donde la metodología es de tipo descriptiva; el método utilizado para recolectar los datos involucró la observación para determinar y elegir el tramo que sería objeto de estudio, el método PCI y una manera de registrar las fallas. La población la conforma los 3600m de largo y 17,5m de ancho, que está situada alrededor del Parque Marino hasta el Aeropuerto. Logrando como resultado que el estado del segmento examinado diera 49 en la calificación, es decir, se encuentra en un estado Regular, según los parámetros del PCI, asimismo se estableció que según el grado de incidencia, se

encontró con este método que las 26 unidades de muestreo analizadas se ubicaron en 12 clases de fallas: Hinchamiento 0.03%, Corrugación 0.36%, Depresión 0.40%, Bache 0.65%, Elevación y Hundimiento 0.84%, Grieta de Borde 1.35%, Parche 2.27%, Grietas Longitudinal y Transversal 3.24%, en Bloque 3.96%, Agregados Pulidos 4.11%, Fisuras interconectadas por fatiga 4.51%, Desprendimiento de Agregados 78.28%. Se tiene como conclusión que, debido al porcentaje de fallas descubiertas en la sección de estudio, el trabajo del tipo inferior debe completarse antes de que se pueda realizar el tipo de mantenimiento superior en la carretera, debido a que la mayoría de fallas registradas de la carretera en estudio se encuentran dispersos en menores porcentajes y un solo fallo con un alto porcentaje.

Oblitas, Medina & Paredes (2021), en su investigación, que tiene una duración de 15 años, el autor utiliza los métodos del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) y el Índice de Condición del Pavimento (PCI) para evaluar los niveles de serviciabilidad en pavimentos flexibles, Utilizando criterios de inclusión y exclusión, tomando en cuenta bases científicas acreditadas, como también repositorios internacionales y nacionales, se realiza una búsqueda exhaustiva de fuentes mediante la realización de una revisión exhaustiva de la literatura. Se incluyen 13 artículos científicos. Se descubrió que los valores bajos de IRI del pavimento caen dentro de los rangos de clasificación 0-12, 0-15 y 0-15,9 también brindan comodidad al usuario durante la conducción, permiten un entorno seguro en el tráfico, tienen una eficiencia de combustible óptima y permiten una reducción en el precio de mantenimiento para el vehículo y del pavimento. Los valores altos de IRI indican una condición intransitable; por otro lado, los municipios no tienen un diagnóstico, ya que carecen de métodos para evaluación de la superficie del pavimento para la gestión de la infraestructura de las carreteras porque desconocen el estado de las vías, por ello la necesidad de tener una fuente de datos que clasifica las condiciones de la carretera, de manera que sea un apoyo al momento de decidir para donde se realizará la inversión y tomar decisiones correctamente para el mantenimiento de las vías. Por último, pero no menos importante, afirman que las características de los materiales, los agentes de tránsito y/o climáticos, la vegetación, los cambios en el volumen del agua, los cambios de temperatura y las multas de tránsito son los factores primarios en el daño del pavimento flexible, falta de corrección de fallas constructivas y un mal sistema de drenaje; de esta manera

se conoce que las fallas frecuentes son grietas en bloque y lineales, grietas verticales y horizontales, FBD, parcheo, desprendimiento de agregados, levantamiento, hundimiento, y ahuellamiento. El PCI es una representación numérica de evaluación de la superficie del pavimento mediante inspección visual, porque admite el poder conocer los niveles de servicio. Un indicador que describe el nivel de servicio de una carretera se llama IRI. Como conclusiones tenemos que es fundamental utilizar técnicas de evaluación de superficies de pavimentos, conocer su estado actual y ser capaz de mantener, renovar y construir pavimentos de acuerdo con las normas técnicas. Según la norma ASTM D6433, la escala PCI va de 0 (pavimento fallido) a 100 (pavimento excelente), y las principales causas de daño a los pisos flexibles son: deficiencia en el sistema de drenaje como la ausencia de este, calidad inadecuada de materiales, los defectos constructivos, acción de la vegetación, cargas de tránsito, las alteraciones de temperatura, etc, estos ocasionan múltiples fallas o deterioros en las vías.

González et al. (2020), según su investigación, su objetivo es dar una solución metodológica para la evaluación del pavimento de la Carretera Central entre Seminario Bautista - Loma de la Cruz mediante el método PCI. Utilizando una metodología bibliográfica, se aplica el método PCI al pavimento en estudio. Los hallazgos muestran que los daños observados durante la inspección son: Agrietamientos horizontales, verticales y de bloqueo, Parcheo, FBD, huecos, abultamiento y hundimiento, así como el agotamiento de áridos; De acuerdo con los importes obtenidos del PCI en los diversos elementos de muestreo, la pavimentación se encuentra en una condición regular. Como conclusiones se propone que es necesario aplicar una metodología al método PCI para el tramo que se está estudiando, obteniendo una calificación regular en su condición del pavimento. Los diferentes deterioros encontrados en el pavimento estudiado durante el reconocimiento visual realizado, eran reconocidos según su número, gravedad y cantidad; como, agrietamiento transversales y longitudinales, grietas en bloque, y el desprendimiento de agregados fueron las más frecuentes y representaron el 66% de los daños informados y no existe una calificación de condición excelente.

Tello et al. (2021), en su artículo de investigación cuyo objetivo es evaluar los daños en pavimentos flexibles empleando redes neuronales y fotogrametría terrestre, usando una metodología de enfoque cuantitativo que consiste en clasificar las imágenes tomadas desde un carro mediante redes neuronales artificiales (ARN), identificar características y evaluar la zona afectada. De esa manera, se codificaron los tipos de deterioro como resultado: Baches, fisuras y grietas; Donde las imágenes capturadas se evaluó el nivel de daño del pavimento. Se encontró un área de daño de 6% para daño de ladrillo, indicando un grado de afectación medio; el 12% se encontró por deterioro de fisuras interconectadas por fatiga, esto indicaría que el grado de afectación es medio; y 1.45% se encontró para una fisura longitudinal, indicando un grado de afectación leve. Como conclusión se desarrolló una metodología semiautomática, donde se puede determinar los diferentes imperfectos en pavimentos (grieta longitudinal, bache y fisuras interconectadas por fatiga) y ejecuta una valoración cuantitativa del mismo.

Pérez (2021), en su tesis, examinará los efectos de las malas condiciones y la disminución de la movilidad y la seguridad en la Av. La Victoria (Carrera 4 Este) que se ubica entre Calle 37 Sur y Calle 27ª Sur en la ciudad de Bogotá – Colombia, como uno de los principales objetivos de su tesis. La metodología utilizada en este estudio tiene un enfoque cuantitativo. Los daños se evalúan en el campo utilizando un formato de informe de daños. Se registran las patologías de presentación y la frecuencia de repetición, y estos datos se recopilaron de acuerdo con la gravedad de la situación tal como está. Los resultados mostraron que su PCI fue de 16, esto significa que el pavimento está en muy malas condiciones y que se recomienda la reconstrucción del pavimento. Finalmente, los resultados de la auscultación seccional revelaron que el 57,9% requirió rehabilitación, el 10,5% reconstrucción, el 3,6% mantenimiento de rutina y todas las secciones utilizaron intervenciones de tipo rehabilitación. Una solución terminológica para el movimiento dentro del área. Las condiciones de tráfico más frecuentes son las rejillas de intersección, los sellos de unión y las rejillas lineales. Estas patologías permiten la entrada de agua, el lavado de material hasta las tapas de soporte granular, condiciones de vacío, un mayor riesgo de falla de la losa y el desarrollo de bamboleo y delaminación.



De esa manera, para el presente estudio también se contó con los siguientes estudios de ámbito nacional, como el de Araujo & Carmen (2020), en su enfoque se propone evaluar la superficie de un pavimento flexible mediante el método PCI en el Jirón Los Incas, Distrito de Piura. Piura – 2020. La población fue el Jr. Incas, con longitud de 1080m lineales y 7m de ancho de calle, y el estudio presenta una metodología aplicada con diseños no experimentales, nivel descriptivo y enfoque cuantitativo, para lograr esto, primero debemos identificar los diferentes tipos de fallas y luego clasificar esas fallas según su gravedad. Como resultado se encontraron 13 tipos de fallas: Agrietamiento de borde, horizontales y verticales, fisuras interconectadas por fatiga, hundimiento, grieta parabólica, corrugación, arcén y berma, presentando el pavimento en muy buena, buena, regular, mala y condiciones colapsadas, presentando el pavimento en muy buenas, buenas, regulares, malas y colapsadas. Podemos sacar la siguiente conclusión de la evaluación superficial del pavimento flexible del lugar en estudio, en base al PCI, se establecieron 13 tipos de fallas, que se dividen en cuatro categorías: deformaciones superficiales, fisuras o grietas, colapsos y otras fallas, y varían en severidad de alta a media a baja. También se elaboró un presupuesto de S/135,092.6 para el mejoramiento del pavimento flexible.

Cardoza & Coba (2020), El objetivo principal de su tesis fue evaluar el estado del pavimento flexible en la Av. Don Bosco entre Av. Marcavelica y Av. Ral Mata de la Cruz en el Distrito Trece de Octubre utilizando el método PCI - Piura 2020. Presentamos un diseño de estudio no experimental con una metodología de investigación aplicada, de corte transversal, nivel descriptivo, enfoque cuantitativo, cuya población es la totalidad de la Avenida Don Bosco de 5 km de longitud, la muestra fue de 1 km de longitud, tipo no probabilística, el método elegido fue la observación, con la ficha de observación como herramienta. Se realizará un paseo por la zona elegida, anotando uno por uno las fallas encontradas en aquella capa de rodadura. Los resultados de las 19 fallas existentes en el lugar en estudio, según la norma (ASTM D6433–16), donde se descubrieron las primeras ocho fallas de la primera pista: FBD, grietas horizontales y verticales, dilatación y desplazamiento de juntas, enlucido, pulido de agregados y grietas en bloque. Similar al primer lado, el segundo lado también tuvo siete faltas: hundimientos, grietas transversales y longitudinales, escombros de juntas, enlucidos, pulido de áridos y grietas en bloque.

De manera que en el primer carril se tiene un PCI de 54.54% dando entender que se encuentra en un mal estado, seguidamente, se tiene al segundo carril donde da un 36.36%, esto quiere decir que también está en un mal estado. Puedo concluir que los tipos de fracturas presentes en los sitios de estudio incluyeron grietas en bloque provocadas por la retracción del asfalto debido al cambio climático, grietas longitudinales y transversales causadas por cambios de temperatura y grietas provocadas por pequeñas depresiones. Otros tipos de fracturas incluyeron hundimiento provocado por pavimento inestable, inundaciones provocadas por suelo expandido, tejas, que es un pavimento nuevo instalado en áreas dañadas, y trituración de agregados provocada por cargas y descargas de tráfico repetidas, que fueron provocadas por la mezcla asfáltica deficiente del ligando. Se necesita un mantenimiento a corto plazo para el PCI en los lugares en estudio, que se encuentra en buen estado.

Gonzales & Tarrillo (2020), en su enfoque, los autores manifestaron que su objetivo era utilizar el método PCI para evaluar el estado del pavimento flexible y desarrollar un programa de mantenimiento adecuado para el tramo de carretera que conduce al Centro Montegrando Poblado en Reque, Chiclayo, entre el km 4 500 y km 7 500; en la metodología se utiliza un enfoque cuantitativo, junto con análisis descriptivo y estadístico. Sirve como muestra la vía que brinda acceso al CP de Montegrando. En la presente sección de estudio se utiliza la inspección visual como técnica de recolectado de datos de manera minuciosa para la hoja de evaluación del PCI y para el procesamiento de la información por medio una hoja de cálculo creada de acuerdo con los lineamientos del método PCI. Como resultado, se descubrieron 11 de los 19 tipos de fallas enumerados en la Ley PCI, junto con un estudio de 3 km que descubrió grietas longitudinales y transversales. Además, también se descubrió un gráfico que muestra la frecuencia de fallas por tipo. Rasguños, grietas en bloques, protuberancias y hundimientos, rayones, grietas en los bordes, grietas parabólicas y delaminación de agregados, de los cuales la delaminación de agregados es la proporción más alta y la tasa de rayado debe conocerse a una tasa más baja. En conclusión, el cálculo del PCI muestra que la muestra del lugar en estudio es entre 3 y 84.5, esto quiere decir que, el pavimento flexible se encuentra en regular estado con un PCI general de 44.22, siendo el valor de 3 reprobado y el valor de 84.5 muy bueno.

Figuroa & Campos (2021), en su estudio, el objetivo principal es identificar los factores clave que están causando el deterioro del Pavimento Flexible y cómo están afectando a la comunidad en las inmediaciones de las líneas 0+000 a 0+500 del tranvía en el barrio Miraflores del Distrito de La Huaca, Provincia de Paita, Departamento de Piura. La población está definida por el CP de Miraflores, donde se elegirá una sección de estudio desde el Km 0+000 hasta el Km 0+500. Se utiliza metodología descriptiva, analítica y no experimental, el proceso implica la observación, la identificación de patologías, la estimación de las posibles causas de estas anomalías en la capa de soporte y la consideración del manual de PCI, haciendo uso de una cámara, hoja de calculo, un cuaderno, una calculadora, una cinta métrica y una regla de aluminio. Respecto a los hallazgos que se obtuvo, de identificaron que, las heridas de borde, la rotura de áridos y las heridas longitudinales resultaron ser las tres patologías más graves. De manera que, la zona en estudio tuvo un valor de PCI promedio de 81.65 por ciento, lo que indica que se encuentra en muy buen estado en general. Sin embargo, para mejorar la transitabilidad vehicular, aún es necesario considerar las patologías actuales. Se concluye que los tipos de patologías identificadas son: agrietamiento por fatiga 0,16%, grietas en bloque 0,36%, abombamiento y derrumbe 0,51%, FBD 2,74%, grietas horizontal y vertical 4,71%, parches 0,58%, desplazamiento 0,80%, espalación de agregados 3,50%. De esa manera, se consiera que el tipo de patología más destacada, que supuso el 4,71%, fue la fisura longitudinal y transversal de leve a moderada.

VILLAR & OBLITAS (2020), Su objetivo principal, según su investigación, es evaluar el estado del pavimento flexible utilizando las metodologías VIZIR y PCI en el tramo vial vecinal Km 00 00 al Km 05 00 en los distritos de La Victoria y Monsef, ubicados en la provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. Con poblaciones entre el KM 00+00 y el KM 05+00 del lugar en estudio, la metodología utilizada es de nivel descriptivo, no experimental, e incorpora métodos observacionales, una ficha de evaluación de pavimentos que se llenó a través de visitas a terreno, la observación de fallas identificadas y diversos datos empíricos necesarios para evaluar el objeto de estudio. Los hallazgos demostraron que el PCI proporcionó el valor encontrado en circunstancias típicas, alcanzando un promedio de 51.97 luego de examinar 152 muestras de IC. Como resultado del uso de las

metodologías VIZIR y PCI, la condición superficial del pavimento flexible en las comunas de La Victoria y el tramo vial adyacente a Moncef Km 00+00 al Km 05+00 alcanzó un estado de calidad normal. Ambos usaron la técnica. Los baches son la obstrucción más frecuente, con una densidad por longitud promedio de 56,60 a 66,10 y una representatividad del 47%.

LINARES (2021), el objetivo principal de su tesis es evaluar el estado del pavimento flexible utilizando la metodología PCI y la prueba Benkelman Viga en la Avenida Cofradía en el PP JJ Ricardo Palma de la Ciudad de Chiclayo. La población y muestra para este estudio se basa en el pavimento flexible del lugar ya mencionado anteriormente, y una metodología descriptiva con enfoque cuantitativo. La evaluación incluye dos vías con un ancho de vía de 7,30 metros cada una, cuatro carriles y dos sentidos con un ancho de 7,30m en total. Esto significa que, en términos del PCI, se empleó un método de evaluación visual para identificar las fallas del pavimento y se utilizaron datos de vigas de referencia de Benkelman, ajustados para el estudio. De acuerdo con los hallazgos del estudio, el pavimento se considera en mal estado después de la evaluación funcional mediante el PCI. Se descubrió un valor de CBR del 10% y se calificó como bueno estructuralmente y mediante la prueba de viga Benkelman, según MTC. De los 19 errores a los que se refería el método, hubo un total de 12 errores. Se llegó a la conclusión de que 26 retrasos fueron causados por los valores de PCI en las muestras evaluadas. Para el porcentaje de CBR descubierto durante la prueba Benkelman Beam, se diagnostica un valor del 10%. Esto indica que el pavimento está en excelentes condiciones y está sobre un subsuelo que no presenta ningún problema. De acuerdo con el valor diagnóstico de la prueba y la clasificación definida por el MTC, los sustentadores se asignan a categorías normales. Las fallas más típicas encontradas en el pavimento del lugar en estudio son las siguientes: Agrietamiento por fatiga, superficie total 765,3 m<sup>2</sup>, porcentaje 12,87%. Las cañas se exfolian a una tasa del 5,95%. El ensayo de viga Benkelmann proporciona los siguientes parámetros evaluados: el módulo de elasticidad medio es de 1120,41 Kg/cm<sup>2</sup> y la longitud característica media es de 22,97 y valor cercano a 15 cm (suelo fuerte). Encontramos los siguientes estudios de ámbito local mientras buscábamos fuentes de información para este proyecto de investigación, Rodas & Ybarra (2018), en su

enfoque, tiene como objetivo comparar la efectividad del Sistema de Medición de Laser Crack Measurement System (LCMS) y el método Semi-Automatizado para la determinación del PCI, Tranvía Morropon - Puente La Gallega, aplicación metodológica en un enfoque cuantitativo. El tramo Moropn-Puente la Galega, de 13.318 km y ubicado en la Región Piura, utilizará tecnología LCMS. Comienza en el km 70 652, termina en el km 83 970. un método para calcular PCI que es semiautomático. Como resultados se tiene que el PCI obtenido en el Tramo de estudio, mediante el método semiautomatizado es 79.49, es decir que el pavimento se encuentra en un estado muy bueno, de manera que mediante la tecnología LCMS el PCI es 76.14, significando que el pavimento se encuentra en muy buenas condiciones. En conclusión, se debe utilizar el método LCMS porque se puede aplicar para optimizar recursos como tiempo y costo al comparar grietas longitudinales y transversales, por lo que el sistema de medición de grietas por láser es ideal para identificar este tipo de fallas.

Sánchez (2017), en su tesis, el objetivo es cuantificar la integridad estructural del pavimento evaluando su estado en conexión con el nivel de servicio que se presta al usuario, calculando su índice de condición y obteniendo una clasificación objetiva con el que comparar el estado y comportamiento del pavimento. De esta manera, decidimos qué tecnología es mejor para la situación para programar el mantenimiento y la reconstrucción de los pavimentos; el sistema constará de 2020 metros lineales de pavimento de hormigón del lugar en estudio, y la metodología es cuantitativa. Se eligieron tres secciones de este sistema para el estudio. Los hallazgos revelaron que el 28% de los pavimentos elegidos tenían un PCI entre 86 y 100, indicando buen estado. Un PCI entre 71 y 85 coloca al 24% de los pavimentos en muy buenas condiciones. Por lo que, el 11% estaba en muy malas condiciones y su PCI oscilaba entre 11 y 25, mientras que el 17% estaba bien con valores de PCI entre 56 y 70 y el 6% estaba bien con valores de PCI entre 41 y 55. Por último, pero no menos importante, el 14% de los pavimentos están en mal estado y el 11% están en mal estado, con el 28% de los pavimentos en excelente estado, el 24% en muy buen estado, el 17% en buen estado y el 6% en condiciones normales. Se determinó que estaba en buen estado. Está en muy mal estado y no puede soportar una cantidad suficiente de tráfico vehicular. Las fallas más frecuentes en Avenida fueron baches de baja rigidez, y las fallas medianas de rigidez media tuvieron los

mayores efectos en el pavimento. Esto nos lleva a la conclusión de que las fallas más comunes no necesariamente resultan en un daño mayor al hormingón.

Con respecto a las bases teóricas del estudio presente se tiene las siguiente:

Pavimento: Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), es una estructura con muchas capas que se construye sobre la subcapa de la carretera con el propósito de distribuir uniformemente el recorrido de los vehículos y soportar los efectos del tráfico. Las capas básicas, secundaria y de soporte suelen estar presentes.

Tipos de Pavimento: según el manual del MTC (2014), los clasifica como manejable, ligero y resistente.

Pavimento flexible: estructura formada por materiales bituminosos como aditivos, aditivos o aglomerantes como capa de soporte, junto con capas granuladas en la capa base y subbase (MTC, 2014).

**Figura 2.** Partes del pavimento flexible



**Fuente:** Amaya & Rojas (2017)

La figura 2 muestra un tramo de calzada con estructura de pavimento flexible.

Pavimento semirrígido: viene a ser una edificación hecha de alfombra asfáltica de temperatura caliente sobre una base que ha sido trabajada con capas asfálticas o

bituminosas; también se puede modificar sobre una base tratada con carbón o cemento (MTC, 2014).

Pavimento rígido: una capa de subbase de gránulos y una losa de hormigón conforman un pavimento rígido (MTC, 2014).

**Figura 3.** Partes del pavimento flexible



**Fuente:** Amaya & Rojas (2017)

La figura 3 muestra un tramo de calzada con estructura de pavimento rígido.

Patologías en el pavimento: es aquel deterioro de la superficie del pavimento flexible puede ser provocado por una variedad de fallas, que incluyen problemas de calidad del producto, fallas en el proceso de construcción y problemas relacionados con el tráfico.

**Tabla 1. Fallas en el pavimento flexible**

N°	TIPO DE DETERIORO	UNIDAD DE MEDICIÓN	N°	TIPO DE DETERIORO	UNIDAD DE MEDICIÓN
1	Piel de cocodrilo	m2	11	Parcheo	m2
2	Exudación	m2	12	Pulimiento de agregados	m2
3	Agrietamiento en bloque	m2	13	Huecos	und
4	Abultamientos y hundimientos	MI	14	Cruce de vía férrea	m2
5	Corrugación	m2	15	Ahuellamiento	m2
6	Depresión	m2	16	Desplazamiento	m2
7	Grieta de borde	MI	17	Grieta parabólica	m2
8	Grieta de reflexión de junta	MI	18	Hinchamiento	m2
9	Desnivel de carril/berma	MI	19	Desprendimiento de agregados	m2
10	Grietas longitudinales y transversales	MI			

**Fuente:** Amaya & Rojas (2017)

Hay 19 tipos diferentes de deterioro que presenta el pavimento flexible, como podemos notarlo en la tabla 1, y PCI evaluará cuantitativamente estas patologías.

Índice de Condición del Pavimento (PCI): Para la ASTM International (2004), viene a ser una forma de calificación numérica que se da los valor de 0 a 100, tal y como podemos verlo en la tabla 2.

**Tabla 2. Rangos de clasificación PCI**

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

**Fuente:** Amaya & Rojas (2017)

Este método implica una evaluación superficial del camino, que implica mirar y medir el área dañada e identificando la falla de deterioro según el grado y la densidad de los siguientes niveles: bajo (L), medio (M) y alto (H).



### **III. MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Tipo, diseño y nivel de investigación**

##### 3.1.1. Tipo de investigación

Es de tipo aplicada, debido a que tiene como propósito determinar el estado del que se encuentra el pavimento y detallar sus propiedades de deterioro.

##### 3.1.2. Diseño de investigación

Dado que normalmente opera de forma independiente para controlar la variable dependiente, es un diseño experimental. Dado que la condición del pavimento flexible se evaluará en una distancia de 5 kilómetros, el diseño de investigación actual es casi experimental.

##### 3.1.3. Nivel de investigación

Es explicativo, porque pretende definir los procesos de evaluación para establecer vínculos de causalidad y efecto entre tipos de fallas del pavimento flexible y el grado de severidad.

#### **3.2. Variables y operacionalización**

##### 3.2.1. Variable

###### 3.2.1.1. Variable independiente: Patologías en el pavimento flexible.

Viene a ser aquellas diversas fallas en el pavimento flexible que pueden resultar de una variedad de desperfectos, incluso deficiencias en el proceso de fabricación, la calidad del producto o las condiciones del tráfico.

###### 3.2.1.2. Variable dependiente:

Sería el estado en el cual se encuentra actualmente la vía entre el km 71+000 al km 76+000 del CP Piedra del Toro.

Según su PCI, el estado de la vía se clasifica en niveles de gravedad que van desde un estado fallido hasta un estado excelente.

##### 3.2.2. Operacionalización de las variables

**Tabla 3. Matriz de operacionalización de las variables**

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	FUENTE
Variable independiente: Patologías en el Pavimento Flexible	El pavimento flexible es una estructura constituida por capas granulares en la capa de base y subbase, y como capa de rodadura una carpeta de materiales bituminosos como agregados, aditivos o aglomerantes. (MTC, 2014)	Tipo de fallas en el pavimento: - fisuras y grietas - deformaciones superficiales -desprendimientos - otras fallas	Piel de cocodrilo (m2), agrietamiento en bloque(m2), grieta de borde (m), grieta de reflexión de junta (m), grietas longitudinales y transversales (m), cruce de vía férrea, grietas parabólicas (m). Abultamientos y hundimientos (m2), corrugación (m2), depresión (m2), ahuellamiento (m2), desplazamiento (m2), hinchamiento (m2).  Huecos (m2), desprendimiento de agregados (m2), Exudación (m2), pulimiento de agregados (m2), desnivel carril/berma (m2), parcheo y acometidas (m2)	Norma ASTM D6433 - 07, PCI
Variable dependiente: Estado actual de la vía de acceso al Centro Poblado Piedra del Toro, Morropón, Piura (entre el km 71+000 al km 76+000).	El método PCI abarca una evaluación superficial de la vía, lo cual se realiza observando y midiendo el área dañada, reconociendo la falla de deterioro en función de su severidad y densidad afectada mediante los siguientes niveles: alta (H), media (M) y baja (L). (Amaya & Rojas, 2017)	Niveles de severidad	RANGO CLASIFICACIÓN  100-85 Excelente 85-70 Muy bueno 70-55 Bueno 55-40 Regular 40-25 Malo 25-10 Muy malo  10-0 Fallado	Manual del índice de condición de pavimento, datos de campo según formato.

**Fuente:** Elaboración Propia

### 3.3. Población y muestra

#### Población

Teniendo en cuenta al pavimento flexible de la vía de acceso al CP Piedra del Toro, Morropón – Piura.

#### Muestra

Se consideró al tramo entre el km 71+000 al km 76+000 de la vía en estudio.

#### Técnicas e instrumentos de recolección de datos

##### Técnica:

De acuerdo con el estudio, se tuvo que emplear la técnica de observación y medición para conocer las patologías presentes en el pavimento flexible de la vía de acceso al Centro Urbano Piedra del Toro, Morropón – Piura, así como el estado de esta vía.

##### Instrumentos:

En este estudio se utilizó un instrumento como medio de recolección de información que servirá como manual para la observación y evaluación de campo de acuerdo con la metodología PCI. Otras herramientas utilizadas incluyen cintas métricas, tiza o cal, reglas de metal, cámaras y software.

**Tabla 4.** *Instrumentos de evaluación para el pavimento flexible en la vía de acceso al Centro Poblado Piedra del Toro.*

OBJETIVOS	POBLACIÓN	MUESTRA	TECNICA	INSTRUMENTO
Evaluar el estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la vía de acceso al Centro Poblado Piedra del Toro, Morropón, Piura	vía de acceso al Centro Poblado Piedra del Toro, Morropón, Piura	tramo comprendido entre km 71+000 al km 76+000 de la vía Morropon que da acceso al centro poblado de Piedra del Toro.	Observación y medición	- Ficha de registro de observación -Cinta métrica -Reglas metálicas -Software Excel

---

Identificar los tipos de fallas que presenta la capa de rodadura del pavimento flexible para la vía de acceso al Centro Poblado Piedra del Toro, Morropón, Piura	vía de acceso al Centro Poblado Piedra del Toro, Morropón, Piura	tramo comprendido entre km 71+000 al km 76+000 de la vía Morropon que da acceso al centro poblado de Piedra del Toro	Observación y toma de imágenes	- Ficha de observación o Ficha de registro - Cámara fotográfica
--	--	--	--------------------------------	---

---

**Fuente:** Elaboración Propia

### 3.4. Procedimiento

Para determinar el tamaño de la muestra y detectar obstrucciones en el pavimento, se realiza una inspección visual del área de estudio. Esto permite medir la falla del pavimento en la extensión usando instrumentos u otras herramientas. Cada defecto descubierto a lo largo de la ruta de extracción se fotografía con una cámara. Para cada una de las muestras recogidas, se repite este procedimiento.

A continuación, se calcula el daño para cada nivel de gravedad presente. Como resultado, se tienen en cuenta los manuales de PCI. Se ha demostrado que el deterioro también puede ser medido en longitud y área, deduciéndolo del daño y el patrón de degradación observado. Se permite el número máximo de m para los niveles de rigidez. Por otro lado, al utilizar V.D.T. (estimación total o corregida), un cálculo de Max.V.D. es necesario si uno de los datos es mayor a 2 metros. (Estimación máxima) desarrollado como resultado de un proceso interactivo impulsado por PCI. Los gráficos y tablas en este caso son uniformes, lo que permite realizar todo el procedimiento de acuerdo con el manual del PCI que está descrito en la normativa ASTM D6433-03. La técnica determina el estado del pavimento o de la superficie.

### 3.5. Método de análisis de datos

Usaremos hojas de cálculo y la presentación del estudio que se esta elaborando usando esquemas, gráficos y el PCI en estudio para lograr esto. Como resultado, el uso de un programa de computadora como Microsoft Excel será útil para acelerar el proceso de investigación del proyecto.

### **3.6. Técnica de procesamiento de datos**

Este vendría a ser un proceso utilizado para calcular la severidad promedio de las diversas fallas encontradas y el calificación de daño que sufrió el pavimento en todo su vida útil correspondió a la estadística descriptiva.

### **3.7. Aspectos éticos**

El enfoque de la tesis actual es sobre la ética de la investigación y teniendo en cuenta el carácter intelectual a través del uso de guías de citas y menciones.

Con el fin de proteger los objetivos del estudio con honestidad, confidencialidad y transparencia en el desarrollo del sujeto, así como la claridad de los datos obtenidos, se obtuvo el consentimiento previo de los participantes del estudio durante el proceso de recolección de datos. Cabe mencionar que estos datos fueron fácilmente visibles en gráficos y tablas de frecuencias promedio.

#### IV. REDACCIÓN DE PROCEDIMIENTO

Los pasos tomados para calcular el PCI y evaluar la condición actual del pavimento flexible se describen con más detalle a continuación.

Como primer paso, determinaremos las unidades de muestra para su correspondiente evaluación. De acuerdo con la normativa ASTM D6433, inciso (2.1.7) antes mencionada en la zona del muestro que es:  $225 \pm 90$  m<sup>2</sup>, teniendo márgenes de un máximo de 315 m<sup>2</sup> a un mínimo de 135 m<sup>2</sup>. Estableciendo el valor de n (unidades a ser evaluadas), La fórmula empleada según el ASTM D6433, inciso (7.5.2) es la siguiente:

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

Donde:

n (unidades a ser evaluadas)

N (número total de muestra)

s (desviación estándar)

e (error aceptable)

El valor “n” significa que es el número de unidades que serán evaluadas del número total de muestra “N”.

Como segundo paso, calcularemos las unidades de muestro seleccionadas, donde se tiene en consideración la Norma ASTM D6433, inciso (7.5.3), especificando la siguiente fórmula:

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

Donde:

i=intervalo de muestreo

N= número total de muestra.

n= unidades a ser evaluadas

Como tercer paso, de las vistas fotográficas tomadas a las fallas que muestra el pavimento asfáltico, se determinará qué tipo de falla presenta, la clasificación de su severidad, donde se calculará el área afectada del pavimento por los diferentes tipos de falla en los distintos tramos de la muestra donde será evaluada, en este caso son 15 tramos de 7mx40m (Ancho de la carretera x Largo).

Como paso cuatro, calcularemos la densidad en porcentaje por cada falla presentada, donde se calcula dividiendo el área de la unidad de muestreo entre el área total acumulada de daño por cada uno de los tipos de falla. Así mismo se calculará el valor deducido, esto se determina mediante las curvas de valores deducidos (VD) mostradas en el ASTM D6433, donde teniendo el valor de la densidad se buscará en el gráfico del tipo de falla correspondiente, interpolando los valores para poder determinar el VD. Luego se suman los valores deducidos de todos los tipos de fallas encontradas.

Como quinto paso, se procede a calcular el VD, donde se establecerá el número de VD (q), donde se tomará aquellos valores que sean mayores a 2, el valor deducido más alto (HVD<sub>i</sub>), donde tomará el valor máximo y el número máximo (m<sub>i</sub>), donde se calcula de la siguiente manera:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} * (100 - HVD_i)$$

Posteriormente de haber descartado algunos valores, se trabajará con los valores restantes, corrigiendo estos valores mediante ábacos de curva de valores deducidos corregidos (VDC), y después se determinará el máximo VDC.

Como paso final, calculamos el PCI, donde es la resta de 100 menos el máximo VDC. Determinándose la condición del estado del pavimento, según el valor resultante obtenido. Este procedimiento se realiza para cada muestra representativa de la carretera, en este caso son 15 unidades de muestra a ser evaluadas.

## V. RESULTADOS

De esta manera detallamos los resultados que son obtenidos conforme a los propósitos del trabajo.

Con respecto al objetivo principal de la investigación se determina el muestreo del pavimento flexible en estudio de la siguiente manera:

a) Muestreo y unidades de muestra.

De acuerdo al ASTM D6433, Inciso (2.1.7), nos indica que la zona de muestro es:  $225 \pm 90$  m<sup>2</sup>. Donde se deben considerar los siguientes valores:

**Tabla 5.** *Valores de muestreo*

Valor Máximo:	315	m <sup>2</sup>
Valor Mínimo:	135	m <sup>2</sup>

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

El tramo en estudio abarca 5 Km de carretera, donde se determinará el área de muestra:

**Tabla 6.** *Área de muestra*

<b>Tramo a estudiar:</b>	<b>71 + 000</b>	<b>76 + 000</b>
Longitud de la vía:	5000.00	m
Ancho de calzada:	7.00	m
Longitud de muestra:	40.00	m
Área de muestra:	280.00	m <sup>2</sup>

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

Después procedemos a realizar el cálculo del número total de la muestra de la carretera:

$N = 125$  (Número total de la muestra)

$s = 10$  (Desviación estandar; ASTM D6433, inciso (7.5.2) (p asfalto))

$e = 5.00\%$  (Error aceptable; ASTM D6433, Inciso (7.5.2))

De acuerdo al ASTM D6433, inciso (7.5.2), se empleará la siguiente ecuación para determinar el número de unidades a ser evaluadas:



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

n=14.29, tomando un valor redondeado de 15 unidades que serán evaluadas.

b) Selección de las unidades de muestreo

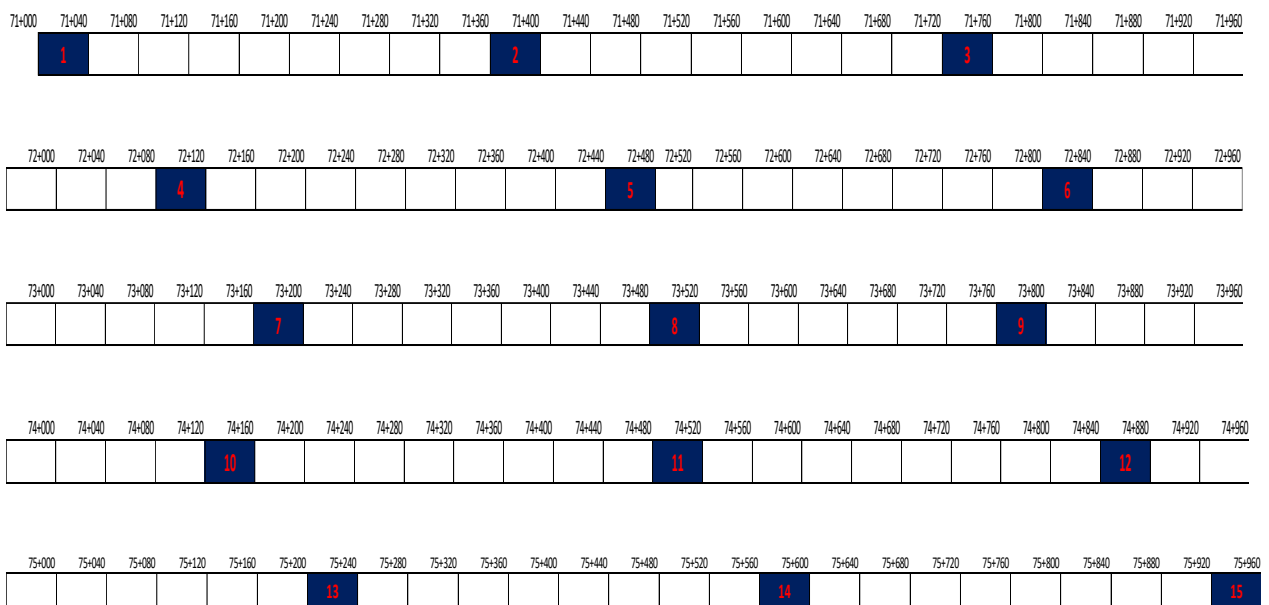
Considerando que el ASTM D6433, inciso (7.5.3), se determinará el intervalo de muestreo (i), aplicando la fórmula siguiente:

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

Obteniendo un resultado de i=8 como intervalo de muestreo.

c) Esquema del pavimento para muestreo

A lo largo de 5 km de longitud del lugar en estudio, cada unidad de muestra tendrá un largo de 40m. De 125 unidades de muestra total, 15 unidades de estas serán evaluadas, con un intervalo de muestreo igual a 8, donde se representa gráficamente de la siguiente manera:



Para calcular el PCI, se debe tener en cuenta la siguiente información:

**Tabla 7. Tipos de Fallas**

TIPOS DE FALLAS			
N°	Tipo de Falla	Und	Código
1	Piel de Cocodrilo	m2	PC
2	Exudación	m2	EX
3	Agrietamiento en Bloque	m2	BLO
4	Abultamientos y Hundimientos	m2	ABH
5	Corrugación	m2	COR
6	Depresión	m2	DEP
7	Grieta de Borde	m	GB
8	Grieta de Reflexión de Junta	m	GR
9	Desnivel Carril/Berma	m	DN
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m	GLT
11	Parcheo	m2	PA
12	Pulimiento de Agregados	m2	PU
13	Huecos	Und	HUE
14	Cruce de Vía Férrea	m2	CVF
15	Ahuellamiento	m2	AHU
16	Desplazamiento	m2	DES
17	Grieta Parabólica	m2	GP
18	Hinchamiento	m2	HN
19	Desprendimiento de Agregados	m2	DAG

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

**Tabla 8. Clasificación de severidad**

CLASIFICACIÓN DE SEVERIDAD			
Baja	Low	L	
Media	Medium	M	
Alta	High	H	

**Fuete:** Elaboración propia (2022)

**Tabla 9. Condición del estado del pavimento**

CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO		
PCI		CLASIFICACIÓN
85	100	Excelente
70	85	Muy Bueno
55	70	Bueno
40	55	Regular
25	40	Malo
10	25	Muy Malo
0	10	Fallado

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

Teniendo el alcance de la tabla 7,8 y 9, se evaluarán cada unidad de muestreo seleccionada, en el cual se presentan los resultados a continuación:

**- Unidad de muestra 1**

**Tabla 10. Datos**

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI			
LUGAR:	Vía Morropón - Piura	SECCIÓN:	71+000 a 0+040 Km
FECHA:	08/11/2022	UNIDAD DE MUESTREO:	UM1
REALIZADO POR:		ÁREA DE LA UNIDAD:	280 m2

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

**Tabla 11. Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla**

ÍTE M	DAÑO	SEVERIDA D	UN D	UBICACIÓN		LARGO/ANCHO/CANTID AD			CANTIDADE S PARCIALES	TOTA L
				X (m)	Y (m)	L (m)	A (m)	Cant.		
A	4	M	m2	0.4	3.2	2.5	2.25		5.625	5.625
B	7	L	m	1.2	27.5	3.85		1	3.85	9.35
C	7	L	m	2.3	6.8	1.3		1	1.3	
D	7	L	m	5.2	17	4.2		1	4.2	
E	7	M	m	0.5	1.8	6.2		1	6.2	6.2
F	10	L	m	1.5	7	13		1	13	13
G	11	M	m2	2.3	11.3	1.2	3.2		3.84	3.84
H	11	H	m2	3.7	33	1.7	2.8		4.76	4.76

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

**Tabla 12. Cálculo del valor deducido (VD)**

FALLA	SEVERIDAD	UND	TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
ABH	M	m2	5.625	2.01	19.5
GB	L	m	9.35	3.34	5.4
GB	M	m	6.2	2.21	7.9
GLT	L	m	13	4.64	4.7
PA	M	m2	3.84	1.37	12.3
PA	H	m2	4.76	1.7	25.3
TOTAL, VD=					75.1

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

**Tabla 13. Cálculo del valor deducido corregido (VDC)**

N°	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC
1	25.3	19.5	12.3	7.9	5.4	4.7	75.1	6	35.8
2	25.3	19.5	12.3	7.9	5.4	2	72.4	5	36.9
3	25.3	19.5	12.3	7.9	2	2	69	4	39.3
4	25.3	19.5	12.3	2	2	2	63.1	3	42.2
5	25.3	19.5	2	2	2	2	52.8	2	40
6	25.3							1	36.5
							Máximo VDC		42.2

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

Finalmente, el índice de condición del pavimento (PCI) se determina:

$$PCI = 100 - (\text{Máx VDC o Total VD})$$

$$PCI = 57.8$$

Esto quiere decir, que la condición del pavimento es “**BUENO**”.

**- Unidad de muestra 2**

**Tabla 14. Datos**

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI			
LUGAR:	Vía Morropón - Piura	SECCIÓN:	71+360 a 71+400 Km
FECHA:	08/11/2022	UNIDAD DE MUESTREO:	UM2
REALIZADO POR:		ÁREA DE LA UNIDAD:	280 m2

Fuente: Elaboración propia (2022)

**Tabla 15. Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla**

ÍTE M	DAÑO	SEVERIDAD	UN D	UBICACIÓN		LARGO/ANCHO/CANTIDAD			CANTIDADES PARCIALES	TOTAL
				X (m)	Y (m)	L (m)	A (m)	Cant.		
A	1	H	m2	0.4	3.2	2.5	2.25		5.625	6.979
B	1	H	m2	1.2	27.5	1.83	0.74		1.3542	2
C	4	M	m2	0.5	1.8	0.9	0.7		0.63	1.995
D	4	M	m2	1.5	5	0.7	1.95		1.365	
E	16	M	m2	2.3	11.3	1.26	2.54		3.2004	3.2004
F	19	M	m2	3.7	33	1.2	3.2		3.84	4
G	19	M	m2	5.3	15	1.5	2.1		3.15	6.99

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

**Tabla 16. Cálculo del valor deducido (VD)**

FALLA	SEVERIDAD	UND	CANTIDADES PARCIALES		TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
PC	H	m2	5.625	1.3542	6.9792	2.49	40.5
ABH	M	m2	0.63	1.365	1.995	0.71	10
DES	M	m2	3.2004		3.2004	1.14	11
DAG	M	m2	3.84	3.15	6.99	2.5	10.5
TOTAL VD=							72

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

**Tabla 17. Cálculo del valor deducido corregido (VDC)**

N°	VALORES DEDUCIDOS				VDT	q	VDC
1	40.5	16	11	10	77.5	4	41
2	40.5	16	11	2	69.5	3	39
3	40.5	16	2	2	60.5	2	44
4	40.5	2	2	2	46.5	1	46
Máximo VDC							46

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

Finalmente, el índice de condición del pavimento (PCI) se determina:

$$PCI = 100 - (\text{Máx VDC o Total VD})$$

$$PCI = 54$$

Esto quiere decir, que la condición del pavimento es “**REGULAR**”.

**- Unidad de muestra 3**

**Tabla 18. Datos**

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI			
LUGAR:	Vía Morropón - Piura	SECCIÓN:	71+720 a 71+760 Km
FECHA:	08/11/2022	UNIDAD DE MUESTREO:	UM3
REALIZADO POR:		ÁREA DE LA UNIDAD:	280 m2

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

**Tabla 19. Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla**

ÍTE M	DAÑ O	SEVERID AD	UN D	UBICACIÓ N		LARGO/ANCHO/CANTI DAD			CANTIDAD ES PARCIALE S	TOT AL
				X (m)	Y (m)	L (m)	A (m)	Cant.		
A	1	H	m2	0.5	6.5	2.5	3.2		8	8
B	1	M	m2	1.2	7	2.3	1.5		3.45	3.45
C	3	H	m2	15	21	6	0.5		3	3
D	7	M	m	0.8	32	1.3		1	1.3	1.3
E	10	M	m	0.8	13	9		1	9	27
F	10	M	m	13	39	18		1	18	

Fuente: Elaboración propia (2022)

**Tabla 20. Cálculo del valor deducido (VD)**

FALLA	SEVERIDAD	UND	TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
ABH	H	m2	8	2.86	45
ABH	M	m	3.45	1.23	33
BLO	H	m	3	1.07	8
GB	M	m	1.3	0.46	4.5
GLT	M	m2	27	9.64	19
TOTAL VD=					109.5

Fuente: Elaboración propia (2022)

**Tabla 21. Cálculo del valor deducido corregido (VDC)**

N°	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC
1	45	33	19	8	4.5	109.5	5	58
2	45	33	19	8	2	107	4	62
3	45	33	19	2	2	101	3	63
4	45	33	2	2	2	84	2	61
5	45	2	2	2	2	53	1	54
Máximo VDC								63

Fuente: Elaboración propia (2022)

Finalmente, el índice de condición del pavimento (PCI) se determina:

$$PCI = 100 - (\text{Máx VDC o Total VD})$$

$$PCI = 37$$

Esto quiere decir, que la condición del pavimento es "MALO".

- Unidad de muestra 4

**Tabla 22. Datos**

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI					
LUGAR:	Vía Morropón - Piura	SECCIÓN:	72+080	a	72+120 Km
FECHA:	08/11/2022	UNIDAD DE MUESTREO:	UM4		
REALIZADO POR:		ÁREA DE LA UNIDAD:	280	m2	

Fuente: Elaboración propia (2022)

**Tabla 23. Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla**

ÍTE M	DAÑO	SEVERIDAD	UN D	UBICACIÓN		LARGO/ANCHO/CANTIDAD			CANTIDADES PARCIALES	TOTAL
				X (m)	Y (m)	L (m)	A (m)	Cant.		
A	3	M	m2	1.8	8	2.5	4		10	
B	3	M	m2	13	27	1.7	4.5		7.65	22.45
C	3	M	m2	32	38	1.5	3.2		4.8	
D	9	M	m	0	40	40		1	40	40
E	10	L	m	5	13	2.7		1	2.7	2.7
F	10	M	m	5	21	8		1	8	
G	10	M	m	27	35	23		1	23	31

Fuente: Elaboración propia (2022)

**Tabla 24. Cálculo del valor deducido (VD)**

FALLA	SEVERIDAD	UND	TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
BLO	M	m2	22.45	8.02	15
DN	M	m	40	14.29	10
GLT	L	m	2.7	0.96	0.1
GLT	M	m	31.00	11.07	27
TOTAL VD=					52.1

Fuente: Elaboración propia (2022)

**Tabla 25. Cálculo del valor deducido corregido (VDC)**

N°	VALORES DEDUCIDOS			VDT	q	VDC
1	27	15	10		52	33
2	27	15	2		44	32
3	27	2	2		31	31.8
4						
					Máximo VDC	33

Fuente: Elaboración propia (2022)

Finalmente, el índice de condición del pavimento (PCI) se determina:

$$\text{PCI} = 100 - (\text{Máx VDC o Total VD})$$

$$\text{PCI} = 67$$

Esto quiere decir, que la condición del pavimento es “BUENO”.

- Unidad de muestra 5

Tabla 26. Datos

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI					
LUGAR:	Vía Morropón - Piura	SECCIÓN:	72+440 a 72+480	Km	
FECHA:	08/11/2022	UNIDAD DE MUESTREO:	UM5		
REALIZADO POR:		ÁREA DE LA UNIDAD:	280	m2	

Fuente: Elaboración propia (2022)

Tabla 27. Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla

ÍTE M	DAÑO	SEVERIDAD	UN D	UBICACIÓN		LARGO/ANCHO/CANTIDAD			CANTIDADES PARCIALES	TOTAL
				X (m)	Y (m)	L (m)	A (m)	Cant.		
A	2	M	m2	0.5	3.2	2.3	1.5		3.45	3.45
B	2	L	m2	1.8	25.6	2.5	2.3		5.75	5.75
C	4	M	m2	1.5	3.5	1.5	0.8		1.2	1.2
D	6	L	m2	3.7	5.8	0.9	0.5		0.45	0.45
E	10	M	m	0.7	3.1	12		1	12	19
F	10	M	m	5.2	8.9	7		1	7	
G	17	M	m2	2.5	13.5	1.7	1.1		1.87	2.23
H	17	M	m2	5.1	38	1.2	0.3		0.36	

Fuente: Elaboración propia (2022)

Tabla 28. Cálculo del valor deducido (VD)

FALLA	SEVERIDAD	UND	TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
EX	M	m2	3.45	1.23	3.5
EX	L	m2	5.75	2.05	1.5
ABH	M	m2	1.2	0.43	8
DEP	L	m2	0.45	0.16	5
GLT	M	m	19.00	6.79	21
GP	M	m2	2.23	0.8	3.5
TOTAL VD=					42.5

Fuente: Elaboración propia (2022)



**Tabla 29. Cálculo del valor deducido corregido (VDC)**

N°	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC
1	21	8	5	3.5	3.5	41	5	17
2	21	8	5	3.5	2	39.5	4	20
3	21	8	5	2	2	38	3	24
4	21	8	2	2	2	35	2	26
5	21	2	2	2	2	29	1	30
6	Máximo VDC							30

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

Finalmente, el índice de condición del pavimento (PCI) se determina:

$$PCI = \frac{100 - (\text{Máx VDC o Total VD})}{70}$$

$$PCI = 70$$

Esto quiere decir, que la condición del pavimento es “**BUENO**”

**- Unidad de muestra 6**

**Tabla 30. Datos**

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI			
LUGAR:	Vía Morropón - Piura	SECCIÓN:	72+800 a 72+840 Km
FECHA:	08/11/2022	UNIDAD DE MUESTREO:	UM6
REALIZADO POR:		ÁREA DE LA UNIDAD:	280 m2

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

**Tabla 31. Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla**

ÍTEM	DAÑO	SEVERIDAD	UND	UBICACIÓN		LARGO/ANCHO/CANTIDAD			CANTIDADES PARCIALES	TOTAL
				X (m)	Y (m)	L (m)	A (m)	Cant.		
A	4	M	m2	1.3	5.9	2.3	2.9		6.67	6.67
B	7	M	m	2.5	13	9		1	9	9
C	10	M	m	0.3	1.5	8		1	8	15
D	10	M	m	1.3	20.5	7		1	7	
E	11	M	m	2.3	13.7	13	0.8		10.4	10.4
F	19	M	m2	0.3	17	11.5	0.7		8.05	8.05

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

**Tabla 32. Cálculo del valor deducido (VD)**

FALLA	SEVERIDAD	UND	TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
ABH	M	m2	6.67	2.38	19
GB	M	m	9	3.21	9
GLT	M	m	15	5.36	11
PA	M	m	10.4	3.71	19
DAG	M	m2	8.05	2.88	10
TOTAL VD=					68

Fuente: Elaboración propia (2022)

**Tabla 33. Cálculo del valor deducido corregido (VDC)**

N°	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC
1	19	19	11	10	9	68	5	34
2	19	19	11	10	2	61	4	32
3	19	19	11	2	2	53	3	33
4	19	19	2	2	2	44	2	31
5	19	2	2	2	2	27	1	26
Máximo VDC								34

Fuente: Elaboración propia (2022)

Finalmente, el índice de condición del pavimento (PCI) se determina:

$$PCI = 100 - (\text{Máx VDC o Total VD})$$

$$PCI = 66$$

Esto quiere decir, que la condición del pavimento es “BUENO”.

**- Unidad de muestra 7**

**Tabla 34. Datos**

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI			
LUGAR:	Vía Morropón - Piura	SECCIÓN:	73+160 a 73+200 Km
FECHA:	08/11/2022	UNIDAD DE MUESTREO:	UM7
REALIZADO POR:		ÁREA DE LA UNIDAD:	280 m2

Fuente: Elaboración propia (2022)

**Tabla 35. Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla**

ÍTE M	DAÑO O	SEVERIDAD	UN D	UBICACIÓN	LARGO/ANCHO/CANTIDAD	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL
-------	--------	-----------	------	-----------	----------------------	----------------------	-------

				X (m)	Y (m)	L (m)	A (m)	Cant.	
A	1	H	m2	0.5	1.3	2.7	2	5.4	7.02
B	1	H	m2	0.9	5.6	1.8	0.9	1.62	
C	4	M	m2	1.7	23	1.1	0.7	0.77	2.66
D	4	M	m2	2.3	32	0.9	2.1	1.89	
E	16	M	m2	1.5	18	1.1	2.6	2.86	2.86
F	19	M	m2	2.9	18	1.5	3.4	5.1	8.18
G	19	M	m2	3.4	24	1.4	2.2	3.08	

Fuente: Elaboración propia (2022)

**Tabla 36.** Cálculo del valor deducido (VD)

FALL A	SEVERIDA D	UN D	CANTIDADES PARCIALES		TOTA L	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCID O
PC	H	m2	5.4	1.62	7.02	2.51	41
ABH	M	m2	0.77	1.89	2.66	0.95	12
DES	M	m2	2.86		2.86	1.02	11
DAG	M	m2	5.1	3.08	8.18	2.92	11
TOTAL VD=							75

Fuente: Elaboración propia (2022)

**Tabla 37.** Cálculo del valor deducido corregido (VDC)

N°	VALORES DEDUCIDOS				VDT	q	VDC
1	41	12	11	11	75	4	39
2	41	12	11	2	66	3	41
3	41	12	2	2	57	2	43
4	41	2	2	2	47	1	48
Máximo VDC							48

Fuente: Elaboración propia (2022)

Finalmente, el índice de condición del pavimento (PCI) se determina:

$$PCI = \frac{100 - (\text{Máx VDC o Total VD})}{52}$$

$$PCI = 52$$

Esto quiere decir, que la condición del pavimento es “REGULAR”.

- Unidad de muestra 8

**Tabla 38. Datos**

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI					
LUGAR:	Vía Morropón - Piura	SECCIÓN:	73+480	a	73+520 Km
FECHA:	08/11/2022	UNIDAD DE MUESTREO:	UM8		
REALIZADO POR:		ÁREA DE LA UNIDAD:	280		m2

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

**Tabla 39. Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla**

ÍTE M	DAÑ O	SEVERIDA D	UN D	UBICACIÓ N		LARGO/ANCHO/CANTID AD			CANTIDADE S PARCIALES	TOTA L	
				X (m)	Y (m)	L (m)	A (m)	Cant.			
											A
B	7	H	m	0	17	5.2		1		5.2	5.2
C	10	M	m	0.8	2.3	8		1		8	14.8
D	10	M	m	0.9	17	6.8		1		6.8	14.8
E	11	H	m	3.7	22	6.3	0.9			5.67	5.67
F	19	M	m2	2.1	31	10	0.6			6	6

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

**Tabla 40. Cálculo del valor deducido (VD)**

FALLA	SEVERIDAD	UND	TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
ABH	M	m2	2.16	0.77	10
GB	H	m	5.2	1.86	10
GLT	M	m	14.8	5.29	12
PA	H	m	5.67	2.03	27
DAG	M	m2	6.00	2.14	10
<b>TOTAL VD=</b>					<b>69</b>

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

**Tabla 41. Cálculo del valor deducido corregido (VDC)**

N°	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC
1	27	12	10	10	10	69	5	36
2	27	12	10	10	2	61	4	34
3	27	12	10	2	2	53	3	32
4	27	12	2	2	2	45	2	34

5	27	2	2	2	2	35	1	36
6								
						Máximo VDC		36

Fuente: Elaboración propia (2022)

Finalmente, el índice de condición del pavimento (PCI) se determina:

$$PCI = 100 - (\text{Máx VDC o Total VD})$$

$$PCI = 64$$

Esto quiere decir, que la condición del pavimento es "BUENO".

#### - Unidad de muestra 9

Tabla 42. Datos

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI			
LUGAR:	Vía Morropón - Piura	SECCIÓN:	73+760 a 73+800 Km
FECHA:	14/11/2022	UNIDAD DE MUESTREO:	UM9
REALIZADO POR:		ÁREA DE LA UNIDAD:	280 m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia (2022)

Tabla 43. Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla

ÍTE M	DAÑO	SEVERIDAD	UN D	UBICACIÓN		LARGO/ANCHO/CANTIDAD			CANTIDADES PARCIALES	TOTAL
				X (m)	Y (m)	L (m)	A (m)	Cant.		
A	1	M	m2	0.5	9	9.5	0.9		8.55	8.55
B	3	M	m2	3.2	25	1.7	4.5		7.65	14.69
C	3	M	m2	2.5	28	2.2	3.2		7.04	
D	9	M	m	0	21	11		1	11	11
E	10	L	m	3.3	15	9.3		1	9.3	9.3
F	10	M	m	5	25	13		1	13	13
G	11	M	m2	2.7	35	12	0.7		8.4	8.4

Fuente: Elaboración propia (2022)

Tabla 44. Cálculo del valor deducido (VD)

FALLA	SEVERIDAD	UND	TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
PC	M	m2	8.55	3.05	35
BLO	M	m2	14.69	5.25	12
DN	M	m	11	3.93	5
GLT	L	m	9.3	3.32	3

GLT	M	m	13.00	4.64	11
PA	M	m	8.40	3	18
TOTAL VD=					31

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

**Tabla 45. Cálculo del valor deducido corregido (VDC)**

N°	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC
1	35	18	12	11	5	3	84	6	40
2	35	18	12	11	5	2	83	5	42
3	35	18	12	11	2	2	80	4	45
4	35	18	12	2	2	2	71	3	45
5	35	18	2	2	2	2	61	2	44
6	35	2	2	2	2	2	45	1	44
Máximo VDC									45

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

Finalmente, el índice de condición del pavimento (PCI) se determina:

$$PCI = 100 - (\text{Máx VDC o Total VD})$$

$$PCI = 55$$

Esto quiere decir, que la condición del pavimento es “**REGULAR**”.

**- Unidad de muestra 10**

**Tabla 46. Datos**

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI					
LUGAR:	Vía Morropón - Piura	SECCIÓN:	74+120	a	74+160 Km
FECHA:	14/11/2022	UNIDAD DE MUESTREO:	UM10		
REALIZADO POR:		ÁREA DE LA UNIDAD:	280 m <sup>2</sup>		

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

**Tabla 47. Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla**

ÍTEM	DAÑO	SEVERIDAD	UND	UBICACIÓN		LARGO/ANCHO/CANTIDAD			CANTIDADES PARCIALES	TOTAL
				X (m)	Y (m)	L (m)	A (m)	Cant.		
A	2	M	m2	0.25	5	2.5	1.5		3.75	3.75
B	2	L	m2	1.5	23	2.5	1.8		4.5	4.5
C	4	M	m2	3.2	12	1.3	0.8		1.04	1.04
D	6	L	m2	2.5	6	1	0.5		0.5	0.5
E	10	M	m	1.2	30	10		1	10	18
F	10	M	m	4	10	8		1	8	
G	17	M	m2	3	12	1.8	1.3		2.34	2.94

H	17	M	m2	4	20	1.5	0.4	0.6
---	----	---	----	---	----	-----	-----	-----

Fuente: Elaboración propia (2022)

**Tabla 48. Cálculo del valor deducido (VD)**

FALLA	SEVERIDAD	UND	TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
EX	M	m2	3.75	1.34	4
EX	L	m2	4.5	1.61	1
ABH	M	m2	1.04	0.37	7
DEP	L	m2	0.5	0.18	8
GLT	M	m	18.00	6.43	21
GP	M	m2	2.94	1.05	11
TOTAL VD=					52

Fuente: Elaboración propia (2022)

**Tabla 49. Cálculo del valor deducido corregido (VDC)**

N°	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC	
1	21	11	8	7	4	51	5	24	
2	21	11	8	7	2	49	4	28	
3	21	11	8	2	2	44	3	28	
4	21	11	2	2	2	38	2	30	
5	21	2	2	2	2	29	1	30	
6								Máximo VDC	30

Fuente: Elaboración propia (2022)

Finalmente, el índice de condición del pavimento (PCI) se determina:

$$PCI = 100 - (\text{Máx VDC o Total VD})$$

$$PCI = 70$$

Esto quiere decir, que la condición del pavimento es “BUENO”.

- **Unidad de muestra 11**

**Tabla 50. Datos**

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI			
LUGAR:	Vía Morropón - Piura	SECCIÓN:	74+480 a 74+520 Km
FECHA:	14/11/2022	UNIDAD DE MUESTREO:	UM11
REALIZADO POR:		ÁREA DE LA UNIDAD:	280 m2

Fuente: Elaboración propia (2022)

**Tabla 51. Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla**

ÍTEM	DAÑO	SEVERIDAD	UND	UBICACIÓN		LARGO/ANCHO/CANTIDAD			CANTIDADES PARCIALES	TOTAL
				X (m)	Y (m)	L (m)	A (m)	Cant.		
A	4	M	m2	2.3	7	2.5	2.8		7	7
B	7	M	m	0	12	8		1	8	8
C	10	M	m	0.5	3	9		1	9	17
D	10	M	m	1	18	8		1	8	
E	11	M	m	2	15	14	0.8		11.2	11.2
F	19	M	m2	1.5	17	12	0.7		8.4	8.4

Fuente: Elaboración propia (2022)

**Tabla 52. Cálculo del valor deducido (VD)**

FALLA	SEVERIDAD	UND	TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
ABH	M	m2	7	2.5	20
GB	M	m	8	2.86	8.5
GLT	M	m	17	6.07	12.5
PA	M	m	11.2	4	20
DAG	M	m2	8.40	3	18
TOTAL VD=					79

Fuente: Elaboración propia (2022)

**Tabla 53. Cálculo del valor deducido corregido (VDC)**

1	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC
1	20	20	18	12.5	8.5	79	5	38
2	20	20	18	12.5	2	72.5	4	40
3	20	20	18	2	2	62	3	39
4	20	20	2	2	2	46	2	36
5	20	2	2	2	2	28	1	28
Máximo VDC								40

Fuente Elaboración propia (2022)

Finalmente, el índice de condición del pavimento (PCI) se determina:

$$PCI = 100 - (\text{Máx VDC o Total VD})$$

$$PCI = 60$$

Esto quiere decir, que la condición del pavimento es "BUENO".



- Unidad de muestra 12

**Tabla 54. Datos**

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI			
LUGAR:	Vía Morropón - Piura	SECCIÓN:	74+840 a 74+880 Km
FECHA:	14/11/2022	UNIDAD DE MUESTREO:	UM12
REALIZADO POR:		ÁREA DE LA UNIDAD:	280 m <sup>2</sup>

Fuente Elaboración propia (2022)

**Tabla 55. Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla**

ÍTEM	DAÑO	SEVERIDAD	UND	UBICACIÓN		LARGO/ANCHO/CANTIDAD			CANTIDADES PARCIALES	TOTAL
				X (m)	Y (m)	L (m)	A (m)	Cant.		
A	1	H	m <sup>2</sup>	1.2	3.5	3	2.8		8.4	8.4
B	1	M	m <sup>2</sup>	2.5	15	2.5	1.8		4.5	4.5
C	3	H	m <sup>2</sup>	3	20	5.5	1		5.5	5.5
D	7	M	m	0	18	1.5		1	1.5	1.5
E	10	M	m	0.6	22	10		1	10	
F	10	M	m	10	30	17		1	17	27

Fuente: Elaboración propia (2022)

**Tabla 56. Cálculo del valor deducido (VD)**

FALLA	SEVERIDAD	UND	TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
ABH	H	m <sup>2</sup>	8.4	3	48
ABH	M	m	4.5	1.61	28
BLO	H	m	5.5	1.96	12
GB	M	m	1.5	0.54	5
GLT	M	m <sup>2</sup>	27	9.64	18.5
TOTAL VD=					111.5

Fuente: Elaboración propia (2022)

**Tabla 57. Cálculo del valor deducido corregido (VDC)**

N°	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC
1	48	28	18.5	12	5	111.5	5	54
2	48	28	18.5	12	2	108.5	4	61
3	48	28	18.5	2	2	98.5	3	62
4	48	28	2	2	2	82	2	58
5	48	2	2	2	2	56	1	56
Máximo VDC								62

Fuente: Elaboración propia (2022)

Finalmente, el índice de condición del pavimento (PCI) se determina:

$$\text{PCI} = 100 - (\text{Máx VDC o Total VD})$$

$$\text{PCI} = 38$$

Esto quiere decir, que la condición del pavimento es “**MALO**”.

- **Unidad de muestra 13**

**Tabla 58. Datos**

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI					
LUGAR:	Vía Morropón - Piura	SECCIÓN:	75+200 a 75+240	Km	
FECHA:	14/11/2022	UNIDAD DE MUESTREO:	UM13		
REALIZADO POR:		ÁREA DE LA UNIDAD:	280 m <sup>2</sup>		

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

**Tabla 59. Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla**

ÍTEM	DAÑO	SEVERIDAD	UND	UBICACIÓN		LARGO/ANCHO/CANTIDAD			CANTIDADES PARCIALES	TOTAL
				X (m)	Y (m)	L (m)	A (m)	Cant.		
A	4	M	m <sup>2</sup>	0.8	6	2.8	3		8.4	8.4
B	7	M	m	0	12	12		1	12	12
C	10	M	m	0.5	2.5	7		1	7	16
D	10	M	m	1.5	17	9		1	9	16
E	11	M	m	3	15	12	0.9		10.8	10.8
F	19	M	m <sup>2</sup>	4	28	12	0.8		9.6	9.6

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

**Tabla 60. Cálculo del valor deducido (VD)**

FALLA	SEVERIDAD	UND	TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
ABH	M	m <sup>2</sup>	8.4	3	21
GB	M	m	12	4.29	10
GLT	M	m	16	5.71	12
PA	M	m	10.8	3.86	20
DAG	M	m <sup>2</sup>	9.60	3.43	18
TOTAL VD=					81

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

**Tabla 61. Cálculo del valor deducido corregido (VDC)**

N°	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC	
1	21	20	18	12	10	81	5	40	
2	21	20	18	12	2	73	4	40	
3	21	20	18	2	2	63	3	36	
4	21	20	2	2	2	47	2	35	
5	21	2	2	2	2	29	1	30	
6								Máximo VDC	40

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

Finalmente, el índice de condición del pavimento (PCI) se determina:

$$PCI = 100 - (\text{Máx VDC o Total VD})$$

$$PCI = 60$$

Esto quiere decir, que la condición del pavimento es “**BUENO**”.

- **Unidad de muestra 14**

**Tabla 62. Datos**

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI			
LUGAR:	Vía Morropón - Piura	SECCIÓN:	75+560 a 75+600 Km
FECHA:	14/11/2022	UNIDAD DE MUESTREO:	UM14
REALIZADO POR:		ÁREA DE LA UNIDAD:	280 m2

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

**Tabla 63. Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla**

ÍTE M	DAÑO	SEVERIDAD	UN D	UBICACIÓN		LARGO/ANCHO/CANTIDAD			CANTIDAD PARCIALES	TOTAL
				X (m)	Y (m)	L (m)	A (m)	Cant.		
A	1	H	m2	0.3	3.5	3.5	3	10.5	12.9	
B	1	H	m2	1.1	15	2	1.2	2.4		
C	4	M	m2	0.5	18	1	0.9	0.9	3.4	
D	4	M	m2	3	35	1	2.5	2.5		
E	16	M	m2	6	18	2.7	1	2.7	2.7	
F	19	M	m2	4	22	1.8	3.5	6.3	9.3	
G	19	M	m2	2.9	25	1.5	2	3		

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

**Tabla 64. Cálculo del valor deducido (VD)**

FALLA	SEVERIDAD	UND	CANTIDADES PARCIALES		TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
PC	H	m2	10.5	2.4	12.9	4.61	53
ABH	M	m2	0.9	2.5	3.4	1.21	13
DES	M	m2	2.7		2.7	0.96	10
DAG	M	m2	6.3	3	9.3	3.32	11
TOTAL VD=							87

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

**Tabla 65. Cálculo del valor deducido corregido (VDC)**

N°	VALORES DEDUCIDOS				VDT	q	VDC
1	53	13	11	10	87	4	50
2	53	13	11	2	79	3	51
3	53	13	2	2	70	2	51
4	53	2	2	2	59	1	59
Máximo VDC							59

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

Finalmente, el índice de condición del pavimento (PCI) se determina:

$$PCI = 100 - (\text{Máx VDC o Total VD})$$

$$PCI = 41$$

Esto quiere decir, que la condición del pavimento es “**REGULAR**”.

**- Unidad de muestra 15**

**Tabla 66. Datos**

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI			
LUGAR:	Vía Morropón - Piura	SECCIÓN:	75+920 a 75+960 Km
FECHA:	14/11/2022	UNIDAD DE MUESTREO:	UM15
REALIZADO POR:		ÁREA DE LA UNIDAD:	280 m2

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

**Tabla 67. Cálculo de cantidades parciales por cada tipo de falla**

ÍTEM	DAÑO	SEVERIDAD	UND	UBICACIÓN	LARGO/ANCHO/CANTIDAD	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL
------	------	-----------	-----	-----------	----------------------	----------------------	-------

				X (m)	Y (m)	L (m)	A (m)	Cant.		
A	3	M	m2	2.5	5	3.2	3.5		11.2	
B	3	M	m2	1.8	15	1.8	4.7		8.46	25.61
C	3	M	m2	2	8	1.7	3.5		5.95	
D	9	M	m	0	40	35		1	35	35
E	10	L	m	3	25	3.2		1	3.2	3.2
F	10	M	m	1.5	30	9		1	9	
G	10	M	m	1.6	19	22		1	22	31

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

**Tabla 68.** Cálculo del valor deducido (VD)

FALLA	SEVERIDAD	UND	TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
BLO	M	m2	25.61	9.15	16
DN	M	m	35	12.5	16
GLT	L	m	3.2	1.14	0.1
GLT	M	m	31.00	11.07	27
TOTAL VD=					59.1

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

**Tabla 69.** Cálculo del valor deducido corregido (VDC)

N°	VALORES DEDUCIDOS			VDT	q	VDC
1	27	16	16	59	3	38
2	27	16	2	45	2	33
3	27	2	2	31	1	31
4						
Máximo VDC						38

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

Finalmente, el índice de condición del pavimento (PCI) se determina:

$$PCI = 100 - (\text{Máx VDC o Total VD})$$

$$PCI = 62$$

Esto quiere decir, que la condición del pavimento es “**BUENO**”.

**Tabla 70. Resumen promedio del PCI**

<b>Cálculo del promedio del índice de condición del pavimento (PCI) pavimento flexible 71+000 - 76+000 de la vía Morropón que da acceso al centro poblado de Piedra del Toro, Piura.</b>				
<b>UNIDAD DE MUESTRA</b>	<b>PCI ENCONTRADO</b>	<b>RANGO</b>	<b>PCI PROMEDIO</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>
<b>M1</b>	57.8	BUENO		
<b>M2</b>	54	REGULAR		
<b>M3</b>	37	MALO		
<b>M4</b>	67	BUENO		
<b>M5</b>	70	BUENO		
<b>M6</b>	66	BUENO		
<b>M7</b>	52	REGULAR		
<b>M8</b>	64	BUENO	56.92	BUENO
<b>M9</b>	55	REGULAR		
<b>M10</b>	70	BUENO		
<b>M11</b>	60	BUENO		
<b>M12</b>	38	MALO		
<b>M13</b>	60	BUENO		
<b>M14</b>	41	REGULAR		
<b>M15</b>	62	BUENO		

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

Con respecto a la tabla 70, se pone en evidencia que PCI promedio del pavimento en estudio es 56.92, clasificándose en un estado bueno, lo cual significa que la gran parte del tramo de estudio se encuentra en condiciones buenas para su uso.

**Tabla 71. Resumen Patologías encontradas**

PATOLOGÍAS	UNIDADES DE MUESTRA														DENSIDAD	PORCENTAJE	
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14			
Piel de cocodrilo		2.49	4.09				2.51		3.05			4.61		4.61	21.36	8%	
Exudación					3.28					2.95					6.23	2%	
Agrietamiento en bloque	2.01		1.07	8.02					5.25			1.96			9.15	27.46	11%
Abultamientos y Hundimientos		0.71			0.43	2.38	0.95	0.77		0.37	2.5		3	1.21		12.32	5%
Grieta de borde	5.55		0.46			3.21		1.86			2.86	0.54	4.29			18.77	7%
Desnivel carril/Berma				14.29					3.93						12.5	30.72	12%
Grietas longitudinales y transversales	4.65		9.64	12.03	6.79	5.36		5.29	7.96	6.43	6.07	9.64	5.71		12.21	91.77	35%
Parcheo	8.6					3.71		2.03	3		4		3.86			25.2	10%
Desplazamiento		1.14					1.02							0.96		3.12	1%
Grieta parabólica					0.8					1.05						1.85	1%
Desprendimiento de agregados		2.5				2.88	2.92	2.14			3		3.43	3.32		20.19	8%
																259.93	100%

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

Con respecto a la tabla 71, En el pavimento flexible del área investigada se pueden observar las siguientes patologías: Exudación, agrietamiento en bloque, grietas en los bordes, taludes de vía/barra, grietas verticales y horizontales, reparación, desplazamiento, grietas parabólicas y rotura de áridos son signos de fisuras interconectadas por fatiga.

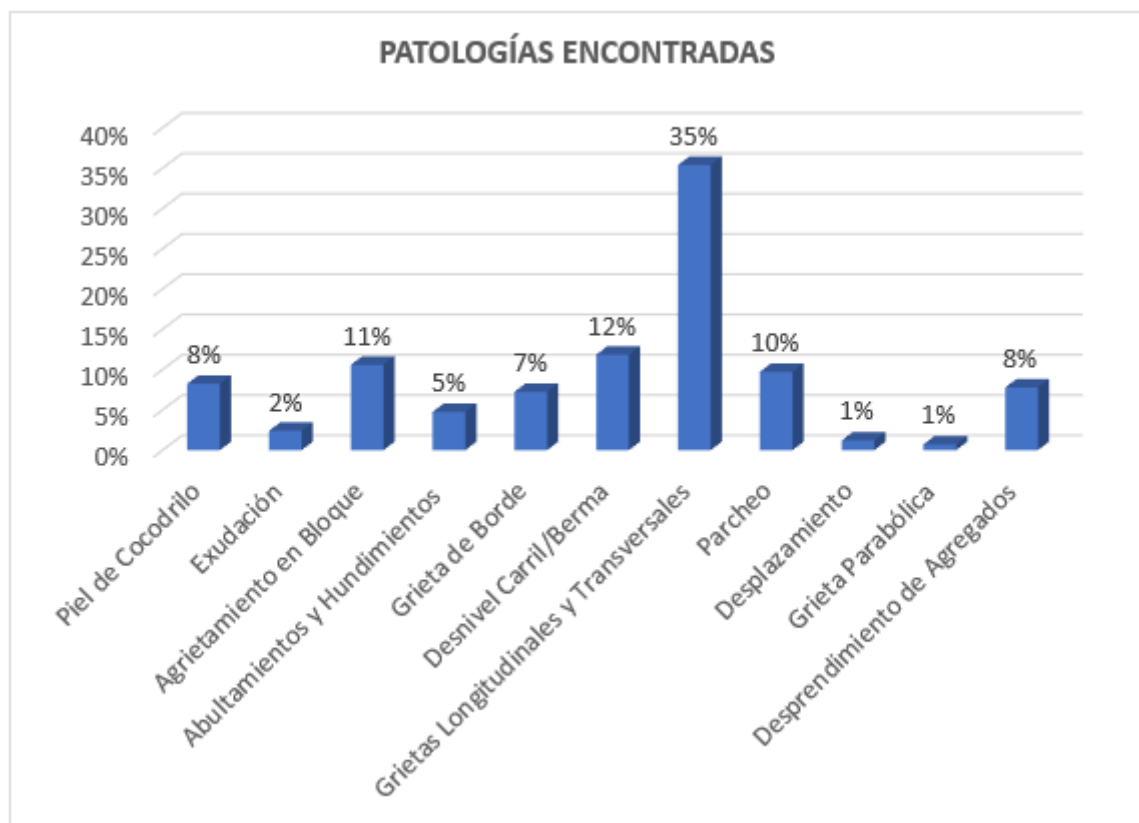


## VI. DISCUSIÓN

De acuerdo al estudio realizado al pavimento flexible entre el km 71+000 al km 76+000 de la vía Morropón que brinda pase al CP de Piedra del Toro, Piura, donde se seleccionaron 15 muestras divididas en tramos de 40m de longitud por 7m de ancho de la vía.

Con respecto a los objetivos que tiene la investigación, se determinó los tipos de patologías que muestra el pavimento en estudio, donde se demuestra en la figura 4.

**Figura 4.** Patologías encontradas



**Fuente:** Elaboración propia

Con respecto a la figura 4, la patología con incremento de densidad son las grietas longitudinales y transversales, teniendo un 35% y las de menor densidad son las grietas parabólicas y desplazamiento en la carpeta asfáltica del pavimento.

**Figura 5.** Condición del pavimento



**Fuente:** Elaboración propia

Con respecto a la figura 5, se demuestra que el pavimento en estudio presenta un 60% de condiciones buenas, un 27% de condición regular y un 13% de mal estado.

El área de estudio se tuvo el valor PCI promedio de 56.92, catalogándose en un buen estado, lo que se puede interpretar que dicho resultado de PCI del tramo del lugar en estudio es bueno, pero cabe tener presente las patologías que existen en dicho tramo para poder mejorar la transitabilidad vehicular y brindarles un adecuado mantenimiento a las vías.

## **VII. CONCLUSIONES**

- Los tipos de patologías encontrados en el pavimento flexible del tramo del lugar en estudio, son las siguientes: fisuras interconectadas por fatiga 8%, exudación 2%, grietas en bloque 11%, abultamientos y derrumbes 5%, grieta de borde 7%, desnivel carril/berma 12%, grietas horizontales y verticales 35%, parcheo 10%, desplazamiento 1%, grieta parabólica 1% y desprendimiento de agregados 8%.
- Las patologías con mucha más densidad encontradas en el pavimento son: Grietas longitudinales y transversales 35%, Desnivel carril Berma 12%, grietas en bloque 11% y parcheo 10%.
- El pavimento en estudio presenta un 60% del tramo en condiciones buenas, un 27% de condición regular y un 13% de mal estado. Su PCI promedio es de 56.92, clasificándose en buen estado.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

- Se debería ejecutar un plan de mantenimiento preventivo periódico o rutinario, debido que hay dos muestras que se encuentran en malas condiciones, con la finalidad de brindar seguridad, comodidad y una adecuada circulación vehicular.
- Se recomienda utilizar la técnica Slurry Seal (sello de lechada asfáltica), para la preservación del pavimento y alargar la vida útil de este.

## REFERENCIAS

- Amaya, A., & Rojas, E. (2017). Análisis Comparativo Entre Metodologías Vizir Y Pci Para La Auscultación Visual De Pavimentos Flexibles En La Ciudad De Bogotá. (*Tesis de pregrado*). Universidad Santo Tomás, Bogotá.
- Araujo Terrones, J., & Carmen Chunga, G. (2020). Evaluación superficial del pavimento flexible mediante la aplicación del método PCI en el jirón Los Incas. Distrito de Piura. Piura. 2020. (*Tesis*). Universidad César Vallejo, Piura - Perú.
- ASTM International (American Society for Testing and Materials). (2004). *Procedimiento Estándar para la Inspección del Índice de Condición del Pavimento en Caminos y Estacionamientos*. ESTADOS UNIDOS: ASTM D6433-03. Obtenido de [https://www.studocu.com/pe/home?utm\\_campaign=shared-document&utm\\_source=studocu-document&utm\\_medium=social\\_sharing&utm\\_content=409330160-manual-pci-astm-d-6433-pdf](https://www.studocu.com/pe/home?utm_campaign=shared-document&utm_source=studocu-document&utm_medium=social_sharing&utm_content=409330160-manual-pci-astm-d-6433-pdf)
- Baque Solis, B. (2020). Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la carretera puerto-aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de Manabí. *Revista Científica Dominio de Las Ciencias*, 203-228.
- Cardoza Castro, A., & Coba Correa, C. (2020). Evaluación del pavimento flexible mediante el método PCI de la av. Don Bosco entre las av. Marcavelica y av. Raúl Mata de la Cruz. Veintiséis de Octubre – Piura. 2020. (*Tesis*). Universidad César Vallejo, Piura - Perú.
- Figueroa Castillo, L., & Campos Chiroque, Y. (2021). Determinación de las Principales Causas del Deterioro del Pavimento Flexible y Afectación a la Población Aledaña en el Tramo 0+000 a 0+500 del Centro Poblado Miraflores-Distrito la Huaca Provincia de Paita-Piura-2021. (*Tesis de grado*). UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA, Piura – Perú.
- GONZALES HERRERA, J., & TARRILLO QUISPE, E. (2020). APLICACIÓN DEL MÉTODO PCI PARA DETERMINAR EL ESTADO Y EL ADECUADO PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE EL KM 4+500 AL KM 7+500 DE LA VÍA DE ACCESO AL CENTRO POBLADO MONTEGRANDE, REQUE, CHICLAYO. (*Tesis*). Universidad De San Martín de Porres, Lima - Perú.
- González Fernandez , H., Ruiz Caballero, P., & Guerrero Valverde, D. (2020). PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS MEDIANTE EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI). *Ciencia en su PC*, 58-71.

- LINARES SIESQUÉN, 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 grado*). UNIVERSIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES, Lima - Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (09 de Abril de 2014). *Manual de Carreteras*. Obtenido de Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-05-14%20Seccion%20Suelos%20y%20Pavimentos\\_Manual\\_de\\_Carreteras\\_OK.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-05-14%20Seccion%20Suelos%20y%20Pavimentos_Manual_de_Carreteras_OK.pdf)
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2020). *Provias Nacional*. Obtenido de Provias Nacional: <https://www.pvn.gob.pe/wp-content/uploads/2020/06/pvn-memoria-anual-2019.pdf>
- Oblitas Gastelo, B., Medina Cardozo, I., & Paredes Asalde, C. (2021). Índice de regularidad internacional e índice de condición de pavimento para definir niveles de serviciabilidad de pavimentos. *Revista ITECKNE*, 170-175.
- Pérez Acosta, D. (2021). DIAGNÓSTICO DE PAVIMENTOS MEDIANTE EL MÉTODO PCI Y ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL MAL ESTADO DE LA VÍA CON RELACIÓN AL NÚMERO LA INFLUENCIA DEL MAL ESTADO DE LA VÍA CON RELACIÓN AL NÚMERO ESTE) ENTRE CALLE 37 SUR Y CALLE 27A SUR. (*Tesis de grado*). UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, BOGOTÁ - COLOMBIA.
- Rodas Montenegro, J., & Ybarra Chauca, L. (2018). ANÁLISIS COMPARATIVO DE DAÑOS EN EL PAVIMENTO CON TECNOLOGÍA LCMS Y MÉTODO SEMIAUTOMATIZADO PARA DETERMINAR PCI TRAMO MORROPÓN – PUENTE LA GALLEGA (PIURA). (*Tesis de grado*). Universidad San Martín De Porres, Lima - Perú.
- Sánchez Ramírez , J. (2017). EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO DE LA AV. RAMÓN CASTILLA, CHULUCANAS, MEDIANTE EL MÉTODO PCI. (*Tesis de Licenciatura*). Universidad de Piura, Piura - Perú.
- Tello Cifuentes, L., Aguirre Sánchez, M., Díaz Paz, J., & Hernández, F. (2021). Evaluación de daños en pavimento flexible usando fotogrametría terrestre y redes neuronales. *Tecnológicas*, 1-13.
- Valdés Martínez, L., & Alonso Aenlle, A. (2017). Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles en aeropuertos para Cuba. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 1-11.
- VILLAR GALLARDO, E., & OBLITAS SANTA MARÍA, J. (2020). CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON LA METODOLOGÍA VIZIR Y PCI DE LA CARRETERA VECINAL TRAMO KM 00+00 AL KM 05+00 DE LOS DISTRITOS DE LA VICTORIA Y MONSEFÚ, UBICADO EN

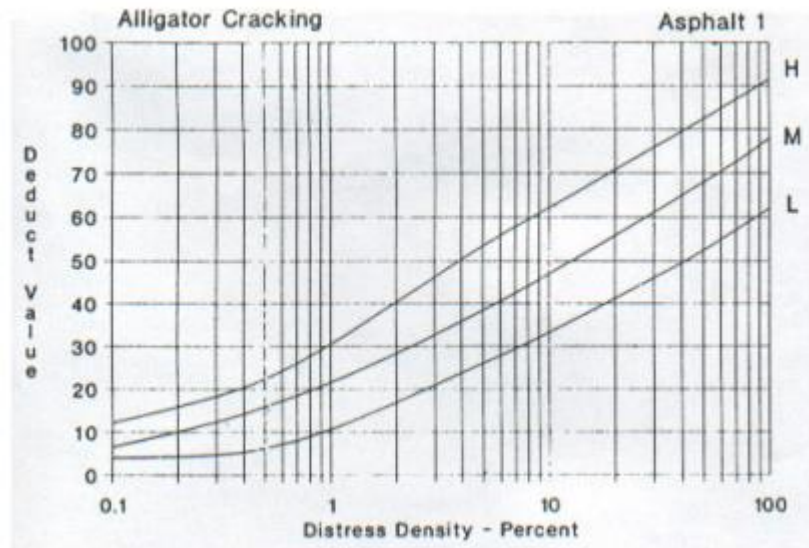
LA PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE.  
(*Tesis de grado*). UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES, Lima -  
Perú.

## IX. ANEXOS

### ANEXO 01

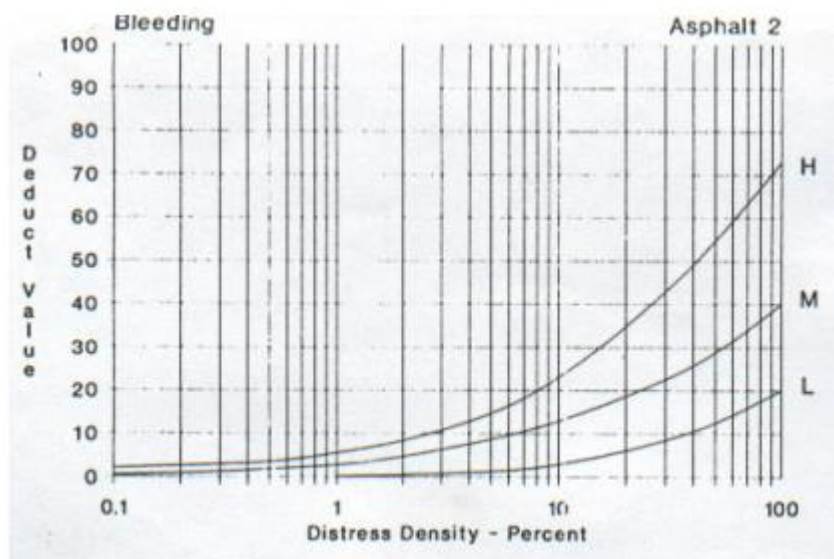
#### CURVAS DE VALORES DEDUCIDOS (VD) PARA LAS FALLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE – PCI

##### 1.- PIEL DE COCODRILO



Fuente: ASTM D 6433-07

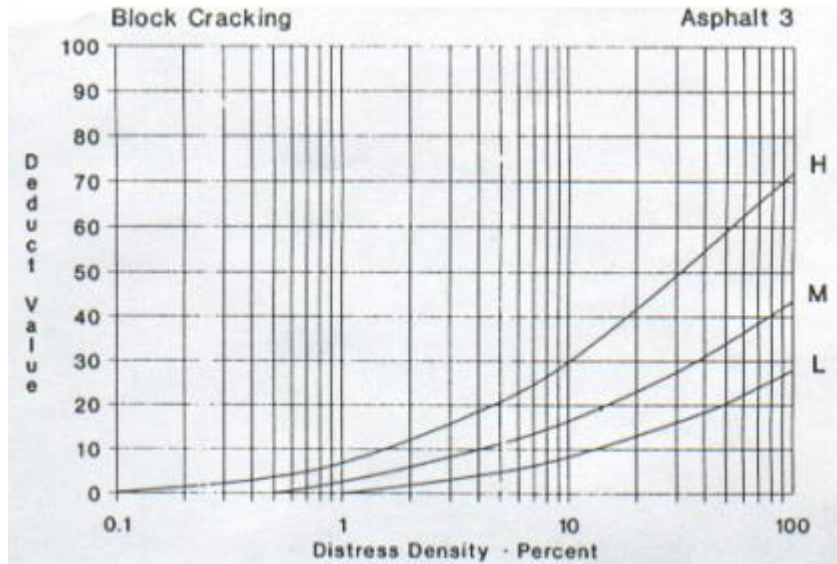
##### 2.- EXUDACIÓN



Fuente: ASTM D 6433-07

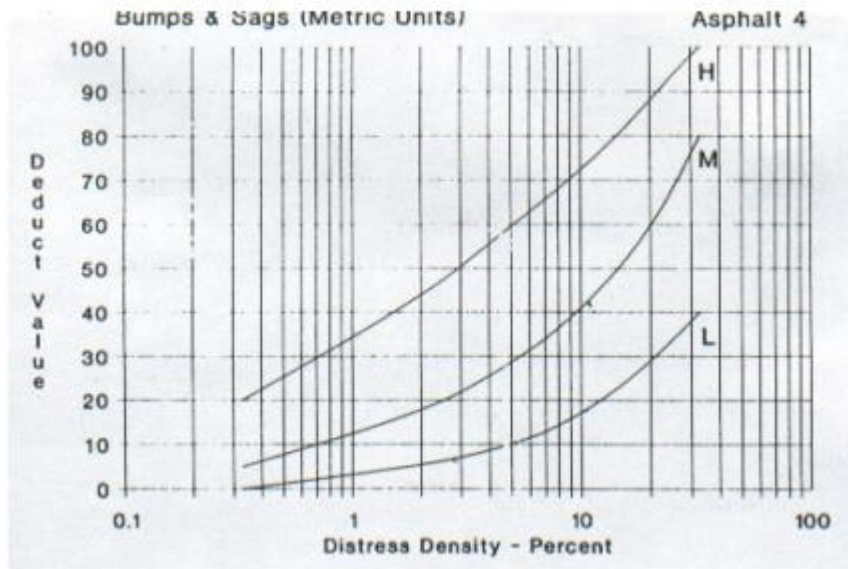


### 3.- AGRIETAMIENTO EN BLOQUE



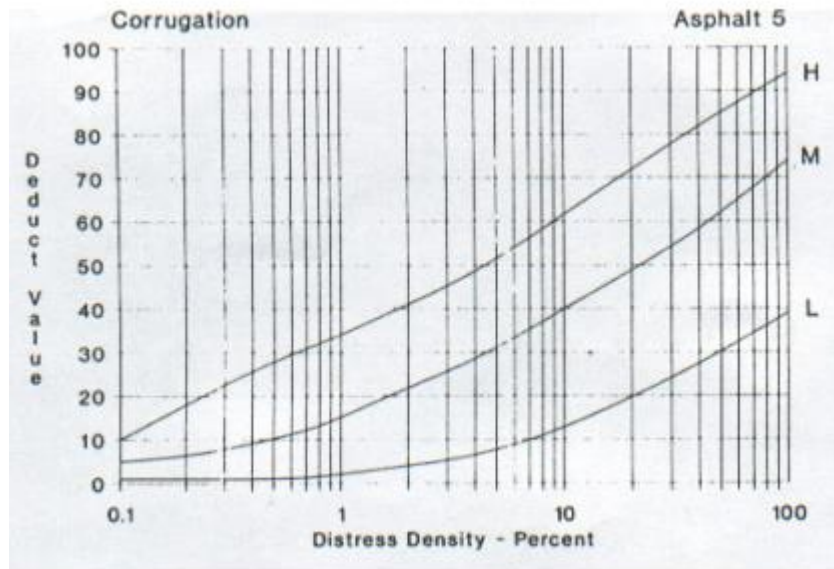
Fuente: ASTM D 6433-07

### 4.- ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS



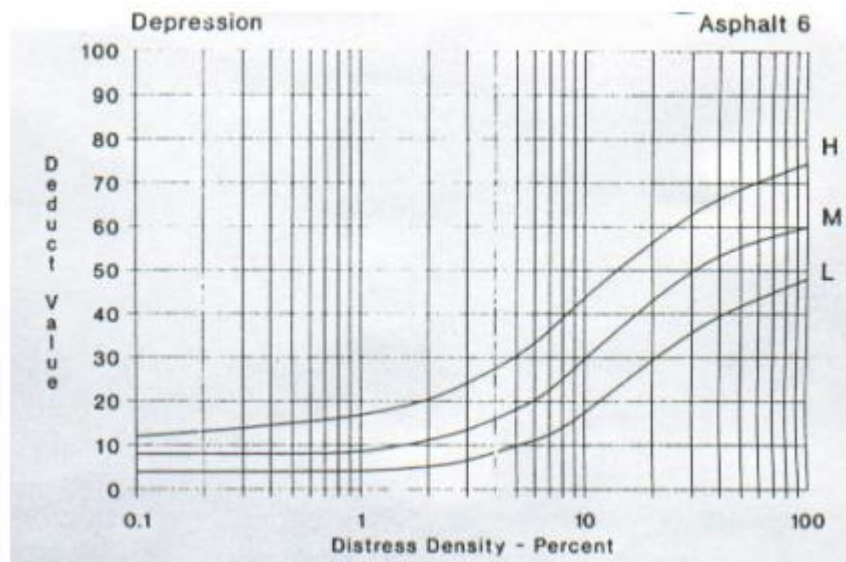
Fuente: ASTM D 6433-07

## 5.- CORRUGACIÓN



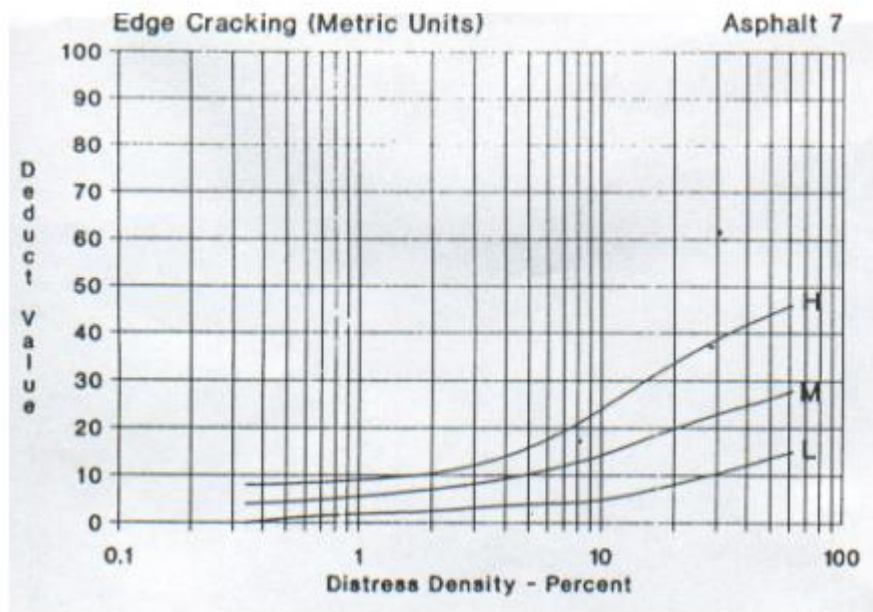
Fuente: ASTM D 6433-07

## 6.- DEPRESIÓN



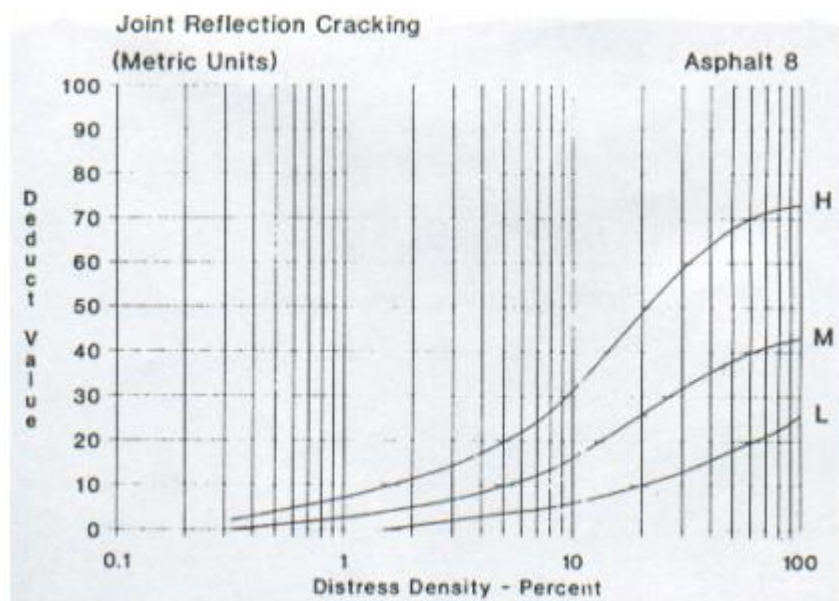
Fuente: ASTM D 6433-07

## 7.- GRIETA DE BORDE



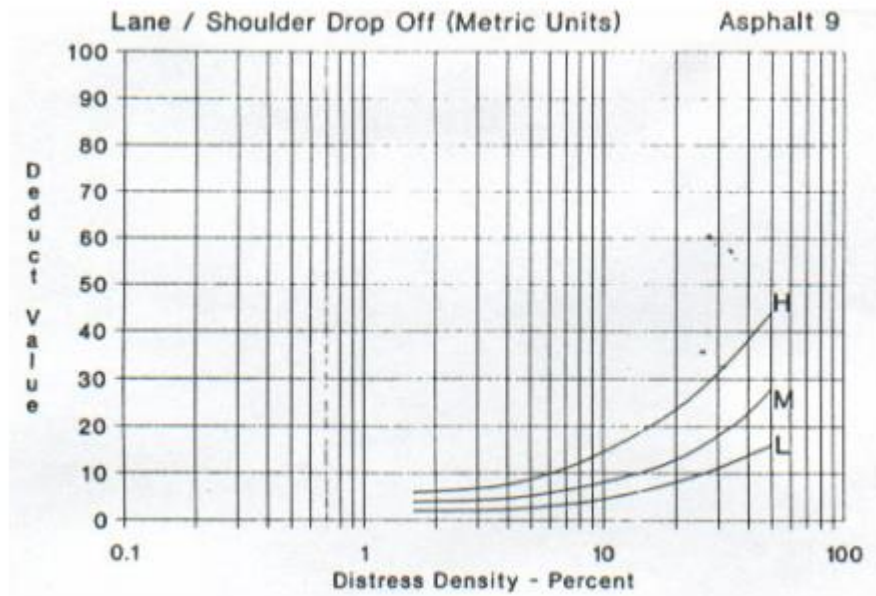
Fuente: ASTM D 6433-07

## 8.- GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA



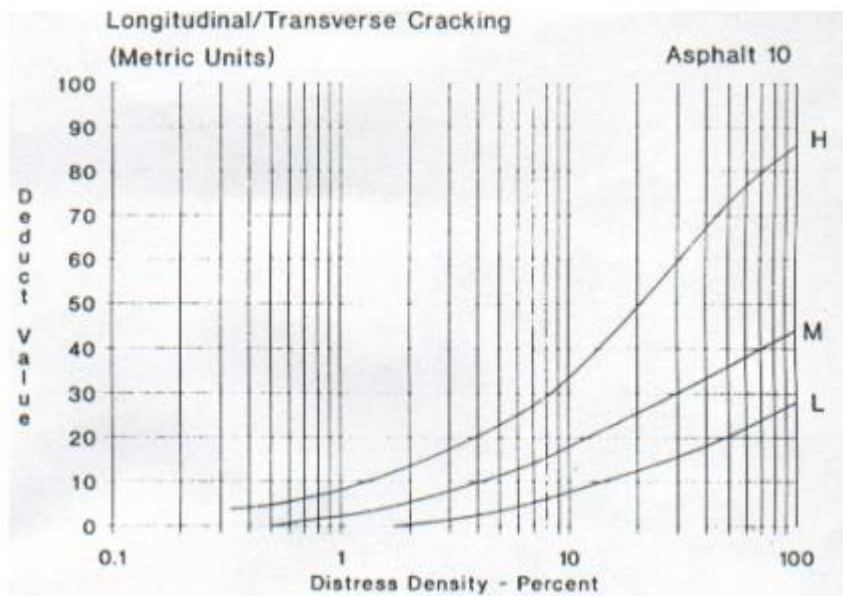
Fuente: ASTM D 6433-07

## 9.- DESNIVEL CARRIL/BERMA



Fuente: ASTM D 6433-07

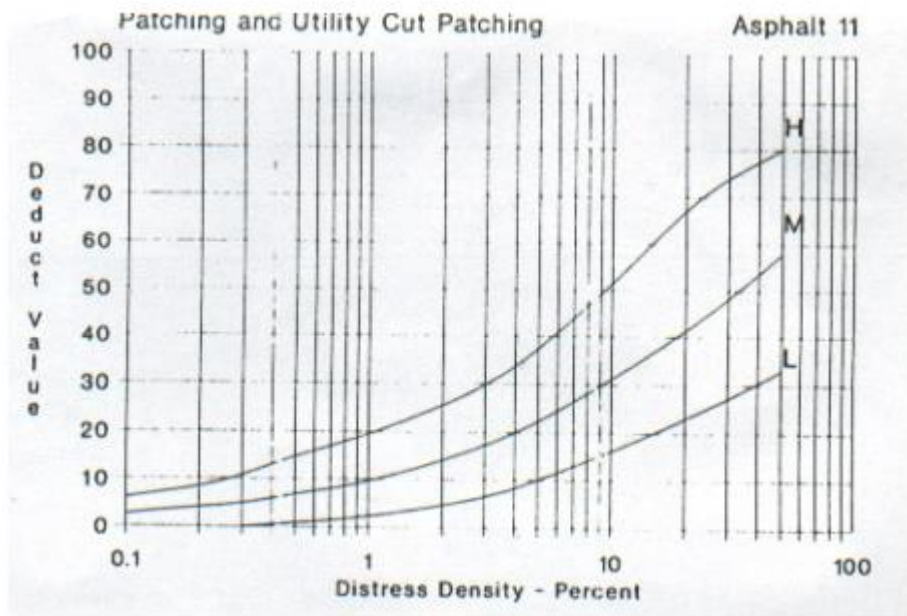
## 10.- GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES



Fuente: ASTM D 6433-07

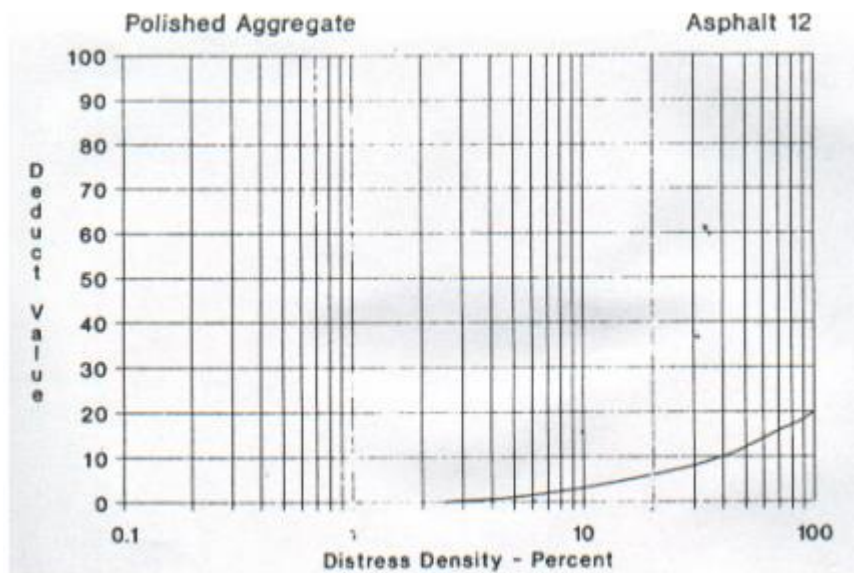


## 11.- PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIO



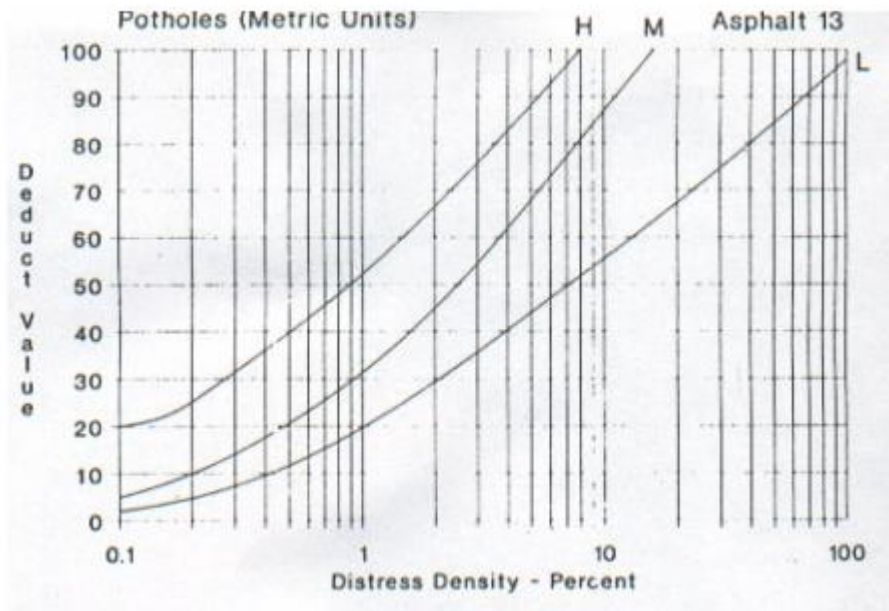
Fuente: ASTM D 6433-07

## 12.- PULIMIENTO DE AGREGADOS



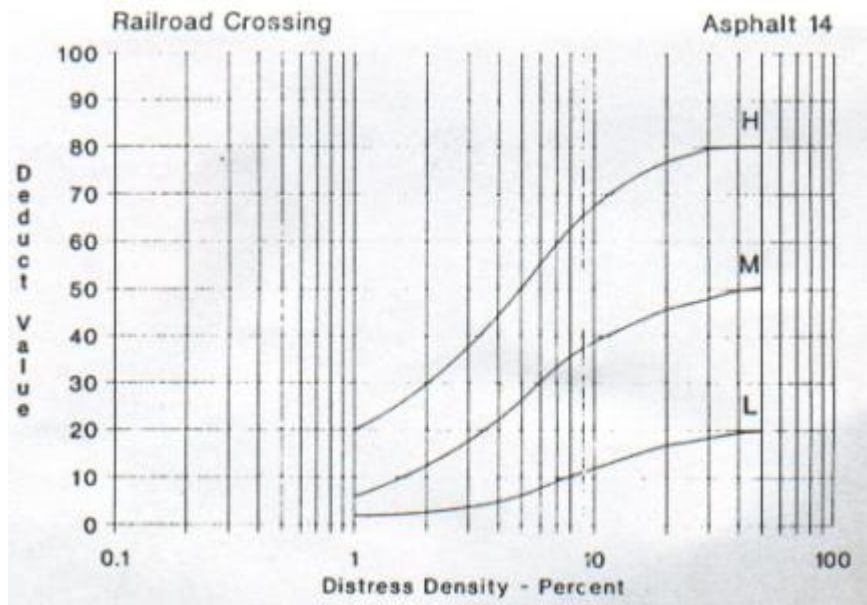
Fuente: ASTM D 6433-07

### 13.- HUECOS



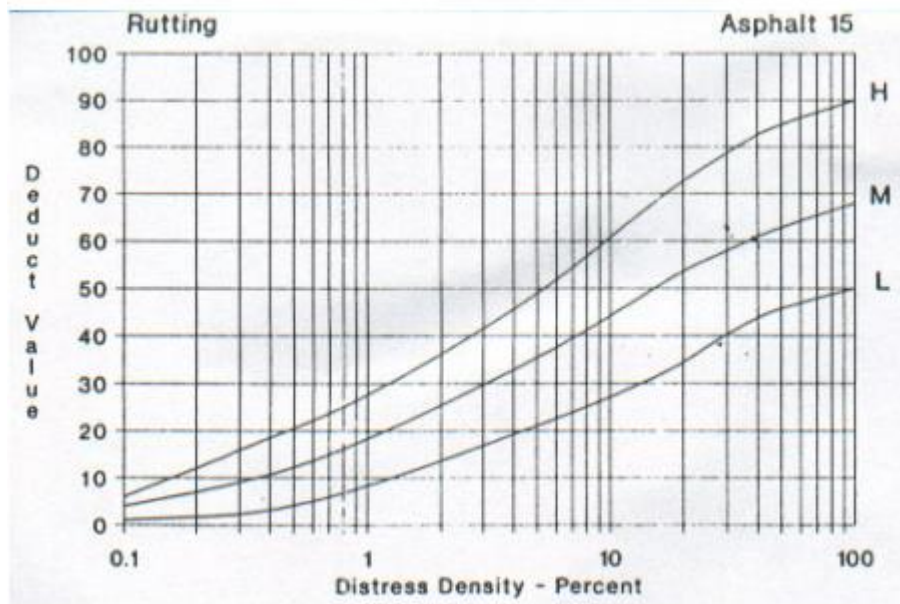
Fuente: ASTM D 6433-07

### 14.- CRUCE DE VIA FERREA



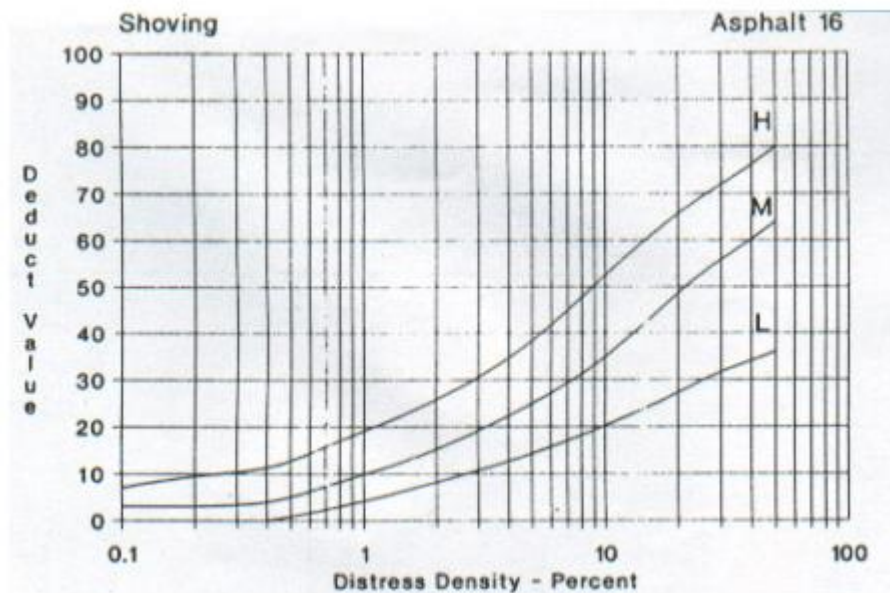
Fuente: ASTM D 6433-07

## 15.- AHUELLAMIENTO



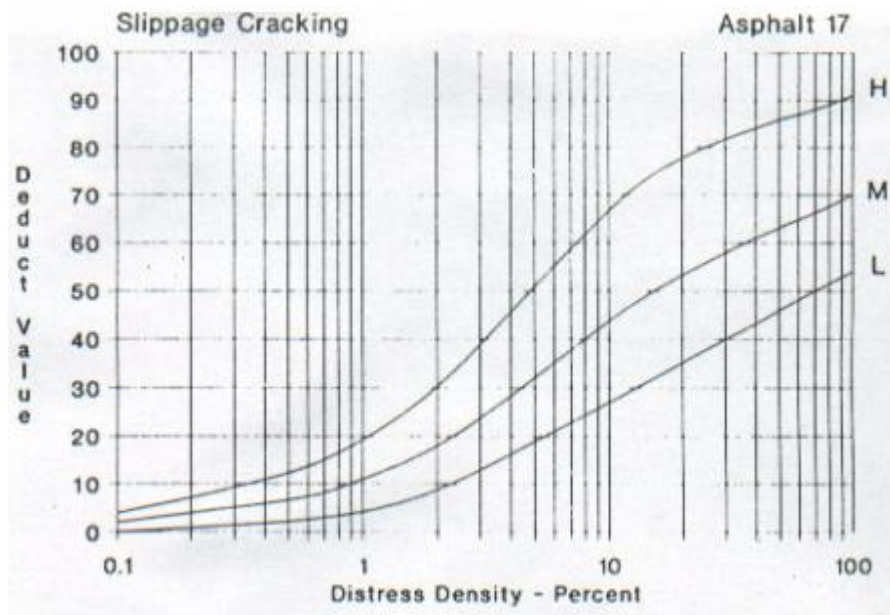
Fuente: ASTM D 6433-07

## 16.- DESPLAZAMIENTO



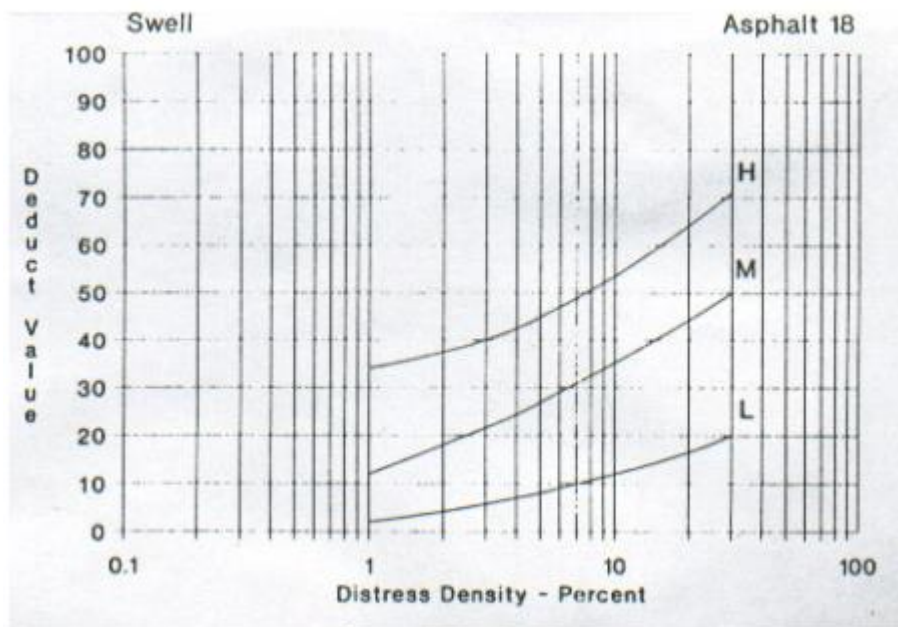
Fuente: ASTM D 6433-07

## 17.- GRIETAS PARABÓLICAS O POR DESLIZAMIENTO



Fuente: ASTM D 6433-07

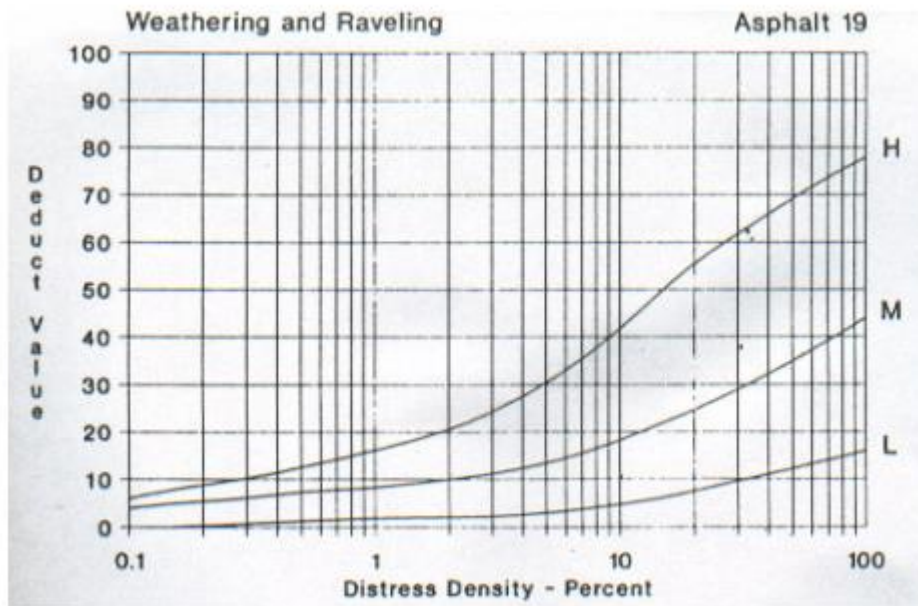
## 18.- HINCHAMIENTO



Fuente: ASTM D 6433-07



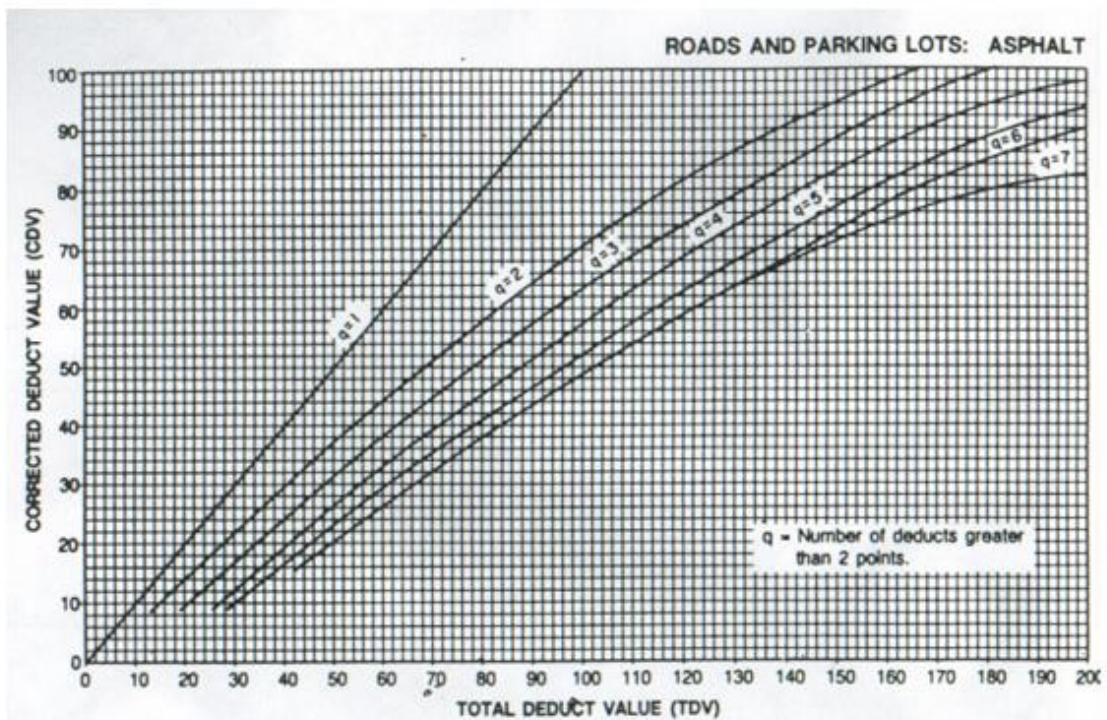
## 19.- METEORIZACIÓN/DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS



Fuente: ASTM D 6433-07

### ANEXO 02

#### CURVAS DE VALORES DEDUCIDOS CORREGIDOS (VDC) PARA LAS FALLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE – PCI



Fuente: ASTM D 6433-07

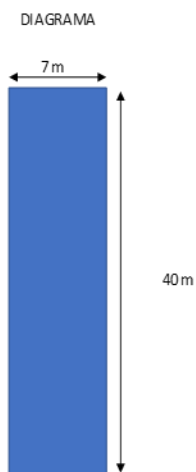
## ANEXO 03

### FICHAS DE EVALUACIÓN

#### HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI

<b>LUGAR:</b>	Vía Morropón - Piura	<b>SECCIÓN:</b>	71+000 a 71+040 Km
<b>FECHA:</b>	10/11/2022	<b>UNIDAD DE MUESTREO:</b>	UM1
<b>REALIZADO POR:</b>	Ing. Frank Rivadeneyra Torres	<b>ÁREA DE LA UNIDAD:</b>	280 m2

TIPOS DE FALLAS			
N°	Tipo de Falla	Und	Código
1	Piel de Cocodrilo	m2	PC
2	Exudación	m2	EX
3	Agrietamiento en Bloque	m2	BLO
4	Abultamientos y Hundimientos	m2	ABH
5	Corrugación	m2	COR
6	Depresión	m2	DEP
7	Grieta de Borde	m	GB
8	Grieta de Reflección de Junta	m	GR
9	Desnivel Carril/Berma	m	DN
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m	GLT
11	Parqueo	m2	PA
12	Pulimiento de Agregados	m2	PU
13	Huecos	Und	HUE
14	Cruce de Vía Férrea	m2	CVF
15	Ahuellamiento	m2	AHU
16	Desplazamiento	m2	DES
17	Grieta Parabólica	m2	GP
18	Hinchamiento	m2	HN
19	Desprendimiento de Agregados	m2	DAG



CLASIFICACIÓN DE SEVERIDAD		
Baja	Low	L
Media	Medium	M
Alta	High	H

CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO		
PCI		CLASIFICACIÓN
85	100	Excelente
70	85	Muy Bueno
55	70	Bueno
40	55	Regular
25	40	Malo
10	25	Muy Malo
0	10	Fallado

ÍTEM	DAÑO	SEVERIDAD	UND	UBICACIÓN		LARGO/ANCHO/CANTIDAD		Cant.	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL
				X (m)	Y (m)	L (m)	A (m)			
A	4	M	m2	0.4	3.2	2.5	2.25		5.625	5.625
B	7	L	m	1.2	27.5	3.85		1	3.85	9.35
C	7	L	m	2.3	6.8	1.3		1	1.3	
D	7	L	m	5.2	17	4.2		1	4.2	
E	7	M	m	0.5	1.8	6.2		1	6.2	6.2
F	10	L	m	1.5	7	13		1	13	13
G	11	M	m2	2.3	11.3	1.2	3.2		3.84	3.84
H	11	H	m2	3.7	33	1.7	2.8		4.76	4.76

FALLA	SEVERIDAD	UND	TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
ABH	M	m2	5.625	2.01	19.5
GB	L	m	9.35	3.34	5.4
GB	M	m	6.2	2.21	7.9
GLT	L	m	13	4.64	4.7
PA	M	m2	3.84	1.37	12.3
PA	H	m2	4.76	1.7	25.3
TOTAL VD=					75.1

Número de valores deducidos >2 (q) 6

Valor deducido mas alto (HVDi) 25.3

Número máximo de valores deducidos (mi) 8

$$m_1 = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$$

#### CÁLCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO

N°	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
1	25.3	19.5	12.3	7.9	5.4	4.7		75.1	6	35.8
2	25.3	19.5	12.3	7.9	5.4	2		72.4	5	36.9
3	25.3	19.5	12.3	7.9	2	2		69	4	39.3
4	25.3	19.5	12.3	2	2	2		63.1	3	42.2
5	25.3	19.5	2	2	2	2		52.8	2	40
6	25.3	2	2	2	2	2		35.3	1	35.5

Máximo VDC 42.2

INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

$$PCI = 100 - (\text{Máx VDC o Total VD})$$

$$PCI = 57.8$$

CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO:

BUENO

## ANEXO 04

### PANEL FOTOGRÁFICO

Foto N° 01. Toma fotográfica de la falla Tipo piel de cocodrilo al pavimento asfáltico.



Foto N° 02. Toma fotográfica de la falla Tipo parcheo sobre el pavimento asfáltico.





Foto N° 03. Toma fotográfica de la falla Tipo grieta de borde en el pavimento en estudio.



Foto N° 04. Toma fotográfica de la falla Tipo grietas longitudinales y transversales en el pavimento en estudio.

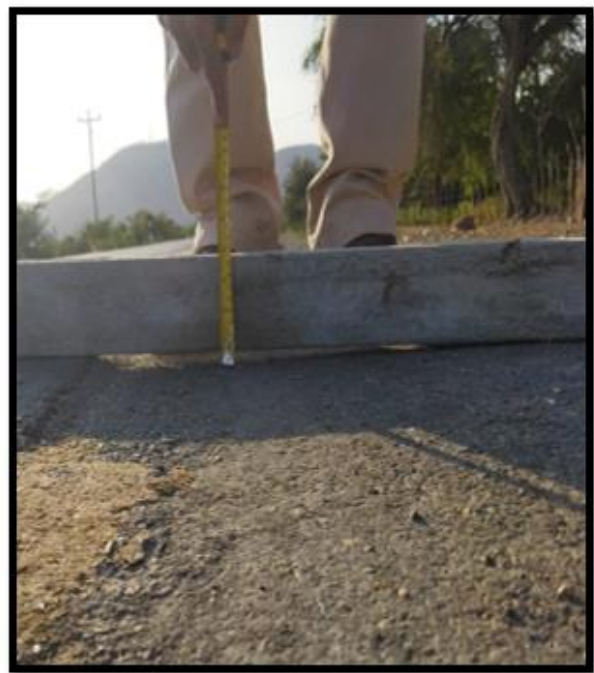




Foto N° 05. Toma fotográfica de la falla Tipo Abultamiento y Hundimiento en el pavimento en estudio.



Foto N° 06. Toma fotográfica de la falla Tipo Depresión en el pavimento en estudio.





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, BREITNER GUILLERMO DIAZ RODRIGUEZ, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, asesor de Tesis titulada: "Uso del método PCI para la evaluación patológica del pavimento flexible entre el km 71+000 al km 76 +000 de la vía Morropón que da acceso al centro poblado de Piedra del Toro, Piura", cuyo autor es CAMPOVERDE OROZCO JOSE BRAULIO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 24.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

PIURA, 20 de Setiembre del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
BREITNER GUILLERMO DIAZ RODRIGUEZ <b>DNI:</b> 43153608 <b>ORCID:</b> 0000-0001-6733-2868	Firmado electrónicamente por: BGDIAZRO el 20-09- 2023 11:38:04

Código documento Trilce: TRI - 0651284