

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**COMPARACIÓN DEL MÉTODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN
DEL PAVIMENTO (PCI) Y DEL MÉTODO DEL MTC PARA LA
EVALUACIÓN ÓPTIMA DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO**

TESIS

**PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

Bach. CAMPOS APARICIO, JOSE MARIA

Bach. TREBEJO RAMÍREZ, LUIS ENRIQUE

ASESOR: MSc. Ing. HUAMÁN GUERRERO, NÉSTOR W.

LIMA - PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, mi esposa e hijo, a mi hermana, y amigos quienes, con su apoyo moral, sus conocimientos y aliento, me mantuvieron firme durante los años de carrera.

Jose Maria Campos Aparicio

Esta tesis es dedicada a mis padres, quienes con su apoyo y confianza en mí fueron el principal motivo durante los años de carrera, a mi hermano por ser mi compañero de amanecidas y a mi abuela Filomena, quien me enseñó a perseverar siempre.

Luis Enrique Trebejo Ramírez

AGRADECIMIENTO

Nuestro sincero agradecimiento a la universidad, por brindarnos las herramientas para desarrollarnos como profesionales, a nuestro asesor de tesis, Mg. Sc. Ing. Néstor Huamán Guerrero, por el tiempo y apoyo brindado para la presente investigación, así como su experiencia profesional para saber guiarnos. A nuestro metodólogo Ing. Joaquín Tamara Rodríguez, por la orientación para el correcto desarrollo de la presente tesis.

Campos Jose Maria y Trebejo Luis Enrique

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos	2
1.1.1 Problema General.....	3
1.1.2 Problemas Específicos.....	3
1.2 Objetivo general y específico	3
1.2.1 General	3
1.2.2 Específico	3
1.3 Delimitación de la investigación: temporal espacial y temática.....	4
1.4 Justificación e importancia	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1 Antecedentes del estudio de investigación	5
2.2 Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio	5
2.2.1 En el ámbito Internacional	5
2.2.2 En el ámbito nacional.....	6
2.2.3 Proceso Estratégico	8
2.3 Definición de términos básicos.....	8
2.4 Definición de pavimento.....	10
2.4.1 Pavimento flexible.....	10
2.4.2 Resistencia estructural.....	10
2.4.3 Durabilidad.....	11
2.4.4 Requerimientos de conservación.....	11
2.5 Ciclos de vida de los pavimentos.....	11
2.5.1 Construcción.....	11
2.5.2 Deterioro imperceptible.....	11
2.5.3 Deterioro acelerado	12
2.5.4 Deterioro total	12
2.6 Mantenimiento y rehabilitación de pavimentos.....	14
2.6.1 Técnicas aplicadas a pavimentos.....	15
2.7 Evaluación de pavimentos	17

2.7.1 Tipos de evaluación de pavimentos.....	17
2.8 Método de Índice de condición del pavimento (PCI).....	18
2.8.1 Objetivo del método PCI.....	19
2.8.2 Muestras en el método PCI	20
2.8.3 Técnicas, instrumentos y materiales de recolección de datos	20
2.8.4 Condición del pavimento	22
2.8.5 Cálculo del Método de Índice de condición del pavimento (PCI)	22
2.8.6 Procedimiento de inspección del pavimento	27
2.8.7 Criterios de inspección del pavimento	27
2.8.8 Descripción de fallas, severidad y unidad de medida en pavimentos	28
2.9 Método de Mantenimiento o conservación vial del MTC	58
2.9.1 Niveles de servicio	58
2.9.2 Pavimento Flexible – Calzada y Berma	59
2.9.3 Conservación de pavimentos flexibles – calzada y berma.....	61
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	62
3.1 Hipótesis	62
3.1.1 Hipótesis principal.....	62
3.1.2 Hipótesis Específicas.....	62
3.2 Variables	62
3.2.1 Definición conceptual de las variables.....	62
3.2.2 Operacionalización de las variables	64
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	65
4.1 Tipo y nivel.....	65
4.1.1 Método de investigación	65
4.1.2 Orientación de la investigación	65
4.1.3 Enfoque de la investigación	65
4.1.4 Nivel de la investigación	65
4.2 Diseño de la investigación	66
4.3 Población y muestra.....	66
4.3.1 Población de estudio.....	66
4.3.2 Diseño muestral.....	66
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	66
4.4.1 Procedimientos para la recolección de datos.....	67
4.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos	67

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACION.....	68
5.1 Presentación de resultados y discusión.....	68
5.1.1 Observaciones de tráfico en la zona de estudio.....	69
5.2 Resultados de la evaluación del pavimento con el Método de Índice de condición del pavimento (PCI).....	69
5.2.1 Ubicación, datos y cálculos.....	69
5.3 Resultados de la evaluación del pavimento con el Método de Mantenimiento o conservación vial del MTC.....	77
5.3.1 Ubicación, datos y cálculos.....	77
5.4 Comparación de los métodos Índice de condición del pavimento (PCI) y el método de Mantenimiento o conservación vial del MTC.....	86
5.4.1 Comparación de los métodos en Tramo Emp.Pe-3S – Atuncolla. Puno.....	86
5.4.2 Comparación de los métodos en Av. Pedro Beltrán – Ventanilla, Callao.....	87
5.4.3 Propuesta de Intervención según resultados.....	88
5.5 Contratación de Hipótesis.....	88
5.5.1 Hipótesis Especifica 1.....	88
5.5.2 Hipótesis Especifica 2.....	89
5.5.3 Hipótesis Especifica 3.....	91
5.5.4 Hipótesis Especifica 4.....	94
CONCLUSIONES.....	96
RECOMENDACIONES.....	98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
ANEXOS.....	101
Anexo N°1: Matriz de Consistencia.....	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Correlación de categoría de acción con un rango de PCI.....	14
Tabla N°2: Rangos de Calificación del PCI.....	22
Tabla N°3: Curvas para Pavimento Asfáltico.....	23
Tabla N°4: Curvas para Pavimento Asfáltico.....	24
Tabla N°5: Curvas para Pavimento Asfáltico del Valor Total Deducido.....	25
Tabla N°6: Nivel de Severidad para baches menor a 750 mm.....	47
Tabla N°7: Deterioros o Fallas de los Pavimentos asfaltados.....	60
Tabla N°8: Niveles de Servicio para calzadas, referente al tratamiento superficial.....	61
Tabla N°9. Operacionalización de las variables.....	64
Tabla N°10: Fallas encontradas en la muestra	70
Tabla N°11: Cálculo de PCI.....	70
Tabla N°12: Máximo valor deducido.....	70
Tabla N°13: Fallas encontradas en la muestra	71
Tabla N°14: Cálculo de PCI.....	71
Tabla N°15: Máximo valor deducido.....	72
Tabla N°16: Fallas encontradas en la muestra	73
Tabla N°17: Cálculo de PCI.....	73
Tabla N°18: Máximo valor deducido.....	74
Tabla N°19: Fallas encontradas en la muestra	75
Tabla N°20: Cálculo de PCI.....	75
Tabla N°21: Máximo valor deducido.....	76
Tabla N°22: Fallas encontradas en la muestra	78
Tabla N°23: Cálculo de la condición del Pavimento.....	78
Tabla N°24: Fallas encontradas en la muestra	80
Tabla N°25: Cálculo de la condición del Pavimento.....	80
Tabla N°26: Fallas encontradas en la muestra	82
Tabla N°27: Cálculo de la condición del Pavimento.....	83
Tabla N°28: Fallas encontradas en la muestra	84
Tabla N°29: Cálculo de la condición del Pavimento.....	84
Tabla N°30. Matriz de consistencia.....	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Sección de un pavimento.....	10
Figura N°2: Ciclo de Vida de los Pavimentos y Momentos de Mantenimiento.....	12
Figura N°3: Ciclo de vida de los pavimentos con mantenimiento y rehabilitación.....	13
Figura N°4: Sellado de Grietas con asfalto.....	15
Figura N°5: Escala de puntaje.....	19
Figura N°6: Escala de puntaje.....	21
Figura N°7: Ecuación de Número Máximo Admisible de Valores Deducidos.....	26
Figura N°8: Nivel de severidad Piel de Cocodrilo (L)	28
Figura N°9: Severidad Media de piel de cocodrilo (M)	29
Figura N°10: Severidad Alta de Piel de Cocodrilo (H)	29
Figura N°11: Bajo nivel de severidad de exudación (L)	30
Figura N°12: Severidad medio de exudación (M)	30
Figura N°13: Severidad Alta de Exudación (H)	31
Figura N°14: Severidad baja de fisuras por bloques (L)	31
Figura N°15: Severidad Media de fisuras en bloque (M)	32
Figura N°16: Severidad Alta de Fisuras en Bloques (H)	32
Figura N°17: Severidad baja en abultamientos (L)	33
Figura N°18: Severidad medio en abultamientos (M)	33
Figura N°19: Severidad alta en abultamientos (H)	34
Figura N°20: Severidad baja en corrugación (L)	35
Figura N°21: Severidad media en corrugación (M)	35
Figura N°22: Corrugación con Severidad Alta (H)	36
Figura N°23: Depresión con Severidad baja (L)	36
Figura N°24: Depresión con severidad Media (M)	37
Figura N°25: Depresión con Severidad Alta (H)	37
Figura N°26: Fisuras de borde con Severidad Baja (L)	38
Figura N°27: Fisuras de borde con Severidad Medio (M)	38
Figura N°28: Fisuras de borde con Severidad Alto (H)	39
Figura N°29: Fisuras de Reflexión de Junta de Severidad Baja (L)	39

Figura N°30: Fisuras de Reflexión de Junta de Severidad Media (M)	40
Figura N°31: Fisuras de Reflexión de Junta de Severidad Alta (H)	41
Figura N°32: Desnivel Carril – Berma con Severidad Baja (L)	42
Figura N°33: Desnivel Carril – Berma con Severidad Media (M)	42
Figura N°34: Desnivel Carril – Berma con Severidad Alta (H)	43
Figura N°35: Fisuras Longitudinales y Transversales con Severidad Bajo (L)	43
Figura N°36: Fisuras Longitudinales y Transversales con Severidad Media (M)	44
Figura N°37: Fisuras Longitudinales y Transversales con Severidad Alta (A)	44
Figura N°38: Parches y Cortes Utilitarios de Severidad Baja (L)	45
Figura N°39: Parches y Cortes Utilitarios de Severidad Media (M)	45
Figura N°40: Parches y Cortes Utilitarios de Severidad Alta (H)	46
Figura N°41: Agregado Pulido.....	47
Figura N°42: Parches de Severidad Baja (L)	48
Figura N°43: Parches de Severidad Media (M)	48
Figura N°44: Parches de Severidad Alta (H)	49
Figura N°45: Ahuellamiento de Severidad Baja (L)	49
Figura N°46: Ahuellamiento de Severidad Media (M)	50
Figura N°47: Ahuellamiento de Severidad Alta (H)	50
Figura N°48: Desplazamiento de Severidad Baja (L)	51
Figura N°49: Desplazamiento de Severidad Media (M)	51
Figura N°50: Desplazamiento de Severidad Alta (H)	52
Figura N°51: Fisuras parabólicas por deslizamiento de Severidad Baja (L)	52
Figura N°52: Fisuras parabólicas por deslizamiento de Severidad Media (M)	53
Figura N°53: Fisuras parabólicas por deslizamiento de Severidad Alta (H)	53
Figura N°54: Hinchamiento.....	54
Figura N°55: Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados de Severidad Baja (L)	55

Figura N°56: Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados de Severidad Media (M)	55
Figura N°57: Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados de Severidad Alta (H)	56
Figura N°58: Cruce de Vía Férrea de Severidad Baja (L)	56
Figura N°59: Cruce de Vía Férrea de Severidad Media (M)	57
Figura N°60: Cruce de Vía Férrea de Severidad Alta (H)	57

RESUMEN

En nuestro país la mayoría de las carreteras son de pavimento asfáltico, por eso es importante estudiar y comparar métodos de evaluación superficial para clasificar las fallas, con la finalidad de proponer la intervención óptima para el cuidado de la vía.

En tal sentido se describió los métodos de Índice de Condición del pavimento (PCI) y el Mantenimiento o conservación vial del MTC para ser comparados de manera teórica y numérica usando datos de campo de investigaciones pasadas, con la finalidad identificar el método más adecuado y proponer el tipo de intervención idónea según las fallas encontradas en el pavimento asfáltico.

Por la situación actual de pandemia, se tomó en cuenta realizar la investigación con referencias de otras tesis de investigación que estén ligados a la comparación de los métodos de PCI y MTC, con el fin de cumplir con los objetivos trazados. Así mismo la metodología utilizada en esta investigación es del tipo deductivo, donde partimos de premisas generales para llegar a un caso particular de comparación, el cual nos permitirá concluir con el método más adecuado de implementar, entre los métodos del PCI y el MTC.

Sabiendo que el método de Índice de condición del pavimento (PCI) es el más usado en nuestro país respecto a evaluaciones superficiales en pavimentos. En tal sentido, los resultados puestos en comparación de las cuatro unidades muestras dieron con mayor detalle de las fallas en los resultados del método del PCI respecto del MTC, influyendo en la condición de pavimento asignado.

Palabra Clave: Evaluación, PCI, MTC, pavimento flexible, pavimento asfáltico, tipos de fallas, niveles de severidad.

ABSTRACT

In our country, most of the roads are made of asphalt pavement, so it is important to study and compare surface evaluation methods to classify faults, in order to propose the optimal intervention for road maintenance.

In this sense, the methods of the Pavement Condition Index (PCI) and the Maintenance or road conservation of the MTC were described to be compared theoretically and numerically using field data from past research, in order to identify the most appropriate method and propose the type of suitable intervention according to the faults found in the asphalt pavement.

Due to the current pandemic situation, it was considered to carry out the research with references from other research theses that are linked to the comparison of the PCI and MTC methods, in order to meet the objectives, set. Likewise, the methodology used in this research is of the deductive type, where we start from general premises to arrive at a particular case of comparison, which will appropriate method to implement, between the PCI and MTC methods.

Knowing that the Pavement Condition Index (PCI) method is the most used in our country regarding surface evaluations in pavements. In this sense, the results compared to the four sample units gave more detail of the failures in the results of the PCI method with respect to the MTC, influencing the assigned pavement condition.

Keywords: Evaluation, PCI, MTC, flexible pavement, asphalt pavement, types of failures, severity levels.

INTRODUCCIÓN

Las carreteras son la vía de comunicación más importantes en nuestro país, por su extensión en cada región y por ser un símbolo de desarrollo que conecta nuestros pueblos con las principales ciudades.

Las carreteras en su mayoría son del tipo pavimentada asfaltadas, esto debido a la practicidad de su construcción, así como los materiales requeridos que son de mayor facilidad de acceso.

De aquí se desprende la necesidad de plantear metodologías que brinden un mejor mantenimiento o rehabilitación de las vías, con el fin de presévalas en el tiempo, y que respondan adecuadamente a su exposición climática y diversas que presenta nuestro país, así como el continuo flujo vehicular a las que están sometidas. Esto en concordancia con un menor costo de mantenimiento, facilidad de obtención de materiales y una adecuada preservación vial.

Para nuestro desarrollo de tesis, contamos con dos investigaciones realizadas en distintos lugares y tiempos, para lo cual elegiremos de forma aleatoria muestras con características similares en estudio, para realizar nuestros propios cálculos y compararlos, de tal forma que podamos contrastar nuestras hipótesis.

De este modo la comparación de los métodos de Índice de Condición del Pavimento (PCI) y Mantenimiento o Conservación Vial del MTC nos brindarán la información necesaria para determinar cuál de los métodos es más eficiente en la descripción de las fallas que pueda presentar la vía, con la finalidad de aplicar las técnicas necesarias de conservación o mantenimiento para la mantener en óptimas condiciones la vida útil de la vía y brindar mejor transitabilidad a los usuarios.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos

Las carreteras son la vía de comunicación más importante en nuestro país, por su extensión en cada región y por ser un símbolo de desarrollo que conecta nuestros pueblos con las principales ciudades.

Las carreteras en su mayoría son del tipo pavimentada asfaltadas, esto debido a la practicidad de su construcción, así como los materiales requeridos que son de mayor facilidad de acceso. Y la importancia que tienen dichos pavimentos asfálticos por ser la principal vía de comunicación, hacen que se encuentren expuestas a diversos tipos de cambios, ya sean climáticos o de uso. Por lo que su preservación es de vital importancia, no solo para brindar conexión y desarrollo a nuestros pueblos, sino también en brindar calidad y seguridad a la hora de transportarnos. De aquí se desprende la necesidad de plantear metodologías que brinden un mejor mantenimiento o rehabilitación de las vías, con el fin de presérvales en el tiempo, y que respondan adecuadamente a su exposición climática y diversas que presenta nuestro país, así como el continuo flujo vehicular a las que están sometidas. Esto en concordancia con un menor costo de mantenimiento, facilidad de obtención de materiales y una adecuada preservación vial.

Por lo que, para el mantenimiento de las carreteras pavimentadas en nuestro país, es necesario utilizar métodos de evaluación del estado del pavimento que sean mucho más precisos. Esto nos brinda un mayor detalle del estado real del pavimento después de su construcción, de tal forma que plantear el tipo de intervención sea la más idónea. Obteniendo así pavimentos asfálticos, mejor conservados, con un mayor grado de confort a la hora de transitarlos, y con ello derivar en beneficios a largo plazo como seguridad y cumplimiento de la vida útil proyectada para estas vías terrestres.

Para nuestro desarrollo de tesis, tenemos como muestra de estudio dos investigaciones de diferente lugar y tiempo, el cual nos servirá sus datos de campo y escogeremos de forma aleatoria tramos de estudio para realizar nuestros propios cálculos, de tal manera poder comparar ambos métodos (PCI y MTC) a fin de comprobar nuestras hipótesis, además con los resultados obtenidos proponer la intervención más adecuada en la vía, ya sean mantenimientos y/o rehabilitaciones de ser el caso.

1.1.1 Problema General

¿Cuáles son las intervenciones que se debe realizar al pavimento asfáltico al comparar los métodos Índice de condición del pavimento (PCI) y el Método de Mantenimiento o conservación vial del MTC?

1.1.2 Problemas Específicos

- a) ¿Cómo influye el método Índice de condición del pavimento (PCI) para determinar el estado de conservación que se encuentra el pavimento asfáltico?
- b) ¿Cómo influye el método de Mantenimiento o conservación vial del MTC para determinar el estado de conservación que se encuentra el pavimento asfáltico?
- c) ¿Cuál de los métodos tiene mayor eficacia para describir el estado del pavimento entre los métodos Índice de condición del pavimento (PCI) y Mantenimiento o conservación vial del MTC?
- d) ¿Cuál es la intervención del pavimento asfáltico que se debe realizar aplicando el método más conveniente?

1.2 Objetivo general y específico

1.2.1 General

Comparar los métodos Índice de condición del pavimento (PCI) y el Método de Mantenimiento o conservación vial del MTC para la determinación de la intervención en el pavimento asfáltico, año 2021

1.2.2 Específico

- a) Describir e investigar el método Índice de condición del pavimento (PCI) para conocer el estado de conservación en el que se encuentra el Pavimento Asfáltico.
- b) Describir e investigar el método de Mantenimiento o conservación vial del MTC para conocer el estado de conservación en el que se encuentra el Pavimento Asfáltico.
- c) Comparar los resultados de Los Métodos Índice de condición del pavimento (PCI) y el Método de Mantenimiento o conservación vial del MTC para saber cuál de los métodos es más conveniente.

- d) Aplicación del método más conveniente en la vía para determinar el tipo de intervención del pavimento asfáltico.

1.3 Delimitación de la investigación: temporal espacial y temática

El contexto en el que se encuentra el país a causa de la pandemia y con ello las limitaciones de movilidad que presentamos todos, se nos hace difícil llevar a cabo el estudio por nuestros propios medios, por lo que, para la realización de esta investigación, nos remitimos a usar expedientes y tesis ya realizadas, que nos ayuden a recopilar información para estudiarla y analizarla. Y una de las principales limitaciones es la cantidad de información desea que pueda existir de la zona de estudio.

1.4 Justificación e importancia

Perú es uno de los países con más diversidad de climas en el continente, en el cual las vías de comunicación están expuestas a diferentes climas, ya sean cálidos o fríos, así como en distintas alturas, ya sea nivel del mar, sierra o selva.

Por eso la importancia de tener una infraestructura vial adecuada, para conservar las vías pavimentadas que son las principales conexiones para transportes turísticos y otros rubros que desempeña cada región del país, así como sus habitantes.

Por lo que el presente proyecto está orientado en estudiar el método más adecuado que nos permita saber con un mayor grado de eficacia el estado que se encuentra el pavimento asfáltico, a fin, de proponer el tipo de intervención más adecuado para la carretera, ya sea mantenimiento o rehabilitaciones. Con el objetivo de preservar las vías de comunicación de todo el país.

Además de compartir los resultados de esta investigación, así como las sugerencias que podemos aportar, con la finalidad de ser útiles para las entidades dedicadas al cuidado y preservación de las vías, así como mejorar su calidad de tránsito de estas.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio de investigación

La zona de estudio se encontraron dos tesis en las que ponen en comparación los métodos PCI y MTC, en las cuales los resultados obtenidos dan como método más eficiente al Índice de Condición del Pavimento (PCI) por el nivel más detallado de la descripción de fallas encontradas en la vía.

2.2 Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio

2.2.1 En el ámbito Internacional

Según Opino y Tinoco (2019) en su tesis Análisis de daño por causa del envejecimiento y auscultación en estructuras de pavimentos flexibles en las ciudades de Santa Marta y Barranquilla entre los años (2012-2017) para optar por el título de ingeniería civil. Esta tesis se enfocó en los efectos que ocasionan el envejecimiento del pavimento flexible, cuando es expuesto a la temperatura, rayos ultravioletas, la humedad, entre otras características climáticas, así como los malos procesos constructivos dando un envejecimiento y deterioro más rápido. Analizaron varios tramos y fallas en las ciudades de Santa Marta y Barranquilla, donde se registraron patologías donde concluyeron que para una óptima intervención del pavimento a fin de preservar su condición es proponer inyecciones neumáticas de mezclas asfálticas. Además, concluyeron que las causas que generan el envejecimiento del pavimento tienen diferentes tipos de clasificación, y que normalmente éstas intervenían mucho antes de la implementación con el medio en el cual está en servicio.

Según Romero (2017) en su tesis Cualificación cuantitativa de las patologías en el pavimento flexible para la vía Siberia – Tenjo de la Sabana de Bogotá, para optar por el título de ingeniería civil. Esta tesis se enfocó en encontrar las patologías según el tipo de aspecto en que estaría expuesto el pavimento flexible, siendo estos tipos de aspectos como los ambientales, geológicos y el uso que se le dé al suelo en estudio. Concluyeron que una de las principales fallas era la de tipo piel de cocodrilo, la desecación producida por la pérdida de humedad en los suelos arcillosos. Y que, a pesar de los daños encontrados por hundimientos y abultamientos, estos no representaban la mayoría de las fallas, si no que el 10.47% representa los hundimientos y el 89.53% representa a las

fisuras de borde, y esto se da ya que, según las inspecciones realizadas, los hundimientos y fisuras de borde se encuentran separadas entre si a una distancia promedio de 10 metros.

Según Pacheco (2018) en su tesis Análisis comparativo de los efectos patológicos generados por la variabilidad del tráfico y clima en pavimento flexible de las ciudades de Santa Marta D.T.C.H y Bogotá D.C. entre los años 2010 – 2018, para optar por el título de ingeniería civil. Esta tesis está enfocada en documentar todas las fallas existentes en el pavimento flexible en las ciudades de Santa Marta y Bogotá D.C, que se realizó en los años 2010 al 2018, con el fin de conocer las diferencias y causas de estas fallas, encontrando patologías y poder proponer del tipo de intervención que sea necesaria en el pavimento flexible, que esté sujeto a una inspección visual o superficial. Siendo uno de sus objetivos principales, encontrar el mecanismo necesario que logre identificar el tipo de deterior que está expuesto el pavimento flexible con respecto al uso y la exposición ambiental. Se concluyó de manera concisa, que algunas fallas recurrentes pueden ser parte de patologías o deterioros que se producen en el pavimento asfáltico y que, teniendo conocimiento de estas, el grado de intervención para sus mantenimientos o rehabilitaciones, serán muchas más precisas.

2.2.2 En el ámbito nacional

Según Chaiña, G., Chaiña, O. (2019) en su tesis Bases teóricas para evaluación con el método PCI y MTC para mejorar el mantenimiento de pavimentos flexibles en la avenida roma, distrito de Trujillo (2019). Para optar por el grado de bachiller de ingeniería civil. Nos presenta en su tesis, el estudio de dos métodos de evaluación de pavimentos, que son el método PCI y MTC. Con la finalidad de describir el estado en que se encuentra el pavimento flexible de la avenida Roma en el distrito de Trujillo, de esta manera encontrar posibles patologías de las fallas que presenta el pavimento. Y con ello proponer mantenimientos rutinarios que sean los más adecuados para esta vía y que sirvan como antecedentes para futuros trabajos de mantenimiento o rehabilitaciones, de ser el caso, que puedan realizar las entidades correspondientes.

Según Choque (2019) en su tesis Estudio comparativo del método PCI y el manual de conservación vial MTC en la evaluación superficial del pavimento flexible, tramo EMP.PE-3S – Atuncolla (2017). Para optar por el título de ingeniería civil. Esta tesis se enfocó en la comparación de los métodos PCI y MTC para describir el estado del pavimento flexible más adecuado y preciso, con la finalidad de proponer la intervención del pavimento necesaria según ciertos parámetros establecidos para una adecuada conservación de la vía. En la vía EMP. PE-3S Atuncolla donde evaluaron con el método PCI, les dio una calificación del pavimento de MALO con tendencia a MUY MALO, mientras que con el método del MTC sus resultados obtenidos fueron de REGULAR y con tendencias a BUENO. Analizando los resultados de cada método, llegaron a la conclusión que el método del MTC no llega a describir de forma más precisa el pavimento, ya que los niveles de evaluación que consideran son más flexibles al describir y clasificar una falla, además que las muestras de evaluación son cada 200 metros, esto siendo perjudicial porque deja varios tramos a analizar solo de forma general. A diferencia del método PCI, que tiene niveles de clasificación más detallados y cuya realización y análisis es más extensiva, dándonos mayor descripción de los tramos analizados. Es por tales motivos que el método PCI es el más usado en nuestro país, así como en el extranjero, por su grado de descripción más precisa que hace que la propuesta de intervención al pavimento flexible sea la más idónea.

Según Mori (2018) en su tesis Estudio comparativo de las fallas del pavimento asfáltico con los manuales del PCI y de mantenimiento o conservación vial del MTC en la av. Pedro Beltrán – Ventanilla. Para optar por el título de ingeniería civil. Manifiesta en su tesis, que según datos estadísticos y de proyección del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, manifiesta que el incremento de la construcción de carreteras será de pavimento asfáltico, de aquí la importancia de estudiar las fallas que son las que ocasionan el deterioro del pavimento, considerando los diversos factores, que pueden ser por clima al que están expuestos y por su flujo de tránsito que soportan. Por tales motivos estudian las fallas que ocasionan en el pavimento, usando los métodos de Pavement Condition Index (PCI) con el manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), ya que, si las fallas que presentan los pavimentos

no son reparadas a tiempo, acelerarían el proceso de desgaste de la condición del pavimento, pasando de un daño superficial a uno estructural. Con los análisis realizados, llegaron a la conclusión que ambos métodos tienen resultados similares, pero que el método del PCI tiene una mayor aproximación a la realidad, ya que describe y clasifica mejor las fallas presentadas en el pavimento. De tal manera que se toma como referencia estos resultados obtenidos en la Av. Pedro Beltrán en Ventanilla – Callao, y se propone los mantenimientos rutinarios necesarios para preservar la condición del pavimento. Y como aporte final, sugieren que se deben realizar los estudios pertinentes a los pavimentos asfálticos de nuestro país, con el fin de tener un plan de mantenimiento y conservación vial, a fin de contrarrestar las fallas a las que están expuestas.

2.2.3 Proceso Estratégico

La estructura teórica que sustenta el proyecto de tesis está basada en los antecedentes ya presentados, como los estudios previos de forma nacional e internacional, donde comparan los métodos de Índice de condición del pavimento (PCI) y el método de Mantenimiento o conservación vial del MTC, así como los manuales respectivos a cada método, con el fin de comparar estos y difundir el método más idóneo para describir el estado del pavimento y proponer el tipo de intervención que debe ser aplicados al pavimento a fin de reparar las fallas presentadas y conservar la vía en estudio.

2.3 Definición de términos básicos

Definiciones según el manual PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras – Ing. Esp. Luis Ricardo Vásquez Varela y el Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación vial del MTC:

- Abultamientos: son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento.
- Hundimientos: son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento.
- Corrugación: es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren en intervalos bastantes regulares.

- Depresión: son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor.
- Grieta de borde: son paralelas y, generalmente, están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m del borde exterior del pavimento.
- Desnivel carril/berma: es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma.
- Huecos: son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón.
- Cruce de vía férrea: defectos asociados al cruce de vía férrea son depresiones o abultamientos alrededor o entre rieles.
- Ahuellamiento: es una depresión en la superficie de las huellas de las ruedas.
- Desplazamiento: es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito.
- Grietas parabólicas: son grietas en forma de medialuna creciente.
- Hinchamiento: se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento – una onda larga y gradual con una longitud mayor que 3.0 m.
- Meteorización/desprendimiento de agregados: son la pérdida de la superficie del pavimento debida a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado.
- Fisuras finas: son hendiduras o rajaduras delgadas que también se denomina micro fisuras, de varios orígenes, con un ancho igual o menor a 1mm.
- Fisura media: son hendiduras o rajaduras abiertas y/o ramificadas sin pérdida de material de varios orígenes, con un ancho mayor a 1mm y menor o igual a 3mm.
- Fisura gruesa (grietas): son hendiduras o rajaduras abiertas y/o ramificadas con pérdida de material denominada también grietas, de varios orígenes, con un ancho mayor a 3mm.
- Reparación: consiste en arreglar, enmendar o recuperar cualquier elemento de la infraestructura vial que se encuentre en mal estado por efectos del tránsito o carga vial o ha sido dañada por efectos de la naturaleza o por terceros.

2.4 Definición de pavimento

Mori (2018) define al pavimento como:

Se conoce como pavimento al conjunto de varias capas de material seleccionado cuya función es resistir, distribuir y absorber las fuerzas causadas por la circulación de vehículos, en forma eficiente durante el periodo de tiempo para el cual ha sido diseñado dando a los usuarios la seguridad y comodidad para el tránsito. (pp. 15)

2.4.1 Pavimento flexible

Mori (2018) define al pavimento flexible como:

Los pavimentos flexibles están constituidos por un conjunto de capas denominadas superficie de rodadura o capa asfáltica, base granular y sub-base granular las cuales están apoyadas sobre una subrasante nivelada y compactada mínimo al 95% de la máxima densidad seca del ensayo Proctor Modificado. (pp. 17)

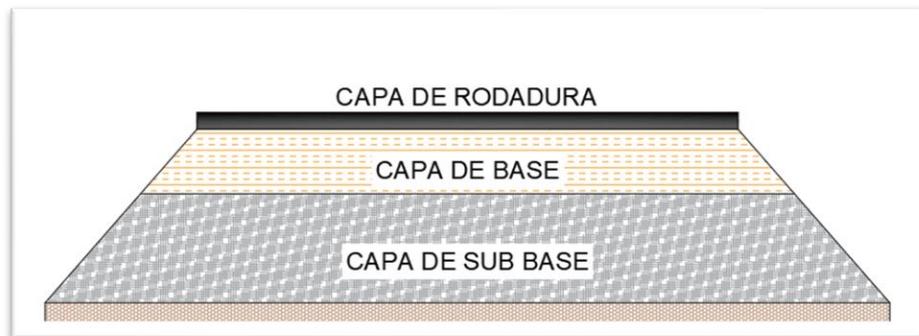


Figura N°1: Sección de un pavimento
Fuente propia en AutoCAD

2.4.2 Resistencia estructural

Mori (2018) define la resistencia estructural como:

El pavimento flexible debe ser capaz de soportar las cargas impuestas por los vehículos los cuales produce esfuerzos normales y cortantes en la estructura. Siendo el esfuerzo cortante la principal causa de falla desde el punto de vista estructural. También se tiene aquellos producidos por la aceleración, frenaje de los vehículos y esfuerzos de tensión en los niveles superiores de la estructura. (pp. 18)

2.4.3 Durabilidad

Mori (2018) define la durabilidad como:

La durabilidad que se desee obtener de un pavimento asfáltico dependerá de factores económicos y sociales, siendo esta característica muy importante debido a que ayudará a conservar el pavimento. Siendo en la mayoría de los casos la solución más económica y rentable hacer un respectivo mantenimiento para lograr la conservación y vida útil del pavimento asfáltico. (pp. 18)

2.4.4 Requerimientos de conservación

Mori (2018) define los requerimientos de conservación como:

Uno de los factores para tener en cuenta es el aumento de tránsito, también el clima, como entre otros, es por ello por lo que se debe optar por hacer un plan de mantenimiento a los pavimentos asfálticos, ya sean rutinarios o periódicos para hacer que la vida del pavimento no se acorte y evitar accidentes, haciendo que el usuario pueda transitar a la velocidad de diseño establecida.

2.5 Ciclos de vida de los pavimentos

El ciclo de vida del pavimento, sin considerar un mantenimiento y rehabilitación, se puede representar mediante una curva de comportamiento, la cual es una representación histórica de la calidad del pavimento. Dicha curva evidencia cuatro etapas, las cuales se describen a continuación (MEDINA DE LA CRUZ & DE LA CRUZ PUMA, 2017).

2.5.1 Construcción

El estado del pavimento es excelente y cumple con los estándares de calidad necesarios para satisfacer a los usuarios. El costo en el que se ha incurrido hasta esta etapa es la construcción del paquete estructural.

2.5.2 Deterioro imperceptible

El pavimento ha sufrido un desgaste progresivo en el transcurso del tiempo, el deterioro en esta etapa ya existe, pero es poco visible y no es apreciable por los usuarios. Generalmente el mayor daño se produce en la superficie de rodadura debido al tránsito y clima. Para disminuir el deterioro o desgaste es necesario aplicar una serie de medidas de mantenimiento y conservación, si no se efectúan, la vida útil del pavimento se reduce drásticamente.

2.5.3 Deterioro acelerado

Después de varios años, los elementos del pavimento están cada vez más deteriorados, la resistencia al tránsito se ve reducida. La estructura básica del pavimento está dañada, esto lo podemos constatar por las fallas visibles en la superficie de rodadura. Esta etapa es corta, ya que la destrucción es bastante acelerada. El estado del camino varía desde regular hasta muy pobre.

2.5.4 Deterioro total

Esta etapa puede durar varios años y constituye el desgaste completo del pavimento. La Transitabilidad se ve seriamente reducida y los vehículos empiezan a experimentar daños en sus neumáticos, ejes, etc. Los costos de operación de los vehículos aumentan y la vía se hace intransitable para los vehículos. Según lo descrito arriba los pavimentos sufren deterioros constantes debido a las sollicitaciones externas como la lluvia, el tránsito, etc. cuyos efectos puede resultar en un pavimento intransitable. El deterioro de un pavimento se da desde una etapa inicial, con un deterioro casi imperceptible hasta el deterioro total. Es importante resaltar que un pavimento de una condición regular hacia arriba ofrece un camino aún adecuado para los usuarios. En la siguiente figura N°1 se muestra como la condición estructural y funcional de los pavimentos se disminuye con el tiempo.

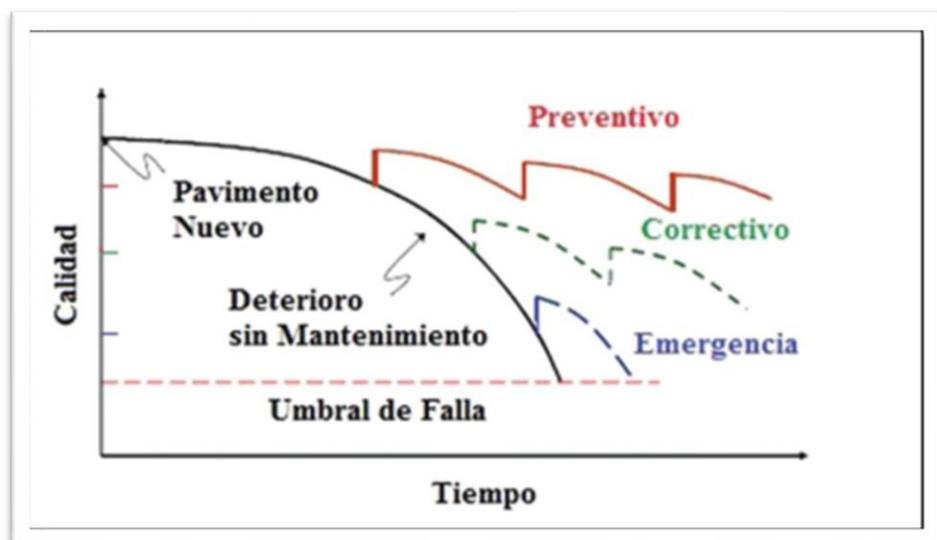


Figura N°2: Ciclo de Vida de los Pavimentos y Momentos de Mantenimiento
Fuente: Revista Vial, 2018

Es importante citar que con la ayuda del índice de condición de un pavimento se puede determinar la condición. Asimismo, existen otras variables además del tiempo como el número de ejes equivalentes y el tránsito acumulado que nos permitirán graficar la degradación del pavimento. Asimismo, el ciclo de vida de los pavimentos puede alargarse si se realiza trabajos de mantenimiento y rehabilitación de manera oportuna, tal como se puede apreciar en la siguiente figura N°3.

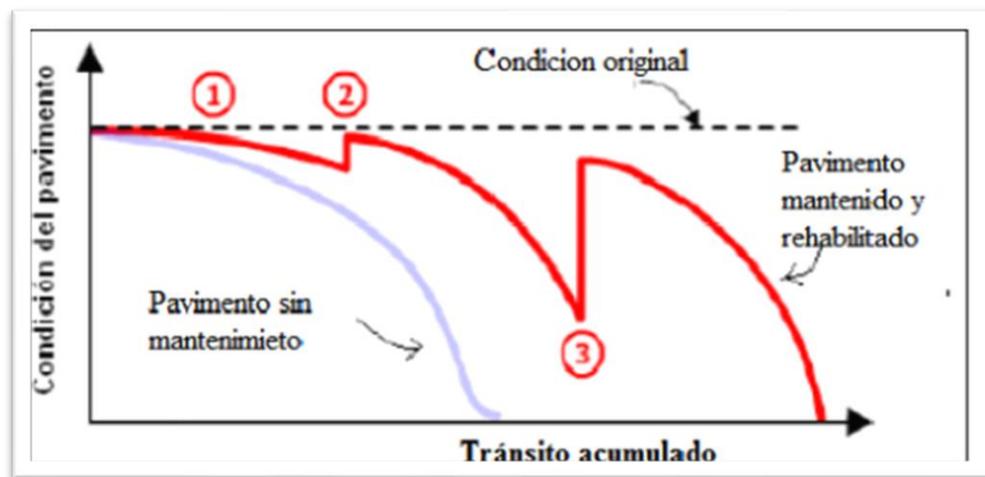


Figura N°3: Ciclo de vida de los pavimentos con mantenimiento y rehabilitación
Fuente: Medina & De la Cruz, 2015

Se puede observar la curva gris que representa el comportamiento de un pavimento sin intervención y la de color rojo con mantenimiento y rehabilitación. En la curva roja se identifica tres puntos, los cuales se describen a continuación:

- **En el punto 1:** el pavimento se deteriora con menor rapidez debido a trabajos de mantenimiento.
- **En el punto 2:** se aplica un trabajo inicial de rehabilitación que restaura la condición del pavimento.
- **En el punto 3:** se realiza una segunda intervención de rehabilitación que restaura la mayoría de la condición original del pavimento.

2.6 Mantenimiento y rehabilitación de pavimentos

El presente punto tiene por objeto discutir los aspectos más comunes relativos a las acciones de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles.

Existen distintos niveles de intervención en la conservación vial, estos se clasifican en función a la magnitud de los trabajos necesarios, desde una intervención simple hasta una intervención más complicada y por ende más costosa.

El mantenimiento reduce la velocidad del deterioro del pavimento corrigiendo pequeños defectos antes de que ellos empeoren y conduzcan a deterioros mayores. Buscando recuperar el deterioro de la capa de rodadura ocasionados por el tránsito y por los efectos del clima. Más allá de cierto punto, el simple mantenimiento no es suficiente y se requieren obras de rehabilitación que conducen a un mejoramiento en la condición del pavimento, recuperando las condiciones iniciales de la vía. Las actividades de mantenimiento se agrupan en dos categorías, las cuales son: preventivas y correctivas. El mantenimiento preventivo incluye aquellas actividades realizadas para proteger el pavimento y reducir su deterioro. Por su parte el mantenimiento correctivo consiste en aquellas actividades ejecutadas para corregir fallas específicas del pavimento o áreas deterioradas. A continuación, se presentan la tabla 01 donde se relacionan los rangos de PCI de un pavimento flexible a la categoría de acción a utilizar.

Tabla N°1: Correlación de categoría de acción con un rango de PCI

RANGO DE PCI	CLASIFICACION
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 - 0	Fallado

Fuente: INGEPAV, 2002

El mantenimiento preventivo se puede clasificar en rutinario y periódico. El rutinario se ejecuta con regularidad, una o más veces al año, dependiendo de la condición del camino y el periódico se realiza cada cierto número de años. A continuación, se describirán las principales técnicas de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos de concretos asfálticos.

2.6.1 Técnicas aplicadas a pavimentos

- Sellado de grietas

El sellado de grietas es una actividad que consiste básicamente en limpieza de las grietas y sellado de las mismas con productos asfálticos, lechada o mezcla asfáltica, a fin de prevenir la entrada de agua y otros materiales a la estructura del pavimento.



Figura N°4: Sellado de Grietas con asfalto

Fuente: Sellado de Fisuras en Asfaltos y Pavimentos en Perú.

- Bacheo o parche

Son las más comunes en la reparación de fallas localizadas en pavimentos. Se describe como la remoción y reposición de un área localizada severamente dañada, o el relleno de huecos producidos por disgregación. Se realiza para corregir fallas estructurales manifestadas por la aparición de grietas del tipo piel de cocodrilo de severidad media y alta, ahuellamiento profundo, grietas de deslizamiento y fallas puntuales como huecos, quiebres, hundimientos, etc.

Se clasifica en cuatro tipos, los cuales se describen brevemente a continuación:

a) Emergencia

Relleno de huecos con mezclas asfálticas en frío o en caliente y eventualmente concreto Portland, materiales granulares, etc. Se ejecutan con poca o ninguna preparación del área afectada.

b) Superficie

No requiere remoción del pavimento. Consiste en sellar mediante la aplicación de un riego de adherencia y mezcla asfáltica (en frío o en caliente) áreas localizadas que presenten agrietamientos, deformaciones, hundimientos y/o disgregación. El procedimiento consiste en limpiar la superficie, aplicar el riego asfáltico, extender y compactar la mezcla de espesores por lo general entre 2 y 4 cm.

c) Carpeta

Considera la remoción parcial o total de la capa asfáltica en la zona afectada, limpieza y conformación (de ser necesaria) de la superficie de apoyo, aplicación de un riego de adherencia, el cual puede suprimirse en algunos casos a juicio del Ingeniero, relleno y compactación de la mezcla asfáltica de reposición.

d) Profundo

Remoción y reposición de la capa asfáltica y de bases o sub-rasante. La remoción de bases, sub-bases o material de sub-rasante se hará cuando no se encuentre una superficie de apoyo sólida, los casos más comunes son: exceso de humedad, falta de compactación, contaminación y/o materiales de pobre calidad. En estos casos debe removerse y reemplazarse el material inadecuado.

- Tratamiento Superficial (Sello) Localizado

Consiste en la aplicación de un sello asfáltico o tratamiento superficial en sitios localizados menores de 300 m² de área. Riego con material asfáltico cubierto con agregados o lechada asfáltica. Es conveniente sobre pavimentos envejecidos y oxidados, que presenten grietas finas y/o pérdida de agregado por disgregación menor. Así mismo, pueden ser utilizados para corregir problemas de textura y mejorar la resistencia al deslizamiento en puntos críticos como: curvas, intersecciones y pendientes. Requiere acciones previas como el bacheo, sellado de grietas anchas, nivelación localizada en áreas deformadas, además de barrido y limpieza de la superficie. Las acciones más comunes son: capa de sello con piedra o grava picada o con arena y lechada asfáltica.

- **Nivelación localizada con mezcla asfáltica**

Esta acción es básicamente igual en su ejecución al bacheo superficial. Es adecuada para corregir fallas de poca gravedad como: hundimientos, ahuellamientos, zanjas, etc. Su ejecución requiere barrido y riego asfáltico de la superficie a tratar. Luego la mezcla es extendida a mano o con la ayuda de equipos de construcción. Finalmente, la mezcla es compactada, empleando equipos de rodillo liso, hasta obtener una densificación adecuada.

- **Micro-fresado y/o texturizado localizada**

El fresado en frío es un proceso por el cual un equipo provisto de un cilindro rotatorio, con dientes de especial dureza, remueve pavimentos de concreto asfáltico, hasta una profundidad especificada. Estos equipos cuentan con sistemas de nivelación automática y son capaces de operar con buena precisión. Esta acción específica se refiere, en el caso de fresado, a la remoción de 1 a 3 cm. de pavimento con la finalidad de alisar áreas deformadas con elevaciones y corrugaciones, ahuellamientos menores, superficies agrietadas y disgregadas. El equipo remueve el material sin dañar las capas inferiores, deja una superficie rugosa y nivelada que facilita la colocación de nuevas capas de espesor uniforme, además de mejorar la adherencia. Por su parte la texturización se refiere al fresado o remoción de un espesor entre 3 a 10 mm con la finalidad de mejorar la fricción del pavimento.

2.7 Evaluación de pavimentos

Es el estudio que se realiza a los pavimentos para el análisis de la estructura y la superficie, de tal manera que nos permita describir con exactitud el estado actual del pavimento, de tal forma poder tomar medidas pertinentes para la conservación y mantenimiento de la vía. Con estas medidas, se propone prolongar la vida útil del pavimento, de ahí la importancia de elegir el método más adecuado de evaluación que se ajuste de manera objetiva y acorde al medio en que está el pavimento. (Leguía & Pacheco, 2016).

2.7.1 Tipos de evaluación de pavimentos

Según sea la información que se requiera del pavimento, con la finalidad de conocer el estado real del mismo, existen diversos métodos que nos permiten realizar la evaluación de los pavimentos.

- a) Método de Índice de Condición del Pavimento (PCI), consiste en determinar el estado de condición del pavimento, mediante inspecciones visuales, que se clasifican según sea el tipo, severidad y cantidad de fallas encontradas en la vía. Siendo un método fácil de realizar y analizar, y que no precisa de herramientas específicas, debido a que la condición del pavimento se mide de forma indirecta. (Rodríguez Velásquez, 2009).

- b) Método de Evaluación Superficial de Inspección Visual de Zonas y Rutas en Riesgo (VIZIR), fue desarrollada en Francia a partir de los años 60 e implementada para pavimentos flexibles, donde fue publicado por el laboratorio central de puentes y carreteras (LCPC). Tiene como objetivo desarrollar el índice de deterioro superficial (Is) para pavimentos, de tal forma identificar la condición del pavimento y sugerir de forma objetivo la aplicación necesaria para la conservación de la vía. (Apolinario, 2012).

- c) Método de Mantenimiento o Conservación vial del MTC, este manual propone los criterios apropiados que se deben aplicar para una eficiente gestión del conjunto de actividades que permitan realizar actividades técnicas de carácter rutinario y periódicas, con el fin de preservar el estado de las vías, con un nivel adecuado de serviciabilidad, incluyendo puentes, túneles y elementos que conforman la vía. (Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial, 2018).

2.8 Método de Índice de condición del pavimento (PCI)

Método de Índice de Condición del Pavimento (PCI), consiste en determinar el estado de condición del pavimento, mediante inspecciones visuales, que se clasifican según sea el tipo, severidad y cantidad de fallas encontradas en la vía. Siendo un método fácil de realizar y analizar, y que no precisa de herramientas específicas, debido a que la condición del pavimento se mide de forma indirecta. (Rodríguez Velásquez, 2009).

El método de PCI establece la evaluación y calificación de los pavimentos, de una forma más detallada, precisa y objetiva. La confiabilidad del método dio pie a que sea estandarizado en el uso por agencias como el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, el APWA (American Public Work Association). Así también ser

publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación para conocer mediante su procedimiento estándar, el índice de condición que puede tener el pavimento tanto en caminos como en estacionamientos. (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2018).

2.8.1 Objetivo del método PCI

Los objetivos de estudiar el método de Índice de condición del pavimento (PCI), son los siguientes:

Conocer el procedimiento de como analiza al pavimento desde el punto de vista estructural no invasivo y que nivel de serviciabilidad está dando al usuario. El indicador que utiliza para describir la estructura del pavimento es de forma indirecta y es mediante el índice de condición del pavimento.

Estudiar el método para la comprensión de los resultados que nos brinde el índice de condición del pavimento, de tal manera que nos permita comparar los resultados con otros métodos. De esta forma conoceremos a detalle el grado de condición que tiene el pavimento.

	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		

Figura N°5: Escala de puntaje
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

2.8.2 Muestras en el método PCI

La población de estudio serán tramos que presenten fallas en el pavimento, siendo observada muestras aleatorias de dos investigaciones realizadas en Puno y en el Callao.

La muestra es no paramétrica, donde el tamaño se rige a los expedientes analizados, siendo el pavimento asfáltico en estudio de la Av. Pedro Beltrán-Ventanilla y Tramo EMP.PE-3S – Atuncolla, esto perteneciente al Callao y la Región de Puno, respectivamente.

2.8.3 Técnicas, instrumentos y materiales de recolección de datos

- a) La técnica empleada en este método es la recolección de datos mediante formatos ya establecidos, y consiste en la evaluación superficial del pavimento para determinar el índice de condición de una carretera, sin el uso de herramientas especializadas, debido a que la medición de la condición se hace de manera indirecta.
- b) Los instrumentos y materiales que se emplean para la realización del método se describen a continuación:
 - Hojas de datos de campo: formatos ya establecidos para recolección de datos en donde se registran la ubicación de las muestras y la descripción detallada de los niveles de fallas, tamaños de muestra y personal que recolectó los datos.

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO		ESQUEMA	
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO	
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m ²)	
INSPECCIONADA POR		FECHA	
No.	Daño	No.	Daño
1	Piel de cocodrilo.	11	Parcheo.
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.
6	Depresión.	16	Desplazamiento.
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados.
10	Grietas long y transversal.		
Daño	Severidad	Cantidades parciales	Total
			Densidad (%)
			Valor deducido

Figura N°6: Escala de puntaje
Fuente: INGEPAV, 2002

- Odómetro manual o rueda de medición: instrumento utilizado para medir con exactitud y que puede usarse caminando y en superficies planas.
- Regla rígida o cordel: usada para determinar las irregularidades a lo largo o ancho de la muestra (pavimento) en estudio.
- Cono de tráfico: usado para cercar el área de estudio y brindar seguridad al personal que esté tomando la muestra.

2.8.4 Condición del pavimento

La exposición que están sometido las carreteras en función al clima y uso origina el deterioro de su estructura. Este se puede clasificar dependiendo el grado e intensidad de desgaste, como la clase de daño, la severidad y la cantidad de daño que tiene el pavimento. Con el fin de agrupar estos tres factores y sean representados como un índice de condición del pavimento, se introdujeron valores deducidos, el cual describe según su rango el nivel de daño que tiene el pavimento, a fin de describir con más detalle el estado de la vía.

El método de Índice de condición del pavimento (PCI) califica el daño en 7 rangos que van desde cero (0), para pavimentos con nivel de fallado, hasta cien (100) para pavimentos que se encuentren en excelente estado. A continuación, en la tabla N°2 se detalla el nivel en que se encuentra el pavimento y a que rango pertenece.

Tabla N°2: Rangos de Calificación del PCI

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

Fuente: INGEPAV, 2002

La evaluación superficial del pavimento que describe la clase, severidad y cantidad de daño que presenta la vía, fundamenta el cálculo del método de Índice de Condición del pavimento (PCI), el método es para determinar la condición más exacta del pavimento y relacionar el tipo de daño que tiene y que lo originó, ya sea el uso o la exposición a las condiciones del clima.

2.8.5 Cálculo del Método de Índice de condición del pavimento (PCI)

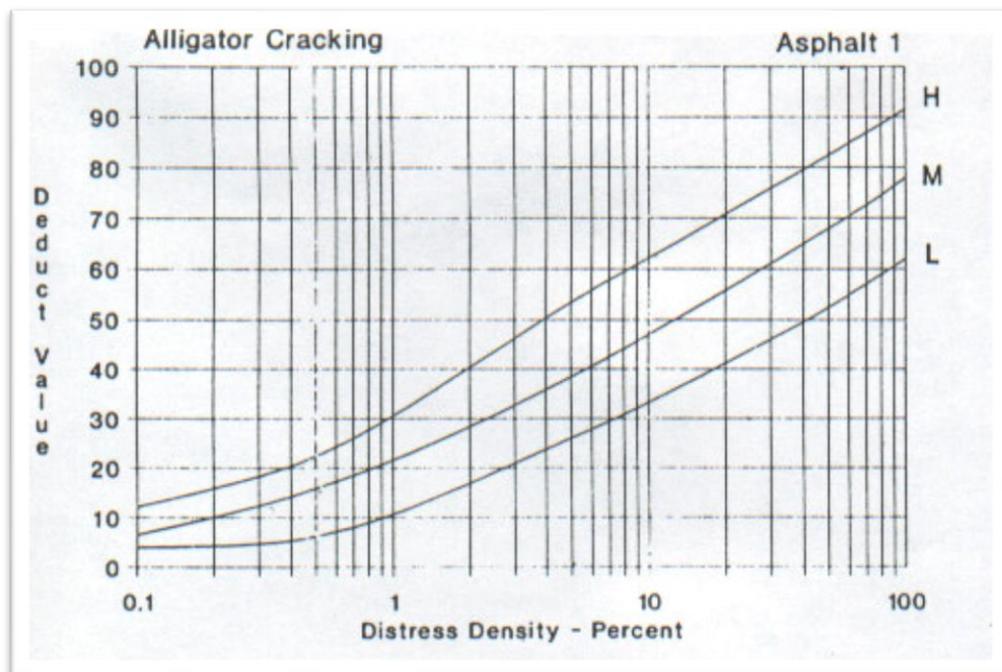
Después de recolectar la información de los daños que presenta el pavimento en los formatos establecidos basados en los valores deducidos, se calculará de manera manual o computarizada cada daño según la cantidad y nivel de severidad presentados en la vía.

El cálculo del PCI para carreteras con capa asfáltica se realizan en 4 etapas:

ETAPA 1. Calcular los Valores Deducidos:

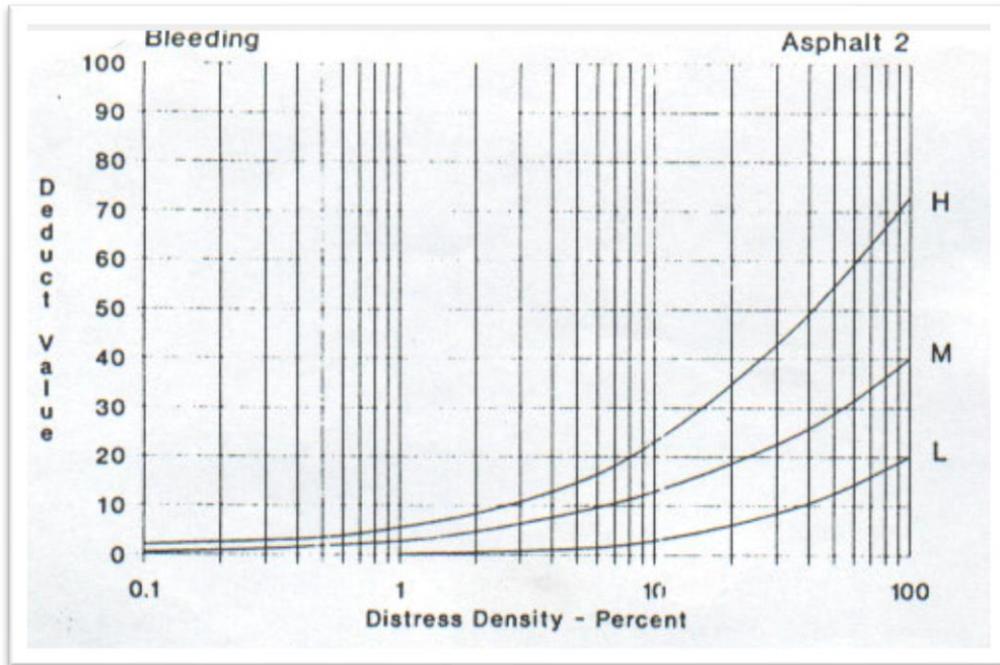
- a) La manera de medir el daño es por área, longitud o por número. Para eso se debe registrar el tipo y niveles de daño. Ingresar los datos en el formato establecido y totalizar los resultados.
- b) La manera de calcular la densidad del daño respecto del nivel de severidad es dividir la cantidad de cada clase de daño respecto al área total de la muestra. Esta operación realizarla en cada nivel de severidad y resultado expresarlo en porcentaje.
- c) Con las curvas de Valor Deducido del Daño se determina el Valor Reducido, en cada tipo de daño y su respectivo nivel de severidad. A continuación, se muestra como ejemplo algunas tablas con las curvas de Valor Deducido para Pavimentos Asfálticos.

Tabla N°3: Curvas para Pavimento Asfáltico



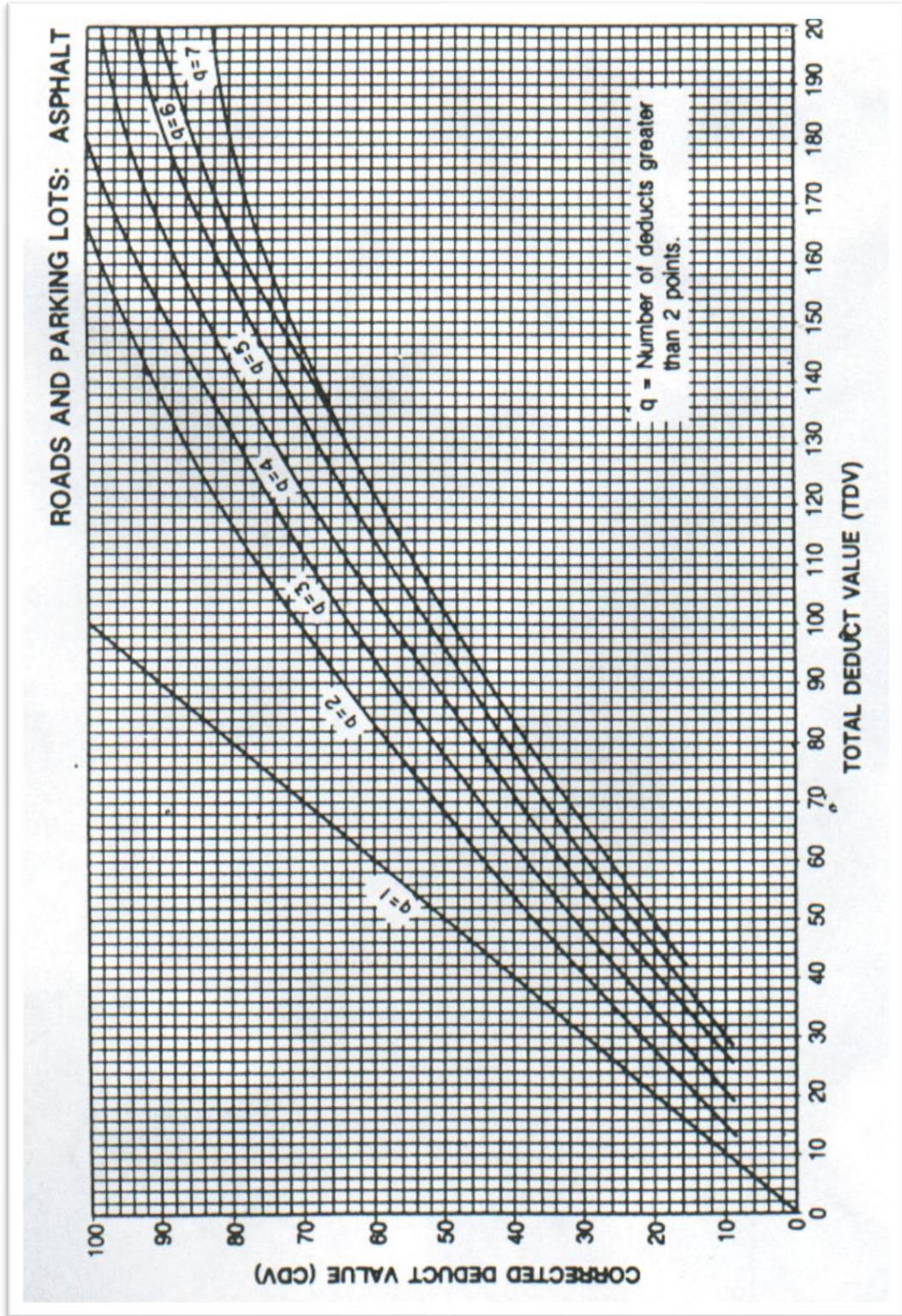
Fuente: INGEPAV, 2002

Tabla N°4: Curvas para Pavimento Asfáltico



Fuente: INGEPAV, 2002

Tabla N°5: Curvas para Pavimento Asfáltico del Valor Total Deducido



Fuente: INGEPAV, 2002

ETAPA 2. Calcular el Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m)

- a) Basta que uno de los Valores Deducidos sea mayor a 2, el valor a usarse será el Valor Deducido Total y no el valor mayor del Valor Deducido Corregido (CDV), este se obtiene en la ETAPA 4. De no ser así, se obtendrá de los pasos de la ETAPA 2 en los puntos b y c.
- b) Ordenar de mayor a menor los valores deducidos individuales.
- c) Usando la siguiente ecuación, se determina el Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m).

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

Donde:
 m_i : Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i .
HDV $_i$: El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i .

Figura N°7: Ecuación de Número Máximo Admisible de Valores Deducidos
Fuente: INGEPAV, 2002

- d) Se usará (m) en vez del número de los valores individuales deducidos, incluyendo fracciones. De ser el caso se utilizarán los valores que se tengan siempre que se cuente con menos valores deducidos que (m).

ETAPA 3. Calcular el Máximo Valor Deducido Corregido (CDV) se determina siguiendo los pasos:

- a) Identificar los valores deducidos (q) que sean mayores a 2.0.
- b) Sumar todos los valores deducidos individuales, de esta forma determinamos el Valor Deducido Total.
- c) Con las curvas de corrección y dependiendo el tipo de pavimento, se determina el CDV con (q) y el Valor Deducido Total.
- d) El menor de los Valores Deducidos individuales que sean mayor a 2.0 serán reducidos a 2.0. Luego repita las ETAPAS 3, los puntos (a) y (c), hasta que (q) sea igual a 1.
- e) El CDV máximo será el mayor de los valores CDV que se obtuvieron en la ETAPA 3.

ETAPA 4. La obtención del PCI será la resta de cien (100) y el máximo valor CDV obtenido en la ETAPA 3.

2.8.6 Procedimiento de inspección del pavimento

1. Cada muestra debe ser inspeccionada individualmente.
2. Los tramos y números de sección deben ser registrados, así como el número y tipo de unidad de muestra, ya sea adicional o al azar.
3. Medir y registrar el tamaño de la muestra con el odómetro manual.
4. La descripción de los tipos de falla y el grado de severidad se encuentran descritos, por lo que se debe realizar la inspección y registrar cada falla, e identificar el nivel de severidad que se observa.
5. El método que se usa para la medición está descrito en cada falla.
6. Se debe repetir estos procedimientos para cada muestra que se desee inspeccionar.

2.8.7 Criterios de inspección del pavimento

Para la inspección visual se deben tomar en cuenta ciertos criterios que permitan realizar el procedimiento con un mínimo porcentaje de error e identificar con mayor exactitud los tipos de falla que se pueden observar.

Juan Choque (2019) define los criterios de inspección como:

1. El agrietamiento del tipo piel de cocodrilo y ahuellamiento se identifica en la misma zona del área en estudio, estas se deben registrar por separado y cada falla con su nivel de severidad.
2. En el caso que la exudación tenga niveles considerables, el agregado pulido no será tomado en cuenta en el área de estudio.
3. Bajo la condición de que la cantidad de agregado pulido encontrado en la zona de estudio sea más alta de lo normal, será considerado para que la falla sea registrada.
4. Si el nivel de severidad de la fisura no es constante en su longitud, esta se debe tomar como fallas por separado, describiendo el nivel de severidad de cada una y ser registradas individualmente. En el caso que el nivel de severidad sea diferente pero no se puede separar como unidades, esta se tomará como una sola porción y se registrará con el nivel más alto de severidad.
5. De encontrarse alguna falla (fisura o bache), en un área parchada, no debe ser tomado en cuenta para el estudio. Sin embargo, solo se tomará en cuenta para determinar el nivel de severidad del parche.

6. Se considerará como falla desintegrada si el área en estudio está fragmentada. (el aérea puede presentar desprendimientos de fragmentos).

2.8.8 Descripción de fallas, severidad y unidad de medida en pavimentos

Los niveles de severidad se clasifican en tres niveles: Low (L), Medium (M) y High (H). cada una describe un cierto tipo de falla y que efectos tienen sobre la calidad del tránsito.

Cada falla tiene la unidad de medida con la que deben ser evaluadas mediante la realización de las inspecciones visuales.

1. Piel de cocodrilo.

L – Fisuras finas longitudinales de espesor de un cabello, paralelos entre sí, con o sin fisuras de interconexión. No se encuentran desintegradas. Fig. 8



Figura N°8: Nivel de severidad Piel de Cocodrilo (L)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

M – Continuación de las fisuras de piel de cocodrilo. En patrón o red; pueden presentar ligeras desintegraciones. Fig. 9

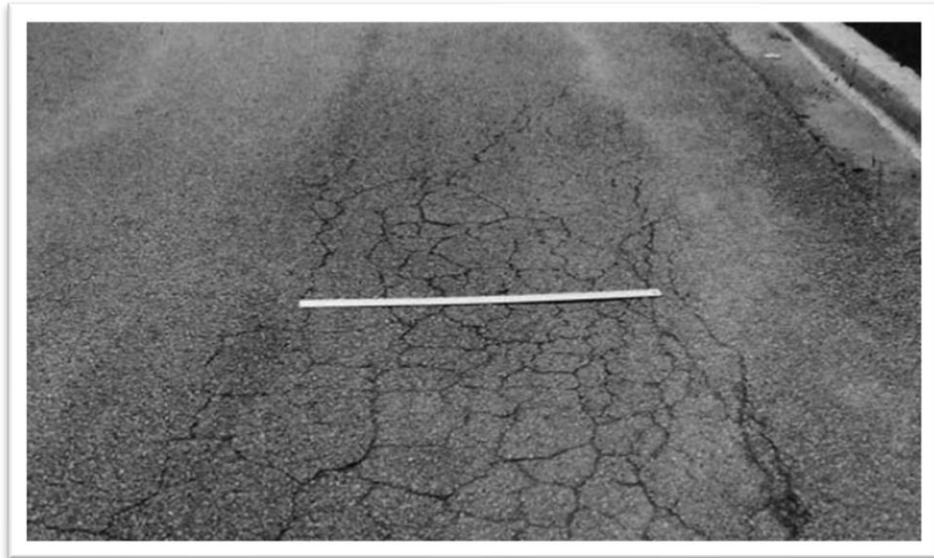


Figura N°9: Severidad Media de piel de cocodrilo (M)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

H – El patrón de fisuras se muestra las piezas que conforman la piel de cocodrilo se encuentran bien definidas y algunas pueden mostrarse descascaradas en los bordes. Esta característica puede verse afectada en movimiento de esta cuando están sometidos a bajo tránsito. Fig. 10



Figura N°10: Severidad Alta de Piel de Cocodrilo (H)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

UNIDAD DE MEDIDA – La piel de cocodrilo se mide en metros cuadrados y se registra según el nivel de severidad que pueden presentar las fallas.

2. Exudación.

L – Exudación se da en niveles bajos y solo se nota en algunos días al año. El asfalto no muestra textura pegajosa en las llantas o calzado. Fig. 11



Figura N°11: Bajo nivel de severidad de exudación (L)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

M – La exudación se ve reflejada por unas semanas al año y el asfalto se nota pegajoso en las llantas y el calzado. Fig. 12



Figura N°12: Severidad medio de exudación (M)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

H – La exudación ha llegado a niveles altos y se presenta por varias semanas al año. Muchas partes del asfalto se pegan en las llantas y en el calzado.

Fig. 13



Figura N°13: Severidad Alta de Exudación (H)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

UNIDAD DE MEDIDA – Se mide en metros cuadrados.

3. Fisuras en bloque.

L – presenta bloques con fisuras definidas con baja severidad. Fig. 14

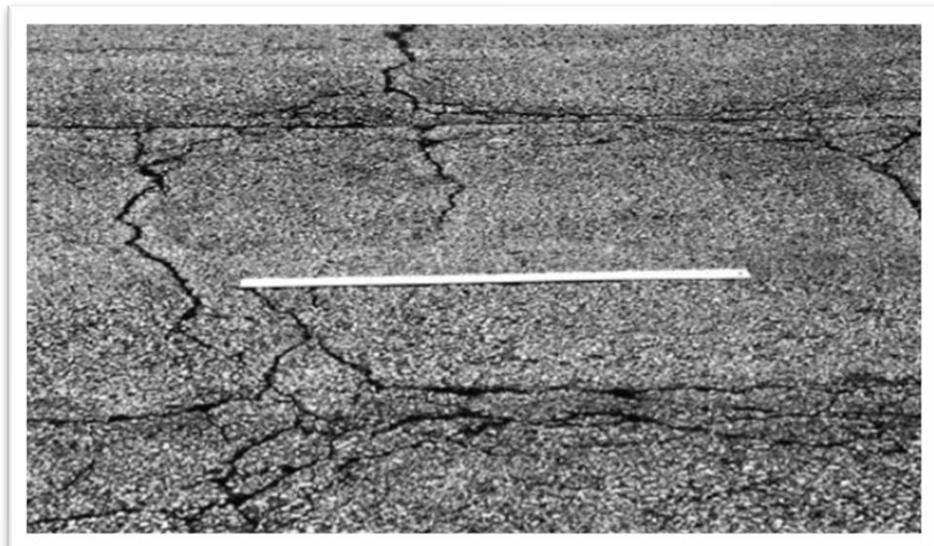


Figura N°14: Severidad baja de fisuras por bloques (L)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

M – presenta bloques con fisuras de mediana severidad. Fig. 15



Figura N°15: Severidad Media de fisuras en bloque (M)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

H – Presenta bloques con alta severidad. Fig. 16



Figura N°16: Severidad Alta de Fisuras en Bloques (H)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

UNIDAD DE MEDIDA – se mide en metros cuadrados. Los bloques se caracterizan por presentar una severidad uniforme en toda la sección del pavimento. De ocurrir lo contrario, se tomarán y se registrarán de forma individual.

4. Abultamientos y hundimientos.

L – presentan abultamientos con Transitabilidad de baja severidad. Producen ligeras vibraciones en los vehículos, pero no afecta a la seguridad de los ocupantes, por lo que no es necesario la reducción de velocidad. Fig. 17



Figura N°17: Severidad baja en abultamientos (L)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

M – presentan abultamientos con una calidad de Transitabilidad de mediana severidad. Presentan notorias vibraciones en el vehículo por lo que es necesario la reducción de velocidad. Fig. 18



Figura N°18: Severidad medio en abultamientos (M)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

H – presentan abultamientos con una calidad de Transitabilidad de alta severidad. Las vibraciones en el vehículo son altas y genera incomodidad en los ocupantes, es necesario la reducción de velocidad considerablemente y para seguridad de los ocupantes. Fig. 19

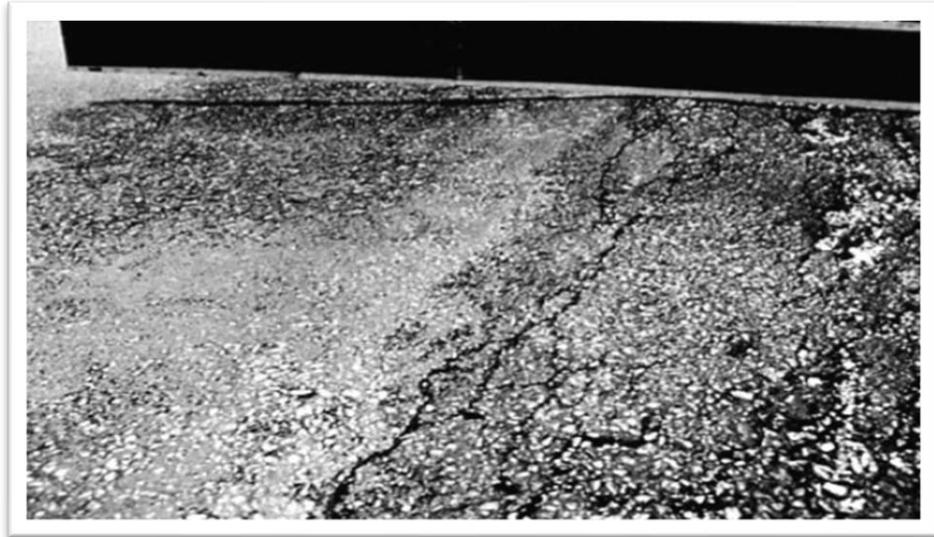


Figura N°19: Severidad alta en abultamientos (H)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

UNIDAD DE MEDIDA – se miden en metros cuadrados. Si al medir un abultamiento o hundimiento en el área de estudio, esta presenta fisuras, también serán tomados en cuenta y registrados.

5. Corrugación.

L – presentan corrugaciones con calidad de Transitabilidad de baja severidad. Al igual que los abultamientos, presentan reacciones similares. Fig. 20



Figura N°20: Severidad baja en corrugación (L)

Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

M – presentan corrugación de calidad de Transitabilidad de mediana severidad. Presenta vibraciones dentro del vehículo y es necesario reducir la velocidad por seguridad y comodidad de los ocupantes. Fig. 21



Figura N°21: Severidad media en corrugación (M)

Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

H – Presenta corrugaciones de calidad de Transitabilidad de alta severidad. Por seguridad se debe reducir la velocidad de forma notable por la seguridad de los ocupantes. Se aprecia muchas vibraciones en el vehículo. Fig. 22

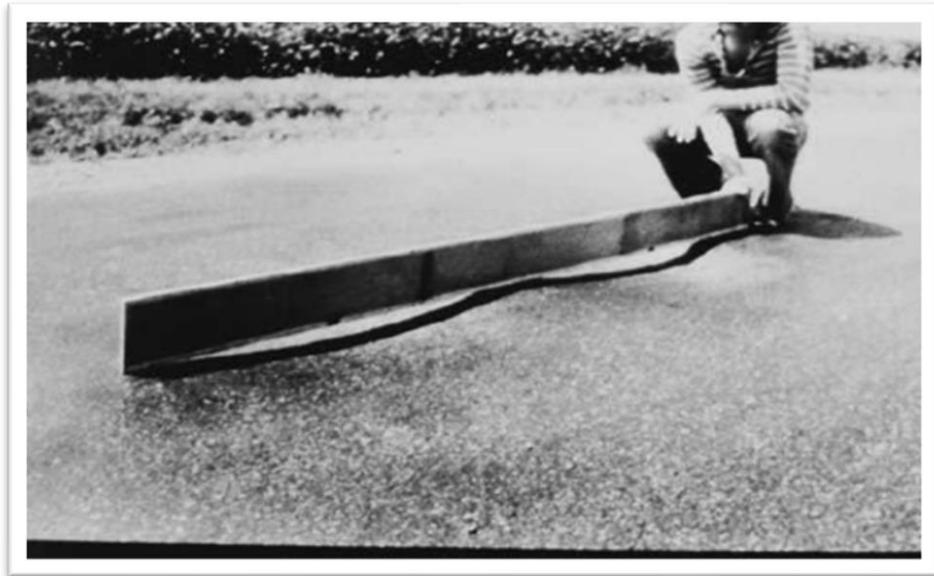


Figura N°22: Corrugación con Severidad Alta (H)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

UNIDAD DE MEDIDA – se mide en metros cuadrados.

6. Depresión.

L – presenta depresión y su altura varia en el rango de 13 a 25 mm. Fig. 23



Figura N°23: Depresión con Severidad baja (L)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

M – presenta altura deprimida, comprendida entre los 25 a 50 mm. Fig. 24



Figura N°24: Depresión con severidad Media (M)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

H – Presenta depresión con altura superior a los 50 mm. Fig. 25



Figura N°25: Depresión con Severidad Alta (H)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

7. Fisura de borde.

L – presenta fisuras de nivel bajo o medios, sin rasgos de desprendimiento o fragmentación. Fig. 26



Figura N°26: Fisuras de borde con Severidad Baja (L)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

M – presenta fisuras de nivel medio, con rasgos de desprendimiento o fragmentación. Fig. 27



Figura N°27: Fisuras de borde con Severidad Medio (M)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

H- presenta notable desintegración a lo largo del borde. Fig. 28



Figura N°28: Fisuras de borde con Severidad Alto (H)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

UNIDAD DE MEDIDA – se miden en metros lineales.

8. Fisura de reflexión de junta (para pavimentos con losas de concreto longitudinal o transversal).

L – cumple con las condiciones: a) fisura sin relleno con ancho menores a 10 mm; b) fisura con relleno en buenas condiciones. Fig. 29



Figura N°29: Fisuras de Reflexión de Junta de Severidad Baja (L)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

M – cumple con las condiciones: a) fisura sin relleno con ancho entre los 10 mm y los 75 mm; b) fisura sin relleno menor o igual a 75mm con presencia alrededor de fisuras de baja severidad; c) fisuras con relleno de cualquier ancho, pero con presencia alrededor de fisuras de baja severidad. Fig. 30



Figura N°30: Fisuras de Reflexión de Junta de Severidad Media (M)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

H – cumple con las condiciones: a) fisura con o sin relleno rodeada de fisuras de media o alta severidad; b) fisura sin relleno mayor a 75mm; c) fisuras con relleno de cualquier ancho, en el cual aproximadamente 100 mm del pavimento se encuentra rodeado de desprendimiento o fracturado. Fig. 31



Figura N°31: Fisuras de Reflexión de Junta de Severidad Alta (H)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

UNIDAD DE MEDIDA – se miden en metros lineales. Los niveles de severidad se miden y registran de manera individual. Si presentan abultamientos también se registran de forma separada.

9. Desnivel de carril – berma.

L – cuando la diferencia de altura entre el pavimento y la vía férrea se encuentra entre los 25 mm y 50 mm. Fig. 32



Figura N°32: Desnivel Carril – Berma con Severidad Baja (L)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

M – cuando la diferencia de altura entre el pavimento y la vía férrea se encuentra entre los 50 mm y 100 mm. Fig. 33



Figura N°33: Desnivel Carril – Berma con Severidad Media (M)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

H – cuando la diferencia de altura entre el pavimento y la vía férrea es mayor a 100 mm. Fig. 34

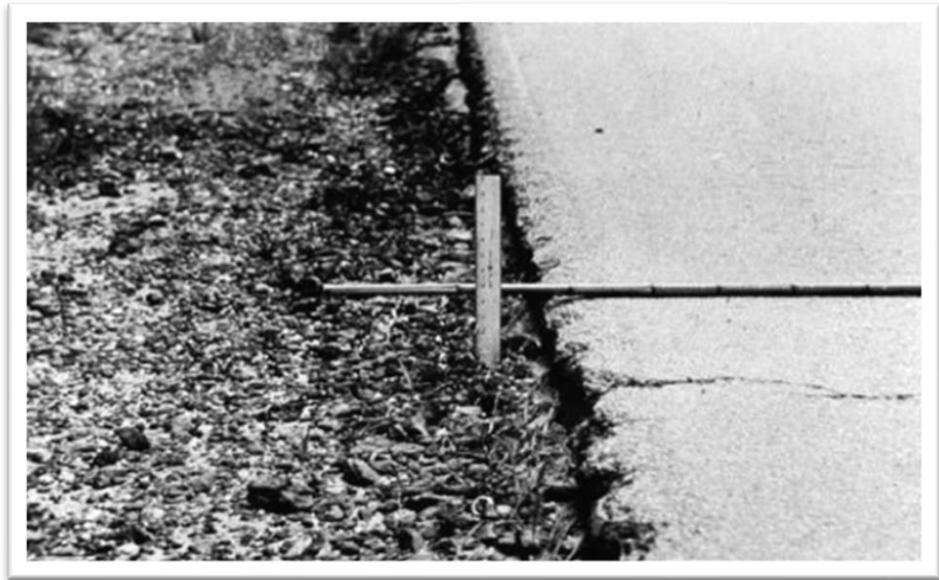


Figura N°34: Desnivel Carril – Berma con Severidad Alta (H)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

UNIDAD DE MEDIDA – se mide en metros lineales.

10. Fisuras longitudinales y transversales.

L – cumple con las condiciones: a) fisura sin relleno con ancho menores a 10 mm; b) fisura con relleno de cualquier ancho y en buenas condiciones. Fig. 35



Figura N°35: Fisuras Longitudinales y Transversales con Severidad Bajo (L)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

M – cumple con las condiciones: a) fisura sin relleno con ancho entre los 10 mm y 75mm; b) fisura sin relleno menos de 75 mm y rodeada de fisuras de

severidad baja; c) fisuras con relleno de cualquier ancho, pero rodeados de fisuras con nivel de severidad baja. Fig. 36



Figura N36: Fisuras Longitudinales y Transversales con Severidad Media (M)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

H – cumple con las condiciones: a) fisura con o sin relleno rodeadas de fisuras de severidad media o alta y en forma aleatoria; b) fisura sin relleno mayor a 75 mm; c) fisuras de cualquier ancho, pero 100 mm de pavimento se encuentra rodeado con severas fracturas. Fig. 37



Figura N°37: Fisuras Longitudinales y Transversales con Severidad Alta (A)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

UNIDAD DE MEDIDA – se miden en metros lineales. Si algunas fisuras no se pueden agrupar, se medirán de forma independiente.

11. Parches y parches de cortes utilitarios.

L – la condición del parche está en buen estado y la Transitabilidad es de severidad baja. Fig. 38



Figura N°38: Parches y Cortes Utilitarios de Severidad Baja (L)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

M – la condición del parche está moderadamente deteriorado y la Transitabilidad es de severidad media. Fig. 39



Figura N°39: Parches y Cortes Utilitarios de Severidad Media (M)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

H – la condición del parche está muy deteriorado y la Transitabilidad es de severidad alta. Fig. 40



Figura N°40: Parches y Cortes Utilitarios de Severidad Alta (H).
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018.

UNIDAD DE MEDIDA – se miden en metros cuadrados. Se registrarán de manera separada los parches que presente diferentes niveles de severidad. No se considerarán los fallos encontrados en el parche, sin embargo, si se tendrá en cuenta para determinar el nivel de severidad.

12. Agregado pulido.

No se registra niveles de severidad para esta falla. Pero se debe considerar que el agregado pulido debe notarse claramente en la muestra, además que el tacto del agregado debe ser de textura suave. Fig. 41

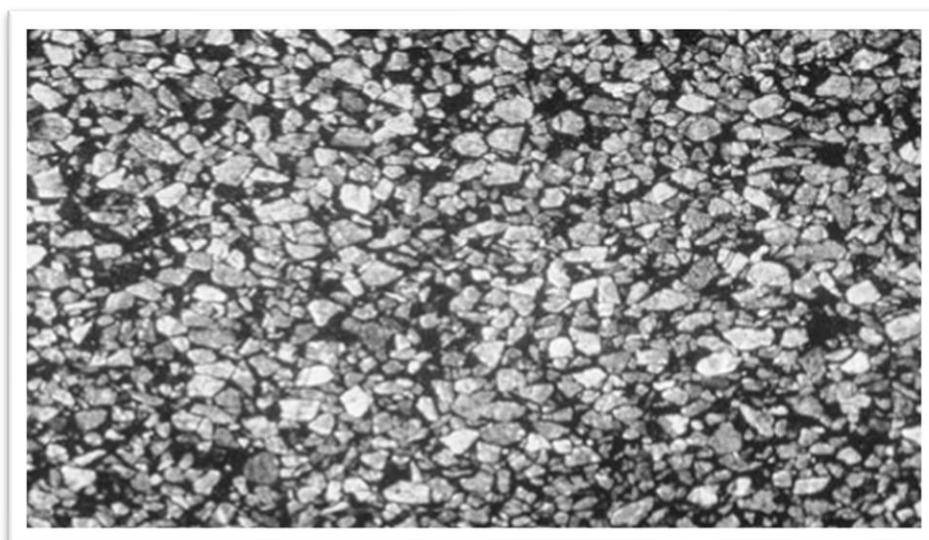


Figura N°41: Agregado Pulido.
Fuente: American Society for Testing And Materials, 2018.

UNIDAD DE MEDIDA – se mide en metros cuadrados. Solo en caso de que presentara exudación, el Agregado pulido ya no se tomará en cuenta.

13. Baches.

Para los baches de diámetro menor a 750 mm se determinará los niveles de severidad en la tabla N°6 y la figura N°42, donde se aprecia un bache de severidad baja (L).

Tabla N°6: Nivel de Severidad para baches menor a 750 mm

PROFUNDIDAD MAXIMA DE BACHES	DIAMETRO PROMEDIO (mm)		
	100 a 200 mm (4-8 in)	200 a 450 mm (8 - 18 in)	450 a 750 mm (18 - 30 in)
13 a \leq 25 mm (1/2 a 1 in)	L	L	M
13 a \leq 25 mm (1/2 a 1 in)	L	M	H
> 25 mm (2 in)	M	M	H

Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018.

Si el diámetro del bache supera los 750 mm, el área se determinará en metros cuadrados y se divide entre 0.5 m², con el fin de calcular los números equivalentes de baches.

Si el bache tiene una profundidad igual o menor a 25 mm, tendrán una severidad Media (figura N°42), por el contrario, si la profundidad es mayor a 25 mm, el nivel de severidad es Alta (figura N°43).



Figura N°42: Parches de Severidad Baja (L).
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

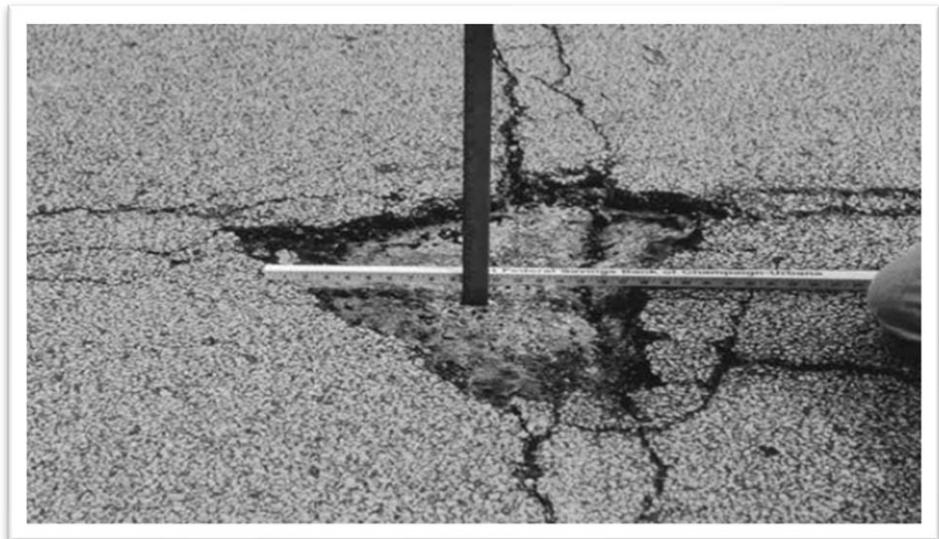


Figura N°43: Parches de Severidad Media (M).
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018



Figura N°44: Parches de Severidad Alta (H).
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

14. Ahuellamiento.

L – el ahuellamiento causado por las llantas de los vehículos tiene depresión superficial se encuentra en un rango de 6 mm a 13 mm. Fig. 45

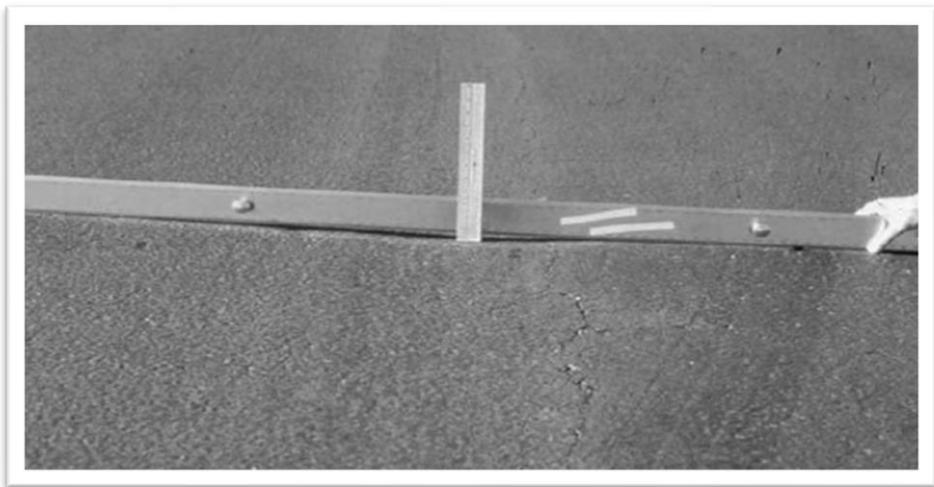


Figura N°45: Ahuellamiento de Severidad Baja (L)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

M – el ahuellamiento causado por las llantas de los vehículos tiene depresión superficial se encuentra en un rango de 13 mm a 25 mm. Fig. 46



Figura N°46: Ahuellamiento de Severidad Media (M)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

H – el ahuellamiento causado por las llantas de los vehículos tiene depresión superficial mayor a 25 mm. Fig. 47



Figura N°47: Ahuellamiento de Severidad Alta (H)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

UNIDAD DE MEDIDA – se mide en metros cuadrados.

15. Desplazamiento.

L – presenta desplazamiento de Transitabilidad de Severidad Baja. Fig. 48



Figura N°48: Desplazamiento de Severidad Baja (L)

Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

M – presenta desplazamiento de Transitabilidad de Severidad Media. Fig. 49



Figura N°49: Desplazamiento de Severidad Media (M)

Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

H – presenta desplazamiento de Transitabilidad de Severidad Alta. Fig. 50



Figura N°50: Desplazamiento de Severidad Alta (H)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

UNIDAD DE MEDIDA – se miden en metros cuadrados. Si existe ahuellamiento en baches, se medirán y registrarán como uno solo.

16. Fisuras parabólicas o por deslizamiento.

L – cuando la fisura tiene un ancho promedio menor a 10mm. Fig. 51



Figura N°51: Fisuras parabólicas por deslizamiento de Severidad Baja (L)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

M – cumple con las condiciones: a) ancho promedio de la fisura en un rango de 10 mm a 40 mm; b) la fisura está rodeada por fisuras moderadamente descascaradas o rodeada por otras fisuras. Fig. 52



Figura N°52: Fisuras parabólicas por deslizamiento de Severidad Media (M)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

H – cumple con las condiciones: a) ancho promedio de la fisura en mayor a 40 mm; b) la fisura está fracturada en piezas pequeñas y removidas. Fig. 53

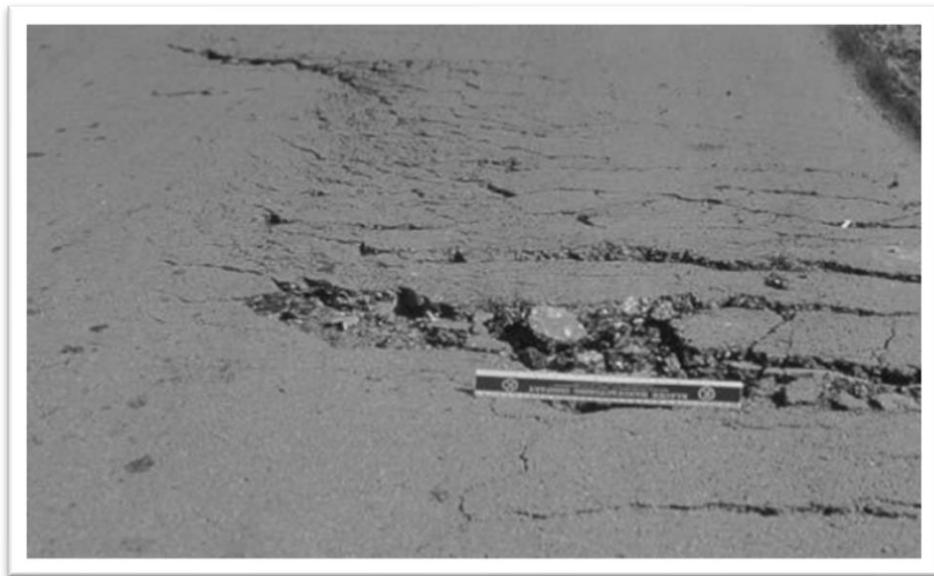


Figura N°53: Fisuras parabólicas por deslizamiento de Severidad Alta (H)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

UNIDAD DE MEDIDA – se miden en metros cuadrados y toman el valor del mayor nivel de severidad que presente en el área.

17. Hinchamiento

L – el hinchamiento origina una transitabilidad de severidad baja.

M – el hinchamiento origina una transitabilidad de severidad media.

H – el hinchamiento origina una transitabilidad de severidad alta. Fig. 54



Figura N°54: Hinchamiento

Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

UNIDAD DE MEDIDA – se mide en metros cuadrados.

18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados.

L – los ligantes comenzaron a desprenderse. En la vía se aprecia huecos y derrames, tales como manchas de aceite, sin embargo, la superficie sigue dura y no puede ser penetrada por una moneda. Fig. 55

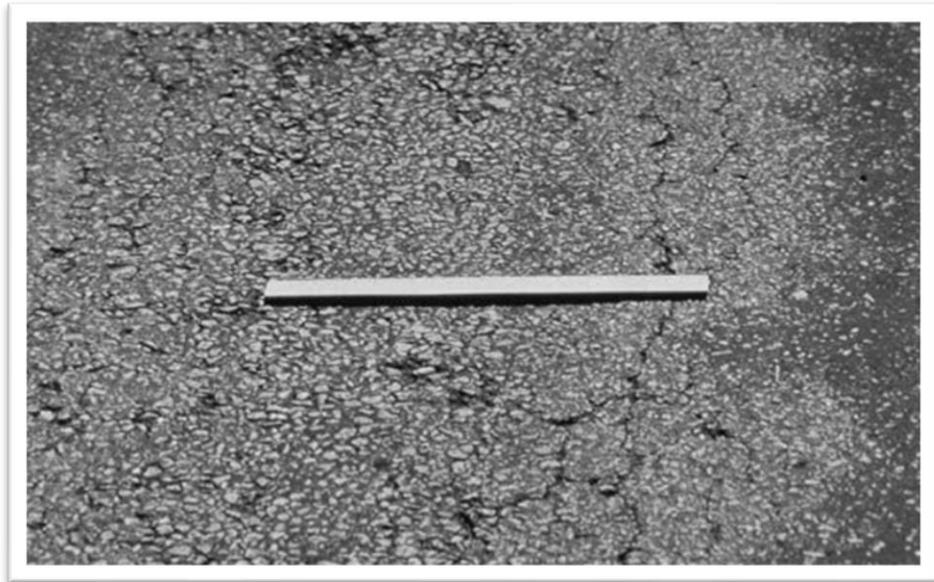


Figura N°55: Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados de Severidad Baja (L)

Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

M – los ligantes y agregados se desprenden. La vía se presenta pequeños huecos y la superficie tiene tacto rugoso. La superficie es suave y puede ser penetrada por una moneda. Fig. 56



Figura N°56: Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados de Severidad Media (M)

Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

H – los ligantes y agregados se desprenden considerablemente. En la vía se presenta grandes huecos y la superficie tiene tacto muy rugoso. La superficie de las zonas de hueco tiene menos de 10 mm de diámetro y su profundidad no excede a 13 mm. Los huecos que superan estas medidas se consideran como

fallas tipo baches. Para efectos del agregado y ligantes han empezado a perderse, así como su efecto ligante. Fig. 57



Figura N°57: Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados de Severidad Alta (H)

Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

UNIDAD DE MEDIDA – se miden en metros cuadrados.

19. Cruce de Vía Férrea.

Son todos los posibles defectos que puede originarse en el cruce de la vía férrea con la vía pavimentada. Se asocian depresiones o abultamientos alrededor de la vía férrea.

L – el cruce de la vía presenta transitabilidad con severidad baja. Fig. 58



Figura N°58: Cruce de Vía Férrea de Severidad Baja (L)

Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

M – el cruce de la vía presenta transitabilidad con severidad media. Fig. 59



Figura N°59: Cruce de Vía Férrea de Severidad Media (M)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

H – el cruce de la vía presenta transitabilidad con severidad alta. Fig. 60



Figura N°60: Cruce de Vía Férrea de Severidad Alta (H)
Fuente: American Society for Testing and Materials, 2018

UNIDAD DE MEDIDA – se mide en metros o pies cuadrados, según sea el caso. No se registrará siempre y cuando el cruce no afecte la transitabilidad.

2.9 Método de Mantenimiento o conservación vial del MTC

Método de Mantenimiento o Conservación vial del MTC, este manual propone los criterios apropiados que se deben aplicar para una eficiente gestión del conjunto de actividades que permitan realizar actividades técnicas de carácter rutinario y periódicas, con el fin de preservar el estado de las vías, con un nivel adecuado de serviciabilidad, incluyendo puentes, túneles y elementos que conforman la vía. (Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial, 2018).

2.9.1 Niveles de servicio

Se definen como indicadores que califican el nivel de servicio de una carretera y son de referencia para asemejar límites admisibles para lo cual pueden evolucionar la condición de la superficie, la funcionalidad, estructura y seguridad. Los indicadores están en función a cada vía y están sujetos al aspecto técnico y económico, en función a los requerimientos del usuario, así como la rentabilidad de los recursos que estén disponibles.

Los niveles de servicio forman parte de la conservación vial y se enfocan en cumplir los estándares admisibles. La obligación de quien esté a cargo de la conservación vial de la carretera es la de mantener en óptimas condiciones los 365 días del año, manteniendo un nivel de serviciabilidad adecuado. Debido a que el pago está enfocado al buen estado de las vías.

Para la determinación medición de los niveles de servicio, se presenta los siguientes cuadros, que indican el nivel de exigencias que debe cumplir el servicio por cada tipo de vía y por los siguientes componentes: (PERU, 2014)

1. Plataformas y Taludes
2. Calzadas de Afirmado
3. Pavimentos Flexibles Calzada y Berma
4. Pavimentos Rígidos Calzada y Berma
5. Drenaje Superficial, Drenaje subterráneo y Muros
6. Señalización y Dispositivos de Seguridad Vial
7. Derecho de Vía
8. Túneles y Obras Complementarias
9. Puentes

2.9.2 Pavimento Flexible – Calzada y Berma

a) Clasificación de los deterioros o fallas

Se pueden clasificar en dos grupos, los deterioros / fallas estructurales y los deterioros / fallas superficiales. Los deterioros de fallas estructurales tienen un alto costo, mientras que los deterioros de fallas superficiales están basados en mantenimientos periódicos, cuyo costo a comparación de la primera categoría es más inferior.

Los tipos y causas de los daños estructurales están relacionados con las cargas circulares que resultan en:

- Deformaciones verticales elásticas de capas granulares y suelos subrasante.
- Deformaciones horizontales de tensión por flexión en la parte inferior de las capas asfálticas.

Los tipos y causas de los daños superficiales se originan por un defecto de construcción, calidad de los productos o por la condición del tráfico. Y se distinguen de la siguiente forma:

- Desprendimientos
- Baches o huecos
- Fisuras transversales

Según el tipo de deterioro, se establecen ciertos parámetros para su descripción, se detalla en la tabla N°7.

Tabla N°7: Deterioros o Fallas de los Pavimentos asfaltados

CLASIFICACIÓN DE LOS DETERIOROS / FALLAS	CÓDIGO DE DETERIORO / FALLA	DETERIORO / FALLA	GRAVEDAD
CALZADA Deterioros o fallas Estructurales	1	Piel de cocodrilo	1: Malla grande (> 0.5 mm) sin material suelto 2: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 mm) sin o con material suelto 3: Malla pequeña (< 0.3 mm) sin o con material suelto
	2	Fisuras longitudinales	1: Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho ≤ 1 mm) 2: Fisuras medias correspondientes a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm) 3: Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.
	3	Deformación por deficiencia estructural	1: Profundidad sensible al usuario < 2 cm 2: Profundidad entre 2 cm y 4 cm 3: Profundidad > 4 cm
	4	Ahuellamiento	1: Profundidad sensible al usuario pero ≤ 6 mm 2: Profundidad > 6 mm y ≤ 12 mm 3: Profundidad > 12 mm
	5	Reparaciones o parchados	1: Reparación o parchado para deterioros superficiales 2: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado. 3: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.
CALZADA Deterioros o fallas Superficiales	6	Peladura y Desprendimiento	1: Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial). 2: Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular 3: Continuo con aparición de la base granular
	7	Baches (huecos)	1: Diámetro < 0.2 m 2: Diámetro entre 0.2 m y 0.5 m 3: Diámetro > 0.5 m
	8	Fisuras transversales	1: Fisuras finas (ancho ≤ 1 mm) 2: Fisuras medias, correspondientes a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm) 3: Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.
	9	Exudación	1: Puntual 2: Continua 3: Continua con superficie viscosa
BERMAS Pavimentadas y No Pavimentadas	10	Daños puntuales	1: Daños puntuales baches o huecos, erosión. 2: Daños en menos del 30% de la longitud. 3: Daños en más del 30% de la longitud.
	11	Desnivel calzada -berma	1: Desnivel < 15 mm 2: Desnivel moderado entre 15 y 50 mm 3: Desnivel severo ≥ 50 mm

Fuente: Manual de Carreteras – Mantenimiento o Conservación Vial del MTC, 2018.

2.9.3 Conservación de pavimentos flexibles – calzada y berma

Tabla N°8: Niveles de Servicio para calzadas, referente al tratamiento superficial

		Nivel de Servicio					
		Tipo de Vía					
		Autopista 1ra clase	Autopista 2da clase	Carretera 1ra clase	Segunda Clase	Tercera Clase	Bajo Volumen de Tránsito Pavimentado
Parámetro	Medida	IMD > 6000 (*)	6000 < IMD < 4001 (*)	4000 < IMD < 2001 (*)	2000 < IMD < 401 (*)	400 < IMD < 201 (*)	IMD ≤ 200
Piel de Cocodrilo	Porcentaje máximo de área con piel de cocodrilo	.	.	.	.	.	0%
Fisuras Longitudinales	Porcentaje máximo de área con fisuras mayores a 3 mm de grosor	.	.	.	.	.	0%
	Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm de grosor	.	.	.	.	.	5%
Deformación por deficiencia estructural	Porcentaje máximo de área con hundimientos mayores que 25 mm.	.	.	.	.	.	0%
Ahuellamiento	Porcentaje máximo de área con ahuellamiento mayor que 12 mm.	.	.	.	.	.	5%
Reparaciones o parchados	Porcentaje máximo de parches en mal estado	.	.	.	.	.	0%
Peladura y Desprendimiento	Porcentaje máximo de áreas con peladuras	.	.	.	.	.	5%
	Porcentaje máximo de áreas con desprendimiento	.	.	.	.	.	0%
Baches (Huecos)	Porcentaje máximo de área con Baches (huecos)	.	.	.	.	.	0%
Fisuras Transversales	Porcentaje máximo de área con fisuras mayores a 3 mm de grosor	.	.	.	.	.	0%
	Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm de grosor	.	.	.	.	.	5%
Exudación	Porcentaje máximo de área con exudación	.	.	.	.	.	5%
Desprendimiento de bordes	Porcentaje máximo de longitud con desprendimiento de bordes	.	.	.	.	.	5%
Rugosidad Obra Nueva	Rugosidad característica del tramo (TSB nuevo)	.	.	.	.	.	3.0 IRlc(1)
Rugosidad Obra con Recapa Asfáltica	Rugosidad característica del tramo (TSB con Recapa Asfáltica)	.	.	.	.	.	3.5 IRlc(1)
Rugosidad Periodo de Servicio	Rugosidad característica del tramo (TSB Periodo de Servicio)	.	.	.	.	.	4.3 IRlc(1)
Fricción Superficial	Coefficiente de fricción medido en pavimento mojado	.	.	.	.	.	No menor de 0.50

(*)De acuerdo al Manual de Suelos y Pavimentos del MTC las superficies de rodadura con Tratamiento Superficial se aplican en caminos con $IMD \leq 200$ no obstante en caso de presentarse Tratamientos Superficiales en Caminos con $IMD > 200$ vehículos, los niveles de servicio serán los que determine la Entidad encargada de la Conservación Vial.

(1) IRlc característico (IRlc), a la confiabilidad de 70%

$IRlc = IRlp + 0.524 \times ds$

$IRlp = IRI$ promedio

$ds =$ desviación estándar

Fuente: Elaboración Propia, en base a Contratos de Concesión Vial, Contratos por Niveles de Servicio, Tabla de parámetros globales del HDM4, Manual de Suelos y Pavimentos del MTC

Fuente: Manual de Carreteras – Mantenimiento o Conservación Vial del MTC, 2018.

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis principal

Con la comparación de los métodos Índice de condición del pavimento (PCI) y el Método de Mantenimiento o conservación vial del MTC determinamos el tipo de intervención más adecuada en el pavimento asfáltico, año 2021.

3.1.2 Hipótesis Específicas

- a) Con la descripción del método Índice de condición del pavimento (PCI) obtenemos el estado de conservación en el que se encuentra el Pavimentos Asfáltico.
- b) Con la descripción del método de Mantenimiento o conservación vial del MTC obtenemos el estado de conservación en el que se encuentra el Pavimentos Asfáltico.
- c) Con los resultados de los Métodos Índice de condición del pavimento (PCI) y Mantenimiento o conservación vial del MTC aplicados en el pavimento asfáltico podemos inferir el grado de condición del pavimento más eficaz.
- d) El Método más conveniente será el Índice de condición del pavimento (PCI) que será aplicado en la vía para determinar el tipo de intervención al pavimento asfáltico.

3.2 Variables

3.2.1 Definición conceptual de las variables

a) Variable Independiente:

- Método de Índice de condición del pavimento (PCI):

Método que determina la condición del pavimento mediante de inspecciones visuales, donde identifica la clase, severidad y cantidad de fallas que se pueden encontrar en el pavimento.

- Método de Mantenimiento o conservación vial del MTC:

Método con la finalidad de brindar los criterios necesarios que se debe aplicar para una correcta gestión de mantenimiento, sea rutinario o periódicos, que se ejecuten en las vías para éstas se conserven en niveles de servicio adecuados.

b) Variable Dependiente:

- Evaluación optima del pavimento asfáltico:

Todo procedimiento que se debe realizar para la adecuada conservación del pavimento, en el cual se aplicaran rehabilitaciones o mantenimientos en función a la gravedad de fallas que presente en la superficie o estructura de este.

3.2.2 Operacionalización de las variables

Tabla N°9. Operacionalización de las variables

Variable independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Escala	Valor final
Método de Índice de condición del pavimento (PCI)	Consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando clase, severidad y cantidad de fallas encontradas.	El PCI es un índice numérico, que varía de 0 para pavimentos fallados, a 100 para pavimentos en perfectas condiciones. Desarrollado para proporcionar un índice de la integridad estructural del pavimento y condición operacional de la superficie	Inventario visual de la condición de daño del pavimento	Clase Severidad Cantidad	Puntaje	Intervalos	Excelente (85-100) Muy bueno (70 - 85) Bueno (55 - 70) Regular (40 - 55) Malo (25 - 40) Muy Malo (10 - 25) Fallado (0 - 10)
Mantenimiento o conservación del MTC	Tiene como finalidad brindar los criterios apropiados que se deben aplicar para la gestión de mantenimiento ya sea rutinario o periódico, que se ejecuten en las vías para que estas se conserven en niveles de servicio adecuados.	Para realizar los estudios de las fallas en el pavimento asfáltico se emplean hojas de datos, o cualquier sistema de almacenamiento de información en campo que permita registrar; fecha, ubicación, componente, sección, tamaño de la unidad de la muestra, tipos de fallas.	Tipos de condición según su clasificación	Condición bueno Condición regular Condición malo	Puntaje	Intervalos	400 150 y ≤ 400 ≤ 150
Variable dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Escala	Valor final
Intervención del pavimento asfáltico	Son los procedimientos que se debe realizar para la conservación adecuada del pavimento, en la cual se aplicaran rehabilitación o mantenimientos en función de la gravedad de las fallas que presente el pavimento.	Para realizar el estudio de la intervención del pavimento asfáltico de manera superficial es obtener el estado en que se encuentra el pavimento asfáltico, en fin de determinar si se debe plantear mantenimiento o una rehabilitación del pavimento.	Tipo de Mantenimiento Tipo de Rehabilitación	Mantenimiento Preventivo o Mínimo Mantenimiento Preventivo Rutinario y/o Periódico Mantenimiento Correctivo Rehabilitación - Refuerzo Estructural Rehabilitación - Reconstrucción	Puntaje	Intervalos	100 - 85 85 - 60 60 - 40 40 - 25 < 25

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo y nivel

4.1.1 Método de investigación

El método de la presente investigación a desarrollar es deductivo. Donde se parte de premisas generales para concluir en un caso particular de comparación. Para demostrar que entre los métodos Índice de condición del pavimento (PCI) y el método Mantenimiento o conservación vial del MTC, uno de ellos es más eficiente, teniendo en cuenta procedimientos ya realizados en tesis previas poniendo en ejecución cada metodología.

4.1.2 Orientación de la investigación

El desarrollo de la investigación es aplicado, ya que para su análisis es necesario el uso de conocimientos teóricos ya establecidos, como los manuales del Índice de condición de pavimentos (PCI) y el de Mantenimiento o conservación vial del MTC, así como los tipos de intervención al pavimento asfáltico, según sea el grado de fallas que presente la vía, donde se concluirá con la intervención más adecuada para la conservación de la vía en estudio.

4.1.3 Enfoque de la investigación

El desarrollo de la investigación es de enfoque cualitativo, debido a que se fundamenta en información ya empleada en otras investigaciones con población no representativa, para después analizarla y procesar, y concluir cuál de los métodos comparados tiene mayor grado de descripción del estado del pavimento y proponer la intervención más adecuada para la conservación de la vía, de tal modo deducir para otras poblaciones que cumplan con los parámetros similares a la estudiada en esta investigación.

4.1.4 Nivel de la investigación

El nivel de investigación es descriptivo, ya que se pretende definir, analizar y comparar los métodos de Índice de condición de pavimentos (PCI) y el método de Mantenimiento o conservación vial del MTC para proponer la intervención de pavimento más adecuada en función al estado de la vía, con la finalidad de su conservación adecuada.

A su vez es explicativo ya que propone el uso de uno de los métodos por su mejor análisis de las fallas presentadas en el pavimento y que nos brinda una mejor intervención en el pavimento, ya sea de mantenimientos o rehabilitaciones.

4.2 Diseño de la investigación

El diseño de la presente investigación es no experimental, transversal retrospectivo. Porque se analizará dos muestras de carreteras de ubicación distinta, tomando en cuenta expedientes realizados con anterioridad, y que serán comparados con los resultados que presenten nuestros cálculos. Siguiendo las recomendaciones de los métodos Índice de condición del pavimento (PCI) y método de Mantenimiento o conservación vial del MTC, para la evaluación de las fallas que presente el pavimento y poder analizar cada resultado y llegar a proponer el o tipos de intervención más adecuada al pavimento, ya sean mantenimientos o rehabilitaciones.

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población de estudio

La población de estudio serán trabajos de investigación en donde se ponga a comparación los métodos de PCI y MTC, tomando en cuenta investigaciones nacionales como internacionales, así mismo de manuales de ambos métodos e información que tenga respaldo académico.

4.3.2 Diseño muestral

La muestra es no paramétrica, donde el tamaño se rige a los expedientes analizados, siendo una carretera de pavimento asfáltico, que comprende la comparación de los métodos de PCI y MTC.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Debido a la coyuntura sanitaria en la que el país está pasando, se decidió realizar la presente tesis con una técnica netamente bibliográfica recolectando información de tesis realizadas, nacionales como internacionales, así como la recolección de datos de expedientes donde realizaron ensayos en los lugares de estudios, así como manuales de los métodos que usaremos en la comparación de esta tesis, con el fin de lograr los objetivos propuestos.

4.4.1 Procedimientos para la recolección de datos

- Recolección de toda la información bibliográfica (tesis y ensayos) en donde pongan en comparación a los métodos de Índice de condición del pavimento (PCI) con el método de Mantenimiento o conservación vial del MTC, o contenga por lo menos uno de estos métodos.
- Analizar, revisar y procesar el material bibliográfico recolectado, con los parámetros ya establecidos anteriormente.
- Estudiar los tipos de intervención de los pavimentos, ya sea mantenimientos o rehabilitación, en función de las fallas encontradas en el estado del pavimento.
- Aplicar los métodos de Índice de condición del pavimento (PCI) y el método de Mantenimiento o conservación vial del MTC.

4.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

De la información bibliográfica analizada donde se menciona los métodos a emplear en esta tesis, se procederá a la comparación de los métodos de Índice de condición de pavimentos (PCI) y el método de Mantenimiento o conservación vial del MTC para determinar la relación mantienen sus resultados. De tal forma que podamos obtener los resultados más detallados del estado del pavimento en estudio, para finalmente proponer el tipo de intervención más adecuado al pavimento.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

5.1 Presentación de resultados y discusión

Al ser una tesis de investigación netamente bibliográfica por la coyuntura de la pandemia que estamos viviendo, nos centramos en evaluaciones y experimentaciones ya realizadas en otras tesis de investigación. De esta manera y a forma práctica de ejemplificar el uso y comparación de los métodos de inspección de pavimentos, hemos tomado como referencia, la experimentación del tesista Juan Artemio Choque Palacios (2019) y de David Jhonatan Mori Grandez (2018), así como sus datos de campo, con lo cual nos permitió seleccionar un tramo aleatoria y aplicar ambos métodos, con el fin de obtener nuestros propios resultados. De esta manera nos permite comparar, analizar y contrastar los resultados obtenido a fin de cumplir con los objetivos de la tesis, así como la contrastación de nuestras hipótesis. De tal manera presentaremos los resultados de la aplicación de los métodos a comparar, que son el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y el Manual de Mantenimiento o Conservación Vial del MTC, con el fin de identificar que método evalúa la condición de un pavimento asfáltico con un mayor grado de descripción, con el fin de proponer el tipo de intervención más adecuada para la conservación de la vía.

Respecto a los objetivos de la evaluación con el Método PCI es desarrollar las actividades de gestión vial con la finalidad de brindar el índice de condición del pavimento y aplicar el mantenimiento o rehabilitación necesaria en los tramos en estudio.

El objetivo principal de aplicar este método tan detallado es que después de su evaluación e intervención el nivel de transitabilidad de la vía se mantenga en el tiempo.

Respecto al Manual de Mantenimiento o Conservación Vial del MTC, tiene como objetivo brindar un manual ya establecido que sirva como guía en el mantenimiento vial de las carreteras a nivel nacional, con actualizaciones periódicas de ciertos parámetros respecto a las nuevas problemáticas que se puedan presentar, pero en general mantiene el procedimiento ya establecido.

5.1.1 Observaciones de tráfico en la zona de estudio

Para tener en cuenta a que nivel de tránsito está sometida la vía, se analizó las zonas en estudio:

- Tramo Emp.Pe-3S – Atuncolla. Puno: esta vía está sometida a cargas vehiculares de buses, camiones y combis, ya que la zona recibe flujo turístico, abastecimiento de alimentos y transportes de los ciudadanos.
- Av. Pedro Beltrán – Ventanilla, Callao: conformada por 3 zonas urbanas en la cual su carga vehicular es de vehículos menores como motos lineales, moto taxis, autos, camionetas, combis y algunos vehículos pesados como buses, camiones y/o volquetes.

5.2 Resultados de la evaluación del pavimento con el Método de Índice de condición del pavimento (PCI)

Con los estudios ya mencionados, se tomaron en cuenta los datos de campo de 4 muestras 2 de cada estudio, en el cual se realizaron dos muestras para el método PCI, luego se compara con el resultado obtenido por los investigadores que realizaron en su tiempo, de tal manera se hace una comparación de nuestros cálculos con el suyo.

5.2.1 Ubicación, datos y cálculos

Los datos de campo necesarios para realizar los métodos y tener nuestros cálculos fueron estudios realizados por, Choque P., J. A. (2019). *Estudio comparativo del método PCI y el manual de conservación vial MTC en la evaluación superficial de pavimento flexible*, tramo Emp.Pe-3S – Atuncolla. Y de, Mori G., D. J. (2018). *Estudio comparativo de las fallas del pavimento asfáltico con los manuales del PCI y de mantenimiento o conservación vial del MTC en la Av. Pedro Beltrán – Ventanilla*.

- Av. Pedro Beltrán – Ventanilla

El área de estudio se encuentra ubicado en el distrito de Ventanilla en la provincia constitucional del Callao. Conformada por tres tramos (Urb. Ciudad Satélite, Ventanilla Alta y Lomas de Ventanilla), estas zonas abarcan 24, 20 y 26 cuadras respectivamente.

El ancho de la vía es de 6.3 metros, con dos carriles por sentido. El primer carril (subida) tiene una longitud de 4,172.50 m con área de 26,747.28 m², el segundo

carril (bajada) tiene una longitud de 4,245.60 m con área de 26,747.28 m², correspondientes a la Av. Pedro Beltrán. A modo de comparar se tomaron 2 muestras aleatorias para aplicar el método PCI y ser comparados con los resultados ya calculados y conocer el grado de precisión de descripción del estado real de la vía.

SECCIÓN: Del km 00+00 al km 00+036.60

Acho de muestra = 6.3 m
 Longitud de muestra = 36.6 m

ÁREA DE LA UNIDAD = 230.58 m²

Tabla N°10. Fallas encontradas en la muestra

FALLAS ENCONTRADAS				
TIPOS		03	10	11
TOTAL	L	0.00	4.90	0.00
	H	0.00	0.00	0.00
	M	8.97	11.20	5.75

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°11. Cálculo de PCI

CALCULO DEL ÍNDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)				
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD TOTAL POR FALLA	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
03	M	8.97	3.89%	9.50
10	L	4.90	2.13%	0.80
	M	11.20	4.86%	9.80
11	H	5.75	2.49%	28.80

Fuente: Elaboración propia

Número Max. De Valores deducidos $m_i = 1.00 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDVi)$

$m_i = 7.54 \approx 8.00$

Valor deducido máximo (HDVi) = 28.80

Número de valores deducidos > 2. q = 3

Tabla N°12. Máximo valor deducido

N°	VALORES DEDUCIDOS			TOTAL	q	CDV
1	28.80	9.80	9.50	48.10	3	30
2	28.80	9.80	2.00	40.60	2	30
3	28.80	2.00	2.00	32.80	1	38

Fuente: Elaboración propia

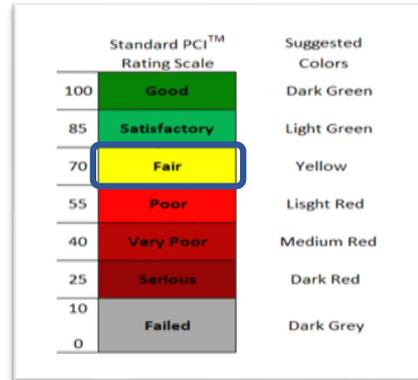
• Valor total de deducción corregido (VDC) = 38

PCI = 100 - MaxVDC = 62

CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

La condición del pavimento es JUSTO por la calificación del PCI de 62

Según la clasificación se recomienda realizar una intervención del tipo MANTENIMIENTO PREVENTIVO RUTINARIO Y/O PERÓDICO



SECCIÓN: Del km 04+428.60 al km 04+465.20

Acho de muestra = 6.3 m

Longitud de muestra = 36.6 m

ÁREA DE LA UNIDAD = 230.58 m²

Tabla N°13. Fallas encontradas en la muestra

FALLAS ENCONTRADAS				
TIPOS		03	10	19
TOTAL	L	0.00	0.00	3.00
	H	0.00	0.95	0.00
	M	2.75	12.55	0.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°14. Cálculo de PCI

CALCULO DEL ÍNDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)				
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD TOTAL POR FALLA	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
03	M	2.75	1.19%	4.70
10	H	0.95	0.41%	3.80
	M	12.55	5.44%	11.00
19	L	3.00	1.30%	9.80

Fuente: Elaboración propia

Número Max. De Valores deducidos $m_i = 1.00 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDVi)$

$m_i = 9.17 \approx 9.00$

Valor deducido máximo (HDVi) = 11.00

Número de valores deducidos > 2. q = 4

Tabla N°15. Máximo valor deducido

N°	VALORES DEDUCIDOS				TOTAL	q	CDV
1	11.00	9.80	4.70	3.80	29.30	4	12
2	11.00	9.80	4.70	2.00	27.50	3	16.5
3	11.00	9.80	2.00	2.00	24.80	2	18
4	11.00	2.00	2.00	2.00	17.00	1	17

Fuente: Elaboración propia

• Valor total de deducción corregido (VDC) = 18

PCI = 100 - MaxVDC = 82

CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

La condición del pavimento es SATISFACTORIO por la calificación del PCI de 82.

Según la clasificación se recomienda realizar una intervención del tipo MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

	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		

- Carretera Emp.Pe-3S – Atuncolla.

El área de estudio se encuentra ubicado en el distrito de Atuncolla en la provincia de Puno, departamento de Puno.

La carretera en estudio tiene una longitud de 8,500 km, en donde se tomaron como referencia las 14 unidades de muestras ya ensayadas, siendo el ancho de vía 5 m y longitud de estudio cada 50 m. Adicionalmente y para una mejor comparación se tomaron 2 muestras aleatorias para aplicar el método PCI y ser comparados con los resultados ya calculados y conocer el grado de precisión de descripción del estado real de la vía.

SECCIÓN: Del km 00 + 00 al km 00 + 50

Acho de muestra = 5 m
 Longitud de muestra = 50 m

ÁREA DE LA UNIDAD = 250 m²

Tabla N°16. Fallas encontradas en la muestra

FALLAS ENCONTRADAS											
TIPOS		10			11			12			
CANTIDAD Y SEVERIDAD		L	M	H	L	M	H	L	M	H	
		5.60	8.60	2.70	7.00	15.00	17.50		50.10		
		3.00	7.00	3.00							
			6.40								
TOTAL	L	8.60			7.00			0.00			
	H	22.00			15.00			50.10			
	M	5.70			17.50			0.00			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°17. Cálculo de PCI

CALCULO DEL ÍNDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)				
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD TOTAL POR FALLA	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
10	L	8.60	3.44%	0.90
	M	22.00	8.80%	18.40
	H	5.70	2.28%	14.90
11	L	7.00	2.80%	7.50
	M	15.00	6.00%	25.10
	H	17.50	7.00%	45.10
12	M	50.10	20.04%	8.00

Fuente: Elaboración propia

Número Max. De Valores deducidos $m_i = 1.00 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDVi)$

$m_i = 6.04 \approx 6.00$

Valor deducido máximo (HDVi) = 45.10

Número de valores deducidos > 2. q = 6

Tabla N°18. Máximo valor deducido
MAXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (CDV)

N°	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	CDV
1	45.10	25.10	18.40	14.90	7.50	8.00	119.00	6	58
2	45.10	25.10	18.40	14.90	7.50	2.00	113.00	5	60
3	45.10	25.10	18.40	14.90	2.00	2.00	107.50	4	62
4	45.10	25.10	18.40	2.00	2.00	2.00	94.60	3	60
5	45.10	25.10	2.00	2.00	2.00	2.00	78.20	2	56
6	45.10	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	55.10	1	54

Fuente: Elaboración propia

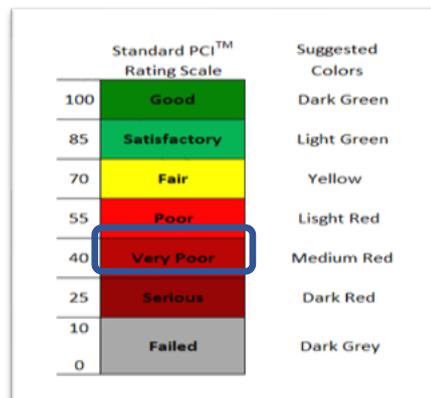
• Valor total de deducción corregido (VDC) = 62

PCI = 100 - MaxVDC = 38

CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

La condición del pavimento es MY POBRE por la calificación del PCI de 38

Según la clasificación se recomienda realizar una intervención del tipo REHABILITACIÓN - REFUERZO ESTRUCTURAL



SECCIÓN: Del km 08 + 450 al km 08 + 500

Acho de muestra = 5 m
 Longitud de muestra = 50 m

ÁREA DE LA UNIDAD = 250 m²

Tabla N°19. Fallas encontradas en la muestra

FALLAS ENCONTRADAS										
TIPOS	1	2	6	7	9		11		12	14
CANTIDAD Y SEVERIDAD	M	L	L	M	M	H	L	M	L	L
	16.30	12.00	6.60	13.0	13.50	7.00	1.04	2.76	28.75	9.60
	11.20	14.40	2.70	15.0	14.00	16.00	0.96	1.44	10.50	18.00
	10.81		5.98		12.00			1.19	41.50	8.80
					10.00					
TOTAL	L	26.40	15.28				2.00		80.75	36.40
	H	38.31		28.00	49.50		5.39			
	M				23.00					

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°20. Cálculo de PCI

CALCULO DEL ÍNDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)				
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD TOTAL POR FALLA	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	38.31	15.32%	51.00
2	L	26.40	10.56%	4.50
6	L	15.28	6.11%	10.00
7	M	28.00	11.20%	16.00
9	M	49.50	19.80%	14.00
	H	23.00	9.20%	16.00
11	L	2.00	0.80%	1.00
	M	5.39	2.16%	15.10
12	L	80.75	32.30%	9.90
14	L	36.40	14.56%	30.50

Fuente: Elaboración propia

Número Max. De Valores deducidos $m_i = 1.00 + \frac{9}{98} \cdot (100 - HDVi)$

$m_i = 5.50 \approx 6.00$

Valor deducido máximo (HDVi) = 51.00

Número de valores deducidos > 2. q = 6

Tabla N°21. Máximo valor deducido

N°	VALORES DEDUCIDOS										TOTAL	q	CDV
	51.00	30.50	16.00	16.00	15.10	14.00	10.00	9.90	4.50	167.00			
1	51.00	30.50	16.00	16.00	15.10	14.00	10.00	9.90	4.50	167.00	9	76.00	
2	51.00	30.50	16.00	16.00	15.10	14.00	10.00	9.90	2.00	164.50	8	75.90	
3	51.00	30.50	16.00	16.00	15.10	14.00	10.00	2.00	2.00	156.60	7	73.80	
4	51.00	30.50	16.00	16.00	15.10	14.00	2.00	2.00	2.00	148.60	6	72.50	
5	51.00	30.50	16.00	16.00	15.10	2.00	2.00	2.00	2.00	136.60	5	70.00	
6	51.00	30.50	16.00	16.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	123.50	4	70.05	
7	51.00	30.50	16.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	109.50	3	68.00	
8	51.00	30.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	95.50	2	67.50	
9	51.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	67.00	1	66.50	

Fuente: Elaboración propia

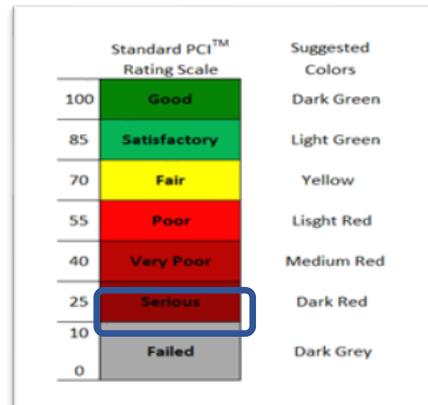
• Valor total de deducción corregido (VDC) = **76**

PCI = 100 - MaxVDC = 24

CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

La condición del pavimento es GRAVE por la calificación del PCI de 24

Según la clasificación se recomienda realizar una intervención del tipo **REHABILITACIÓN - RECONSTRUCCIÓN**



5.3 Resultados de la evaluación del pavimento con el Método de Mantenimiento o conservación vial del MTC

Con los estudios ya mencionados, se tomaron en cuenta los datos de campo de 4 muestras 2 de cada estudio, en el cual se realizaron dos muestras para el método MTC para cada muestra, luego se compara con el resultado obtenido por los investigadores que realizaron en su tiempo, de tal manera se hace una comparación de nuestros cálculos con el suyo.

5.3.1 Ubicación, datos y cálculos

Los datos de campo necesarios para realizar los métodos y tener nuestros cálculos fueron estudios realizados por, Choque P., J. A. (2019). *Estudio comparativo del método PCI y el manual de conservación vial MTC en la evaluación superficial de pavimento flexible*, tramo Emp.Pe-3S – Atuncolla. Y de, Mori G., D. J. (2018). *Estudio comparativo de las fallas del pavimento asfáltico con los manuales del PCI y de mantenimiento o conservación vial del MTC en la Av. Pedro Beltrán – Ventanilla*.

- Av. Pedro Beltrán – Ventanilla

El área de estudio se encuentra ubicado en el distrito de Ventanilla en la provincia constitucional del Callao. Conformada por tres tramos (Urb. Ciudad Satélite, Ventanilla Alta y Lomas de Ventanilla), estas zonas abarcan 24, 20 y 26 cuadras respectivamente.

El ancho de la vía es de 6.3 metros, con dos carriles por sentido. El primer carril (subida) tiene una longitud de 4,172.50 m con área de 26,747.28 m², el segundo carril (bajada) tiene una longitud de 4,245.60 m con área de 26,747.28 m², correspondientes a la Av. Pedro Beltrán. A modo de comparar se tomaron 2 muestras aleatorias para aplicar el método del MTC y ser comparados con los resultados ya calculados y conocer el grado de precisión de descripción del estado real de la vía.

SECCIÓN: Muestra 1 Calzada de subida

Tabla N°22. Fallas encontradas

FALLAS ENCONTRADAS						
TIPOS		1 (Piel de cocodrilo)	2 (Fisuras Longitudinales)	5 (Reparación o parchado)	6 (Peladura y desprendimiento)	8 (Fisuras transversales)
TOTAL	G-1	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21
	G-2	0.00	0.98	15.63	12.11	16.25
	G-3	17.17	19.82	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°23. Cálculo de la Condición de Pavimento

CÁLCULO DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO						
CONDICION DE DAÑO	EXTENSIÓN PROMEDIO PONDERADA	PUNTAJE DE CONDICIÓN SEGÚN EXTENSIÓN DE CADA TIPO DE DETERIORO O FALLA			PUNTAJE DE CONDICIÓN	
		0: SIN DETERIORO O SIN FALLA	1: LEVE EFP = MENOR A 10%	2: MODERADO EFP = ENTRE 10% Y 30%		3: SEVERO EFP = MAYOR A 30%
1	1.36		5.44		5.44	
2	1.50		3.00		3	
5	1.24		2.48		2.48	
6	0.96		0.96		0.96	
8	1.21		1.21		1.21	
PC TOTAL =					13.09	

Fuente: Elaboración propia

• **DAÑO 1**

Ancho = 6.30 EF₁ = 0.00
As = 1260 EF₂ = 0.00 EF_p = 1.36
 EF₃ = 1.36

• **DAÑO 2**

Ancho = 6.30 EF₁ = 0.00
As = 1260 EF₂ = 0.08 EF_p = 1.50
 EF₃ = 1.57

• **DAÑO 5**

Ancho = 6.30 EF₁ = 0.00
As = 1260 EF₂ = 1.24 EF_p = 1.24
 EF₃ = 0.00

• **DAÑO 6**

Ancho = 6.30 EF₁ = 0.00
As = 1260 EF₂ = 0.96 EF_p = 0.96
 EF₃ = 0.00

• **DAÑO 8**

Ancho = 6.30 EF₁ = 0.10
As = 1260 EF₂ = 1.29 EF_p = 1.21
 EF₃ = 0.00

Condición del pavimento asfáltico: CC = 1000 - PC = **986.91**

Según la CC = 986.91 el pavimento tiene una calificación de BUENO

Según la clasificación se recomienda realizar una intervención del tipo CONSERVACIÓN RUTINARIA

SECCIÓN: Muestra 22 Calzada de subida

Tabla N°24. Fallas encontradas

FALLAS ENCONTRADAS							
TIPOS		1 (Piel de cocodrilo)	2 (Fisuras Longitudinales)	5 (Reparación o parchado)	6 (Peladura y desprendimiento)	7 (Baches)	8 (Fisuras transversales)
TOTAL	G-1	0.00	0.00	0.00	3.22	0.00	0.00
	G-2	0.00	0.00	0.00	7.68	1.00	0.00
	G-3	30.61	15.65	2.32	84.95	0.00	15.05

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°25. Cálculo de la Condición de Pavimento

CONDICION DE DAÑO	EXTENSIÓN PROMEDIO PONDERADA	PUNTAJE DE CONDICIÓN SEGÚN EXTENSIÓN DE CADA TIPO DE DETERIORO O FALLA			PUNTAJE DE CONDICIÓN
		0: SIN DETERIORO O SIN FALLA	1: LEVE EFP = MENOR A 10%	2: MODERADO EFP = ENTRE 10% Y 30%		3: SEVERO EFP = MAYOR A 30%
1	2.43		9.72		9.72
2	1.24		2.48		2.48
5	0.18		0.36		0.36
6	6.03		6.03		6.03
7	1.00		2.00		2
8	1.19		1.19		1.19
PC TOTAL =					21.78

Fuente: Elaboración propia

• **DAÑO 1**

Ancho = 6.30 EF₁ = 0.00
As = 1260 EF₂ = 0.00 EF_p = 2.43
 EF₃ = 2.43

• **DAÑO 2**

Ancho = 6.30 EF₁ = 0.00
As = 1260 EF₂ = 0.00 EF_p = 1.24
 EF₃ = 1.24

• **DAÑO 5**

Ancho = 6.30 EF₁ = 0.00
As = 1260 EF₂ = 0.00 EF_p = 0.18
 EF₃ = 0.18

• **DAÑO 6**

Ancho = 6.30 EF₁ = 0.26
As = 1260 EF₂ = 0.61 EF_p = 6.03
 EF₃ = 6.74

• **DAÑO 7**

Ancho = 6.30 EF₁ = 0.00
As = 1260 EF₂ = 1.00 EF_p = 1.00
 EF₃ = 0.00

• **DAÑO 8**

Ancho = 6.30 EF₁ = 0.00
As = 1260 EF₂ = 0.00 EF_p = 1.19
 EF₃ = 1.19

Condición del pavimento asfáltico: CC = 1000 - PC = **978.22**

Según la CC = 978.22 el pavimento tiene una calificación de BUENO

Según la clasificación se recomienda realizar una intervención del tipo CONSERVACIÓN RUTINARIA

- Carretera Emp.Pe-3S – Atuncolla.

El área de estudio se encuentra ubicado en el distrito de Atuncolla en la provincia de Puno, departamento de Puno.

La carretera en estudio tiene una longitud de 8,500 km, en donde se tomaron como referencia las 14 unidades de muestras ya ensayadas, siendo el ancho de vía 5 m y longitud de estudio cada 50 m. Adicionalmente y para una mejor comparación se tomaron 2 muestras aleatorias para aplicar el método del MTC y ser comparados con los resultados ya calculados y conocer el grado de precisión de descripción del estado real de la vía.

SECCIÓN: Del km 00 + 00 al km 00 + 200

Tabla N°26. Fallas encontradas

FALLAS ENCONTRADAS													
TIPOS		5 (Reparación o parchado)			6 (Peladura y desprendimiento)			7 (Baches)			11 (Desnivel Calzada - Berma)		
CANTIDAD Y SEVERIDAD	G-1	G-2	G-3	G-1	G-2	G-3	G-1	G-2	G-3	G-1	G-2	G-3	
		1.00	50.00	1.00	30.80	60.00	1.00	2.00	2.00	3.00	1.00	23.00	50.00
			3.00			20.70		2.00	3.00			26.00	34.00
			14.40			22.50						17.00	23.00
			2.70										31.00
TOTAL	G-1	1.00		30.80			4.00			1.00			
	G-2	70.10		103.20			5.00			66.00			
	G-3	1.00		1.00			3.00			138.00			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°27. Cálculo de la Condición de Pavimento

CONDICION DE DAÑO	EXTENSIÓN PROMEDIO PONDERADA	PUNTAJE DE CONDICIÓN SEGÚN EXTENSIÓN DE CADA TIPO DE DETERIORO O FALLA			PUNTAJE DE CONDICIÓN
		0: SIN DETERIORO O SIN FALLA	1: LEVE EFP = MENOR A 10%	2: MODERADO EFP = ENTRE 10% Y 30%	
5	6.82		13.64		13.64
6	8.59		8.59		8.59
7	12.00			100	100
11	57.08			100	100
				PC TOTAL =	222.23

Fuente: Elaboración propia

• DAÑO 5

Ancho = 5.00 EF₁ = 0.10
 As = 1000 EF₂ = 7.01 EFP = 6.82
 EF₃ = 0.10

• DAÑO 6

Ancho = 5.00 EF₁ = 3.08
 As = 1000 EF₂ = 10.32 EFP = 8.59
 EF₃ = 0.10

• DAÑO 7

Ancho = 5.00 EF₁ = 4.00
 As = 1000 EF₂ = 5.00 EFP = 12.00
 EF₃ = 3.00

• DAÑO 11

Ancho = 5.00 EF₁ = 0.50
 Long. = 200 EF₂ = 33.00 EFP = 57.08
 EF₃ = 69.00

Condición del pavimento asfáltico: CC = 1000 - PC = **777.8**

Según la CC = 784, el pavimento tiene una calificación de REGULAR

Según la clasificación se recomienda realizar una intervención del tipo CONSERVACIÓN PERIÓDICA

SECCIÓN: Del km 08 + 600 al km 08 + 800

Tabla N°28. Fallas encontradas

FALLAS ENCONTRADAS																						
TIPOS		3 (Deformación)			4 (Ahuellamiento)			5 (Reparación o			6 (Peladura y			7 (Baches)			9 (Exudación)			11 (Desnivel)		
CANTIDAD Y SEVERIDAD	G-1	G-2	G-3	G-1	G-2	G-3	G-1	G-2	G-3	G-1	G-2	G-3	G-1	G-2	G-3	G-1	G-2	G-3	G-1	G-2	G-3	
	21.60	2.99		26.00	11.00		2.17	4.50		39.00	5.10		3.00	2.00	1.00	34.30	8.00			23.00	14.00	
	21.60	2.99		34.40	15.60		0.99	3.30		12.00	1.00					36.90				36.00	20.00	
	30.60			21.60			3.51	1.17		13.50						29.25				20.00		
	25.50			36.00				2.10		16.40						9.60				19.00		
	25.60			36.80				1.60		41.25						17.36						
	36.90							15.00		6.00						10.40						
TOTAL	G-1	161.80			154.80			6.67			128.15			3.00			137.81					
	G-2	5.98			26.60			27.67			6.10			2.00			8.00			98.00		
	G-3													1.00						34.00		

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°29. Cálculo de la Condición de Pavimento

CONDICIÓN DE DAÑO	EXTENSIÓN PROMEDIO PONDERADA	PUNTAJE DE CONDICIÓN SEGÚN EXTENSIÓN DE CADA TIPO DE DETERIORO O FALLA				PUNTAJE DE CONDICIÓN
		0: SIN DETERIORO O SIN FALLA	1: LEVE EFP = MENOR A 10%	2: MODERADO EFP = ENTRE 10% Y 30%	3: SEVERO EFP = MAYOR A 30%	
3	15.62			42.48		42.48
4	13.60			34.40		34.40
5	2.36		4.72			4.72
6	12.26			14.52		14.52
7	6.00		12.00			12.00
9	13.07			32.28		32.28
11	40.76				100.00	100.00
					PC TOTAL =	240.40

Fuente: Elaboración propia

• **DAÑO 3**

Ancho = 5.00 EF₁ = 16.18
As = 1000 EF₂ = 0.60 EF_p = 15.62

• **DAÑO 4**

Ancho = 5.00 EF₁ = 15.48
As = 1000 EF₂ = 2.66 EF_p = 13.60

• **DAÑO 5**

Ancho = 5.00 EF₁ = 0.67
As = 1000 EF₂ = 2.77 EF_p = 2.36

• **DAÑO 6**

Ancho = 5.00 EF₁ = 12.82
As = 1000 EF₂ = 0.61 EF_p = 12.26

• **DAÑO 7**

Ancho = 5.00 EF₁ = 3.00
As = 1000 EF₂ = 2.00 EF_p = 6.00
EF₃ = 1.00

• **DAÑO 9**

Ancho = 5.00 EF₁ = 13.78
As = 1000 EF₂ = 0.80 EF_p = 13.07

• **DAÑO 11**

Ancho = 5.00 EF₁ = 49.00
As = 1000 EF₂ = 17.00 EF_p = 40.76

Condición del pavimento asfáltico: CC = 1000 - PC = **759.6**

Según la CC = 760, el pavimento tiene una calificación de
REGULAR

Según la clasificación se recomienda realizar una
intervención del tipo CONSERVACIÓN PERIÓDICA

5.4 Comparación de los métodos Índice de condición del pavimento (PCI) y el método de Mantenimiento o conservación vial del MTC

Obteniendo los resultados de cada evaluación de los métodos Índice de Condición del Pavimento (PCI) y Mantenimiento o Conservación Vial del MTC, se procede a la comparación y análisis de resultados.

5.4.1 Comparación de los métodos en Tramo Emp.Pe-3S – Atuncolla. Puno

Los resultados que obtuvimos en las muestras aleatorias estuvieron sometidas a las mismas condiciones de clima, así como ubicación, siendo los resultados los siguientes:

- Tramo 1

PCI	La condición del pavimento es MUY POBRE por la calificación del PCI de 38
MTC	Según la CC = 784, el pavimento tiene una calificación de REGULAR

- Tramo 2

PCI	La condición del pavimento es GRAVE por la calificación del PCI de 24
MTC	Según la CC = 760, el pavimento tiene una calificación de REGULAR

En ambos tramos el método de Índice de condición de pavimentos (PCI) es mucho más severo en la calificación que le asigna al estado de la vía con respecto al método del MTC. Debido a que el manual de PCI cuenta con 19 tipos de fallas que pueden ser clasificados y tomados en cuenta en el proceso de recolección de datos, frente a los 11 tipos de fallas que clasifica el método del MTC. Sumado a este la forma en cómo se toman las muestras es más detallada en el método de PCI, debido a que las muestras se toman cada 50 m, abarcando un área menor para describir con mayor precisión las fallas que se puedan encontrar en la vía de estudio, frente a los 200 m que considera el MTC como distancia que debe tener una muestra.

5.4.2 Comparación de los métodos en Av. Pedro Beltrán – Ventanilla, Callao

Los resultados que obtuvimos en las muestras aleatorias estuvieron sometidas a las mismas condiciones de clima, así como ubicación, siendo los resultados los siguientes:

- Tramo 1

PCI	La condición del pavimento es JUSTO por la calificación del PCI de 62
MTC	Según la CC = 986.91 el pavimento tiene una calificación de BUENO

- Tramo 2

PCI	La condición del pavimento es SATISFACTORIO por la calificación del PCI de 82.
MTC	Según la CC = 978.22 el pavimento tiene una calificación de BUENO

En ambos tramos el método de Índice de condición de pavimentos (PCI) son similares en la calificación que le asigna al estado de la vía con respecto al método del MTC. Esto puede ser causante del número de muestras que se tomaron para la comparación. Sin embargo, el uso de programas como PCIA que permiten realizar los cálculos de una manera mucha más rápida usando el método PCI hacen que este sea un proceso más sencillo de completar en un tiempo mejor que la aplicación del método de MTC, que sigue el proceso de recolección de datos en formatos manuales.

5.4.3 Propuesta de Intervención según resultados

- Av. Pedro Beltrán – Ventanilla, Callao: los resultados en los tramos analizados son en general del estado de condición de JUSTO, por lo que se sugiere MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS RUTINARIOS, con el fin de preservar en buenas condiciones el estado de la vía.

- Tramo Emp.Pe-3S – Atuncolla. Puno: los resultados en los tramos analizados son de severidad distinta según el método. Por seguridad y siendo el método PCI más preciso en detallar las fallas que están presentes en los tramos analizados, podemos inferir que el estado de la vía se encuentra entre la condición de MUY POBRE a GRAVE, dependerá de los tramos que se esté analizando, por lo que se sugiera una pronta intervención de una REHABILITACIÓN CON REFUERZO ESTRUCTURAL y de ser el caso en algunos tramos de las condiciones son más adversas una intervención del tipo REHABILITACIÓN – RECONSTRUCCIÓN.

5.5 Contrastación de Hipótesis

5.5.1 Hipótesis Especifica 1

Hipótesis Alterna (Ha): Con la descripción del método Índice de condición del pavimento (PCI) obtenemos el estado de conservación en el que se encuentra el Pavimento Asfáltico.

Hipótesis Nula (Ho): Con la descripción del método Índice de condición del pavimento (PCI) NO obtenemos el estado de conservación en el que se encuentra el Pavimento Asfáltico.

Como indica en su tesis Chaiña, G., Chaiña, O. en el 2019 nos comentan de las bases teóricas para evaluación con el método PCI para mejorar el mantenimiento de pavimentos flexibles y concluyen en que el manual del PCI proporciona la correcta descripción del pavimento permitiéndoles sugerir el tipo de intervención necesaria. Así como Choque nos indica en su tesis del 2019 que, realizando un estudio comparativo de métodos de evaluación superficial de pavimentos, concluye que con el método PCI le permite describir el estado en el que se encuentra la carretera evaluada en Puno, siendo la condición de MALA. De la misma manera y como se desarrolló en el capítulo 5.2 Resultados de la Evaluación del pavimento con el Método de Índice de

Condición del Pavimento (PCI), donde se evaluó dos muestras de las vías Av. Pedro Beltrán – Ventanilla, Callao y dos muestras de la carretera Emp.Pe-3S – Atuncolla. Puno; se pudo aplicar la descripción del método del PCI, dando los siguientes resultados.

- Av. Pedro Beltrán – Ventanilla
 - Sección: Del km 00 + 00 al km 00 + 036.60
Se obtuvo el valor de PCI de 62, el cual otorga la condición de JUSTO al pavimento asfáltico.
 - Sección: Del km 04 + 428.60 al km 04 + 465.20
Se obtuvo el valor de PCI de 82, el cual otorga la condición de SATISFACTORIO al pavimento asfáltico.
- Carretera EMP.PE-3S – Atuncolla
 - Sección: Del km 00 + 00 al km 00 + 050
Se obtuvo el valor de PCI de 38, el cual otorga la condición de MUY POBRE al pavimento asfáltico.
 - Sección: Del km 08 + 450 al km 08 + 500
Se obtuvo el valor de PCI de 24, el cual otorga la condición de GRAVE al pavimento asfáltico.

Por lo que tomando en cuenta los resultados de haber aplicado la descripción del método PCI en dos vías distintas y con 2 muestras en cada vía, obteniendo la descripción actual del pavimento asfáltico, se puede concluir: Se valida la Hipótesis alterna (Ha), con la evaluación del método PCI se conoce la condición del pavimento asfáltico. Y se rechaza la hipótesis Nula (Ho).

5.5.2 Hipótesis Específica 2

Hipótesis Alterna (Ha): Con la descripción del método de Mantenimiento o conservación vial del MTC obtenemos el estado de conservación en el que se encuentra el Pavimento Asfáltico.

Hipótesis Nula (Ho): Con la descripción del método de Mantenimiento o conservación vial del MTC NO obtenemos el estado de conservación en el que se encuentra el Pavimento Asfáltico.

Como indica en su tesis Chaiña, G., Chaiña, O. en el 2019 nos comentan de las bases teóricas para evaluación con el método MTC para mejorar el mantenimiento de pavimentos flexibles y concluyen en que el manual del MTC proporciona la correcta descripción del pavimento permitiéndoles sugerir el tipo de intervención necesaria. Así como Choque nos indica en su tesis del 2019 que, realizando un estudio comparativo de métodos de evaluación superficial de pavimentos, concluye que con el método MTC le permite describir el estado en el que se encuentra la carretera evaluada en Puno, siendo la condición de REGULAR. De la misma manera y como se desarrolló en el capítulo 5.3 Resultados de la Evaluación del pavimento con el Método de Mantenimiento o conservación vial del MTC, donde se evaluó dos muestras de las vías Av. Pedro Beltrán – Ventanilla, Callao y dos muestras de la carretera Emp.Pe-3S – Atuncolla. Puno; se pudo aplicar la descripción del método del PCI, dando los siguientes resultados:

- Av. Pedro Beltrán – Ventanilla
 - Muestra 1: Calzada de subida (inicio de la vía)
Se obtuvo el valor de CC de 986.91, el cual otorga la condición de BUENO al pavimento asfáltico.
 - Muestra 22: Calzada de subida (final de la vía)
Se obtuvo el valor de CC de 978.22, el cual otorga la condición de BUENO al pavimento asfáltico.
- Carretera EMP.PE-3S – Atuncolla
 - Sección: Del km 00 + 00 al km 00 + 200
Se obtuvo el valor de CC de 777.80, el cual otorga la condición de REGULAR al pavimento asfáltico.
 - Sección: Del km 08 + 600 al km 08 + 800
Se obtuvo el valor de CC de 760, el cual otorga la condición de REGULAR al pavimento asfáltico.

Por lo que tomando en cuenta los resultados de haber aplicado la descripción del método del MTC en dos vías distintas y con 2 muestras en cada vía, obteniendo la descripción actual del pavimento asfáltico, se puede concluir: Se

valida la Hipótesis alterna (Ha), con la evaluación del método MTC se conoce la condición del pavimento asfáltico. Y se rechaza la hipótesis Nula (Ho).

5.5.3 Hipótesis Especifica 3

Hipótesis Alterna (Ha): Con los resultados de los métodos Índice de condición del pavimento (PCI) y Mantenimiento o conservación vial del MTC aplicados en el pavimento asfáltico podemos inferir el grado de condición del pavimento más eficaz.

Hipótesis Nula (Ho): Con los resultados de los métodos Índice de condición del pavimento (PCI) y Mantenimiento o conservación vial del MTC aplicados en el pavimento asfáltico NO podemos inferir el grado de condición del pavimento más eficaz.

Según Mori (2018) en su tesis Estudio comparativo de las fallas del pavimento asfáltico con los manuales del PCI y el MTC, concluye que el método más eficaz para la determinación del grado de condición del pavimento es el método del PCI, quien da la condición de MALAS y MUY MALAS a los tramos que evaluó, frente a la condición de REGULAR que brinda el método del MTC. De la misma forma, Choque (2019) en su tesis Estudio comparativo del método PCI y el MTC en la evaluación superficial del pavimento flexible, concluye que el método más eficaz es el manual del PCI, por lo que permite describir más tipos de fallas en comparación del MTC, de tal manera que brinda una descripción más real del estado en el que se encuentra la carretera, siendo la condición de MUY MALA. Así también, como se explicó en el capítulo 5.4 Comparación de los métodos Índice de condición del pavimento (PCI) y el método de Mantenimiento o conservación vial del MTC, se obtuvo el resultado del análisis de condición del pavimento en las dos vías en la que se aplicaron a dos muestras para cada vía, dándonos los siguientes resultados:

- Av. Pedro Beltrán – Ventanilla
 - Tramo 1

PCI	La condición del pavimento es JUSTO por la calificación del PCI de 62, con un total de 3 fallas registradas.
MTC	Según la CC = 986.91, el pavimento tiene una calificación de BUENO , con un total de 5 fallas registradas.

Considerando que el método del PCI cuenta con 19 fallas respecto a las 11 fallas del MTC para la clasificación y el nivel de severidad, se determina el porcentaje (%) que representa el índice de condición (IC) superficial del método del MTC respecto al método del PCI, por lo que obtenemos:

% de representación del IC = $(5/11) * 62 = 28.18\%$, es lo que representa el IC del pavimento asfáltico aplicando el método MTC respecto del método PCI.

- Tramo 2

PCI	La condición del pavimento es SATISFACTORIO por la calificación del PCI de 82, con un total de 3 fallas registradas.
MTC	Según la CC = 978.22, el pavimento tiene una calificación de BUENO , con un total de 6 fallas registradas.

Considerando que el método del PCI cuenta con 19 fallas respecto a las 11 fallas del MTC para la clasificación y el nivel de severidad, se determina el porcentaje (%) que representa el índice de condición (IC) superficial del método del MTC respecto al método del PCI, por lo que obtenemos:

% de representación del IC = $(6/11) * 82 = 44.73\%$, es lo que representa el IC del pavimento asfáltico aplicando el método MTC respecto del método PCI.

- Carretera EMP.PE-3S – Atuncolla

- Tramo 1

PCI	La condición del pavimento es MUY POBRE por la calificación del PCI de 38, con un total de 3 fallas registradas.
MTC	Según la CC = 777.80, el pavimento tiene una calificación de REGULAR , con un total de 4 fallas registradas.

Considerando que el método del PCI cuenta con 19 fallas respecto a las 11 fallas del MTC para la clasificación y el nivel de severidad, se determina el porcentaje (%) que representa el índice de condición (IC) superficial del método del MTC respecto al método del PCI, por lo que obtenemos:

% de representación del IC = $(4/11) * 38 = 13.82\%$, es lo que representa el IC del pavimento asfáltico aplicando el método MTC respecto del método PCI.

- Tramo 2

PCI	La condición del pavimento es GRAVE por la calificación del PCI de 24, con un total de 8 fallas registradas.
MTC	Según la CC = 760, el pavimento tiene una calificación de REGULAR , con un total de 7 fallas registradas.

Considerando que el método del PCI cuenta con 19 fallas respecto a las 11 fallas del MTC para la clasificación y el nivel de severidad, se determina el porcentaje (%) que representa el índice de condición (IC) superficial del método del MTC respecto al método del PCI, por lo que obtenemos:

% de representación del IC = $(7/11) * 24 = 15.27\%$, es lo que representa el IC del pavimento asfáltico aplicando el método MTC respecto del método PCI.

Cabe resaltar que, si el PCI es severo al describir, el método del MTC es muy ligero, ya que considera menos rangos y tipos de daños y el área de estudio es mucho más amplia.

Por lo que tomando en cuenta los criterios de decisión luego de realizar el contraste, se acepta H_a . Luego de la evaluación de ambos métodos se opta por considerar los resultados del método de PCI, ya que describen con mayor exactitud el grado de condición del pavimento asfáltico de todas las muestras analizadas en esta investigación.

5.5.4 Hipótesis Especifica 4

Hipótesis Alternativa (H_a): El Método más conveniente será el Índice de condición del pavimento (PCI) que será aplicado en la vía para determinar el tipo de intervención al pavimento asfáltico.

Hipótesis Nula (H_0): El Método más conveniente NO será el Índice de condición del pavimento (PCI) que será aplicado en la vía para determinar el tipo de intervención al pavimento asfáltico.

Según Mori (2018) en su tesis Estudio comparativo de las fallas del pavimento asfáltico con los manuales del PCI y el MTC, concluye que el método más eficaz para la determinación del grado de condición del pavimento es el método del PCI, quien da la condición de MALAS y MUY MALAS, por lo que sugiere una intervención del tipo MANTENIMIENTO PREVENTIVO RUTINARIO Y/O PERIÓDICO. De la misma forma, Choque (2019) en su tesis Estudio comparativo del método PCI y el MTC en la evaluación superficial del pavimento flexible, concluye que el método más eficaz es el manual del PCI, siendo la condición de MUY MALA, por lo que sugiere una intervención del tipo REHABILITACIÓN – REFUERZO ESTRUCTURAL. Además, con lo antes mencionado en el contraste de las hipótesis 1, 2 y 3, la comparación de resultados de la aplicación de los métodos a 4 tramos distintos de dos vías distintas, más la referencia de dichas investigaciones, se acepta la H_a . Donde el Índice de Condición del Pavimento (PCI) es el más adecuado para sugerir con precisión la INTERVENCIÓN necesaria que necesite la vía en estudio, debido a que describió con mayor precisión el grado de condición del pavimento. En vista lo expuesto se sugiere lo siguiente:

- Av. Pedro Beltrán – Ventanilla
 - Sección: Del km 00 + 00 al km 00 + 036.60
Se obtuvo el valor de PCI de 62, el cual otorga la condición de JUSTO al pavimento asfáltico.
Se recomienda una intervención del tipo MANTENIMIENTO PREVENTIVO RUTINARIO Y/O PERIÓDICO.
 - Sección: Del km 04 + 428.60 al km 04 + 465.20
Se obtuvo el valor de PCI de 82, el cual otorga la condición de SATISFACTORIO al pavimento asfáltico.
Se recomienda una intervención del tipo MANTENIMIENTO PREVENTIVO.
- Carretera EMP.PE-3S – Atuncolla
 - Sección: Del km 00 + 00 al km 00 + 050
Se obtuvo el valor de PCI de 38, el cual otorga la condición de MUY POBRE al pavimento asfáltico.
Se recomienda una intervención del tipo REHABILITACIÓN – REFUERZO ESTRUCTURAL
 - Sección: Del km 08 + 450 al km 08 + 500
Se obtuvo el valor de PCI de 24, el cual otorga la condición de GRAVE al pavimento asfáltico.
Se recomienda una intervención del tipo REHABILITACIÓN – RECONSTRUCCIÓN.

Por lo que tomando en cuenta los resultados de las comparaciones, así como la contrastación de las hipótesis 1, 2 y 3, se acepta H_a , donde el Método más conveniente es el Índice de condición del pavimento (PCI) que se aplicó en la vía se determinó el tipo de intervención que es requerido respecto al pavimento asfáltico en estudio.

CONCLUSIONES

1. Se compararon los métodos del PCI y del MTC, con lo cual se determinó el tipo de intervención adecuada para el pavimento asfáltico, siendo las unidades muestras Av. Pedro Beltrán – Ventanilla con la condición de JUSTO, con la intervención del tipo MANTENIMIENTO PREVENTIVO RUTINARIO Y/O PERIÓDICO. Y la muestra Carretera EMP.PE-3S – Atuncolla con la condición de MUY POBRE, con la intervención del tipo REHABILITACIÓN – REFUERZO ESTRUCTURAL.
2. El método descrito es el Índice de condición del pavimento (PCI), que nos permitió concluir que presentan 19 tipos de fallas para describir el estado o condición del pavimento asfáltico, y que las unidades muestras presentan las siguientes condiciones: Av. Pedro Beltrán – Ventanilla tiene condición entre JUSTO y SATISFACTORIO. Y la Carretera EMP.PE-3S tiene la condición de MUY POBRE a GRAVE.
3. El método descrito es del Mantenimiento o conservación vial del MTC, que nos permitió concluir que presentan en dos tipos de fallas (estructurales y superficiales), y que las unidades muestras presentan las siguientes condiciones: Av. Pedro Beltrán – Ventanilla tiene condición de BUENO. Y la Carretera EMP.PE-3S tiene la condición de REGULAR.
4. Se comparó los resultados obtenidos de los métodos de Índice de condición del pavimento (PCI) y el método de Mantenimiento o conservación vial del MTC, que nos permitió concluir que, el método más adecuado es el del PCI, por describir de manera más severa las fallas encontradas en las unidades muestras, siendo los resultados los siguientes: Av. Pedro Beltrán – Ventanilla con la condición de JUSTO, y la muestra Carretera EMP.PE-3S – Atuncolla con la condición de MUY POBRE.
5. El método más adecuado es el Índice de condición del pavimento (PCI), por lo que su aplicación nos permite concluir que, es mucho más completo en la forma como clasifica los tipos de fallos y en como subclasifica cada nivel de severidad de una falla. Por lo que se sugiera que la mejor aplicación a las unidades muestras

sean del tipo MANTENIMIENTO PREVENTIVO RUTINARIO Y/O PERIÓDICO para la Av. Pedro Beltrán – Ventanilla, y del tipo REHABILITACIÓN – REFUERZO ESTRUCTURAL para la carretera EMP.PE-3S – Atuncolla (Puno).

6. Habiendo analizado los métodos del PCI y del MTC, así como su aplicación en dos vías distintas y tomando como referencia 2 muestras por vía, se pudo identificar que el método del PCI brinda una clasificación más detallada de las fallas encontradas en el pavimento, por lo que nos permitió determinar el tipo de intervención necesaria al pavimento asfáltico, de tal manera que la vía muestra recupere las condiciones adecuadas para un buen servicio de tránsito vehicular.

RECOMENDACIONES

1. La implementación de los dos métodos es sencilla de aplicar, sin embargo, el método de PCI utiliza ciertos gráficos necesarios para la culminación de los resultados, estas gráficas pueden ser subjetivas a quien realice los cálculos, ya que al tener los mismos datos de campo que se usó en esta tesis, algunos valores fueron distintos, no diferenciándose del resultado final, pero sí podría variar si no se usan de manera exacta.
2. Para usar el método del MTC y obtener resultados aceptables, se debe tomar muestras de 200 m y dividir las en submuestras de 50 m, para una evaluación detallada de las posibles fallas existentes en la vía.
3. Las vías terrestres son las más importantes en nuestro país, debido a que representan desarrollo y comunicación entre nuestros pueblos. Es por eso la importancia de seguir realizando comparaciones de los métodos que evalúen la condición del pavimento, con el afán de mejorar y buscar la excelencia para una mejor conservación de la vía y brindar a los usuarios una mejor transitabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atahui, J., Morales, G. (2020). *Evaluación de la condición del pavimento flexible aplicando las metodologías VIZIR y PCI para proponer alternativas de mantenimientos – Av. Malecón Checa*. (Tesis de Pregrado). Universidad Ricardo Palma. Lima – Perú.
- American Society for Testing and Materials. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Conditions Index Surveys, 2018*. U.S.
- Chaiña, G., Chaiña, O. (2019). *Bases teóricas para evaluación con el método PCI y MTC para mejorar el mantenimiento de pavimentos flexibles en la avenida roma, distrito de Trujillo, 2019*. (Tesis de Pregrado). Universidad Privada de Trujillo. Trujillo – Perú.
- Choque, J. (2019). *Estudio comparativo del método PCI y el manual de conservación vial MTC en la evaluación superficial de pavimento flexible, tramo EMP.PE-3S – ATUNCOLLA, 2017* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú.
- Conza, D. (2016). *Evaluación de las fallas de la carpeta asfáltica mediante el método PCI en la Av. Circunvalación Oeste de Juliaca*. (Tesis de Pregrado). Universidad Peruana Unión. Juliaca – Perú.
- Mori, D. (2018). *Estudio comparativo de las fallas del pavimento asfáltico con los manuales del PCI y mantenimiento o conservación vial del MTC en la av. Pedro Beltrán – Ventanilla*. (Tesis de Pregrado). Universidad Ricardo Palma. Lima – Perú.
- MTC. (2018). *Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación vial*. Lima, Perú.
- Ospino, R., Tinoco, C. (2019). *Análisis de daño por causa del envejecimiento y auscultación en estructuras de pavimentos flexibles en las ciudades de Santa Marta y Barranquilla entre los años 2012 – 2017* (Tesis de Pregrado). Universidad Cooperativa de Colombia. Barranquilla – Colombia.
- Pacheco, M. (2018). *Análisis comparativo de los efectos patológicos generados por la variabilidad del tráfico y clima en pavimento flexible de las ciudades de Santa Marta D.T.C.H y Bogotá D.C entre los años 2010 – 2018* (Tesis de Pregrado). Universidad Cooperativa de Colombia. Bogotá – Colombia.

- Romero, D., Orduz, E. (2017). *Cualificación cuantitativa de las patologías en el pavimento flexible para la vía Siberia – Tenjo de la Sabana de Bogotá* (Tesis de Pregrado). Universidad Católica de Colombia. Bogotá – Colombia.
- Simón, L. (2019). *Modelo de gestión de conservación vial para optimizar los costos de mantenimiento en la carretera Dv. Rio Seco – Oyón, Año – 2019*. (Tesis de Pregrado). Universidad Ricardo Palma. Lima – Perú.
- Vásquez, L. (2002). *PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. (Manual). Universidad Nacional de Colombia. Manizales – Colombia.

ANEXOS

Anexo N°1: Matriz de Consistencia

Tabla N°30. Matriz de consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
¿Cuáles son las intervenciones que se debe realizar al pavimento asfáltico al comparar los métodos Índice de condición del pavimento (PCI) y el Método de Mantenimiento o conservación vial del MTC?	Comparar los métodos Índice de condición del pavimento (PCI) y el Método de Mantenimiento o conservación vial del MTC para la determinación de la intervención en el pavimento asfáltico, año 2021	Con la comparación de los métodos Índice de condición del pavimento (PCI) y el Método de Mantenimiento o conservación vial del MTC determinamos el tipo de intervención más adecuada en el pavimento asfáltico, año 2021.	Método PCI Metodo MTC	Clase Severidad Cantidad Condición bueno Condición regular Condición malo	Inventario visual de la condición de daño del pavimento Tipos de condición según su clasificación	Tipo de Investigación: Descriptivo Método: Deductivo
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPOTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADORES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
a) ¿Cómo influye el método Índice de condición del pavimento (PCI) para determinar el estado de conservación que se encuentra el pavimento asfáltico? b) ¿Cómo influye el método de Mantenimiento o conservación vial del MTC para determinar el estado de conservación que se encuentra el pavimento asfáltico? c) ¿Cuál de los métodos tiene mayor eficacia para describir el estado del pavimento entre los métodos Índice de condición del pavimento (PCI) y Mantenimiento o conservación vial del MTC? d) ¿Cuál es la intervención del pavimento asfáltico que se debe realizar aplicando el método mas conveniente ?	a) Describir e investigar el método Índice de condición del pavimento (PCI) para conocer el estado de conservación que se encuentra el Pavimentos Asfáltico. b) Describir e investigar el método de Mantenimiento o conservación vial del MTC para conocer el estado de conservación que se encuentra el Pavimentos Asfáltico. c) Comparar los resultados de Los Métodos Índice de condición del pavimento (PCI) y el Método de Mantenimiento o conservación vial del MTC para saber cual de los metodos es mas conveniente. d) Aplicación del Método mas conveniente en la vía para determinar el tipo de intervención del pavimento asfáltico.	a) Con la descripción del método Índice de condición del pavimento (PCI) obtenemos el estado de conservación que se encuentra el Pavimentos Asfáltico. b) Con la descripción del método de Mantenimiento o conservación vial del MTC obtenemos el estado de conservación que se encuentra el Pavimentos Asfáltico. c) Con los resultados de los Métodos Índice de condición del pavimento (PCI) y Mantenimiento o conservación vial del MTC aplicados en el pavimento asfáltico podemos inferir el grado de condición del pavimento mas eficaz. d) El Método mas conveniente será el Índice de condición del pavimento (PCI) que será aplicado en la via para determinar el tipo de intervención al pavimento asfáltico.	Evaluacion optima del pavimento asfáltico	Mantenimiento Preventivo o Mínimo Mantenimiento Preventivo Rutinario y/o Periódico Mantenimiento Correctivo Rehabilitación - Refuerzo Estructural Rehabilitación - Reconstrucción	Tipo de Mantenimiento	Orientación: Aplicada Enfoque: Cualitativo Nivel de la Investigación: Descriptivo Explicativo Diseño: No Experimental, Transversal Restrospectivo

Fuente: Elaboración propia.