

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA
MEJORAR LA TRANSITABILIDAD EN LA AV. EDUCADORES,
DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA,
TACNA – 2025**

TESIS

Presentada por:

Bach. UBERLANDO JESUS REYMUNDO GONZALES VARGAS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

TACNA – PERÚ

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

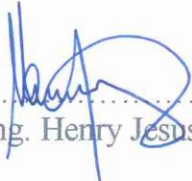
“EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA
MEJORAR LA TRANSITABILIDAD EN LA AV. EDUCADORES,
DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA – 2025”

Tesis sustentada y aprobada el día 31 de octubre del 2025 estando
integrado el Jurado Calificador por:

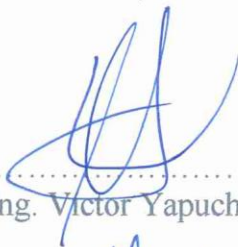
PRESIDENTE


:
Mtro. Ing. César José Avendaño Jihuallanga

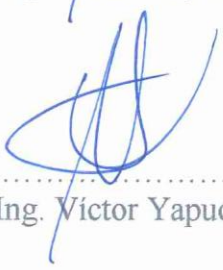
SECRETARIO


:
Mtro. Ing. Henry Jesús Chique Calderón

VOCAL


:
Dr. Ing. Víctor Yapuchura Platero

ASESOR DE TESIS


:
Dr. Ing. Víctor Yapuchura Platero

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Dr. Ing. Victor Yapuchura Platero, en mi condición de asesor acreditado por la Resolución de Facultad N° 535-2025-FIAG/UNJBG del 15 de octubre del 2025, de la Tesis titulada: "EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD EN LA AV. EDUCADORES, DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA - 2025". Presentado por el Bach. Uberlando Jesus Reymundo Gonzales Vargas, para optar el título profesional de Ingeniero Civil.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y similitud de trabajos de investigación y producción intelectual de la UNJBG, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual TURNITIN, cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es 10%. Por lo que **CERTIFICO LA SIMILARIDAD** de la tesis enunciada líneas arriba, la cual está expedita para continuar con los trámites para optar el título profesional de Ingeniero Civil, para su publicación en el Repositorio Institucional.

Se emite el presente certificado con fines de continuar con los trámites respectivos para su obtención de título profesional.

Tacna, 21 de octubre del 2025



FIRMA ASESOR

Nombres y apellidos: Dr. Ing. Victor Yapuchura Platero

DNI: 00444587



FIRMA AUTOR

Nombres y apellidos: Uberlando Jesus Reymundo Gonzales Vargas

DNI: 70554374

Dedicatoria

A mis padres, por su apoyo incansable en el transcurso de mi vida académica.

Agradecimiento

Al Ing. Víctor Yapuchura Platero, mis compañeros y todas aquellas personas que fueron de aporte en la culminación de mi etapa universitaria.

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el estado superficial del pavimento flexible de la Avenida Educadores, perteneciente al distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa, en la ciudad de Tacna. El flujo vehicular es dependiente de esta vía, la cual conecta varias áreas residenciales y comerciales, y se establece como un corredor vial estratégico para automóviles ligeros y pesados. Sin embargo, el pavimento ha mostrado un deterioro gradual el cual impacta de manera directa a la comodidad de los usuarios, disminuyendo la seguridad en las vías y aumentando la probabilidad de accidentes. Ante esta circunstancia, es necesario llevar a cabo un estudio de carácter técnico que sirva de base para futuros proyectos de mantenimiento y rehabilitación.

Se empleó la metodología Pavement Condition Index (PCI) para el desarrollo de la investigación, la cual se basa en la norma internacional ASTM D6433-24, este método es conocido por su rauda aplicación y confiabilidad, ya que se fundamenta en una minuciosa inspección visual del pavimento. Mediante la metodología PCI se pueden identificar las 19 fallas en el pavimento flexible, considerando el tipo, la severidad (leve, moderado o alto) y la densidad de vía afectada, para luego, cuantificar dichas características en un valor conocido como valor deducido, el cual permite determinar el valor numérico de condición del pavimento, lo que facilita el proceso de toma de decisiones técnicas.

En el trabajo de campo se eligieron unidades de muestra representativas a lo largo de la avenida, teniendo en cuenta la longitud total de la vía y las áreas con mayor intensidad de tráfico. Esto facilitó la obtención de resultados más exactos y fiables. Se anotaron fallas repetidas, tales como agrietamientos en los bloques y piel de cocodrilo, baches, hundimientos, desprendimientos y parches mal realizados. Estas afectan la estructura del pavimento y causan incomodidad en la circulación de vehículos.

Los resultados obtenidos revelaron que varios sectores de la avenida presentan valores bajos de PCI, los cuales se clasifican dentro de un nivel de servicio deficiente. Con esta calificación se corrobora que la vía presenta condiciones que restringen su transitabilidad, reducen la seguridad y perjudican la durabilidad del pavimento. Como resultado, se determina que es preciso llevar a cabo una intervención mediante labores de mantenimiento correctivo o rehabilitación, en función del grado de deterioro evidenciado.

Por último, el estudio destaca la relevancia de emplear metodologías estandarizadas como el PCI para llevar a cabo un diagnóstico objetivo de las vías urbanas. Las evaluaciones de este tipo ayudan a priorizar intervenciones, optimizan los recursos públicos y contribuyen a asegurar que las infraestructuras viales sean más seguras, duraderas y eficientes para la comunidad.

Palabras clave: Pavimento Flexible, Condición Superficial, PCI, Transitabilidad, Fallas, mantenimiento y rehabilitación.

Abstract

This study aims to evaluate the surface condition of the flexible pavement on Educadores Avenue, located in the Gregorio Albarracín Lanchipa district of Tacna. Vehicular traffic depends on this road, which connects several residential and commercial areas and is established as a strategic corridor for light and heavy vehicles. However, the pavement has shown gradual deterioration, which directly impacts user comfort, decreasing road safety and increasing the likelihood of accidents. Given this circumstance, it is necessary to conduct a technical study to serve as a basis for future maintenance and rehabilitation projects.

The Pavement Condition Index (PCI) methodology was used for the development of the research, which is based on the international standard ASTM D6433–24, this method is known for its rapid implementation and reliability, as it is based on a thorough visual inspection of the pavement. Using the PCI methodology, 19 faults in the flexible pavement can be identified, considering the type, severity (mild, moderate, or high), and the density of the affected roadway. These characteristics are then quantified into a value known as the deduced value. This allows the numerical value of the pavement condition to be determined, thus facilitating the technical decision-making process.

During the fieldwork, representative sample units were selected along the avenue, taking into account the entire length of the road and the areas with the highest traffic intensity. This facilitated obtaining more accurate and reliable results.

Repeated failures, such as cracking in the blocks and crocodile skin, potholes, subsidence, detachments, and poorly executed patching, were noted. These affect the pavement structure and cause inconvenience to vehicle traffic.

The results revealed that several sections of the avenue have low PCI values, which are classified as having a poor service level. This rating confirms that the roadway presents conditions that restrict trafficability, reduce safety, and impair pavement durability. As a result, it is determined that intervention through corrective maintenance or rehabilitation is necessary, depending on the degree of deterioration observed.

Finally, the study highlights the importance of using standardized methodologies such as PCI to conduct an objective assessment of urban roads. Assessments of this type help prioritize interventions, optimize public resources, and contribute to ensuring that road infrastructure is safer, more durable, and more efficient for the community.

Keywords: Flexible Pavement, Surface Condition, PCI, Trafficability, Failures, maintenance and rehabilitation.

Índice de Contenido

Portada.....	I
Hoja de Jurado.....	II
Certificado de Similitud	III
Dedicatoria	IV
Agradecimiento	V
Resumen.....	VI
Abstract	VIII
Índice de Contenido	X
Índice de Tablas.....	XV
Índice de Figuras	XVI
Capítulo I: Planteamiento del Problema.....	1
1.1 Descripción y Fundamentación del Problema.....	1
1.2 Formulación del Problema	4
1.2.1 Problema General.....	4
1.2.2 Problemas Específicos	4
1.3 Objetivos	5
1.3.1 Objetivo General	5

1.3.2	Objetivos Específicos.....	5
1.4	Justificación e Importancia	6
1.4.1	Justificación Social.....	6
1.4.2	Justificación Económica.....	6
1.4.3	Justificación Ambiental.....	7
1.4.4	Importancia	7
1.5	Limitaciones y Alcances	8
1.5.1	Limitaciones.....	8
1.5.2	Alcances	9
1.6	Hipótesis.....	10
1.6.1	Hipótesis General.....	10
1.6.2	Hipótesis Específicas	10
1.7	Sistema de Variables	11
1.7.1	Variable Independiente.....	11
1.7.2	Variable Dependiente	11
1.8	Definición Operacional de Variables, Dimensiones e Indicadores	11
	Capítulo II: Marco Teórico	12
2.1	Antecedentes	12

2.1.1	Antecedentes Internacionales.....	12
2.1.2	Antecedentes Nacionales	15
2.1.3	Antecedentes Locales.....	18
2.2	Bases Teóricas	21
2.2.1	Pavimento.....	21
2.2.1.1	Clasificación del Pavimento.....	21
2.2.2	Evaluación Superficial del Pavimento Flexible	22
2.2.2.1	Pavement Condition Index (PCI).....	22
2.2.2.2	Escala de Calificación	23
2.2.2.3	Severidad.....	24
2.2.2.4	Fallas en el Pavimento Flexible	24
2.2.2.5	Hoja de Campo PCI	44
2.2.2.6	Metodología de Cálculo del PCI.....	44
2.2.3	Transitabilidad.....	53
2.2.4	Rehabilitación	53
Capítulo III: Marco Metodológico		54
3.1	Tipo y Nivel de Investigación	54
3.1.1	Tipo de Investigación	54

3.1.2	Nivel de Investigación.....	54
3.1.3	Diseño de la Investigación	54
3.2	Población y Muestra.....	55
3.2.1	Población.....	55
3.2.2	Muestra.....	55
	Capítulo IV: Resultados.....	56
4.1	Cálculo de la Longitud de Muestra	56
4.2	Cálculo del Total de Muestras (N)	56
4.3	Cálculo del Mínimo de Muestras (n)	56
4.4	Cálculo del Intervalo de Muestreo	57
4.5	Cálculo de Índice de Condición de Pavimento de una Unidad de Muestreo	58
4.5.1	Cálculo del Número Permitido de Deducciones y Valores Deducidos Corregidos.....	62
	Capítulo V: Discusión de Resultados	76
	Conclusiones	79
	Recomendaciones o Sugerencias	80
	Referencias.....	81

Anexo I. – Matriz de Consistencia	87
Anexo II. – Panel Fotográfico	88

Índice de Tablas

Tabla 1	Definición operacional de la variable independiente y dependiente	11
Tabla 2	Longitudes de unidades de muestra en pavimentos flexibles.....	45
Tabla 3	Tipos de falla, severidad y densidades de la unidad de muestra 11.....	58
Tabla 4	Valores deducidos obtenidos de la unidad de muestra 11.....	62
Tabla 5	Valores deducidos corregidos de la muestra 11	63
Tabla 6	Resumen resultado PCI de la Av. Educadores	76
Tabla 7	Alternativas de intervención de acuerdo al PCI	77

Índice de Figuras

Figura 1	Lugar de investigación, Av. Educadores, L = 1.450 km	3
Figura 2	Pavement Condition Index, escala de graduación y colores sugeridos .	23
Figura 3	Piel de cocodrilo de severidad media	25
Figura 4	Exudación de severidad media	26
Figura 5	Fisuras en bloque de severidad media	27
Figura 6	Protuberancias y hundimientos de severidad media.....	28
Figura 7	Corrugación de severidad media	29
Figura 8	Hundimiento de severidad media	30
Figura 9	Grietas de borde de severidad media	31
Figura 10	Grietas de reflexión de juntas de severidad media	32
Figura 11	Desnivel de carril/hombro de severidad media.....	33
Figura 12	Grietas longitudinales y transversales de severidad media	34
Figura 13	Parche de severidad media	35
Figura 14	Agregado pulido	36
Figura 15	Bache de severidad media	37
Figura 16	Cruce de vía férrea de severidad media.....	38
Figura 17	Ahuellamiento de severidad media.....	39
Figura 18	Deformaciones por desplazamiento de severidad media.....	40
Figura 19	Grietas parabólicas de severidad media.....	41
Figura 20	Hinchamiento.....	42

Figura 21 Desprendimiento de agregados de severidad media.....	43
Figura 22 Formato de hoja de campo PCI	44
Figura 23 Mínimo de unidades de muestreo por evaluar.....	47
Figura 24 Ejemplar de intervalo de unidades de muestreo	48
Figura 25 Valor deductivo total.....	51
Figura 26 Unidades de muestra a evaluar	57
Figura 27 Curva de valores deducidos para la falla de abultamiento y hundimiento	59
Figura 28 Curva de valores deducidos para la falla de desnivel carril/berma	59
Figura 29 Curva de valores deducidos para la falla de grietas longitudinales y transversales	60
Figura 30 Curva de valores deducidos para la falla de parcheo.....	60
Figura 31 Curva de valores deducidos para la falla de baches	61
Figura 32 Curvas de valores deducidos para la falla de desprendimiento de agregados.....	61
Figura 33 Resultado PCI de la muestra 02.....	64
Figura 34 Resultado PCI de la muestra 05.....	65
Figura 35 Resultado PCI de la muestra 08.....	66
Figura 36 Resultado PCI de la muestra 11	67
Figura 37 Resultado PCI de la muestra 14.....	68
Figura 38 Resultado PCI de la muestra 17.....	69

Figura 39 Resultado PCI de la muestra 20.....	70
Figura 40 Resultado PCI de la muestra 23.....	71
Figura 41 Resultado PCI de la muestra 26.....	72
Figura 42 Resultado PCI de la muestra 29.....	73
Figura 43 Resultado PCI de la muestra 32.....	74
Figura 44 Resultado PCI de la muestra 35.....	75
Figura 45 Comportamiento del Índice de Condición del Pavimento en la Av. Educadores	77
Figura 46 Parcheo de severidad media en la unidad de muestreo 02	88
Figura 47 Bacheo de severidad media en la unidad de muestreo 05	88
Figura 48 Grieta longitudinal de severidad alta en la unidad de muestreo 08	89
Figura 49 Grieta longitudinal de severidad baja en la unidad de muestreo 11	89
Figura 50 Parcheo de severidad baja en la unidad de muestreo 14.....	90
Figura 51 Bacheo de severidad alta en la unidad de muestreo 17	90
Figura 52 Grieta longitudinal de severidad media en la unidad de muestreo 20 .	91
Figura 53 Agrietamiento en bloque de severidad alta en la unidad de muestreo 23	91
Figura 54 Grieta longitudinal de severidad baja en la unidad de muestreo 26	92
Figura 55 Piel de cocodrilo de severidad media en la unidad de muestreo 29	92
Figura 56 Desprendimiento de agregados de severidad alta en la unidad de muestreo 29	93

Figura 57 Grieta de borde de severidad alta en la unidad de muestreo 29	93
Figura 58 Desnivel carril/berma de severidad alta en la unidad de muestreo 32.	94
Figura 59 Parcheo de severidad media en la unidad de muestreo 35	94

Capítulo I

Planteamiento del Problema

1.1 Descripción y Fundamentación del Problema

La segunda revolución industrial, impulsó y condicionó los avances tecnológicos y el desarrollo socioeconómico actual, simplificando la industria, comercio, crecimiento urbano y, singularmente, la expansión de los sistemas de transporte. Estos sistemas, basados en infraestructura eficiente y sostenible para la época, no solo posibilitaron la movilidad de personas y mercancías, sino que incitaron a la competitividad, mitigaron los costos de logística y optimizaron la conectividad mundial.

En este escenario, las carreteras jugaron un rol primordial, ya que representaron y representan hasta hoy, la mayoría de la infraestructura de este sistema, siendo su evaluación, mantenimiento y gestión uno de los paradigmas clave que diferencian a los países desarrollados de aquellos en vías de desarrollo.

En países de primer mundo como Corea del Sur o Japón, si bien se está implementando el aprendizaje profundo o tecnologías como la UAV como herramientas para la detección de fallas superficiales, la metodología estandarizada continúa siendo la denominada Pavement Condition Index, lo que demuestra su vigencia en la evaluación del pavimento. Por otro lado; en países de Latinoamérica, como Perú, la gestión del pavimento suele ser reactiva, dicho de otra forma, se interviene solamente cuando el deterioro es visible y provoca problemas mayores.

Según el Centro Nacional de Planeamiento Estratégico (2023) en el Perú, la red vial nacional alcanza los 174 708 km, solamente en Lima, el 22% corresponde a vías nacionales, el 21% a vías departamentales y el 57% a vías vecinales, lo que evidencia una fuerte presencia de infraestructura en la capital, aunque con limitaciones en la conectividad departamental y provincial; por otro lado, la falta de pavimentación sigue siendo uno de los principales desafíos, con solo el 3.7% de las vías vecinales y el 12% de las departamentales pavimentadas en 2024.

El rauda crecimiento postpandemia del parque automotor en ciudades fronterizas del Perú, como Tacna, sumado a la fuerte afluencia turística y, por lo tanto, comercial, han generado una sobrecarga en las primordiales avenidas, lo que representa otro inconveniente estrechamente ligado al deterioro del pavimento tanto rígido como flexible, siendo este último el más perjudicado debido a causalidades como; el deficiente diseño del paquete estructural, evaluaciones irregulares y su corto tiempo de vida útil.

Frente a este contexto, la ingeniería civil surge como disciplina mediante la cual, se nos permitirá conocer de forma introspectiva el estado superficial actual del pavimento flexible y orientar a planes de rehabilitación, mantenimiento o reconstrucción, la base de esta evaluación se encuentra en la información establecida en la norma ASTM D 6433–24, su procedimiento presenta una metodología completa para implementar un sistema de gestión de pavimentos a nivel de red o proyecto, estableciendo las pautas precisas en la evaluación de daños.

La evaluación superficial del pavimento flexible en la Av. Educadores se proyecta como un estudio en beneficio a una futura intervención oportuna y eficaz por parte de la municipalidad de Gregorio Albarracín Lanchipa, que permita no solo mejorar la transitabilidad de la avenida, sino que represente un bajo costo de inversión y la generación de decenas de puestos de trabajo para los pobladores de la asociación.

Figura 1

Lugar de investigación, Av. Educadores, L = 1.450 km



Nota. Elaboración Propia

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema General

¿Cómo la evaluación superficial del pavimento flexible, permitirá plantear medidas para mejorar la transitabilidad en la Av. Educadores, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2025?

1.2.2 Problemas Específicos

- I. ¿Cómo la metodología Pavement Condition Index permitirá evaluar el pavimento flexible de la Av. Educadores, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2025?
- II. ¿En qué estado superficial y que tipo de fallas superficiales se encontrarán en el pavimento flexible de la Av. Educadores, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2025, según la escala de calificación Pavement Condition Index?
- III. ¿Qué medidas de intervención deberán plantearse en base al valor Pavement Condition Index obtenido, para mejorar la transitabilidad de la Av. Educadores, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2025?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Evaluar el pavimento flexible de manera superficial, para plantear medidas que permitan mejorar la transitabilidad de la Av. Educadores, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2025.

1.3.2 Objetivos Específicos

- I. Desarrollar el proceso mediante el cual; la metodología Pavement Condition Index, con base en la norma ASTM D 6433–24, permitirá obtener el valor Pavement Condition Index del pavimento flexible de la Av. Educadores, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2025.
- II. Determinar el estado superficial según la escala de calificación Pavement Condition Index y las fallas existentes en el pavimento flexible de la Av. Educadores, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2025.
- III. Plantear medidas de intervención en base a los resultados obtenidos por la evaluación superficial del pavimento flexible, para mejorar la transitabilidad de la Av. Educadores, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2025.

1.4 Justificación e Importancia

La evaluación superficial del pavimento flexible en la Av. Educadores, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, se justifica en la mejora de la transitabilidad, basado en los valores Pavement Condition Index, evitando así sobrecostos por mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción y promoviendo la integración de la población.

1.4.1 Justificación Social

En ciudades en constante crecimiento como Tacna, el estado de la infraestructura vial incide directamente en la calidad de vida de la población. El tener avenidas con deterioro de pavimento, no solo dificulta la movilidad, sino que también incrementa el riesgo de accidentes de tránsito, ocasiona incomodidad en las personas y afecta el acceso a servicios básicos, como salud y educación. Por ello la aplicación de metodologías como la del Pavement Condition Index, en la evaluación superficial del pavimento flexible, constituyen una necesidad prioritaria para intervenciones que garanticen seguridad, accesibilidad y conectividad urbana para los ciudadanos.

1.4.2 Justificación Económica

Los costos de rehabilitación o reconstrucción son mayores mientras mayor sea la severidad de daño presente en el pavimento, con lo cual, una evaluación temprana con metodologías estandarizadas como la del Pavement Condition Index, fomentará planes de mantenimiento preventivo, garantizando la competitividad

local al reducir los tiempos en transporte, optimizar el flujo de comercio y mejorar la conectividad con el mercado santa rosa. De esta manera, la presente investigación no solo busca diagnosticar la condición superficial actual del pavimento flexible, sino que también suscita información técnica que contribuya a la gestión eficaz de los recursos públicos para una futura obra.

1.4.3 Justificación Ambiental

El pavimento deteriorado da pie al incremento de fricción con el vehículo y, en consecuencia, el consumo de combustible y emisiones contaminantes asociados a los vehículos ligeros y al transporte urbano. También, la falta de un programa de intervención indicado provoca acciones más invasivas en el futuro, lo que genera un mayor uso de materiales pétreos, asfalto y energía. De esta forma, la presente investigación promueve un enfoque sostenible, que pretende alinearse a los objetivos de desarrollo sostenible mermando la huella de carbono en este tipo de obras.

1.4.4 Importancia

La importancia de la presente investigación radica en el aporte de información que genera, siendo este de carácter técnico, ya que traduce las fallas visibles en un valor numérico representativo, haciendo un llamado a priorizar obras de rehabilitación por parte de las autoridades locales, evitando así que los pavimentos flexibles lleguen a estados críticos que demanden mayores costos de intervención. Por otro lado, aporta un valor académico, ya que manifiesta la

generación de conocimiento respecto a la evaluación superficial y estructural del pavimento flexible con tecnología de carácter innovadora, el cual servirá como referencia para futuros proyectos de investigación, en otras avenidas representativas de la ciudad de Tacna.

Finalmente, cobra importancia ambiental, ya que al identificar a tiempo los daños y tomar acciones preventivas sobre los mismos, se reducen los impactos negativos relacionados al uso de material, consumo energético y emisión de gases contaminantes, haciendo justicia a los ODS 9 y 11 enfocados en infraestructura resiliente y ciudades y comunidades sostenibles respectivamente.

1.5 Limitaciones y Alcances

1.5.1 Limitaciones

La metodología Pavement Condition Index no comprende practicas o pruebas destructivas, por lo que no se verá perjudicada la funcionabilidad del pavimento flexible de la Av. Educadores; por otro lado, al restringirse la evaluación a un tramo vial definido, los resultados obtenidos no serán generalizables a la red vial regional.

La identificación y anotación de fallas en la hoja de campo se podría ver afectada debido condiciones tales como; la aleatoriedad con la que se toman las muestras según la norma ASTM D 6433–24, ante esto se considerarán muestras adicionales de ser necesario de tal manera que se obtenga el resultado más fidedigno posible; factores climáticos, tránsito vehicular, iluminación o presencia de

contaminación en la zona de estudio; por otro lado, la subjetividad visual con la cual se ejecutará la investigación podría mitigar la precisión del valor Pavement Condition Index obtenido.

1.5.2 Alcances

La evaluación superficial del pavimento flexible abarca la Av. Educadores en su totalidad, siendo de un valor aproximado de 1.450 km, de un solo carril, siendo este de longitud X m, por lo que la toma de muestras se realizará cada X m de esta manera se cumple el rango de área $230.0 \pm 90.0 \text{ m}^2$, el lugar de la investigación se encuentra ubicado en el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, región de Tacna, en el periodo que abarca los meses de octubre y noviembre del año 2025, se empleará la metodología Pavement Condition Index, de la cual existe una amplia gama de investigaciones aplicadas a avenidas aledañas y que tiene base en las norma ASTM D 6433–24, se alude al diagnóstico de patologías superficiales siendo estas 19 para el pavimento flexible, ábacos para el cálculo de valores deducidos y valores deducidos corregidos, cuyas valoraciones cuantitativas establecerán o no, medidas de intervención para la mejora de la transitabilidad, siendo estas de mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis General

La evaluación con la metodología Pavement Condition Index permitirá conocer el estado superficial del pavimento flexible mediante la identificación de fallas y los valores deducidos, con los resultados obtenidos se pondrán plantear medidas de intervención que permitan mejorar la transitabilidad en la Av. Educadores, Distrito Gregorio Albarracín, Tacna – 2025.

1.6.2 Hipótesis Específicas

- I. La metodología Pavement Condition Index permitirá cuantificar la densidad, el tipo y la severidad de las fallas superficiales, en un valor denominado “valor deducido”, el cual será indispensable para determinar el valor PCI del pavimento flexible de la Av. Educadores, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2025.
- II. El mantenimiento rutinario y/o periódico representará una actividad substancial para la prolongación de la vida útil del pavimento flexible, mejorando de esa forma la transitabilidad de la Av. Educadores, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2025.
- III. El estado superficial del pavimento flexible de la Av. Educadores, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2025, presentará una calificación “Regular” según la escala PCI de la norma ASTM D 6433-

24; las fallas superficiales que se identificarán serán las relacionadas a piel de cocodrilo, exudación y parcheo.

1.7 Sistema de Variables

1.7.1 Variable Independiente

Evaluación superficial del pavimento flexible

1.7.2 Variable Dependiente

Transitabilidad

1.8 Definición Operacional de Variables, Dimensiones e Indicadores

Tabla 1

Definición operacional de la variable independiente y dependiente

Variable	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e Instrumentos
Evaluación superficial del pavimento flexible	Fallas en el pavimento flexible	Tipo de falla	1. Norma ASTM D 6433-24
		Severidad	
	Dimensión de la muestra	Cantidad de fallas según tipo	2. Wincha de Lona
		Largo	3. Flexómetro
Calificación PCI	Ancho	4. Hoja de Campo	
	Valor Numérico	5. Yeso 6. EPP	
Transitabilidad	Medidas de Intervención para la mejora de la transitabilidad	Mantenimiento	1. Análisis de mantenimiento
		Rehabilitación	
		Reconstrucción	2. Norma ASTM D 6433-24
		Priorización de tramos en base al grado de deterioro	

Nota. Elaboración propia

Capítulo II

Marco Teórico

2.1 Antecedentes

2.1.1 *Antecedentes Internacionales*

García-Chávez y Zambrano-Meza (2025) en su investigación denominada “Evaluación de deterioros de los pavimentos en vías principales de acceso a Portoviejo mediante el método de índice de condición de pavimento “PCI”” publicada en la revista científica “INGENIAR”, destacaron al Tráfico Promedio Diario (TPD) como un posible indicador influyente con el valor del PCI en las vías de Portoviejo-Manta, Portoviejo-Crucita y Portoviejo-Santa Ana en Ecuador; considerando la evaluación de 1 km en el tramo con mayor deterioro de cada vía, se obtuvieron resultados favorables, con valores PCI de 79 (Muy bueno), 76 (Muy bueno) y 54 (Regular), respectivamente. Se identificaron 8 tipos de fallas tales como: exudación, piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, grietas en longitudinal y vertical, parcheo, pulimiento de agregados, ahuellamientos y huecos, así como otros deterioros menores como abultamiento, hundimientos e hinchamientos; por lo que, el tipo de intervención según el PCI determina que para las vías Crucita y Manta se requiere un mantenimiento rutinario y para la vía Santa Ana, rehabilitación.

Ibragimov et al. (2024) en su investigación denominada “Automated Pavement Condition Index Assessment with Deep Learning and Image Analysis: An

End to End Approach” publicada en la revista científica “Sensors”, abordan la problemática del deterioro de pavimentos sustituyendo las inspecciones manuales del PCI, proceso el cual puede resultar subjetivo, lento y riesgoso, por un sistema automatizado que combina imágenes digitales y deep learning. El estudio se basa netamente en la detección de fisuras (longitudinales, transversales, de parcheo y tipo de piel de cocodrilo) mediante el algoritmo YOLOv8, cuya arquitectura se desarrolló en Python 3.11 utilizando el aprendizaje profundo PyTorch 2.1; la estimación de ancho de grietas usando filtros de tubulación (Sato Tubeness), segmentación morfológica y el algoritmo de esqueleto, lo que permite medir su severidad y el cálculo automático del Pavement Condition Index, mediante los criterios de AASHTO R85-18 y ASTM D 6433-18. Para la investigación, se recopilaron 3600 imágenes en Seúl mediante vehículos de inspección equipados con cámaras de alta resolución, con capacidad para registrar pavimentos a velocidades de hasta 100 km/h; luego, se dividieron en conjuntos de entrenamiento, validación y prueba. Los resultados mostraron una precisión del 95% en la detección de grietas y del 90% en la estimación de anchos, con un tiempo de procesamiento de 2 segundos por imagen; el cálculo de los valores PCI en distintas secciones del pavimento, fueron calificadas como “Bueno”, mientras que otras, con grietas extensas tipo piel de cocodrilo, se calificaron como “Muy pobre”.

Pérez et al. (2024) en su investigación denominada “Damage Importance Analysis for Pavement Condition Index Using Machine Learning Sensitivity

Analysis” publicada en la revista científica “MDPI”, analizan el impacto de los diferentes tipos de daños en el cálculo del PCI y el impacto de los modelos de predicción PCI al reducir el número de daños evaluados. La Dirección General de Obra Pública, el cual es un departamento del Gobierno de la ciudad de León en Guanajuato, México, encargado de obras públicas, proporcionó el conjunto de datos utilizados para la investigación, dichos datos se utilizaron para analizar el mantenimiento y operación de carreteras, el cual consta de 5271 segmentos evaluados, de aproximadamente 369 km, correspondiente a pavimentos de concreto de cemento portland para vías principales y secundarias, cada segmento constó en promedio de 20 losas con dimensiones típicas de 3.50 x 3.50 m. Se realizó con estos datos un análisis de sensibilidad utilizando datos y modelos que incluyen árboles de decisión, bosques aleatorios, árboles adicionales. aumento de gradiente y Ada Boost; en la actualidad, los modelos basados en redes neuronales, como el aprendizaje profundo, son populares debido a la manera que tienen de resolver problemas difíciles; sin embargo, resulta difícil entender cómo se hacen las predicciones y qué variables tiene mayor contribución al modelo, es por eso que se decidió hacer uso de modelos de regresión basados en arboles de decisión debido a la facilidad con la que se hacen las predicciones y la importancia en la identificación característica de las variables. A partir del análisis se verificó que algunos tipos de daños impactan significativamente en valor PCI, se utilizaron abreviaturas tales como: FI para importancia de la característica y C para correlación. El sellado de

juntas, Jseal (FI = 0.33 y C = 0.69), es el daño que se encontró como el más significativo, este daño suele aparecer debido a la mala calidad de materiales utilizados o a errores en su colocación, posteriormente, aparecieron daños relacionados con algún tipo de agrietamiento, como el agrietamiento longitudinal y transversal, LinCrk (FI = 0.15 y C= 0.70) y agrietamiento de esquinas (FI = 0.33 y C = 0.69), que aparecen cuando las losas pierden soporte. Otros daños que tienen alto impacto fueron los desconchones en las esquinas, SpallC (FI = 0.06 y C = 0.65). Los daños que ocurren con mayor frecuencia son los que generan mayor impacto, por lo que a partir de esto se puede considerar un modelo de regresión que considere solo algunas variables, lo que permite obtener el PCI de manera automatizada. De los modelos para la evaluación del impacto del pavimento, el modelo Extra Trees demostró el mejor desempeño, logrando un error absoluto medio (MAE) del 3.56% y coeficiente de correlación (R^2) de 0.92 cuando se utilizan las 17 variables disponibles.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Avila Martinez (2025) en su investigación, para optar por el título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Trujillo, denominada “Estado estructural y superficial del pavimento flexible con propuesta de diseño mediante metodología AASHTO 93 en vía TU-103, Tumbes 2023”, propone la rehabilitación del estado del pavimento a partir de la evaluación superficial con el método PCI y el diseño estructural con el método AASHTO 93; las hipótesis establecen que

debido a variables como: sismo, cargas de resistencia, tránsito, condiciones ambientales y falta de mantenimiento, el empalme perteneciente al tramo PE-IN a Puerto Pizarro se encuentra en un grado de conservación malo y requiere un nuevo paquete estructural; los resultados mostraron y confirmaron dichas hipótesis, con una condición de rango “Regular” cuyo valor PCI es de 54, con fallas superficiales de ahuellamiento, hinchamiento, desprendimiento de agregado, grietas, desnivel carril-berma, depresión y corrugación, e IRI de 3.41 m/km; la caracterización del suelo como arcilla limosa predispone una consistencia media y un CBR = 5.35 de suelo con subrasante mala. Finalmente con un valor ESAL de 2370207.97 se proyectó una subbase, base y carpeta asfáltica de espesores de 25cm, 20 cm y 7 cm respectivamente, estableciéndose un coste de proyecto igual a 2258848.30 soles y un plazo de ejecución de 60 días calendario.

Hermoza Sánchez (2024) en su investigación, para optar por el título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional del Altiplano, denominada “Evaluación superficial, funcional y estructural del pavimento flexible, mediante PCI, IRI y deflectometría, en la vía Platería – Acora”, plantea un análisis basado en las normas ASTM D 6433-18 y MTC; se describen en primera instancia los procedimientos mediante los cuales se podrá evaluar la servicialidad, el estado superficial y estructural del pavimento flexible mediante herramientas como el rugosímetro de Merlín y la Viga Benkelman; los estudios de Hoffman y Del Aguila resaltan como fuente de explicación a los valores deflectométricos obtenidos, los cuales

corresponden a una deflexión característica de 78.81×10^{-2} mm y 92.16×10^{-2} mm para los carriles derecho e izquierdo respectivamente, estos valores superan el valor de deflexión admisible correspondiente a 55×10^{-2} mm; por otro lado, fallas tales como: abultamientos y hundimientos, ahuellamientos, exudación y piel de cocodrilo, fueron evidencia del valor PCI obtenido, 10.44, el cual se caracteriza como “GRAVE”; además, se obtuvo un IRI característico de 8.36 m/km y 9.19 m/km en los carriles derecho e izquierdo respectivamente, estos valores son superiores al IRI para una “carretera de primera clase”, el cual es de 4 m/km. A base de los resultados obtenidos, se propusieron actividades orientadas al mantenimiento rutinario como limpieza y nivelación granular de bermas y calzadas, en lo referente a mantenimiento periódico, se contemplaron actividades de recapeo, fresado y reciclado asfáltico.

Rivera Mamani y Sallo Cruz (2024) en su investigación, para optar por el título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, denominada “Evaluación superficial y estructural del pavimento en la Av. Aviación con fines de rehabilitación”, desarrollan un análisis funcional y estructural del pavimento flexible, para esto; primero, efectuaron el cálculo del IMDA y el ESAL, obteniendo valores de 36945 vehículos/día y 4.31×10^6 para un periodo de 5 años respectivamente; segundo, se utilizó el método PCI para obtener valores de 45.2 para el tramo A y 53.9 para el tramo B, ubicando la vía en condición “Regular” con fisuras longitudinales y transversales como las principales fallas y tercero, se midió

el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) obteniendo un valor de 4.11 m/km, el cual supera el límite admisible de 3.5 m/km, para el tramo A por lo que se requiere intervención y 3.37 m/km para el tramo B. Para el ámbito estructural, se aplicó la Viga Benkelman, para medir las deflexiones y determinar la capacidad portante; luego, mediante el modelo de Hogg, se estimó el CBR de la subrasante, acompañado con ensayos de granulometría y proctor que confirmaron valores entre 22% y 55%, suficientes para cargas moderadas pero insuficientes para lo que refiere a tráfico real. Finalmente, se recomendó un recapeo junto a procesos de sellado y rehabilitación localizada.

2.1.3 Antecedentes Locales

Alvarado Flores y Atencio Ancocallo (2024) en su investigación, para optar por el título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, denominada “Implementación del SIG para la rehabilitación de la Av. Internacional – Ciudad Nueva, Tacna - 2024”, evalúan y gestionan de manera innovadora el estado del pavimento flexible utilizando la tecnología SIG y vehículos aéreos no tripulados (VANT) para recolectar imágenes georreferenciadas de alta resolución, las cuales fueron procesadas con software especializado para calcular el Índice de Condición de Pavimento; los resultados mostraron un valor PCI ponderado de 20.40, calificado como “Malo”, evidenciando la necesidad de una intervención inmediata para evitar mayores costos por rehabilitación futura, sustentado con un diagnóstico de fallas como: baches, desprendimiento de

agregados, grietas longitudinales y transversales, parcheo y depresión. Por otra parte, esta investigación permite conocer una manera distinta y precisa en la cual se puede aplicar la metodología PCI, demostrando que se pueden optimizar los recursos, mejorar la calidad del diagnóstico y la planificación, con el fin de que las autoridades municipales y regionales puedan adoptar este enfoque en futuros proyectos de mantenimiento o rehabilitación vial.

Chipana Oreja (2022) en su investigación, para optar por el título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, denominada: “Evaluación superficial del pavimento flexible utilizando la metodología del PCI y el procesamiento de imágenes binarios en la Red Vial Nacional PE – 40, Tramo: KM 14 + 145 – KM 20 + 629, Tacna – 2022”, hizo uso de imágenes binarias para evaluar la condición superficial del pavimento flexible de la Red Vial PE – 40 mediante el software Matlab, utilizando filtros, segmentación y algoritmos de detección de bordes, estos algoritmos no son más que una función que retrata la conmutación del valor de escala de grises en una fotografía y como un borde se puede definir como un cúmulo de píxeles existentes entre partes homogéneas de una imagen, la utilización de técnicas de umbralización posibilitaría la cuantificación de estos de forma automática, esto solo es un ejemplo de la manera en que la programación de detección de imágenes binarias se presentó como una herramienta de optimización, con base en la metodología Pavement Condition Index. Se capturó 1500 imágenes en JPEG haciendo uso de una cámara de alta

definición, las 15 unidades de muestra distribuidas a lo largo del tramo de estudio, se procesaron para identificar y medir grietas y fisuras. Los resultados indicaron un valor PCI promedio de 63.07, lo que en la escala da calificación según la norma ASTM D 6433-24 representaría un estado de condición “Buena”, aunque se detectaron sectores con deterioro moderado que requieren mantenimiento preventivo.

Pérez Gómez (2022) en su investigación, para optar por el título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, denominada “Evaluación de la condición operacional del pavimento asfáltico para mejorar la transitabilidad vehicular de la Av. Industrial, Tacna - 2022”, aplicó la metodología PCI para identificar las fallas en el pavimento flexible; se consideró en el estudio 16 muestras en el carril de subida y 16 en el carril de bajada, además de 18 y 7 unidades adicionales en el carril de subida y bajada respectivamente, para el área de estudio el cual corresponde a una longitud de 3.5 km; la falla predominante corresponde a desprendimiento de agregados, seguido de fallas tales como: parcheo, huecos, fisuras longitudinales y transversales, piel de cocodrilo y depresión, cuyas severidades en el mayor de los casos es alta; en consecuencia, se obtuvo valores PCI de 19.78 y 15.93 para los tramos de subida y bajada respectivamente, siendo ambas de calificación “Muy malo”, este resultado establece que se requiere acciones de reconstrucción de la vía.

2.2 Bases Teóricas

En este acápite se conceptualizará la metodología que sustenta la presente investigación, de esta manera se podrá comprender a detalle el procedimiento de evaluación superficial del pavimento flexible de la Av. Educadores, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2025.

2.2.1 Pavimento

De acuerdo con Montejo Fonseca (2006) está formado por múltiples capas horizontales, unas sobre otras, que se diseñan y construyen de forma técnica con materiales apropiados y bien compactos; estas capas se asientan sobre la subrasante de la vía, que se adquiere a través de labores de movimiento de tierras durante la fase de exploración; el objetivo principal del pavimento es resistir eficazmente las cargas periódicas del tránsito durante el tiempo de servicio para el que fue diseñado (p. 1).

2.2.1.1 Clasificación del Pavimento

2.2.1.1.1 Pavimento Flexible

Por lo general, este tipo de pavimento consiste en una capa bituminosa que se sitúa sobre dos capas flexibles: la subbase y la base. No obstante, es factible prescindir de alguna de estas capas en función de las necesidades concretas de cada proyecto (Montejo Fonseca, 2006, p. 2).

2.2.1.1.2 Pavimento Semirrígido

Este tipo de pavimento es parecido al flexible, pero uno de sus estratos se endurece con la adición de elementos químicos, cal, cemento o asfalto. Estos aditivos se emplean para optimizar las características de los materiales locales que no satisfacen, por sí mismos los criterios necesarios para edificar el pavimento (Montejo Fonseca, 2006, p. 3).

2.2.1.1.3 Pavimento Rígido

Son pavimentos que están hechos, en su mayor parte, con una losa de concreto hidráulico, la cual reposa directamente sobre la subrasante o sobre una capa de material escogido, llamada subbase del pavimento rígido (Montejo Fonseca, 2006, p. 5).

2.2.2 Evaluación Superficial del Pavimento Flexible

2.2.2.1 Pavement Condition Index (PCI)

Según el ASTM International (2024) es una métrica numérica que posibilita la valoración del estado superficial del pavimento, la cual se basa en las fallas observadas en su superficie, por lo que no puede medir la capacidad estructural ni la rugosidad (p. 2).

El Pavement Condition Index toma en consideración 3 factores en el deterioro de pavimento: tipo de falla, severidad y cantidad o densidad del daño mediante los “valores deducidos”, como un factor de ponderación,

cuya finalidad radica en indicar el grado de afectación de cada combinación de factores (Vásquez Varela, 2002, p. 2).

2.2.2.2 Escala de Calificación

Según el ASTM International (2024) representa “una descripción verbal del estado del pavimento de acuerdo al valor PCI que varía de “fallido” a “excelente”” (p. 1), tal como se muestra en la Figura 2.

Figura 2

Pavement Condition Index, escala de graduación y colores sugeridos

	Standard PCI™ Rating Scale	Suggested Colors
100	Good	Dark Green
85	Satisfactory	Light Green
70	Fair	Yellow
55	Poor	Light Red
40	Very Poor	Medium Red
25	Serious	Dark Red
10	Failed	Dark Grey
0		

Nota. El gráfico muestra la escala de calificación PCI en cual para cada intervalo de calificación existe un color representativo. Tomado de *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (p. 2), por ASTM International, 2024, ASTM

2.2.2.3 Severidad

Representa la gravedad del deterioro existente en el pavimento flexible. Según ASTM International (2024) el PCI establece 3 niveles de severidad para cada tipo de falla:

- I. Baja (L – Low): El daño es visible pero no afecta significativamente la funcionalidad ni la seguridad.
- II. Media (M – Medium): El daño es más notorio, por lo que puede afectar la comodidad de los usuarios, empezando a requerir atención de mantenimiento.
- III. Alta (H – High): El daño es severo, afecta seriamente la funcionalidad, seguridad y durabilidad del pavimento.

2.2.2.4 Fallas en el Pavimento Flexible

2.2.2.4.1 Piel de Cocodrilo

Según la ASTM International (2024):

La piel de cocodrilo o agrietamiento por fatiga se refiere a una serie de fisuras conectadas entre sí, son provocadas por la fatiga del pavimento asfáltico, cuando este es sometido a sucesivas cargas de tráfico. Ocurren sólo en áreas sujetas a repeticiones de carga de tráfico a diferencia de la falla denominada “fisura en bloque”, la cual ocurre en áreas no sujetas a cargas. En general, las piezas tienen menos de 0.5m (1.5 ft) en su lado más largo. (p. 11)

Figura 3

Piel de cocodrilo de severidad media



Nota. La imagen muestra el desarrollo de fisuras finas en un patrón o red que podría estar ligeramente descascarada. Tomado de *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (p. 12), por ASTM International, 2024, ASTM.

2.2.2.4.2 Exudación

Según la ASTM International (2024):

La exudación es el fenómeno que consiste en la presencia de una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual genera un área brillante, espejo y cristalina que se torna pegajosa en general, esto ocurre debido a cantidades elevadas de asfalto o alquitranes en la mezcla, aplicación excesiva de un sello bituminoso, contenido de vacíos o una combinación de estas causas.
(p. 12)

Figura 4

Exudación de severidad media



Nota. La imagen muestra cómo se produce la exudación hasta el momento en que el asfalto se adhiere a los zapatos o las llantas de los automóviles. Tomado de *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (p. 13), por ASTM International, 2024, ASTM.

2.2.2.4.3 Fisuras en Bloque

Según el ASTM International (2024):

Las fisuras en bloque se encuentran conectadas entre sí, segmentan al pavimento en piezas aproximadamente rectangulares, se producen por la contracción del concreto asfáltico y los cambios de temperatura durante el día, por lo que este tipo de fisuras son un indicativo de que el pavimento se ha endurecido considerablemente. Los bloques pueden variar en tamaño desde aproximadamente 0.3 x 0.3 m (1 x 1 ft) hasta 3 x 3 m (10 x 10 ft). Finalmente a diferencia de la fisura tipo piel de cocodrilo, las fisuras en bloque no están

asociadas a carga de tráfico y presentan fragmentos pequeños con ángulos interiores agudos. (p. 12)

Figura 5

Fisuras en bloque de severidad media



Nota. La imagen muestra el desarrollo de bloques definidos por grietas de mediana severidad. Tomado de *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (p. 13), por ASTM International, 2024, ASTM.

2.2.2.4.4 Protuberancias y Hundimientos

Según el ASTM International (2024):

Las protuberancias son leves desplazamientos de dirección vertical (hacia arriba) que se localizan en la superficie del pavimento. A diferencia de los hundimientos, los cuales pueden darse a causa de la inestabilidad de un pavimento; las protuberancias pueden ser causadas por factores como pandeo, expansión por congelación e Infiltración y acumulación de material.

Los hundimientos son movimientos bruscos y de pequeña escala que ocurren de manera vertical (hacia abajo) en el pavimento. Si se muestran en un patrón perpendicular al flujo del tránsito, con espaciamentos menores a 3 m (10 ft) se les denomina corrugación. Las distorsiones y desplazamientos, que frecuentemente suceden en extensas zonas de la superficie pavimentada, provocan elevadas e interminables inmersiones en el pavimento, deben ser documentadas como “hinchazón”. (p .14)

Figura 6

Protuberancias y hundimientos de severidad media



Nota. Tomado de Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys (p. 14), por ASTM International, 2024, ASTM.

2.2.2.4.5 *Corrugación*

Según el ASTM International (2024):

Corrugación, también conocida como “sarteneja”, es una sucesión de crestas y valles (ondas) muy cercanos entre sí que aparecen a intervalos bastante estables, por lo general menores a 3 m (10 ft) a través del pavimento. Las crestas son transversales a la dirección del tráfico. Generalmente, este tipo de falla es provocada por la combinación de acciones de tráfico con una falta de estabilidad en la base o superficie del pavimento. (p. 14)

Figura 7

Corrugación de severidad media



Nota. Tomado de *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (p. 15), por ASTM International, 2024, ASTM.

2.2.2.4.6 *Hundimiento*

Según el ASTM International (2024):

Los hundimientos son depresiones localizadas en diversas zonas de la superficie de un pavimento, son más bajas que las elevaciones del pavimento a su alrededor. Las depresiones son provocadas por asentamientos de suelo de cimentación o por una construcción inapropiada; estas generan cierta aspereza y, si tienen suficiente profundidad o están llenas de agua puede ocasionar hidroplaneo. (p. 15)

Figura 8

Hundimiento de severidad media



Nota. La imagen muestra el reconocimiento de un hundimiento de severidad media, cuya medida de profundidad máxima de depresión es de 25 a 50 mm (1 a 2 pulgadas). Tomado de *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (p. 15), por ASTM International, 2024, ASTM.

2.2.2.4.7 *Grietas de Borde*

Según el ASTM International (2024):

Las grietas de borde suelen estar situadas entre 0.3 m y 0.5 m (1 a 5 ft) del borde exterior del pavimento, siendo paralelas al eje de vía; pueden generarse por debilitamiento de la base, de la subrasante o debido a condiciones climáticas en la proximidad del borde pavimentado. La región entre la grieta y el límite del pavimento se considera como disgregación si es separada (en ocasiones medida en función de cuántas piezas son removidas). (p. 15)

Figura 9

Grietas de borde de severidad media



Nota. La imagen muestra grietas de borde con algunas rupturas y desmoronamientos. Tomado de *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (p. 16), por ASTM International, 2024, ASTM.

2.2.2.4.8 *Grietas de Reflexión de Juntas*

Según el ASTM International (2024):

Esta clase de falla únicamente se presenta en superficies asfaltadas construidas sobre una losa de concreto PCC. Se produce principalmente debido a movimientos térmicos o a la humedad de dicha losa por debajo del concreto asfáltico. Aunque esta avería no guarda relación con la carga, el tráfico puede provocar que el CA colapse cerca de la grieta. (p. 16)

Figura 10

Grietas de reflexión de juntas de severidad media



Nota. La imagen muestra un ancho de grieta sin relleno mayor o igual que 10 mm (3/8 pulgada). Tomado de *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (p. 17), por ASTM International, 2024, ASTM.

2.2.2.4.9 *Desnivel de Nivel/Hombro*

Según el ASTM International (2024):

La diferencia de elevación entre el borde del pavimento y el arcén se conoce como caída carril/hombro. Esta falla es causada por el asentamiento y/o erosión del hombro o la instalación de sobrecarpetas en la calzada sin que el nivel del hombro se levante.

(p. 17)

Figura 11

Desnivel de carril/hombro de severidad media



Nota. La imagen muestra que la diferencia de elevación entre el borde del pavimento y el hombro es superior a 50 mm (2 in) pero inferior a 100 mm (4 in).

Tomado de *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (p. 18), por ASTM International, 2024, ASTM.

2.2.2.4.10 *Grietas Longitudinales y Transversales*

Según el ASTM International (2024):

Las grietas longitudinales son equidistantes al eje del pavimento o a la dirección de construcción, se puede ocasionar gracias a una junta de carril mal hecha, contracción de la superficie de concreto asfáltico por temperaturas muy bajas o endurecimiento del asfalto, o bien una grieta de reflexión provocada por un agrietamiento en las capas de la base. Las grietas transversales se esparcen por todo el pavimento, creando ángulos rectos con la dirección o el eje de construcción de este. Este tipo de fisuras no están relacionadas con una carga vinculada. (p. 17)

Figura 12

Grietas longitudinales y transversales de severidad media



Nota. La imagen muestra una grieta sin relleno mayor o igual a 10 mm y menor de 75 mm. Tomado de *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (p. 18), por ASTM International, 2024, ASTM.

2.2.2.4.11 Parches y Zanjas Reparadas

Según el ASTM International (2024):

Un parche representa una zona de pavimento que se ha sustituido con material nuevo para arreglar el pavimento existente. Un parche se considera un defecto, independientemente de su rendimiento (por lo general, el área parcheada o la zona colindante no tiene un comportamiento tan bueno como la sección original del pavimento). Por lo general, se observa que esta falla está relacionada con algún tipo de irregularidad o molestia en el tránsito. (p. 18)

Figura 13

Parche de severidad media



Nota. La imagen muestra un parche moderadamente deteriorado, la calidad de tránsito se clasifica como severidad media. Tomado de *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (p. 19), por ASTM International, 2024, ASTM.

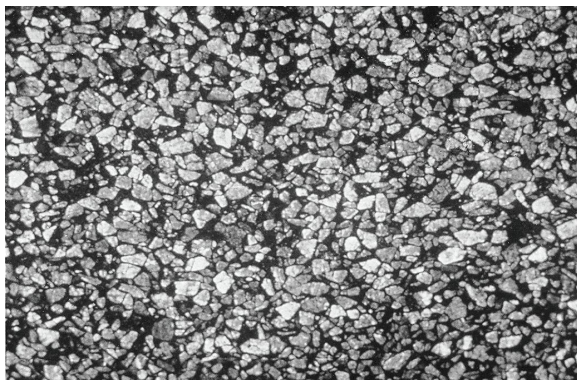
2.2.2.4.12 Agregado Pulido

Según el ASTM International (2024):

Las cargas de tránsito son las responsables de esta falla. El agregado pulido ocurre cuando un examen detallado del pavimento revela que la cantidad de agregado que se extiende sobre el asfalto es escasa o no presenta asperezas ni partículas angulares, las cuales ofrecen una resistencia apropiada al deslizamiento. Cuando la superficie agregada se vuelve lisa, la capacidad de los neumáticos del automóvil para adherirse disminuye considerablemente. (p. 19)

Figura 14

Agregado pulido



Nota. Aunque no se ha determinado un nivel de severidad, la unidad de muestra debe tener un grado significativo de pulido; por otro lado, si se contabiliza exudación en el pavimento, no se tomará en cuenta el pulimento de agregados. Tomado de Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys (p. 19), por ASTM International, 2024, ASTM.

2.2.2.4.13 *Baches*

Según el ASTM International (2024):

Los baches son depresiones de tamaño pequeño, generalmente suelen estar entre los 750 mm (30 in) de diámetro y presentan una forma cóncava en la superficie del pavimento. Usualmente presentan lados verticales y bordes afilados cerca de la parte más alta de la falla. Los baches que se originan por grietas de alta severidad, del tipo piel de cocodrilo, deben ser categorizados como baches y no como peladuras debido a las condiciones climáticas. (p. 19)

Figura 15

Bache de severidad media



Nota. La imagen muestra un bache de profundidad inferior a 25 mm (1 pulgada).

Tomado de *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (p. 20), por ASTM International, 2024, ASTM.

2.2.2.4.14 *Cruce de Vía Férrea*

Según el ASTM International (2024):

Las protuberancias o depresiones que se encuentran entre los rieles, o alrededor de ellos, son considerados como defectos de cruce ferroviario. Si el cruce no tiene un impacto en la calidad del tránsito, no debe ser tomado en cuenta. Todo abultamiento grande que se forme por los rieles tiene que ser considerado parte del cruce. (p. 20)

Figura 16

Cruce de vía férrea de severidad media



Nota. Tomado de *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (p. 21), por ASTM International, 2024, ASTM.

2.2.2.4.15 *Ahuellamiento*

Según el ASTM International (2024):

Una depresión en la superficie de rodamiento se denomina ahuellamiento. El pavimento puede levantarse a lo largo de los bordes del ahuellamiento, pero muchas veces los ahuellamientos son visibles solo después de una lluvia, estando las calles llenas de agua.

(p. 20)

Figura 17

Ahuellamiento de severidad media



Nota. La imagen muestra un ahuellamiento de profundidad media de 13 a 25 mm (> ½ a 1 pulgada). Tomado de *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (p. 21), por ASTM International, 2024, ASTM.

2.2.2.4.16 *Deformaciones por Desplazamiento*

Según el ASTM International (2024):

El desplazamiento es un movimiento longitudinal perenne de una zona específica en la superficie del pavimento, el cual es provocado por la acción de la carga de tráfico. Cuando el presiona el pavimento, se genera una onda corta y abrupta en su superficie. Este tipo de falla normalmente sucede con una combinación de emulsión o asfalto líquido inestable en pavimentos. (p. 21)

Figura 18

Deformaciones por desplazamiento de severidad media



Nota. Tomado de *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (p. 22), por ASTM International, 2024, ASTM.

2.2.2.4.17 Grieta Parabólica o por Deslizamiento

Según el ASTM International (2024):

Las fisuras parabólicas o por deslizamiento, son aquellas que tienen forma de media luna y suelen aparecer transversalmente a la dirección del tránsito. Estas grietas surgen cuando las ruedas frenan o cambian de dirección y la superficie del pavimento se desliza o se deforma. Esta falla se produce normalmente en capas superpuestas, cuando hay una adherencia deficiente (una unión deficiente) entre la capa más superficial y la subyacente de la estructura del pavimento.
(p. 22)

Figura 19

Grietas parabólicas de severidad media



Nota. La imagen muestra grietas parabólicas fracturadas en pequeñas piezas removidas. Tomado de Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys (p. 23), por ASTM International, 2024, ASTM.

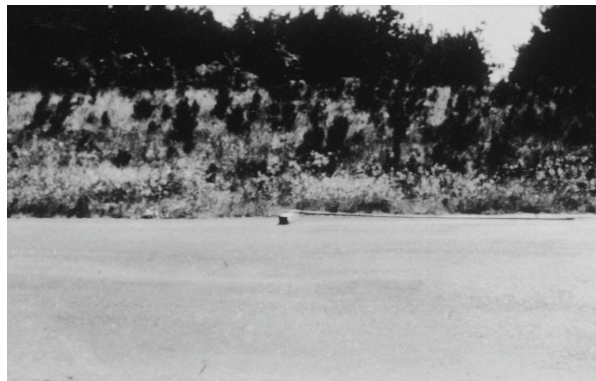
2.2.2.4.18 Hinchamiento

Según el ASTM International (2024):

El hinchamiento se distingue por mostrar una elevación en la superficie del pavimento que tiene una onda larga o gradual con más de 3 metros (10 ft) de longitud. En ocasiones, un hinchamiento puede ir acompañado de grietas superficiales. Por lo general, el congelamiento del material de la subrasante o la existencia de suelos expansivos son los causantes de este tipo de fallo. (p. 22)

Figura 20

Hinchamiento



Nota. El grado de severidad es basado en el criterio de la calidad de tránsito. Tomado de *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (p. 23), por ASTM International, 2024, ASTM.

2.2.2.4.19 Desprendimiento de Agregados

Según el ASTM International (2024):

Este fallo hace alusión al desplazamiento de agregados gruesos. El desprendimiento puede ocurrir debido a una escasa cantidad de ligante asfáltico, la mala calidad de la mezcla, la compactación, la segregación o la pérdida del recubrimiento. El daño mecánico causado por algo parecido a un gancho de arrastre, llantas o quitanieves se considera como desprendimiento. Si el desprendimiento está presente, el desgaste superficial no es registrado. (p. 23)

Figura 21

Desprendimiento de agregados de severidad media



Nota. La imagen muestra una pérdida considerable del agregado grueso, mayor de 20 por yarda cuadrada. Tomado de *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (p. 23), por ASTM International, 2024, ASTM.

Por lo que, el conocer el ancho de vía bastará para conocer la longitud de la unidad de muestreo, ya que según el ASTM International (2024) las subdivisiones de una sección de pavimento deben estar en un rango de $225 \pm 90 \text{ m}^2$ (p. 1). La Tabla 3 establece longitudes de unidades de muestra de acuerdo al ancho de la sección del pavimento.

Tabla 2

Longitudes de unidades de muestra en pavimentos flexibles

Ancho del área pavimentada (m)	Longitud de la unidad de muestra para un área de 230 m^2	Longitud sugerida de la unidad de muestra (m)	Área de la unidad de muestra (m^2)
5.7	40.3	40.0	228
6.0	38.3	40.0	240
6.3	36.5	40.0	252
6.6	34.8	30.0	198
6.9	33.3	30.0	207
7.2	31.9	30.0	216

Nota. Adaptado a partir de (Vásquez Varela, 2023)

2.2.2.6.2 Número Mínimo de Unidades de Muestreo

De acuerdo con el ASTM International (2024) para una confiabilidad del 95%, el número mínimo de unidades de muestra (n) se obtiene mediante la Ecuación 1, redondeando el valor obtenido n al siguiente número entero más alto (p. 4).

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

Donde:

- n : Cantidad mínima de unidades de muestreo.
- N : Total de unidades de muestreo en la sección.
- e : Error permitido en el cálculo del PCI de la sección; generalmente, $e = \pm 5$ PCI (5%).
- s : Desviación estándar del PCI entre las distintas unidades de muestra de la sección.

En la evaluación inicial, se considera una desviación estándar (s) de 10 para los pavimentos asfálticos. Si hay menos de 5 muestras ($n < 5$) todas las unidades se deben evaluar; por otro lado, si este no fuese el caso se debe calcular la desviación estándar real de acuerdo a la Ecuación 2, ya que se asumió una desviación estándar supuesta.

$$s = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (PCI_i - PCI_s)^2}{n - 1} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

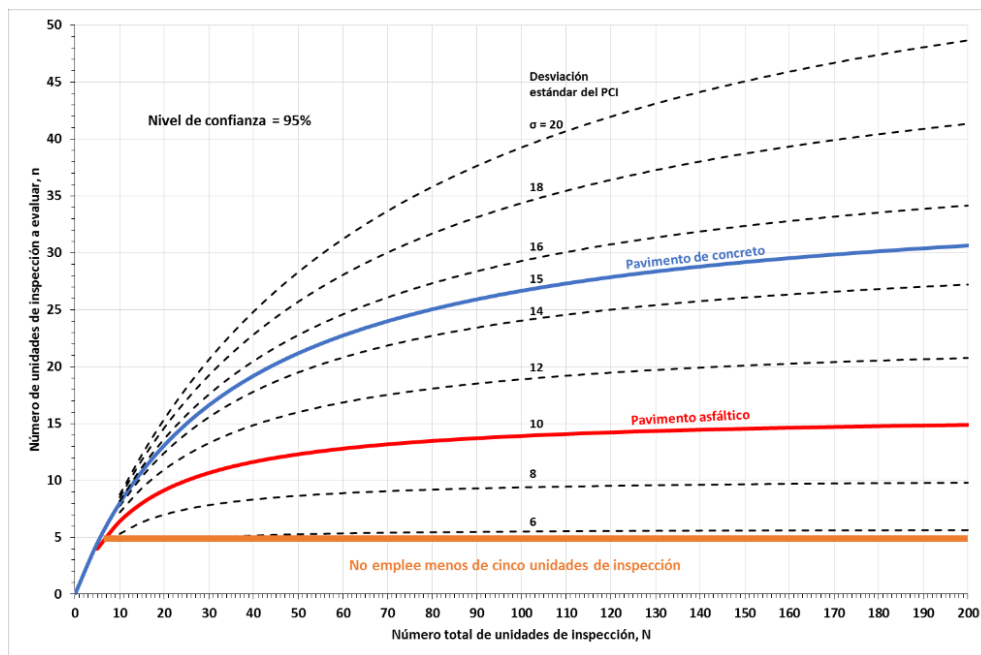
Donde:

- PCI_i : Valor PCI de las unidades de muestra que se han inspeccionado.
- PCI_s : Valor PCI de la sección (promedio PCI de las unidades de muestra que se han inspeccionado).
- n : Cantidad total de unidades de muestra inspeccionadas.

La Figura 24 representa la solución gráfica de la Ecuación 1.

Figura 23

Mínimo de unidades de muestreo por evaluar



Nota. Tomado de *Índice de condición del pavimento; para pavimentos asfálticos de concreto de cemento Portland y adoquines en vías y estacionamientos; e índice de condición de carreteras no pavimentadas* (p. 43), por L. R. Vásquez V., 2023, Universidad Nacional de Colombia.

2.2.2.6.3 Unidades de Muestreo Adicionales

Una de las principales desventajas del método aleatorio es la potencial omisión de unidades que están en condiciones muy malas, Para prevenir esto, la inspección tiene que reconocer cualquier unidad inusual y tratarla como una “unidad adicional” en vez de una “unidad representativa” (Vásquez Varela, 2023, p. 44).

2.2.2.6.4 Intervalo de Separación de Unidades de Muestreo

Según el ASTM International (2024) “las muestras están distribuidas equidistantemente en toda una sección, comenzando con la primera muestra seleccionada de manera aleatoria” (p. 5), calculando dicho intervalo con la Ecuación 3.

$$i = \frac{N}{n} \quad (3)$$

Donde:

i : Intervalo de unidades de muestreo.

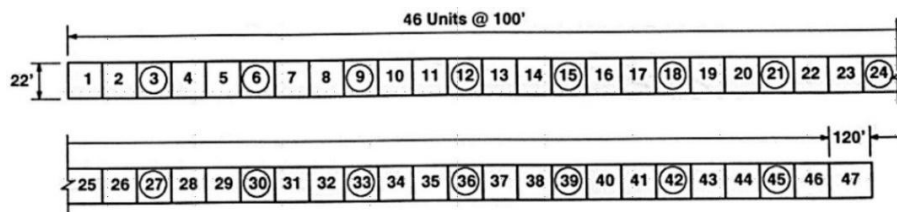
N : Cantidad total de unidades de muestreo en la sección.

n : Número mínimo de unidades de muestra a evaluar.

La Figura 25 presenta un ejemplo de selección aleatoria de unidades de muestreo.

Figura 24

Ejemplar de intervalo de unidades de muestreo



Nota. Tomado de *Índice de condición del pavimento; para pavimentos asfálticos, de concreto de cemento portland y de adoquines en vías y estacionamientos; e*

índice de condición de carreteras no pavimentadas (p. 43), por L. R. Vásquez V., 2023, Universidad Nacional de Colombia.

2.2.2.6.5 Inspección de Condición Superficial

El procedimiento se ajusta según el tipo de superficie en cuestión; es recomendable aplicar de manera rigurosa la definición de los daños y los métodos de medición establecidos, con el fin de obtener un valor confiable del Pavement Condition Index (PCI) (Vásquez Varela, 2023, p. 45).

2.2.2.6.6 Valor Deducido (VD)

De acuerdo a Vásquez Varela (2023) se refiere a “un índice que sirve como modelo para un factor de ponderación, con el objetivo de señalar cómo cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad influye en la condición del pavimento” (p. 34).

2.2.2.6.7 Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m)

Según el ASTM International (2024):

Si ninguno o solo uno de los valores deducidos individualmente es superior a 2, el valor total se aplica en vez del $CDV_{\text{máximo}}$ para calcular el PCI. En caso contrario, el $CDV_{\text{máximo}}$ se determina haciendo uso de la lista de valores deducidos dispuestos en orden decreciente y calculando cuántas deducciones están permitidas (p. 7)

La Ecuación 4 permite determinar el número permitido de deducciones:

$$m_i = 1 + \left(\frac{9}{98}\right) * (100 - HDV_i) \leq 10 \quad (4)$$

Donde:

m_i : Máximo número permitido de deducciones, incluyendo la parte fraccionaria, para la unidad de muestreo “i” (debe ser menor o igual a 10).

HDV_i : Valor de deducción individual más alto, para la unidad de muestreo “i”.

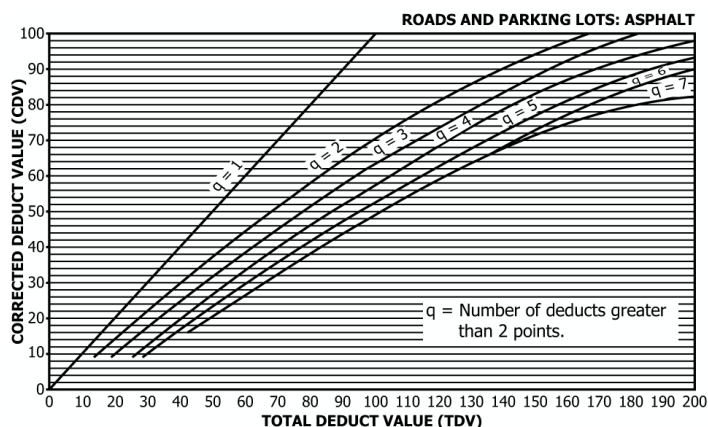
2.2.2.6.8 Máximo Valor Deducido Corregido ($CDV_{m\acute{a}x}$)

Según el ASTM International (2024) para la determinación del máximo valor deducido corregido; primero, se debe determinar el valor deductivo total sumando los valores individuales; segundo, se debe determinar q como el número de deducciones con un valor mayor que 2; tercero, determinar el valor deductivo corregido a partir del valor q y de valor deductivo total (p. 7).

La Figura 26 se utilizará para el cálculo de los valores deducidos corregidos, el máximo valor deducido corregido ($CDV_{m\acute{a}x}$) es el mayor de los valores corregidos (CDV) determinados durante el proceso iterativo.

Figura 25

Valor deductivo total



Nota. Tomado de *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (p. 42), por ASTM International, 2024, ASTM.

2.2.2.6.9 Cálculo del PCI de una Unidad de Muestreo

Según el ASTM International (2024) “el valor PCI se calcula restando el $CDV_{m\acute{a}x}$ a partir de 100” (p. 7), para lo cual la Ecuación 5 será de suma importancia.

$$PCI = 100 - CDV_{m\acute{a}x} \quad (5)$$

Donde:

PCI : Índice de condición de pavimento.

$CDV_{m\acute{a}x}$: Valor máximo deducido corregido.

2.2.2.6.10 Cálculo de PCI de una Sección de Pavimento

De acuerdo a Vásquez Varela (2023) “cuando las unidades de inspección se escogen de manera aleatoria, el PCI de la sección (PCIs) se

determina como la media ponderada por el área de las unidades evaluadas (PCI_r)” (p. 55), mediante la Ecuación 6:

$$PCI_s = \overline{PCI_r} = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_{ri} * A_{ri})}{\sum_{i=1}^n A_{ri}} \quad (6)$$

Donde:

PCI_s : PCI de la sección del pavimento.

PCI_r : PCI ponderado por área de las unidades de muestreo evaluadas aleatoriamente.

PCI_{ri} : PCI de la unidad de muestreo aleatoria “i”.

A_{ri} : Área de la unidad de muestreo aleatoria “i”.

n : Cantidad de unidades de muestreo aleatorias analizadas.

Por otro lado, si se evalúan unidades de inspección adicionales, se requerirá calcular el PCI ponderado por el área de estas unidades, tal como se aprecia en la Ecuación 7.

$$\overline{PCI_a} = \frac{\sum_{i=1}^m (PCI_{ai} * A_{ai})}{\sum_{i=1}^m A_{ai}} \quad (7)$$

Donde:

PCI_a : PCI ponderado por área de las unidades de muestreo adicionales.

PCI_{ai} : PCI de la unidad de muestreo adicional “i”.

A_{ai} : Área de la unidad de muestreo aleatoria “i”.

m : Número de unidades de muestreo adicionales evaluadas.

Finalmente, el PCI de la sección de pavimento PCI_s , tomando en cuenta las unidades de inspección aleatorias y adicionales se calcula de acuerdo a la Ecuación 8:

$$PCI_s = \frac{\overline{PCI}_r * (A - \sum_{i=1}^m A_{ai}) + \overline{PCI}_a * (\sum_{i=1}^m A_{ai})}{A} \quad (8)$$

Donde:

PCI_s : PCI ponderado por área de la sección del pavimento.

A : Área de la sección.

2.2.3 Transitabilidad

Nivel de servicio de la infraestructura vial que garantiza un estado que posibilita un tránsito vehicular constante durante cierto tiempo (Rodríguez Ávalos & Tamayo La Portilla, 2019, p. 20).

2.2.4 Rehabilitación

De acuerdo a Garcés Velecela (2017) incluye llevar a cabo labores orientadas a conservar el pavimento en su estado original, recuperando sus propiedades iniciales y garantizando que posea una estructura adecuada para soportar el tránsito vehicular (p. 81).

Capítulo III

Marco Metodológico

3.1 Tipo y Nivel de Investigación

3.1.1 Tipo de Investigación

La investigación corresponde a un estudio de tipo aplicado con enfoque cuantitativo, ya que mediante valores numéricos se busca evaluar el estado del pavimento. El carácter aplicado se justifica en el hecho de que los resultados obtenidos permitirán proponer mejoras en la conservación y gestión del pavimento flexible de la Av. Educadores, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2025, respondiendo a una necesidad real de optimización en los procesos de evaluación de infraestructura vial.

3.1.2 Nivel de Investigación

La investigación corresponde al nivel descriptivo, ya que se orienta a detallar el estado del pavimento flexible mediante la recopilación de información basada en la metodología Pavement Condition Index. Esta investigación no solo pretende describir las fallas presentes, sino que también pretenderá relacionar los resultados para explicar el comportamiento superficial del pavimento flexible de la Av. Educadores, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2025.

3.1.3 Diseño de la Investigación

La investigación se planteó con un diseño no experimental, ya que no se manipularon las variables ni se efectuaron pruebas controladas. En base al momento

de la recolección de datos, se trató de una investigación transversal y descriptiva, debido a que la información se obtuvo en un único periodo de tiempo.

“Lo que se hace en la investigación no experimental es examinar o cuantificar fenómenos y variables tal como ocurren en su entorno natural, con el objetivo de analizarlas” (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018, p. 174).

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población

La población se conforma por la longitud total de la Av. Educadores, la cual corresponde a un pavimento de una calzada con longitud aproximada de 1.45 km.

3.2.2 Muestra

La muestra se constituye de tramos representativos seleccionados en función al tipo de evaluación a realizar en el pavimento flexible, para una evaluación superficial la muestra se constituye a partir del ancho de calzada de la vía y el renglo $225.0 \pm 90.0 \text{ m}^2$ según la norma ASTM D 6433-24.

Capítulo IV

Resultados

4.1 Cálculo de la Longitud de Muestra

De acuerdo a la medición realizada, el ancho de calzada es de 6.00 m, por lo que según la Tabla 2 el tamaño de muestra recomendable es de 40 m, el mismo que se considerará para la evaluación en toda la avenida, a pesar del cambio de ancho de calzada a 7.2 m desde la Av. Los Poetas hasta la Av. Collpa, de esta manera se cumple en rango $225.0 \pm 90.0 \text{ m}^2$ por sección según la ASTM D 6433–24.

4.2 Cálculo del Total de Muestras (N)

$$N = \frac{\text{Longitud de la vía (m)}}{\text{Longitud de la unidad de muestra (m)}}$$

Por lo que considerando una longitud de vía de 1.45 km y una longitud de muestra de 40 m, el total de muestras será:

$$N = \frac{1450}{40}$$

$$N = 36.25 \approx 36$$

4.3 Cálculo del Mínimo de Muestras (n)

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

Por lo que considerando una desviación estándar de 10 para el pavimento flexible y un error admisible de 5% según la norma ASTM D 6433–24, el mínimo de muestras a considerar será:

$$n = \frac{36 * 10^2}{\left(\frac{5^2}{4}\right) * (36 - 1) + 10^2}$$

$$n = 11.29 \approx 12$$

4.4 Cálculo del Intervalo de Muestreo

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

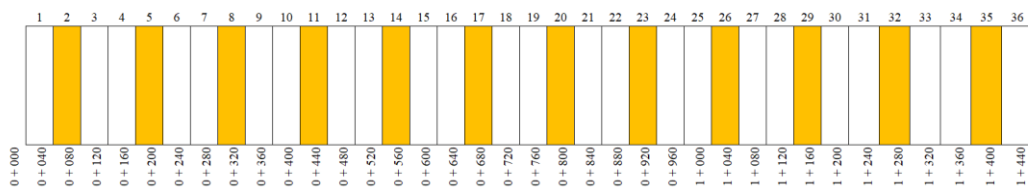
$$i = \frac{36}{12}$$

$$i = 3$$

Al determinarse un intervalo de muestreo equivalente a 3, las unidades de muestra a evaluar serán las correspondientes a UM-02, UM-05, UM-08, UM-11, UM-14, UM-17, UM-20, UM-23, UM-26, UM-29, UM-32, UM-35.

Figura 26

Unidades de muestra a evaluar



Nota. La imagen muestra en color amarillo las 12 muestras a evaluar a lo largo de la Av. Educadores, no se consideraron muestras adicionales.

4.5 Cálculo de Índice de Condición de Pavimento de una Unidad de Muestreo

El procedimiento de cálculo de PCI es un proceso iterativo y reiterativo en todas las muestras a evaluar, por lo que se escogió la UM-11 por ser en la que mayor cantidad de fallas se encontró.

La Tabla 3 muestra el código de los tipos de falla y severidades que se identificaron en la UM-11, así como el cálculo de densidades.

Tabla 3

Tipos de falla, severidad y densidades de la unidad de muestra 11

Nº	Falla	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad %
4	AH	M	3.00	3.00	1.25
9	DCB	M	40.00	40.00	16.67
10	GLT	L	6.00	6.00	2.50
11	PA	M	1.60	1.60	0.67
13	BA	M	1.00	1.00	0.42
19	DA	M	200.00	200.00	83.33

Nota. Para el cálculo de densidades se multiplicó el cociente del total de las cantidades totales con el área (240 m²) de la unidad de muestra y 100.

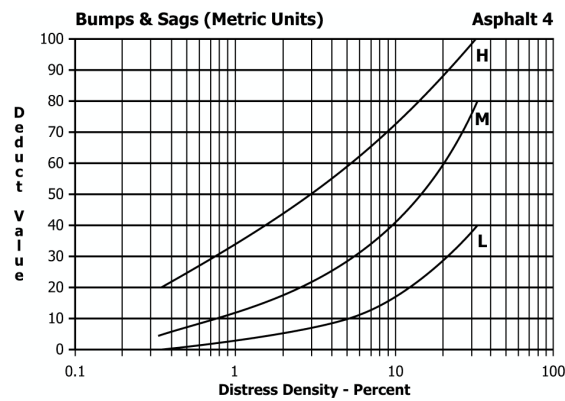
El cálculo de valores deducidos implica el uso de las curvas de valores deducidos, presentes en el anexo X3 de la norma ASTM D 6433, cada tipo de falla presenta un nomograma característico que relaciona la densidad en porcentaje, la severidad y los valores deducidos.

Las Figuras 27, 28 29, 30, 31 y 32, muestran las curvas de valores deducidos para las fallas de abultamiento y hundimiento, desnivel carril y berma, grietas

longitudinales y transversales, parcheo, baches y desprendimiento de agregados, respectivamente.

Figura 27

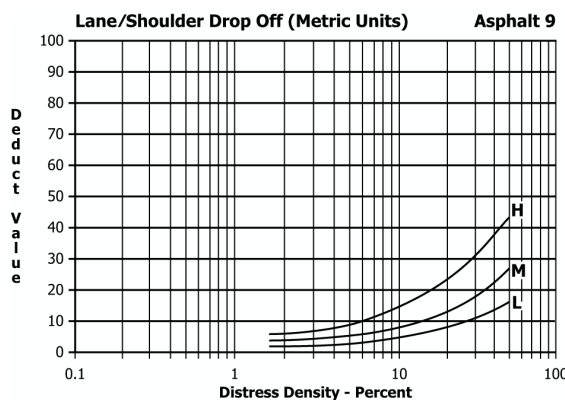
Curva de valores deducidos para la falla de abultamiento y hundimiento



Nota. Tomado de *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (p. 38), por ASTM International, 2024, ASTM.

Figura 28

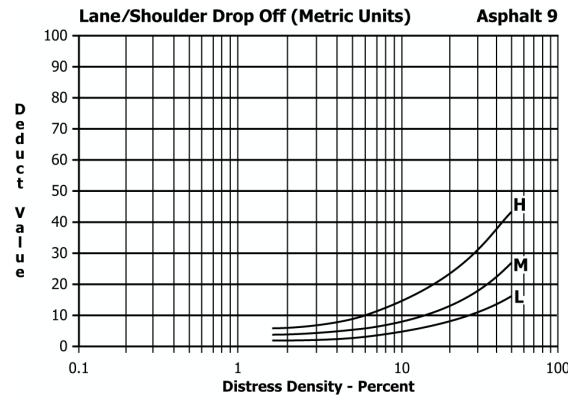
Curva de valores deducidos para la falla de desnivel carril/berma



Nota. Tomado de *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (p. 40), por ASTM International, 2024, ASTM.

Figura 29

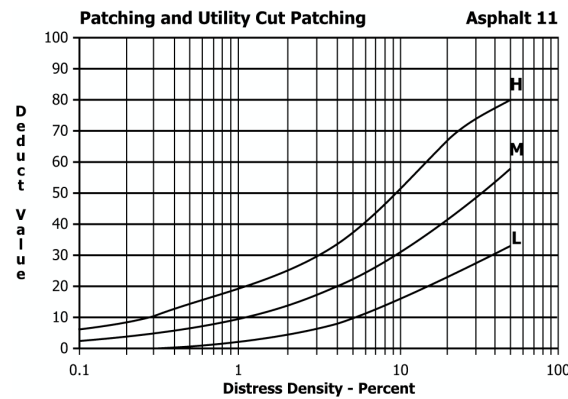
Curva de valores deducidos para la falla de grietas longitudinales y transversales



Nota. Tomado de Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys (p. 40), por ASTM International, 2024, ASTM.

Figura 30

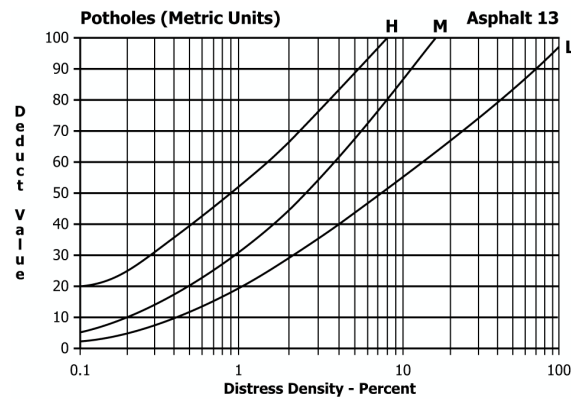
Curva de valores deducidos para la falla de parcheo



Nota. Tomado de Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys (p. 40), por ASTM International, 2024, ASTM.

Figura 31

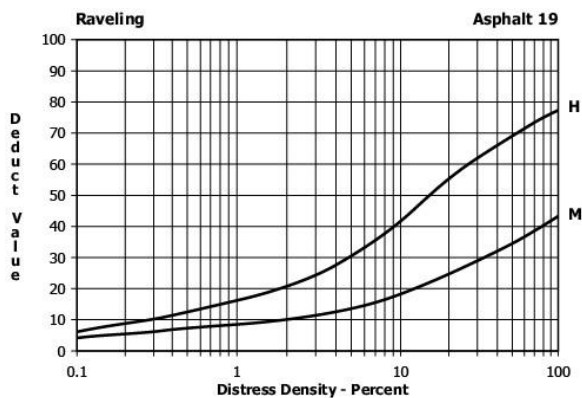
Curva de valores deducidos para la falla de baches



Nota. Tomado de *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (p. 41), por ASTM International, 2024, ASTM.

Figura 32

Curvas de valores deducidos para la falla de desprendimiento de agregados



Nota. Tomado de *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (p. 42), por ASTM International, 2024, ASTM.

Tabla 4

Valores deducidos obtenidos de la unidad de muestra 11

N°	Falla	Severidad	Densidad (%)	Valor Deducido
4	AH	M	1.25	13.93
9	DCB	M	16.67	11.17
10	GLT	L	2.50	1.05
11	PA	M	0.67	7.97
13	BA	M	0.42	18.67
19	DA	M	83.33	41.23

Nota. Para la determinación de valores deducidos se utilizaron los ábacos de curvas de valores deducidos.

4.5.1 Cálculo del Número Permitido de Deduciones y Valores Deducidos

Corregidos

Siendo el valor de deducción más alto el correspondiente a 41.23, se tiene:

$$m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right) * (100 - 41.23)$$

$$m = 1 + (0.091) * (58.77)$$

$$m = 6.41$$

Este resultado implica que se utilizarán todos los valores deducidos, por lo que dichos valores serán reordenados de forma descendente para calcular los valores deducidos totales; por otro lado, el valor q, es el número de deducciones con un valor mayor que 2.

Finalmente se hace uso del nomograma de la Figura 25 para la determinación de los valores deducidos corregidos. La Tabla 5 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 5

Valores deducidos corregidos de la muestra 11

N°	Valores Deducidos						VDT	q	Valor Deducido Corregido
1	41.23	18.67	13.93	11.17	7.97	1.05	94.00	5	48.40
2	41.23	18.67	13.93	11.17	2.00	1.05	88.00	4	50.10
3	41.23	18.67	13.93	2.00	2.00	1.05	78.90	3	50.11
4	41.23	18.67	2.00	2.00	2.00	1.05	67.00	2	48.90
5	41.23	2.00	2.00	2.00	2.00	1.05	50.30	1	50.30
								Máx. VDC	50.30

Nota. Elaboración propia

El máximo valor deducido corregido es el correspondiente a 50.30 por lo que el Índice de Condición de Pavimento de la sección será:

$$PCI = 100 - \text{Máx VDC}$$

$$PCI = 100 - (50.30)$$


$$PCI = 49.70$$

Según la escala de calificación PCI la UM-11 se encuentra en un estado “REGULAR” de conservación.

A continuación, se muestran los resultados PCI determinados para las 12 muestras evaluadas a lo largo de la Av. Educadores.

Figura 33

Resultado PCI de la muestra 02



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 CÁLCULO DEL PCI

TESIS	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD EN LA AV. EDUCADORES, DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA - 2025		
--------------	---	--	--

TRAMO:	I	CALZADA	COMPLETA
UNIDAD DE MUESTRA:	U: 2		
PROGRESIVA INICIAL:	Km 0-40.00		
PROGRESIVA FINAL:	Km 0-80.00		
ANCHO DE LA VÍA:	6.00 m		

ÁREA DE LA UNIDAD:	240.00 m ²
FECHA:	5/10/2025
EVALUADOR:	GONZALES VARGAS, U. J.

N°	Tipo de Falta	Código	Unidad
1	Piet de Cocolrito	PC	m ²
2	Excavación	EX	m ²
3	Agriotamiento en bloque	AB	m ²
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m ²
5	Comurgación	CO	m ²
6	Depresión	DE	m ²
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grietas de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Bemas	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parqueo	PA	m ²
12	Pulimento de Agregados	PUA	m ²

N°	Tipo de Falta	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	un ²
14	Crizo de vía Strera	CVF	m ²
15	Abuelamiento	AH	m ²
16	Desplazamiento	DES	m ²
17	Grieta Parabólica	GP	m ²
18	Hinchamiento	HI	m ²
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m ²

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
11	PA	M	2.40	1.60					4.00	1.67	12.90
19	DA	M	240.00						240.00	100.00	43.30
Total VD:											56.20

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 6.21
 Valor deducido más alto IDV : 43.30

N°	VALORES DEDUCIDOS		VDI	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	43.30	12.90		2	41.34
2	43.30	2.00		1	45.30
Mix. VDC:					45.30

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI = 100 - (Mix. VDC)	54.70
------------------------	-------


CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

REGULAR

Nota. Elaboración propia

Figura 34

Resultado PCI de la muestra 05



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
CÁLCULO DEL PCI

TESIS	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD EN LA AV. EDUCADORES, DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA - 2025		
--------------	---	--	--

TRAMO :	I	CALZADA	COMPLETA
UNIDAD DE MUESTRA :	U - 5		
PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+160.00		
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+200.00		
ANCHO DE LA VÍA :	6.00 m		

ÁREA DE LA UNIDAD :	240.00 m ²
FECHA :	5/10/2025
EVALUADOR :	GONZALES VARGAS, U. J.

Nº	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Coodulo	PC	m ²
2	Exudación	EX	m ²
3	Agritamiento en bloque	AB	m ²
4	Aloftamiento y Hinchamiento	AH	m ²
5	Corrugación	CO	m ²
6	Depresión	DE	m ²
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grietas de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parches	PA	m ²
12	Pulvimiento de Agregados	PUA	m ²

Nº	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	uud
14	Cruce de vías férreas	CVF	m ²
15	Abundamiento	AH	m ²
16	Desplazamiento	DFS	m ²
17	Grietas Parabólicas	GP	m ²
18	Hinchamiento	HI	m ²
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m ²

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Medio (Medium)	M
Alto (High)	H

Nº	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
10	GLT	M	2.00							2.00	0.83	1.97
11	PA	M	1.60							1.60	0.67	7.97
13	BA	M	2.00							2.00	0.83	28.53
19	DA	M	240.00							240.00	100.00	43.30
Total VD:											81.77	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : **6.21**
 Valor deducido más alto HDV : **43.30**

Nº	VALORES DEDUCIDOS				VDI	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	43.30	28.53	7.97	1.97			81.80
2	43.30	28.53	2.00	1.97			75.80
3	43.30	2.00	2.00	1.97			49.30
Max. VDC:							55.06

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI = 100 - (Máx. VDC)
44.94


CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

REGULAR

Nota. Elaboración propia

Figura 36

Resultado PCI de la muestra 11



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
CÁLCULO DEL PCI

TESIS	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD EN LA AV. EDUCADORES, DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA - 2025		
--------------	---	--	--

TRAMO :	I	CALZADA	COMPLETA
UNIDAD DE MUESTRA :	U 11		
PROGRESIVA INICIAL :	Km 0-400.00		
PROGRESIVA FINAL :	Km 0-440.00		
ANCHO DE LA VÍA :	6.00 m		

ÁREA DE LA UNIDAD :	240.00 m ²
FECHA :	5/10/2025
EVALUADOR :	GONZALES VARGAS, U. J.

Nº	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m ²
2	Exfoliación	EX	m ²
3	Agriotamiento en bloque	AB	m ²
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m ²
5	Corrugación	CO	m ²
6	Depresión	DE	m ²
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grietas de reflexión de junta	GI	m
9	Desnivel Cantil y Bamba	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parcheo	PA	m ²
12	Pulvimiento de Agregados	PUA	m ²

Nº	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Rachas o Huecos	BA	uni
14	Cruce de vía férrea	CVF	m ²
15	Abusamiento	AH	m ²
16	Desplazamiento	DES	m ²
17	Grieta Parabólica	GP	m ²
18	Hinchamiento	HI	m ²
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m ²

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Medio (Medium)	M
Alto (High)	H

Nº	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
4	AH	M	3.00							3.00	1.25	13.93
9	DCB	M	40.00							40.00	16.67	11.17
10	GLT	L	6.00							6.00	2.50	1.05
11	PA	M	1.60							1.60	0.67	7.97
13	BA	M	1.00							1.00	0.42	18.67
19	DA	M	200.00							200.00	83.33	41.23
Total VD:											94.01	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : **6.40**
 Valor deducido más alto HDV : **41.23**

Nº	VALORES DEDUCIDOS						VDI	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	
1	41.23	18.67	13.93	11.17	7.97	1.05		94.00	5	48.40
2	41.23	18.67	13.93	11.17	2.00	1.05		88.00	4	50.10
3	41.23	18.67	13.93	2.00	2.00	1.05		78.90	3	50.11
4	41.23	18.67	2.00	2.00	2.00	1.05		67.00	2	48.90
5	41.23	2.00	2.00	2.00	2.00	1.05		50.30	1	50.30
Mín. VDC:									50.30	


INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): PCI - 100 - (Mín. VDC)
49.70

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: REGULAR

Nota. Elaboración propia

Figura 37

Resultado PCI de la muestra 14



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
CÁLCULO DEL PCI

TESIS	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD EN LA AV. EDUCADORES, DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA - 2025		
--------------	---	--	--

TRAMO :	I	CALZADA	COMPLETA
UNIDAD DE MUESTRA :	U - 14		
PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+520.00		
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+560.00		
ANCHO DE LA VÍA :	6.00 m.		

ÁREA DE LA UNIDAD :	240.00 m ²
FECHA :	5/10/2025
EVALUADOR :	GONZALES VARGAS, U. J.

Nº	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m ²
2	Exfoliación	EX	m ²
3	Agregamiento en bloque	AB	m ²
4	Abultamiento y Hinchamiento	AH	m ²
5	Corrugación	CO	m ²
6	Depresión	DE	m ²
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grietas de reflexión de junta	GF	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parqueo	PA	m ²
12	Pulimento de Agregados	PUA	m ²

Nº	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	unad
14	Cruce de vía ferrea	CVF	m ²
15	Abundamiento	AH	m ²
16	Desplazamiento	DES	m ²
17	Grietas Parabólicas	GP	m ²
18	Hinchamiento	HI	m ²
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m ²

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Medio (Medium)	M
Alto (High)	H

Nº	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
11	PA	L	3.15							3.15	1.31	2.96
11	PA	M	80.00							80.00	33.33	50.67
19	DA	M	160.00							160.00	66.67	38.73
Total VD :											92.36	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : **5.53**
 Valor deducido más alto HDV : **50.67**

Nº	VALORES DEDUCIDOS				VDI	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	50.67	38.73	2.96		92.40	3	88.44
2	50.67	38.73	2.00		91.40	2	64.95
3	50.67	2.00	2.00		54.70	1	54.70
Max. VDC :							64.95


INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): PCI - 100 - (Máx. VDC)
35.05

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: MALO

Nota. Elaboración propia

Figura 38

Resultado PCI de la muestra 17



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
CÁLCULO DEL PCI

TESIS	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD EN LA AV. EDUCADORES, DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA - 2025		
--------------	---	--	--

TRAMO :	I	CALZADA	COMPLETA
UNIDAD DE MUESTRA :	U 17		
PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+640.00		
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+680.00		
ANCHO DE LA VÍA :	6.00 m		

ÁREA DE LA UNIDAD :	240.00 m ²
FECHA :	5/10/2025
EVALUADOR :	GONZALES VARGAS, U. J.

Nº	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m ²
2	Exfoliación	EX	m ²
3	Agriotamiento en bloque	AB	m ²
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m ²
5	Corrugación	CO	m ²
6	Depresión	DE	m ²
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grietas de reflexión de junta	GI	m
9	Desnivel Cantil y Brea	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GI.T	m
11	Parcheo	PA	m ²
12	Pulvimiento de Agregados	PUA	m ²

Nº	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Huecos o Hincos	HA	m ²
14	Cruce de vía firme	CVF	m ²
15	Abollamiento	AB	m ²
16	Desplazamiento	DES	m ²
17	Grieta Parabólica	GP	m ²
18	Hinchamiento	HI	m ²
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m ²

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Medio (Medium)	M
Alto (High)	H

Nº	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
11	PA	L	80.00							80.00	33.33	28.77
11	PA	M	4.00							4.00	1.67	12.90
13	BA	H	1.00							1.00	0.42	37.08
19	DA	M	160.00							160.00	66.67	38.73
Total VD:											117.48	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : **6.63**
 Valor deducido más alto HDV : **38.73**

Nº	VALORES DEDUCIDOS				VD1	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	38.73	37.08	28.77	12.90			117.50
2	38.73	37.08	28.77	2.00			106.60
3	38.73	37.08	2.00	2.00			79.80
4	38.73	2.00	2.00	2.00			44.70
Mix. VDC:							67.10

INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI - 100 - (Mix. VDC)
32.90


CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

MALO

Nota. Elaboración propia

Figura 39

Resultado PCI de la muestra 20



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
CÁLCULO DEL PCI

TESIS	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD EN LA AV. EDUCADORES, DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA - 2025		
--------------	---	--	--

TRAMO:	I	CALZADA	COMPLETA	ÁREA DE LA UNIDAD:	240.00 m ²
UNIDAD DE MUESTRA:	U - 20			FECHA:	5/10/2025
PROGRESIVA INICIAL:	Km 0+760.00			EVALUADOR:	GONZALES VARGAS, U. J.
PROGRESIVA FINAL:	Km 0+800.00				
ANCHO DE LA VÍA:	6.00 m				

Nº	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Pel de Cocodrilo	PC	m ²
2	Exhalación	EX	m ²
3	Agrietamiento en bloque	AB	m ²
4	Abertamiento y Hinchamiento	AH	m ²
5	Corrugación	CO	m ²
6	Depresión	DE	m ²
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grietas de reflexión de junta	GT	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parcheo	PA	m ²
12	Pulvimiento de Agregados	PUA	m ²

Nº	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m ²
15	Alumbramiento	AH	m ²
16	Desplazamiento	DES	m ²
17	Grietas Parabólicas	GP	m ²
18	Hinchamiento	HI	m ²
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m ²

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Medio (Medium)	M
Alto (High)	H

Nº	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
10	GLT	M	5.00							5.00	2.08	5.71
11	PA	L	1.60							1.60	0.67	1.53
11	PA	M	40.00							40.00	16.67	38.50
19	DA	M	200.00							200.00	83.33	41.23
Total VD:											86.58	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : **6.40**

Valor deducido más alto HDV : **41.23**

Nº	VALORES DEDUCIDOS				VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	41.23	38.50	5.71	1.53		3	55.14
2	41.23	38.50	2.00	1.53		2	59.98
3	41.23	2.00	2.00	1.53		1	46.80
Max. VDC:							59.98


ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): PCI - 100 - (Máx. VDC)
40.02

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: REGULAR

Nota. Elaboración propia

Figura 40

Resultado PCI de la muestra 23



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
CÁLCULO DEL PCI

TESIS	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD EN LA AV. EDUCADORES, DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA - 2025		
--------------	---	--	--

TRAMO :	1	CALZADA	COMPLETA	ÁREA DE LA UNIDAD :	240.00 m ²
UNIDAD DE MUESTRA :	U 23			FECHA :	5/10/2025
PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+880.00		EVALUADOR : GONZALES VARGAS, U. J.		
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+920.00				
ANCHO DE LA VÍA :	6.00 m				

Nº	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m ²
2	Exudación	EX	m ²
3	Agriotamiento en bloque	AB	m ²
4	Abultamiento y Hinchamiento	AH	m ²
5	Corrugación	CO	m ²
6	Depresión	DE	m ²
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grietas de reflexión de junta	GI	m
9	Desnivel Cantil y Bamba	DCHB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GI.T	m
11	Parcheo	PA	m ²
12	Pulvimiento de Agregados	PUA	m ²

Nº	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	uni
14	Cruce de vía firme	CVF	m ²
15	Abollamiento	AH	m ²
16	Desplazamiento	DES	m ²
17	Grieta Parabólica	GP	m ²
18	Hinchamiento	HI	m ²
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m ²

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

Nº	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
3	AB	H	15.00							15.00	6.25	22.43
11	PA	H	1.50							1.50	0.63	16.13
13	BA	M	1.00							1.00	0.42	18.67
13	BA	H	1.00							1.00	0.42	37.08
19	DA	M	225.00							225.00	93.75	42.55
Total VD:											136.85	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : **6.28**
 Valor deducido más alto HDV : **42.55**

Nº	VALORES DEDUCIDOS					VDI	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO		
1	42.55	37.08	22.43	18.67	16.13			136.90	5	70.95
2	42.55	37.08	22.43	18.67	2.00			122.70	4	69.70
3	42.55	37.08	22.43	2.00	2.00			106.10	3	66.36
4	42.55	37.08	2.00	2.00	2.00			85.60	2	61.36
5	42.55	2.00	2.00	2.00	2.00			50.60	1	50.60
Mix. VDC:										70.95

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI - 100 - (Mix. VDC)
29.05


CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

MALO

Nota. Elaboración propia

Figura 41

Resultado PCI de la muestra 26



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
CÁLCULO DEL PCI

TESIS	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD EN LA AV. EDUCADORES, DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA - 2025		
--------------	---	--	--

TRAMO :	I	CALZADA	COMPLETA
UNIDAD DE MUESTRA :	U. 26		
PROGRESIVA INICIAL :	Km 1+000.00		
PROGRESIVA FINAL :	Km 1+040.00		
ANCHO DE LA VÍA :	6.00 m		

ÁREA DE LA UNIDAD :	240.00 m ²
FECHA :	5/10/2025
EVALUADOR :	GONZALES VARGAS, U. J.

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m ²
2	Exfoliación	EX	m ²
3	Agrietamiento en bloque	AB	m ²
4	Abultamiento y Hundimiento	AI	m ²
5	Corrugación	CO	m ²
6	Depresión	DE	m ²
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grietas de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parcheo	PA	m ²
12	Pulvimiento de Agregados	PUA	m ²

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	m ²
14	Cruce de vía Strras	CVF	m ²
15	Alumbramiento	AL	m ²
16	Desplazamiento	DES	m ²
17	Grietas Parabólicas	GP	m ²
18	Hinchamiento	HI	m ²
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m ²

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Medio (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
10	GLT	M	3.00							3.00	1.25	3.18
11	PA	M	90.00							90.00	37.50	52.75
11	PA	H	2.40							2.40	1.00	20.00
13	BA	M	5.00							5.00	2.08	46.75
19	DA	M	220.00							220.00	91.67	42.30
Total VD :											164.58	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : **5.34**
 Valor deducido más alto HDV : **52.75**

N°	VALORES DEDUCIDOS					VD1	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	52.75	46.75	42.30	20.00	3.18			165.00
2	52.75	46.75	42.30	20.00	2.00			163.80
3	52.75	46.75	42.30	2.00	2.00			145.80
4	52.75	46.75	2.00	2.00	2.00			105.50
5	52.75	2.00	2.00	2.00	2.00			60.80
Máx. VDC :								88.46

INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI = 100 - (Máx. VDC)
11.54


CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

MUY MALO

Nota. Elaboración propia

Figura 42

Resultado PCI de la muestra 29



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
CÁLCULO DEL PCI

TESIS	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD EN LA AV. EDUCADORES, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN LANCHIPA, TACNA - 2025		
--------------	---	--	--

TRAMO :	I	CALZADA	COMPLETA	ÁREA DE LA UNIDAD :	240.00 m ²
UNIDAD DE MUESTRA :	U: 29			FECHA :	5/10/2025
PROGRESIVA INICIAL :	Km 1-120.00			EVALUADOR :	GONZALES VARGAS, U. J.
PROGRESIVA FINAL :	Km 1-160.00				
ANCHO DE LA VÍA :	6.00 m				

N°	Tipo de Falta	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m ²
2	Exodación	EX	m ²
3	Agrietamiento en bloque	AB	m ²
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m ²
5	Corrugación	CO	m ²
6	Depresión	DE	m ²
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grietas de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Cantil y Brea	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parcheo	PA	m ²
12	Pulvimiento de Agregados	PUA	m ²

N°	Tipo de Falta	Código	Unidad
13	Truchos o Huxcos	BA	mt
14	Cruce de vía libre	CVF	m ²
15	Abrochamiento	AH	m ²
16	Desplazamiento	DES	m ²
17	Grieta Parabólica	GP	m ²
18	Hinchamiento	HI	m ²
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m ²

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Medio (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
1	PC	M	6.40							6.40	2.67	31.07
7	GB	H	6.00							6.00	2.50	11.80
13	BA	H	1.00							1.00	0.42	37.08
13	BA	M	1.00							1.00	0.42	18.67
19	DA	H	48.00							48.00	20.00	55.50
Total VD :											154.12	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : **5.09**
 Valor deducción más alto HDV : **55.50**

N°	VALORES DEDUCIDOS					VD1	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	55.50	37.08	31.07	18.67	11.80		5	78.35
2	55.50	37.08	31.07	18.67	2.00		4	80.15
3	55.50	37.08	31.07	2.00	2.00		3	77.40
4	55.50	37.08	2.00	2.00	2.00		2	69.85
5	55.50	2.00	2.00	2.00	2.00		1	63.50
Máx. VDC :								80.15

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI = 100 - (Máx. VDC)
19.85

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

MUY MALO

Nota. Elaboración propia

Capítulo V

Discusión de Resultados

A lo largo de la calzada de la Av. Educadores se determinó el valor PCI por cada unidad de muestra, de acuerdo a la Ecuación 8 el promedio ponderado resulta igual a 35.32, calificando el pavimento flexible como “Malo”.

Tabla 6

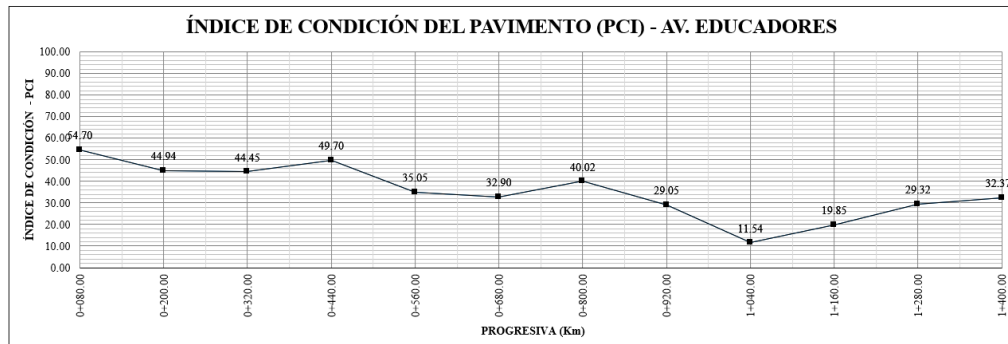
Resumen resultado PCI de la Av. Educadores

Calzada	Unidad de Muestra	Progresiva Inicial (Km)	Progresiva Final (Km)	Longitud de la Muestra (m)	Valor PCI	Calificación
C o m p l e t a	U-02	0+040.00	0+080.00	40.00	54.70	Regular
	U-05	0+160.00	0+200.00	40.00	44.94	Regular
	U-08	0+280.00	0+320.00	40.00	44.45	Regular
	U-11	0+400.00	0+440.00	40.00	49.70	Regular
	U-14	0+520.00	0+560.00	40.00	35.05	Malo
	U-17	0+640.00	0+680.00	40.00	32.90	Malo
	U-20	0+760.00	0+800.00	40.00	40.02	Regular
	U-23	0+880.00	0+920.00	40.00	29.05	Malo
	U-26	1+000.00	1+040.00	40.00	11.54	Muy Malo
	U-29	1+120.00	1+160.00	40.00	19.85	Muy Malo
	U-32	1+240.00	1+280.00	40.00	29.32	Malo
	U-35	1+360.00	1+400.00	40.00	32.37	Malo
Promedio					35.32	Malo

Nota. La tabla muestra los valores PCI determinados por unidad de muestra, la avenida educadores solo cuenta con una calzada por lo que como mínimo se analizó 12 muestras, el valor PCI resultante es de 35.32 el cual se califica como “Malo”.

Figura 45

Comportamiento del Índice de Condición del Pavimento en la Av. Educadores



Nota. Elaboración Propia

Este resultado sugiere la rehabilitación de la Avenida Educadores, de acuerdo a la Tabla 7.

Tabla 7

Alternativas de intervención de acuerdo al PCI

PCI	Estado	Intervención
0 – 30	Malo	Reconstrucción
31 – 70	Regular	Rehabilitación
71 – 100	Bueno	Mantenimiento

Nota. Tomado de (Shahin, 2005).

Los resultados obtenidos son coherentes con Pérez-Acosta (2022), quien indica que, de acuerdo a su investigación en campo, se colocó una capa superficial de asfalto en algunas secciones del segmento vial de la Av. Victoria (Colombia). No obstante, a causa de las condiciones climáticas y del tráfico, esta capa se empezaba a despegarse, lo que causó la formación de baches. Así pues, propusieron la rehabilitación del segmento al sustituir dicha capa por materiales homogéneos.

Asimismo, la investigación de Sanchez Zea y Quispe Choque (2025) se determinó un valor PCI ponderado de 38,69, al revisar 16 muestras, en el pavimento flexible de la carretera Hospicio, en el tramo comprendido entre la Costanera Sur y el óvalo Yarada los Palos, por lo que este valor se califica como “Malo”. De manera similar los autores proponen rehabilitar la carretera para la mejora de su transitabilidad, proponiendo un diseño de carpeta asfáltica aplicando la metodología AASHTO 93, la cual en base a un ESAL de 5805049.14, estableció un espesor de capa asfáltica, base granular y subbase granular de 11 cm, 25 cm y 10 cm, respectivamente.

Finalmente, los resultados son coherentes con la investigación de Chara Alave y Limache Quispe (2024) quienes evaluaron la condición superficial del pavimento flexible en la Av. Collpa mediante el método PCI dividiendo el tramo en dos sectores de 2.57 km y empleando unidades de muestra de 230 m²; debido a la detección de fallas como grietas, baches y deformaciones, se determinó un valor PCI para el tramo 1 de 40 y para el tramo 2 de 43, por lo que ambos se calificaron como “Regular” siendo el valor PCI promedio igual a 41.23, esto confirma de igual forma de acuerdo a la Tabla 7 una necesidad de rehabilitación para mejorar la transitabilidad y prolongar la vida útil del pavimento flexible.

Conclusiones

- I. Se desarrolló el método Pavement Condition Index, determinando 12 muestras mínimas en un intervalo de 3 unidades, a lo largo de la Av. Educadores, de esta manera se garantizó el 95% de confiabilidad con una desviación estándar de 10, para un mayor grado de confiabilidad se necesitaría una desviación estándar de 12.34 lo que determina un total de 15 muestras.
- II. Se identificaron fallas reiterativas como parcheos, baches, grietas longitudinales y desprendimientos de agregados en la mayoría de muestras, de esta forma se determinó un valor PCI promedio de 35.32, de acuerdo a la escala PCI es de calificación “Malo”.
- III. Se planteó una medida de rehabilitación la cual implica llevar a cabo acciones que mantengan el pavimento en su estado original, restaurando sus características originales y garantizando que cuente con una estructura adecuada para soportar el tráfico vehicular.

Recomendaciones o Sugerencias

- I. Es recomendable que la Municipalidad Distrital de Gregorio Albarracín lleve a cabo evaluaciones periódicas del estado del pavimento en la Av. Educadores, empleando metodologías objetivas como el PCI. Esto posibilitará la detección temprana del incremento en la gravedad y frecuencia de fallas, previniendo que el deterioro progrese hasta alcanzar niveles críticos que requieran mayores costos de rehabilitación.
- II. Ante la reiterada aparición de fallas como parches, baches y grietas longitudinales, se sugiere a la municipalidad que implemente un plan de mantenimiento programado en lugar de reparaciones aisladas, priorizando tratamientos preventivos y correctivos integrales. De este modo, se mantendrá la estructura original del pavimento, se prolongará su vida útil y se mejorarán la transitabilidad vehicular y la seguridad de los usuarios.
- III. Finalmente, se recomienda que, antes de ejecutar cualquier obra de rehabilitación, la autoridad municipal coordine un diseño adecuado al volumen de tránsito actual y futuro de la avenida, garantizando que las intervenciones no solo “parchen” el problema, sino que restituyan la capacidad del pavimento para soportar cargas. Incluir supervisión técnica y control de calidad en cada etapa asegurará resultados duraderos y una mejor inversión de los recursos públicos.

Referencias

- Alvarado Flores, G. Y., & Atencio Ancocallo, G. A. (2024). *Implementación del sistema de información geográfica para la rehabilitación de la Av. Internacional - Ciudad Nueva, Tacna – 2024*. [Tesis de Titulación, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.unjbg.edu.pe/items/916bc951-9724-4903-984d-e525a69024b5>
- ASTM International. (1 de 11 de 2024). Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys. 47. doi:10.1520/D6433-24
- Avila Martinez, D. H. (2025). *Estado estructural y superficial del pavimento flexible con propuesta de diseño mediante metodología AASHTO 93 en vía TU-103, Tumbes 2023*. [Tesis de Titulación, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://dspace.unitru.edu.pe/items/df931354-7d73-48b8-a084-e2fd0ff0d1c7>
- Centro Nacional de Planeamiento Estratégico. (enero de 2023). *Modernización y ampliación de la infraestructura vial*. Obtenido de Observatorio CEPLAN: https://observatorio.ceplan.gob.pe/ficha/o1_lim
- Chara Alave, J. L., & Limache Quispe, J. R. (2024). *Evaluación superficial de la carpeta asfáltica en pavimento flexible de la avenida Collpa tramo avenida*

Ejército a ovalo Tarapacá Tacna - 2024. [Tesis de Titulación, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/3867>

Chipana Oreja, R. B. (2022). *Evaluación superficial del pavimento flexible utilizando la metodología del PCI y el procesamiento de imágenes binarios en la Red Vial Nacional PE-40, tramo: km 14+145 – KM 20+629, Tacna – 2022*. [Tesis de Titulación, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.unjbg.edu.pe/items/b3095380-47f1-4129-ba1e-40b0fb5e46ba>

Garcés Velecela, D. P. (2017). *Evaluación vial y plan de rehabilitación y mantenimiento de la vía Azogues- Cojitambo- Déleg- La Raya*. [Tesis de Titulación, Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/28556>

García-Chávez, V. M., & Zambrano-Meza, M. I. (2025). Evaluación de deterioros de los pavimentos en vías principales de acceso a Portoviejo mediante el método de índice de condición del pavimento “PCI”. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 8(15), 23. doi:<https://doi.org/10.46296/ig.v8i15.0248>

Hermoza Sánchez, A. E. (2024). *Evaluación superficial, funcional y estructural del pavimento flexible, mediante PCI, IRI y deflectometría, en la vía Platería - Acora*. [Tesis de Titulación, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/23037>

Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). *Metodología de la Investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mc Graw Hill. Obtenido de http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf

Ibragimov, E., Kim, Y., Lee, J., Cho, J., & Lee, J.-J. (6 de 4 de 2024). Automated Pavement Condition Index Assessment with Deep Learning and Image Analysis: An End to End Approach. *Sensors*, 24(7), 2333. doi:<https://doi.org/10.3390/s24072333>

Montejo Fonseca, A. (2006). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Colombia: Universidad Católica de Colombia. Obtenido de <https://biblioteca.ucatolica.edu.co/bib/15688>

Pérez Gómez, S. J. (2022). *Evaluación de la condición operacional del pavimento asfáltico para mejorar la transitabilidad vehicular de la Avenida Industrial, Tacna – 2022*. [Tesis de Titulación, Universidad Nacional Jorge Basadre

Grohmann]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.unjbg.edu.pe/items/5ae3b782-b5aa-42b4-9d9c-f8dc16797955>

Pérez, A., Sánchez, C., & Velasco, J. (11 de 9 de 2024). Damage Importance Analysis for Pavement Condition Index Using Machine-Learning Sensitivity Analysis. *Infrastructures*, 9(9), 157. doi:<https://doi.org/10.3390/infrastructures9090157>

Pérez-Acosta, D. M. (2022). *Diagnóstico de pavimentos mediante el método pci y análisis de la influencia del mal estado de la vía con relación al número de accidentes presentados en la av. la victoria (carrera 4 este) entre calle 37 sur y calle 27a sur*. [Tesis de Titulación, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/20059f71-2f5a-4221-9331-f7f9173ca799>

Rivera Mamani, H. A., & Sallo Cruz, N. F. (2024). *Evaluación superficial y estructural del pavimento en la Av. Aviación con fines de rehabilitación*. [Tesis de Titulación, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/aa93cc9b-7be1-40c7-b2ff-720beac93993>

Rodríguez Ávalos, J. P., & Tamayo La Portilla, C. A. (2019). *Evaluación de la transitabilidad vial y diseño del pavimento flexible en el sector virgen del socorro - Trujillo - la libertad*. [Tesis de Titulación, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.upao.edu.pe/item/1f1cc0b0-e750-473e-86c3-80018cc20335>

Sanchez Zea, I. A., & Quispe Choque, M. A. (2025). *Análisis superficial del estado del pavimento para una propuesta de diseño de la carpeta asfáltica en la carretera Hospicio tramo: carretera Costanera Sur a ovalo Yarada Los Palos, Tacna, 2024*. [Tesis de Titulación, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/4200>

Shahin, M. (2005). *Pavement management for airports, roads, and parking lots*. Springer. doi:<https://doi.org/10.1139/195-100>

Vásquez Varela, L. R. (2002). *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. Manizales. Obtenido de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>

Vásquez Varela, L. R. (2023). *Índice de Condición del Pavimento. Para pavimentos asfálticos, de concreto de cemento Portland y de adoquines en vías y estacionamientos; e índice de condición de carreteras no pavimentadas*.

Manizales.

Obtenido

de

https://www.academia.edu/113022888/Manual_de_PCI_y_URCI_para_calles_y_carreteras

Anexo I. – Matriz de Consistencia

EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD EN LA AV. EDUCADORES, DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, TACNA – 2025

Definición del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e Indicadores	Metodología
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	Tipo de Investigación
¿Cómo la evaluación superficial del pavimento flexible, permitirá plantear medidas para mejorar la transitabilidad en la Av. Educadores, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2025?	Evaluar el pavimento flexible de manera superficial, para plantear medidas que permitan mejorar la transitabilidad de la Av. Educadores, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2025.	La evaluación con la metodología Pavement Condition Index permitirá conocer el estado superficial del pavimento flexible mediante la identificación de fallas y los valores deducidos, con los resultados obtenidos se pondrán plantear medidas de intervención que permitan mejorar la transitabilidad en la Av. Educadores, Distrito Gregorio Albarracín, Tacna – 2025.	Variable Independiente EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Indicadores: ♣ Dimensionamiento de la unidad de muestra. ♣ Tipos de fallas superficiales presentes en el pavimento flexible. ♣ Cálculo del valor PCI promedio. ♣ Calificación del estado superficial del pavimento flexible.	Tipo de Investigación Aplicada con enfoque cuantitativo Nivel de Investigación Descriptiva Diseño de Investigación No experimental-Transversal Población La población se conforma por la longitud total de la Av. Educadores. Muestra La muestra se constituye de tramos representativos seleccionados en función al tipo de evaluación a realizar en el pavimento flexible, para una evaluación superficial la muestra se constituye a partir del ancho de calzada de la vía y el rango 230.0 ± 90.0 m2 según la norma ASTM D 6433–24.
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variable Dependiente	
<ul style="list-style-type: none"> ♣ ¿Cómo la metodología Pavement Condition Index permitirá evaluar el pavimento flexible de la Av. Educadores, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2025? ♣ ¿En qué estado superficial y que tipo de fallas superficiales se encontrarán en el pavimento flexible de la Av. Educadores, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2025, según la escala de calificación Pavement Condition Index? ♣ ¿Qué medidas de intervención deberán plantearse en base al valor Pavement Condition Index obtenido, para mejorar la transitabilidad de la Av. Educadores, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2025? 	<ul style="list-style-type: none"> ♣ Desarrollar el proceso mediante el cual; la metodología Pavement Condition Index, con base en la norma ASTM D 6433–24, permitirá obtener el valor Pavement Condition Index del pavimento flexible de la Av. Educadores, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2025. ♣ Determinar el estado superficial según la escala de calificación Pavement Condition Index y las fallas existentes en el pavimento flexible de la Av. Educadores, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2025. ♣ Plantear medidas de intervención en base a los resultados obtenidos por la evaluación superficial del pavimento flexible, para mejorar la transitabilidad de la Av. Educadores, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2025. 	<ul style="list-style-type: none"> ♣ La metodología Pavement Condition Index permitirá cuantificar la densidad, el tipo y la severidad de las fallas superficiales, en un valor denominado “valor deducido”, el cual será indispensable para determinar el valor PCI del pavimento flexible de la Av. Educadores, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2025. ♣ El mantenimiento rutinario y/o periódico representará una actividad substancial para la prolongación de la vida útil del pavimento flexible, mejorando de esa forma la transitabilidad de la Av. Educadores, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2025. ♣ El estado superficial del pavimento flexible de la Av. Educadores, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2025, presentará una calificación “Regular” según la escala PCI de la norma ASTM D 6433-24; las fallas superficiales que se identificarán serán las relacionadas a piel de cocodrilo, exudación y parcheo. 	Variable Dependiente TRANSITABILIDAD Indicadores: ♣ Medidas de intervención según categorización (mantenimiento, rehabilitación, reconstrucción) ♣ Priorización de tramos en base al grado de deterioro.	

Anexo II. – Panel Fotográfico

Figura 46

Parqueo de severidad media en la unidad de muestreo 02



Nota. Elaboración Propia

Figura 47

Bacheo de severidad media en la unidad de muestreo 05



Nota. Elaboración Propia

Figura 48

Grieta longitudinal de severidad alta en la unidad de muestreo 08



Nota. Elaboración Propia

Figura 49

Grieta longitudinal de severidad baja en la unidad de muestreo 11



Nota. Elaboración Propia

Figura 50

Parqueo de severidad baja en la unidad de muestreo 14



Nota. Elaboración Propia

Figura 51

Bacheo de severidad alta en la unidad de muestreo 17



Nota. Elaboración Propia

Figura 52

Grieta longitudinal de severidad media en la unidad de muestreo 20



Nota. Elaboración Propia

Figura 53

Agrietamiento en bloque de severidad alta en la unidad de muestreo 23



Nota. Elaboración Propia

Figura 54

Grieta longitudinal de severidad baja en la unidad de muestreo 26



Nota. Elaboración Propia

Figura 55

Piel de cocodrilo de severidad media en la unidad de muestreo 29



Nota. Elaboración Propia

Figura 56

Desprendimiento de agregados de severidad alta en la unidad de muestreo 29



Nota. Elaboración Propia

Figura 57

Grieta de borde de severidad alta en la unidad de muestreo 29



Nota. Elaboración Propia

Figura 58

Desnivel carril/berma de severidad alta en la unidad de muestreo 32



Nota. Elaboración Propia

Figura 59

Parqueo de severidad media en la unidad de muestreo 35



Nota. Elaboración Propia