



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR
EL MÉTODO *PAVEMENT CONDITION INDEX* (PCI) EN LAS VÍAS
ARTERIALES: CINCUENTENARIO, COLÓN Y MIGUEL GRAU
(HUACHO-HUAURA-LIMA)**

PRESENTADA POR

**PAOLA BEATRIZ LEGUÍA LOARTE
HANS FERNANDO PACHECO RISCO**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ

2016



**Reconocimiento - No comercial - Compartir igual
CC BY-NC-SA**

Los autores permiten transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

**FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
POR EL MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) EN
LAS VÍAS ARTERIALES: CINCUENTENARIO, COLÓN Y
MIGUEL GRAU (HUACHO-HUAURA-LIMA)**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR

LEGUÍA LOARTE, PAOLA BEATRIZ

PACHECO RISCO, HANS FERNANDO

LIMA – PERÚ

2016

Dedicatoria

A Dios, por darme todo lo necesario para seguir adelante, a mis padres Clara y Ricardo quienes me apoyan incondicionalmente en mi desarrollo profesional y a mi hermana Mercedes que fue mi guía en el desarrollo de esta tesis.

F. Pacheco

Dedicatoria

A Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso que he dado, a mis padres Lidia y Julián, que son los pilares de mi vida, a mi tía Marilú por su paciencia y apoyo incondicional. A mi hermana Lilibeth y al Ing. César Chavarría por confiar en mí y apoyarme en el desarrollo de la presente tesis.

P. Leguía

Agradecimiento

Expresamos nuestro agradecimiento a nuestra Alma Máter Universidad San Martín de Porres por los años en los que nos brindó conocimiento; también a los ingenieros Alexis Samohod Romero y Carlos Chavarry Vallejos por guiarnos con paciencia en el desarrollo de la presente tesis.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XV
INTRODUCCIÓN	XVI
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	
1.1 Antecedentes de la investigación	18
1.2 Bases teóricas	21
1.3 Marco conceptual	81
1.4 Formulación de hipótesis	85
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	
2.1 Tipo de la investigación	87
2.2 Nivel de la investigación	87
2.3 Diseño de investigación	87
2.4 Variables	88
2.5 Población y muestra	91
2.6 Técnicas de Investigación	91
2.7 Instrumentos de Recolección de datos	92
2.8 Procesamiento y análisis estadístico de los datos	92
CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS	
3.1 Contrastación de hipótesis	93
3.2 Análisis e interpretación de la investigación	98
CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL PROYECTO	
4.1 Aplicación de la metodología Pavement Condition Index PCI	102
4.2 Evaluación superficial del pavimento flexible de Av. Cincuentenario.	106
4.3 Evaluación superficial del pavimento flexible de Av. Colón y Av. Miguel Grau	123
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN Y APLICACIÓN	
CONCLUSIONES	142
RECOMENDACIONES	143
FUENTE DE INFORMACIÓN	144
ANEXOS	147

Lista de tablas

		Página
Tabla 1	Escala de calificación de Serviciabilidad según AASHO	34
Tabla 2	Escala de clasificación PCI	40
Tabla 3	Clasificación de la condición de un pavimento para carreteras Sealcoat	52
Tabla 4	Fallas del pavimento flexible	81
Tabla 5	Operacionalización de la variable independiente	88
Tabla 6	Operacionalización de la variable dependiente	89
Tabla 7	Fallas del pavimento flexible	90
Tabla 8	Severidades en las fallas según PCI	90
Tabla 9	Coordenadas de av. Cincuentenario	95
Tabla 10	Coordenadas de av. Colón	96
Tabla 11	Coordenadas de av. Miguel Grau	97
Tabla 12	Resultados – indicador: parámetros de evaluación	98
Tabla 13	Resultados – indicador: índice de condición	99
Tabla 14	Resultados – indicador: condición del pavimento	100
Tabla 15	Ejemplo de aplicación de la metodología PCI en la UM-08 de Av. Cincuentenario	103
Tabla 16	Parámetros de evaluación en av. Cincuentenario	109
Tabla 17	Resumen de metrados de fallas – av. Cincuentenario (PR 0+000 – PR 3+800)	116
Tabla 18	Índice de condición (PCI) – av. Cincuentenario (PR 0+000 – PR 3+800)	118
Tabla 19	PCI promedio y condición de pavimento por kilómetro en av. Cincuentenario	121

Tabla 20	Porcentajes de condición del pavimento flexible en av. Cincuentenario	122
Tabla 21	Parámetros de evaluación en av. Colón y Miguel Grau	126
Tabla 22	Resumen de metrados de fallas - av. Colón y Miguel Grau (PR 0+000 - PR 1+150)	133
Tabla 23	Índice de condición (PCI) – av. Colón y Miguel Grau (PR 0+000 – PR 1+150)	135
Tabla 24	PCI promedio y condición del pavimento por tramos en av. Colón y Miguel Grau	138
Tabla 25	Porcentajes de condición del pavimento flexible en av. Colón y Miguel Grau	139

Lista de figuras

		Página
Figura 1	Esquema típico del paquete estructural de un pavimento flexible.	23
Figura 2	Esquema típico del paquete estructural de un pavimentos rígido	24
Figura 3	Esquema típico del paquete estructural de pavimentos mixtos	25
Figura 4	Comportamiento estructural de los pavimentos	25
Figura 5	Curvas de corrección del valor deducido (CDV) para pavimentos flexibles	47
Figura 6	Hoja de registro del método PCI	48
Figura 7	Índice de deterioro superficial por VIZIR	50
Figura 8	Escala de graduación por gravedad de daño	51
Figura 9	Fallas en los pavimentos flexibles establecidos por PCI	55
Figura 10	Falla piel de cocodrilo. (PC, unidad de medida: m ²)	57
Figura 11	Agrietamiento en bloque. (BLO, unidad de medida: m ²)	58
Figura 12	Grieta de borde. (GB, unidad de medida: m)	60
Figura 13	Grieta de reflexión de junta. (GR, unidad de medida: m)	61
Figura 14	Grietas longitudinales. (GL, unidad de medida: m)	63
Figura 15	Grietas transversales. (GT, unidad de medida: m)	63
Figura 16	Grieta parabólica. (GP, unidad de medida: m ²)	64
Figura 17	Abultamientos. (AB, unidad de medida: m ²)	66
Figura 18	Hundimiento. (H, unidad de medida: m ²)	66
Figura 19	Corrugación. (COR, unidad de medida: m ²)	67
Figura 20	Depresión. (DEP, unidad de medida: m ²)	68

Figura 21	Ahuellamiento. (AHU, unidad de medida: m ²)	69
Figura 22	Desplazamiento. (DES, unidad de medida: m ²)	70
Figura 23	Hinchamiento. (HN, unidad de medida: m ²)	71
Figura 24	Huecos. (HUE, unidad de medida: unid, m ²)	73
Figura 25	Desprendimiento de agregados. (DAG, unidad de medida: m ²)	74
Figura 26	Exudación. (EX, unidad de medida: m ²)	76
Figura 27	Pulimiento de agregado. (PU, unidad de medida: m ²)	77
Figura 28	Desnivel carril berma.(DN, unidad de medida: m)	78
Figura 29	Parcheo. (PA, unidad de medida: m ²)	79
Figura 30	Cruce de vía férrea. (CVF, unidad de medida: m ²)	80
Figura 31	Av. Cincuentenario	96
Figura 32	Av. Colón	97
Figura 33	Av. Miguel Grau	97
Figura 34	Resultados – indicador: parámetros de evaluación	98
Figura 35	Resultados – indicador: índice de condición	99
Figura 36	Resultados – indicador: condición de pavimento	100
Figura 37	Resultados de indicadores de variable independiente	101
Figura 38	Zona de estudio: av. Cincuentenario	107
Figura 39	Seccionamiento del pavimento en unidades de muestra de la av. Cincuentenario.	107
Figura 40	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – Piel de cocodrilo	110
Figura 41	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – Exudación	110
Figura 42	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – agrietamiento en bloque	110

Figura 43	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – abultamientos y hundimientos	111
Figura 44	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – corrugación	111
Figura 45	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – depresión	111
Figura 46	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – grieta de borde	112
Figura 47	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – grieta de reflexión de junta	112
Figura 48	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – desnivel carril berma	112
Figura 49	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – grietas longitudinales y transversales	113
Figura 50	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – parcheo	113
Figura 51	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – pulimiento de agregados	113
Figura 52	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – huecos	114
Figura 53	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – cruce de vía férrea	114
Figura 54	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – ahuellamiento	114
Figura 55	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – desplazamiento	115
Figura 56	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – grieta parabólica	115
Figura 57	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – hinchamiento	115

Figura 58	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – desprendimiento de agregados	116
Figura 59	Perfil de PCI en av. Cincuentenario (0+000 – 3+800)	120
Figura 60	Porcentajes de condición del pavimento flexible en av. Cincuentenario	122
Figura 61	Zona de estudio: av. Colón	123
Figura 62	Zona de estudio: av. Miguel Grau–Primer tramo	124
Figura 63	Zona de estudio: av. Miguel Grau–Segundo tramo	124
Figura 64	Seccionamiento del pavimento en unidades de muestra de av. Colón y Miguel Grau	125
Figura 65	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – Piel de cocodrilo	127
Figura 66	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – Exudación	127
Figura 67	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – agrietamiento en bloque	127
Figura 68	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – abultamientos y hundimientos	128
Figura 69	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – corrugación	128
Figura 70	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – depresión	128
Figura 71	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – grieta de borde	129
Figura 72	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – grieta de reflexión de junta	129
Figura 73	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – desnivel carril berma	129

Figura 74	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – grietas longitudinales y transversales	130
Figura 75	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – parcheo	130
Figura 76	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – pulimiento de agregados	130
Figura 77	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – huecos	131
Figura 78	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – cruce de vía férrea	131
Figura 79	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – ahuellamiento	131
Figura 80	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – desplazamiento	132
Figura 81	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – grieta parabólica	132
Figura 82	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – hinchamiento	132
Figura 83	Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – desprendimiento de agregados	133
Figura 84	Perfil de PCI en av. Colón y Miguel Grau (0+000 – 1+150)	137
Figura 85	Porcentajes de condición del pavimento flexible en av. Colón y Miguel Grau	139

Lista de anexos

		Página
Anexo 1	Cuestionario.	147
Anexo 2	Carta de autorización de la Municipalidad de Huaura	149
Anexo 3	Alternativas de solución por fallas en pavimentos.	150
Anexo 4	Formato de evaluación	151
Anexo 5	Matriz de evaluación para fallas en pavimentos flexibles.	152
Anexo 6	Curvas de valores deducidos (VD) – PCI	153
Anexo 7	Curva de valores deducidos corregidos (VDC) - PCI.	163
Anexo 8	Fotografías de la evaluación	164
Anexo 9	Matriz de consistencia metodológica	171

RESUMEN

El trabajo de investigación denominado “Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) en las vías arteriales Cincuentenario, Colón y Miguel Grau” tuvo como objetivo principal realizar la evaluación superficial del pavimento flexible de las vías mencionadas aplicando el método Pavement Condition Index (PCI), con el fin de conocer la condición del pavimento flexible existente.

El método Pavement Condition Index (PCI); constituye el modo más completo para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, siendo ampliamente aceptado y formalmente adoptado como procedimiento estandarizado, y ha sido publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación. Se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie, valor que cuantifica el estado en que se encuentra el pavimento para su respectivo tratamiento y mantenimiento.

Se determinó que el 100 por ciento de las vías no ha sido evaluado; por lo tanto con la aplicación de la metodología PCI, identificando los parámetros de evaluación, determinando el índice de condición y obteniendo la condición del pavimento, finalmente se puede realizar la evaluación superficial del pavimento para obtener el estado de conservación de las vías arteriales en estudio.

Al realizar la evaluación superficial del pavimento flexible mediante el método Pavement Condition Index, se conoce que el estado de conservación de la Av. Cincuentenario es “Regular” con un PCI de 51.84, mientras que la Av. Colón y Miguel Grau presenta un estado de conservación “Bueno” con un PCI de 59.29.

Palabras claves: Evaluación superficial de pavimentos flexibles, Índice de Condición de pavimentos (PCI).

ABSTRACT

The research paper called "superficial evaluation of flexible pavement by the Pavement Condition Index (PCI) method on the arterial roads Cincuentenario Colón and Miguel Grau" main objective was to make the surface evaluation of flexible pavement of the roads mentioned applying the Pavement method condition Index (PCI), in order to know the condition of the existing flexible pavement.

The Pavement Condition Index method (PCI); is the most comprehensive and objective assessment rating pavement thus being widely accepted and formally adopted as standard procedure, and has been published by ASTM as a method of analysis and application. It was developed to provide an index of the structural integrity of the pavement and operational condition of the surface, value that quantifies the state is the pavement for their respective treatment and maintenance.

It was determined that 100 percent of the roads has not been evaluated; Therefore the application of the PCI methodology for identifying the evaluation parameters, determining the condition index and obtaining the pavement condition can finally perform superficial evaluation pavement for the condition of the roads in study .

When performing the surface evaluation of flexible pavement through the Pavement Condition Index method, it is known that the conservation status of Av. Cincuentenario is "Regular" with a PCI of 51.84, while the Av. Columbus and Miguel Grau presents a state of "Good" conservation with PCI 59.29

Keywords: Surface evaluation of flexible pavements, pavement condition index (PCI)

INTRODUCCIÓN

El alcance del trabajo realizado, propone cómo determinar la evaluación superficial de un pavimento flexible en vías urbanas aplicando el método Pavement Condition Index (PCI), en este caso se desarrolló en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau; de la ciudad de Huacho – Huara – Lima. Con el objetivo de determinar la condición actual del pavimento existente en las vías mencionadas, para definir si se encuentra operando en un óptimo nivel de servicio y asimismo proponer la mejor alternativa de solución como conservación del pavimento.

Actualmente existen diversas metodologías para la evaluación de pavimentos, sin embargo no se ha implementado un método específico de manera reglamentaria y muchas veces no se realizan; siendo éstos, estudios previos, necesarios y tomados en consideración para la elaboración de planes de mantenimiento, rehabilitación y mejoramiento de las redes viales involucradas; asimismo que generen resultados económicamente viables y funcionales, que nos den indicios certeros para detectar a tiempo daños presentes que, si en caso no se tomaran medidas oportunas a tiempo, en un futuro generaría más costos en cuanto a su reparación.

El interés específico de este desarrollo es obtener resultados objetivos, analíticos y actuales, de manera tal que, sirva como una guía para que la administración competente pueda determinar las políticas y estrategias de intervención, para todo tipo y clase de red vial, con la finalidad de lograr así que estas estrategias, resulten en inversiones eficientes y eficaces ante los limitados fondos públicos.

El estudio a realizar tiene como objetivo general determinar la evaluación superficial de pavimentos mediante el método Pavement Condition Index (PCI) para conocer el estado de conservación de las vías arteriales Cincuentenario, Colón y Miguel Grau - Huacho-Huaura-Lima.

Los objetivos específicos de esta investigación son identificar los parámetros de evaluación según la metodología PCI para realizar la evaluación superficial, calcular el índice de condición para obtener el estado de conservación y así determinar la condición de pavimento de las vías arteriales Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima), y definir si se encuentra operando a los niveles de servicio óptimos.

La presente tesis está estructurada en 5 capítulos:

Capítulo I. Marco teórico, presenta los antecedentes de investigaciones, la base teórica del estudio con su marco conceptual, y por último la formulación de la hipótesis.

Capítulo II. Metodología, se hace un detalle del tipo, nivel y diseño de la investigación realizada, la operacionalización y definición de sus variables, se indica también la población y muestra, las técnicas de investigación y los instrumentos de recolección de datos.

Capítulo III. Presentación de los resultados, se define la contrastación de hipótesis y el análisis e interpretación de la investigación realizada.

Capítulo IV. Desarrollo del proyecto, se presentan los resultados de la investigación realizada a través de los indicadores de la variable independiente.

Capítulo V. Se presentan la discusión acerca de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de la investigación

Rodríguez (2009) presentó una tesis denominada “Cálculo del Índice de Condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla – Piura” y tiene como objetivo aplicar el método PCI, para determinar la condición superficial en la cual se encuentra el pavimento flexible de dicha avenida, se analizaron mil doscientos metros lineales de la vía y se determinaron las fallas existentes, además se cuantifico el estado en el que se encontraban. En un capítulo de la tesis presentada, hace mención la problemática por la que pasan los pavimentos en la ciudad de Piura, debido al bajo mantenimiento que estas reciben y el estado bajo de serviciabilidad que ofrecen. Finalmente el estudio concluye que aplicando el método PCI, dicha avenida tiene un Índice de condición de pavimento (PCI) ponderado de 49, lo cual determina un estado regular según la metodología, además menciona que dicho estado es gracias a las obras de mantenimiento que se dieron en 2008, las cuales aminoraron la formación de fallas estructurales dañinas para el pavimento. Asimismo se indica que la mayoría de fallas fueron de tipo funcional, las cuales no eran percibidas por los usuarios, ya que no afectaban al tránsito normal de los vehículos y no era necesario disminuir la velocidad. Por último, dentro de las recomendaciones, solo se mencionaron algunas técnicas de reparación para las fallas encontradas.

Ramos (2011) realizó una tesis llamada “Determinación y Evaluación de las patologías del concreto en las plataformas deportivas de las instituciones Educativas Estatales del Distrito de Tumbes, Provincia de Tumbes, Departamento de Tumbes”, cuyo estudio hace referencia al estado que presentan dichas plataformas deportivas en las Instituciones Educativas dentro del distrito de Tumbes, las cuales presentan fallas y deterioros al poco tiempo de ser construido son considerados dentro de los planes de mantenimiento para infraestructuras educativas. Hace referencia que debido a las altas temperaturas que presenta Tumbes, resulta el clima un factor

incidente dentro de las patologías del concreto. Esta tesis propone determinar un índice de condición del pavimento rígido, el cual permitió emitir opiniones técnicas individuales respecto a la superficie de las plataformas deportivas y una estadística distrital para ver el nivel de utilidad que estas presentan dentro de las instituciones educativas de nivel primario en el distrito de Tumbes. Se utilizó la metodología PCI para la evaluación de las plataformas de pavimento rígido la cual determino un índice promedio de condición de 80, concluyendo un estado de conservación “muy bueno”, asimismo las fallas predominantes fueron: grietas lineales, descascaramiento de juntas y pulimiento de agregados. Por último se hacen recomendaciones generales de prevención.

Cerón (2006) presentó un estudio llamado “Evaluación y Comparación de Metodologías VIZIR y PCI sobre el tramo de Vía en Pavimento Flexible y Rígido de la Vía: Museo Quimbaya – CRQ Armenia Quindío (PR 00+000 – PR 02+600)”. Este estudio introduce la metodología VIZIR dentro de las diferentes metodologías para evaluación superficial de pavimentos, en dicha investigación se aplican ambos métodos para evaluar la condición del pavimento tanto rígido como flexible dentro de las vías mencionadas. Se hallaron dichos índices y se estableció un comparativo por tramos, el tramo 1 obtuvo un promedio PCI de 53.55, regular y un promedio VIZIR de 3, también regular, ambas calificaciones coincidieron en la apreciación; en el tramo 2 de pavimento rígido mediante PCI obtuvo 86.9, excelente, sin embargo por VIZIR no pudo establecerse ninguna evaluación ya que este método no aplica a pavimentos rígidos, dejándolo como limitación dentro de su aplicación como metodología de evaluación. Concluyendo que PCI resulta un método más específico para evaluar todo tipo de superficie de rodadura, asimismo para calificar y clasificar daños. Por último, no se hicieron recomendaciones oportunas de técnicas de reparación, el estudio se basó netamente en determinar el estado de la superficie y evaluar mediante dos metodologías.

Vásquez (2005) de la facultad de Ingeniería Geográfica de la Universidad de Santiago de Chile presentó la tesis “Implementación de un SIG para la

administración de Pavimentos Aeroportuarios a través de la aplicación de un Índice de Condición de Pavimentos” este proyecto se orienta principalmente en la importancia de contar con un sistema de información geográfica, en la dirección de aeropuertos (DAP) del ministerio de obras públicas, para la gestión y administración de los pavimentos aeroportuarios. El proceso se fundamentó en la incorporación de la información aeroportuaria generada por los PCI en el programa MicroPaver. El producto final fue obtener un sistema de información geográfica que permita incorporar la información aeroportuaria generada por los PCI dentro de un sistema de información y análisis territorial, con la posibilidad de efectuar diferentes consultas y obtener respuestas visuales tanto en la base de datos de atributos como en la base de datos gráfica, ampliándose a esto la posibilidad de obtener gráficos y mapas temáticos, teniendo así un manejo de la información de los pavimentos aeroportuarios con que cuenta la dirección de aeropuertos. El resultado se evidenció en una de las plataformas del aeropuerto internacional Arturo Merino Benítez (AMB).

1.2. Bases teóricas

1.2.1 Definición de pavimentos

Provías (2008) define a los pavimentos como una estructura construida sobre la sub rasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: subbase, base y carpeta de rodadura.

Según AASHTO (1993) existen dos puntos de vista para definir un pavimento: el de la Ingeniería y el del Usuario.

De acuerdo a la Ingeniería, el pavimento es un elemento estructural que se encuentra apoyado en toda su superficie sobre el terreno de fundación llamado subrasante. Esta capa debe estar preparada para soportar un sistema de capas de espesores diferentes, denominado paquete estructural, diseñado para soportar cargas externas durante un determinado periodo de tiempo.

Desde el punto de vista del usuario, el pavimento es una superficie que debe brindar comodidad y seguridad cuando se transite sobre ella es decir debe proporcionar un servicio de calidad óptimo.

El pavimento también puede definirse como lo señalan:

Para Chang (2005):

Una estructura sometida a cargas externas que generan esfuerzos y deformaciones internas. El tipo de pavimento a emplearse depende de la función a desempeñar y de los esfuerzos que lo afectan durante el periodo de servicio para el cual se diseña.

Entre las características más importantes que tiene que cumplir un pavimento son: Ser resistente a la acción de cargas impuestas por el tránsito, ser resistente ante los agentes de Intemperismo, presentar

una textura superficial adapta a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, debe presentar una regularidad superficial, debe ser durable, debe ser económico, debe ofrecer una adecuada seguridad al tránsito. (p.27).

Mora (2007) señala lo siguiente:

El pavimento es una estructura simple o compuesta que tiene superficie regularmente alisada destinada a la circulación de personas, animales y/o vehículos. Su estructura es una combinación de cimient, firme y revestimiento, colocada sobre el terreno de fundación resistente a las cargas, a los agentes climatológicos y a los efectos abrasivos del tránsito. (p.31).

En cuanto al análisis del ing. Montejo (2001, p.1) “Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y se construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactos. Los cuales han de resistir adecuadamente los esfuerzos de las cargas repetidas del tránsito.”

Vivar en su teoría indica (1995):

Un pavimento es un elemento estructural monocapa o multicapa, apoyado en todo su superficie, diseñado y construido para soportar cargas estáticas y/o móviles durante un periodo de tiempo predeterminado, durante el que necesariamente deberá recibir algún tipo de tratamiento tendiente a prolongar su vida de servicio. Estando formado por una o varias capas de espesores y calidades diferentes que se colocan sobre el terreno preparado para soportarlo, tiene por función más importante el proporcionar una superficie resistente al desgaste y suave al deslizamiento; y un cuerpo estable y permanente bajo la acción de cargas. (p.297).

Vivar presenta la siguiente teoría (1995, p.297): “Es una estructura que aporta una superficie adecuada para operar un vehículo a una velocidad determinada en forma cómoda y segura en cualquier circunstancia.”

1.2.2 Clasificación de pavimentos

Para la clasificación de pavimentos se ha tenido en cuenta como es la distribución de cargas recibidas de la carpeta de rodadura a la subrasante, además existen reemplazos de una o varias capas por diversos factores como por ejemplo, el soporte de la subrasante, la clase de material a usarse, la intensidad de tránsito, entre otros.

Pueden identificarse 3 tipos de pavimentos, que se diferencian principalmente por el paquete estructural que presenta

1.2.2.1 Pavimentos flexibles

Llamado también pavimento asfáltico, conformado por una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento, la cual permite pequeñas deformaciones en las capas inferiores sin que la estructura falle; la base y la subbase, todas apoyadas sobre la subrasante.

El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un período de vida de entre 10 a 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento periódico para cumplir con su vida útil o de servicio.

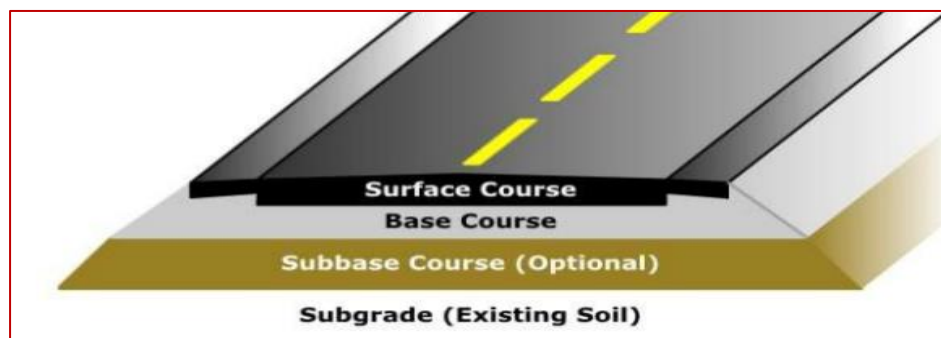


Figura 1: Esquema típico del paquete estructural de un pavimento flexible

Fuente: GP Maintenance Solutions “Asphalt Repair & Maintenance”

1.2.2.2 Pavimentos rígidos

Llamado también pavimento hidráulico, se compone de losas de concreto que algunas veces presentan acero de refuerzo, esta losa va sobre una base granular y sobre la subrasante. Este tipo de pavimentos no permite deformaciones de las capas inferiores.

El pavimento rígido tiene un costo inicial más elevado que el pavimento flexible y su período de vida varía entre 20 y 40 años. El mantenimiento que requiere es mínimo y se orienta generalmente al tratamiento de juntas de losas.

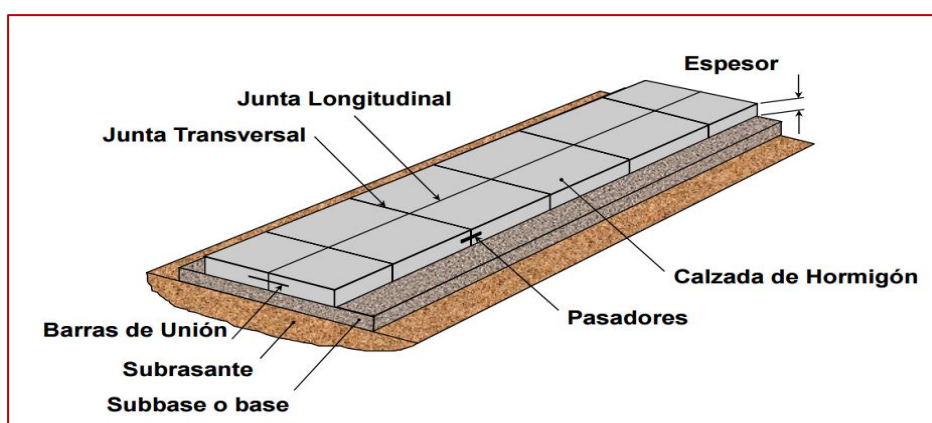


Figura 2: Esquema típico del paquete estructural de un pavimento rígido.

Fuente: American Concrete Pavement Association (ACPA)

1.2.2.3 Pavimentos mixtos

Llamado también pavimento híbrido, es una combinación de flexible y rígido, se colocan bloques de concreto prefabricado en lugar de la carpeta asfáltica. El objetivo de este tipo de pavimento es disminuir la velocidad límite de los vehículos, ya que los bloques producen una ligera vibración en los autos al circular sobre ellas. Es ideal para zonas urbanas, pues garantiza seguridad y comodidad para los usuarios.

Otro tipo de pavimentos mixtos son aquellos pavimentos de superficie asfáltica construidos sobre pavimento rígido. Este pavimento, trae consigo un tipo particular de falla, llamada fisura de reflexión de junta.

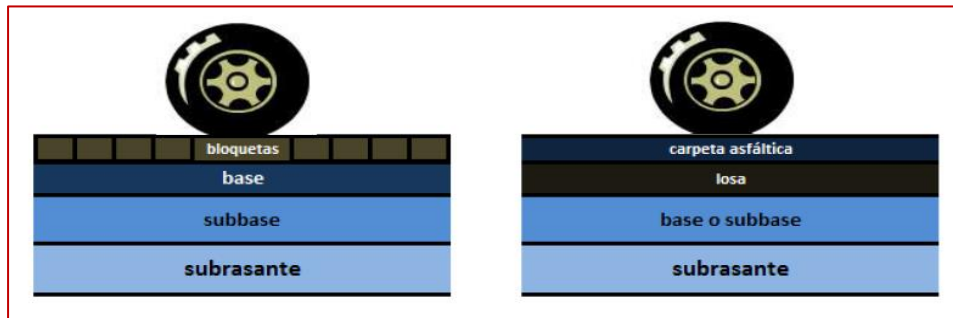


Figura 3: Esquema típico del paquete estructural de pavimentos mixtos.

Fuente: Rodríguez Velásquez, E. (2009).

1.2.3 Comportamiento estructural de los pavimentos

Desde el punto de vista de diseño; los pavimentos flexibles están formados por una serie de capas y la distribución de la carga está determinada por las características propias del sistema; los pavimentos rígidos tienen un gran módulo de elasticidad y distribuyen las cargas sobre un área grande, la consideración más importante es la resistencia estructural del concreto.

El comportamiento estructural de un pavimento frente a cargas externas, varía de acuerdo a las capas que lo constituyen. La principal diferencia entre el comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos es la forma cómo se reparten las cargas.



Figura 4: Comportamiento estructural de los pavimentos

Fuente: Rodríguez Velásquez, E. (2009).

En un pavimento flexible las capas de mejor calidad están cerca de la superficie donde las tensiones son mayores, y estas cargas se distribuyen

de mayor a menor a medida que se va profundizando hacia los niveles inferiores. Los pavimentos flexibles tienen menor rigidez, por eso se deforma más que el rígido y se producen tensiones mayores en la subrasante.

En el caso de pavimentos rígidos, la losa es la capa que asume casi toda la carga. Las capas inferiores a la losa, en términos de resistencia, son despreciables. Las cargas se distribuyen uniformemente debido a la rigidez del concreto, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante.

Un factor que influye en el comportamiento de los pavimentos es el tipo de carga que se le aplica y la velocidad con que ello se hace. Los pavimentos están sujetos a cargas móviles, y el hecho que las cargas actuantes sean repetitivas afectan a la resistencia de las capas de pavimento de relativa rigidez, por lo que en el caso de los pavimentos flexibles, este efecto se presenta sobre todo en las carpetas y las bases estabilizadas.

1.2.4 Etapas en los pavimentos

Los pavimentos antes, durante y después de su vida de servicio, afrontan diferentes criterios que permiten comprender a qué están sujetos. Estas etapas están referidas a la construcción, rehabilitación y mantenimiento

a) Diseño y Construcción

Es un proceso que comprende todas las actividades necesarias para la realización y puesta en servicio de una infraestructura vial, lo cual incluye la obtención de recursos, la ejecución de obras civiles, instalación de equipos y todas aquellas actividades vinculadas a su puesta en operación.

La primera etapa para la construcción de un pavimento es la investigación de campo o la recopilación de información. Esta investigación comprende la búsqueda de la información disponible, los análisis de tráfico, la calidad de materiales y otros aspectos necesarios para el diseño.

Antes de proceder a la toma de decisión sobre la metodología de investigación a utilizar en un proyecto en particular, debe realizarse un análisis de toda la información posible, para ello es necesario verificar la calidad de los materiales disponibles en las canteras. Por otro lado, se debe

hacer la evaluación de la subrasante, así como los ensayos de laboratorio, la planimetría y los niveles finales del pavimento.

En lo posible debe recopilarse la mayor cantidad de información disponible sobre el tráfico y en caso de no contar con ella, realizar las estimaciones necesarias.

Luego de realizar la recopilación de datos, trabajos de campo y los ensayos de laboratorio, se procede al diseño correspondiente. Este procedimiento de diseño consiste en escoger una adecuada combinación de espesores de capas y características de materiales para que los esfuerzos y deformaciones causados por las solicitaciones a que se somete la estructura, permanezcan dentro de los límites admisibles durante la vida útil de la estructura que están constituyendo. Una vez establecidos todos estos parámetros, se procede a la construcción del pavimento, correctamente estructurado.

b) Mantenimiento

Son los trabajos, actividades, operaciones, acciones y cuidados rutinarios, periódicos o de emergencia, destinados a lograr que la infraestructura vial preserve la condición superficial, funcional, estructural y de seguridad requerida, a efectos de asegurar la satisfacción de los usuarios y en general atender de manera adecuada el tránsito. Por razones operativas, el mantenimiento se subdivide en mantenimiento periódico, mantenimiento rutinario y mantenimiento de emergencia (prevención y atención).

• Mantenimiento rutinario

Son todas aquellas actividades y trabajos menores, permanentes y frecuentes, que se realizan con el propósito de proteger y preservar fundamentalmente la condición superficial y funcional de la infraestructura vial, contribuyendo así a que ésta cumpla con el período de vida para la que fue diseñada, sin incidir significativamente en la natural evolución de la disminución de su capacidad estructural, producto de las solicitaciones de carga previstas en el diseño u otros agentes.

- **Mantenimiento periódico:**

Son todos aquellos trabajos mayores, temporales, de menor frecuencia, y de carácter preventivo, que se ejecutan en forma programada o en respuesta a cierta condición preestablecida, a fin de retardar en forma oportuna la natural evolución de la disminución de la condición estructural, de la condición funcional o calidad de rodadura, y de las condiciones de seguridad de la infraestructura vial, producto de las solicitaciones de carga previstas en el diseño inicial u otros agentes, contribuyendo de esta manera a que ésta pueda extender su vida útil más allá del período para el que fue diseñada.

El mantenimiento periódico comprende trabajos de tratamiento y trabajos de renovación de la superficie de rodadura. En el primer caso, los trabajos se refieren a restablecer algunas características superficiales como la textura o simplemente a mantener la durabilidad de la mezcla asfáltica y prevenir el desarrollo de fisuras y grietas, y se aplican mientras el pavimento aún está en buen estado, no habiendo alcanzado a llegar ni siquiera el estado regular. En el segundo caso, los trabajos se refieren a agregar una capa adicional sobre el pavimento conocido como recapeo sin alterar significativamente la estructura subyacente, o ejecutar trabajos de fresado y/o reciclado del pavimento. Este segundo caso se aplica cuando el pavimento se encuentra en estado regular, antes de llegar a un mal estado.

Los trabajos de recapeo indicados, aparte de la función de renovar la superficie de rodadura, deben cumplir con la función de reforzar la estructura del pavimento para alcanzar el objetivo de extender la vida útil de la infraestructura vial, por lo que su cálculo y dimensionamiento deben estar acordes con la actualización de las solicitaciones de carga en la vía y debe aprovechar además la capacidad remanente de soporte estructural del pavimento existente. El mantenimiento periódico incluye las reparaciones y mejoras necesarias en zonas específicas o puntuales de la infraestructura vial.

- **Rehabilitación**

Es la actividad necesaria para devolver a la estructura de pavimento las condiciones de soporte de carga con las que inicialmente se construyó, así como su nivel de servicio en términos de seguridad y comodidad

Son obras que se ejecutan como consecuencia de la existencia de problemas en la condición superficial, funcional, estructural y/o de seguridad en sectores de la infraestructura vial, con el objeto de darles solución, previa demolición parcial o total de las estructuras existentes.

A diferencia de las obras de mejoramiento, la rehabilitación no implica elevar el estándar de la vía, pero comprenden la ejecución de reforzamientos del pavimento para responder a la mayor cantidad de tránsito en el futuro, así como mejoras específicas en la infraestructura vial. En relación a los trabajos de reparación, su alcance es mayor en cuanto a extensión.

La rehabilitación es una intervención indeseada dentro de un programa de conservación, pues en la mayoría de los casos surge como una necesidad por no haber existido una adecuada conservación, o como una respuesta necesaria a los efectos de un desastre natural.

Un pavimento puede presentar dos tipos de rehabilitación, superficial y estructural. Las medidas de rehabilitación superficial, resuelven problemas que se encuentran confinados a las capas superiores del pavimento, inconvenientes que están relacionados con el envejecimiento del asfalto y con el agrietamiento que se origina en la superficie debido a factores térmicos.

Una rehabilitación superficial, se orienta a la colocación, sobre la superficie existente de una carpeta delgada de mezcla asfáltica en caliente o en frío. Esta es la solución más simple a un problema, debido a que el tiempo requerido para completar los trabajos es corto y existe un impacto mínimo sobre los usuarios de la vía. El fresado y conformación de material granular, es muy utilizado en los casos en los que se requiere aumentar la capacidad portante del pavimento, así como otras alternativas.

Una rehabilitación estructural puede orientarse a una reconstrucción total. Esta es la opción elegida cuando se combina la rehabilitación con una decisión de mejoramiento que demanda un cambio significativo de la vía. También son considerados la construcción de capas adicionales sobre la superficie existente.

Existen diferentes opciones disponibles para la rehabilitación de un pavimento, pero resulta más complejo determinar cuál de ellas es mejor. Sin embargo los puntos más importantes para tomar una decisión son la viabilidad de las diferentes opciones de rehabilitación, el ordenamiento del tráfico, las condiciones climáticas y de acceso a la zona y la disponibilidad de recursos.

1.2.5 Fallas en los pavimentos

En todos los métodos de diseño de pavimentos se acepta que durante la vida útil de la estructura se pueden producir dos tipos de fallas, la funcional y la estructural.

La falla funcional se deja ver cuando el pavimento no brinda un paso seguro sobre él, los vehículos no viajan de forma cómoda y la falla estructural está asociada con la pérdida de cohesión de algunas o todas las capas del pavimento de tal forma que este no pueden soportar las cargas a la que está sometido.

La falla estructural implica una degradación de la estructura del pavimento. Se presenta cuando los materiales que conforman la estructura, al ser sometida a repeticiones de carga por acción del tránsito sufren un agrietamiento estructural relacionado con la deformación o la tensión horizontal por tracción en la base de cada capa, esto se denomina falla por fatiga.

Por otro lado, las fallas en los pavimentos flexibles pueden identificarse de acuerdo a su origen:

Fallas por insuficiencia estructural: Se trata de pavimentos contruidos con materiales inapropiados en cuanto a resistencia o con materiales de buena calidad, pero en espesor insuficiente.

Fallas por defectos constructivos: Se trata de pavimentos que estuvieron formados por materiales suficientemente resistentes, pero en cuya construcción se han producido errores o defectos que afectan el comportamiento conjunto.

Fallas por fatiga: Se trata de pavimentos que originalmente estuvieron en condiciones apropiadas, pero que por la continua repetición de las cargas del tránsito sufrieron efectos de fatiga. (Vergara, 1997)

Sin embargo, las fallas en los pavimentos tanto flexibles como rígidos pueden ser divididas en dos grandes grupos que son; fallas superficiales y fallas estructurales.

- **Fallas superficiales**

Son las fallas en la superficie de rodamiento, debidos a los deterioros en la capa de rodadura y que no guardan relación con la estructura de la calzada.

La corrección de estas fallas se efectúa con solo regularizar su superficie y conferirle la necesaria impermeabilidad y rugosidad. (Gutiérrez, 1994)

- **Fallas estructurales**

Comprende los defectos de la superficie de rodamiento, cuyo origen es una falla en la estructura del pavimento, es decir, de una o más capas constitutivas que deben resistir las solicitaciones que imponen el tránsito y el conjunto de factores climáticos.

Para corregir este tipo de fallas es necesario un refuerzo sobre el pavimento existente para que el paquete estructural responda a las exigencias del tránsito presente y el futuro estimado. (Gutiérrez, 1994)

Las causas de las fallas en los pavimentos flexibles se deben:

- **Tráfico de diseño.**

Son cargas mayores a las de diseño un incremento no contemplado del tráfico.

En muchos casos se tiene un tráfico de diseño del pavimento incorrecto, las cargas son bastante mayores a las previstas. Se debe a errores en la aproximación de cargas o también al incremento en el tráfico de los años. (Gutiérrez, 1994)

- **Proceso constructivo.-**

Deficiencias en los procesos de construcción empleados, mala calidad y dosificación de materiales

Se presentan estructuras de pavimento débiles, originados por espesores incorrectos de las capas, diseños de mezcla inadecuados, y muchas veces deficiencia en la distribución y compactación de las capas. (Gutiérrez, 1994)

- **Deficiencias de proyecto.-**

Diseños mal elaborados, estudio incompleto de la subrasante, entre otros.

Elaboración de proyectos inadecuados, donde no se hacen los estudios competentes y básicos para un buen diseño, así como la falta de consideraciones de futuros imprevistos en los procesos constructivos. (Gutiérrez, 1994)

- **Factores ambientales.-**

Elevación de la napa freática, inundaciones, lluvias, congelamientos y otros. (Gutiérrez, 1994)

- **Conservación deficiente.-**

Técnicas inadecuadas del mantenimiento y muchas veces ausencia del mismo.

Se observa que muchas vías de diferente tipo de importancia no recibe un mantenimiento rutinario ni periódico. (Gutiérrez, 1994)

1.2.6 Serviciabilidad

El concepto de serviciabilidad, debe ser definida en relación al propósito de un pavimento construido, esto es, proveer un viaje confortable, seguro y suave a los usuarios. Durante este ciclo el pavimento inicia su vida en una condición perfecta hasta alcanzar una condición mala. La disminución de su condición o “serviciabilidad” a lo largo del tiempo es conocido como desempeño.

El término evaluación funcional fue introducido para representar los procesos de identificación y caracterización de diversos aspectos relacionados a las condiciones de superficie de rodadura, incluyendo cuestiones relacionadas al confort y seguridad del tráfico, en las condiciones operacionales de la vía en un momento determinado de su vida de servicio. (AASHO, 1962).

Se consideran tres indicadores para medir la serviciabilidad de un pavimento:

a) El rango de serviciabilidad presente (PSR)

Se determina a partir del promedio de las evaluaciones de los usuarios, este promedio da origen al PSR, el cual por naturaleza, tiene carácter subjetivo.

b) El índice de serviciabilidad presente (PSI)

Son las características físicas del pavimento que pueden medirse objetivamente y pueden relacionarse con las evaluaciones subjetivas. El cual establece la condición funcional o capacidad de servicio actual del pavimento.

c) La condición superficial del pavimento

A través de ensayos realizados en la AASHO Road Test en 1962, se mostraron que la gran mayoría de informaciones sobre serviciabilidad del pavimento era atribuida a la irregularidad que existía a lo largo de todo el tramo de la vía, y las medidas de irregularidad buscaban estimar la serviciabilidad del pavimento existente.

Se consideró que los valores del PSR y el PSI no eran suficientes para decidir si es necesario realizar una intervención, razón por la cual se recomendaron usar métodos de evaluación de pavimentos para determinar la condición superficial y así obtener un índice de evaluación.

En la siguiente tabla se presenta la escala de serviciabilidad que está entre 0 a 5. (AASHO, 1962).

Tabla 1: Escala de calificación de Serviciabilidad según AASHO

CALIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN
NUMÉRICA	VERBAL	
5.0 – 4.0	Muy buena	Solo los pavimentos nuevos (o casi nuevos) son lo suficientemente suaves y sin deterioro para calificar en sus categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o recarpeteados durante el año de inspección normalmente se clasifican como muy buenos.
4.0 – 3.0	Buena	Los pavimentos de esta categoría, si bien no son tan suaves como los "Muy Buenos", entregan un manejo de primera clase y muestran muy poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar comenzando a mostrar signos de ahuellamiento y fisuración aleatoria. Los pavimentos rígidos pueden estar empezando a mostrar evidencias de un nivel de deterioro superficial, como desconches y fisuras menores.
3.0 – 2.0	Regular	En esta categoría la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos y puede presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en los pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamientos, parches y agrietamiento. Los pavimentos rígidos en este grupo pueden presentar fallas en las juntas, agrietamientos, escalonamiento y pumping.
2.0 – 1.0	Mala	Los pavimentos en esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde puedan afectar la velocidad del tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamiento y ahuellamientos; y ocurre en un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconche de juntas escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.
1.0 – 0.0	Muy mala	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los caminos se pueden pasar a velocidades reducidas y con considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas. El deterioro ocurre en un 75 % o más de la superficie.

Fuente: AASHO (1962)

1.2.7 Evaluación de pavimentos

La evaluación de pavimentos consiste en un estudio, en el cual se presenta el estado en el que se halla la estructura y la superficie del pavimento, para de esta manera poder adoptar las medidas adecuadas de conservación y mantenimiento, con las cuales se pretende prolongar la vida útil del pavimento, en este sentido es de suma importancia elegir y realizar una evaluación que sea objetiva y acorde al medio en que se encuentre.

a) Importancia de la evaluación

La evaluación de pavimentos es importante, pues permitirá conocer a tiempo los deterioros presentes en la superficie, y de esta manera realizar las medidas correctivas oportunas, consiguiendo con ellas, cumplir el objetivo de una serviciabilidad óptima al usuario.

Con la realización de una evaluación periódica del pavimento se podrá predecir el nivel de vida de una red o un proyecto.

La evaluación de pavimentos, también permitirá optimizar los costos de rehabilitación, pues si se trata un deterioro de forma temprana se prolonga su vida de servicio, previniendo una futura mayor inversión.

b) Objetividad

La objetividad en la evaluación de pavimentos juega un papel primordial, pues se necesita personas verdaderamente capacitadas para que realicen las evaluaciones, de no ser así, dichas pruebas pueden perder credibilidad con el tiempo y no podrán ser comparadas, además, es importante que se escoja un modelo de evaluación que se encuentre estandarizado para poder decir que se ha realizado una evaluación verdaderamente objetiva.

No siempre se pueden obtener mediciones o índices que cumplan con la condición para comparar dos proyectos debido al sesgo intrínseco de la toma de decisiones, produciéndose una desviación entre la realidad y lo expresado por las muestras. La desviación que ocurre puede deberse a dos causas principales

- Variabilidad de las unidades, debido a que las unidades son la base para los análisis que se realizaron
- Diversidad de la respuesta dentro de cada unidad, esto porque se relaciona a la fiabilidad de la eventual rehabilitación.

Existen diferentes tipos y métodos de evaluación de pavimentos. En muchos casos los resultados de varios ensayos pueden compararse entre sí con el objeto de confirmar las razones del deterioro o de la falla y, de esta manera, entender mejor el comportamiento del mismo.

1.2.7.1 Evaluación de la adherencia

La adherencia neumático-calzada es una de las características superficiales del pavimento que tiene influencia en la seguridad del conductor, ya que permite: reducir la distancia de frenado y mantener en todo momento la trayectoria deseada del vehículo. Para el caso de parámetros de seguridad del pavimento, la micro textura puede ser considerada a través de la determinación del coeficiente de fricción mediante el péndulo de fricción del “Transport Research Laboratory” (TRL) o péndulo inglés. En cuanto a la macro textura, se determina con el ensayo de parche de arena el que consiste en esparcir un volumen conocido de arena de granulometría normalizada sobre el camino en forma circular con un accesorio de caucho, y valorar luego cual es la altura de arena (HS) que entró, en promedio, en el círculo definido. (González, 2004).

1.2.7.2 Evaluación estructural

Los métodos de evaluación estructural se dividen en dos grupos, los ensayos destructivos y los ensayos no destructivos. Entre los ensayos destructivos más conocidos están las calicatas que nos permiten obtener una visualización de las capas de la estructura expuestas, a través de las paredes de esta y realizar ensayos de densidad “in situ”. Estas determinaciones permiten obtener el estado actual del perfil a través de las propiedades reales de los materiales que lo componen.

Las calicatas facilitan además la toma de muestras en cantidad, para su posterior clasificación en el laboratorio, de cuyos resultados se puede establecer el uso más efectivo, al momento de realizarse las tareas de rehabilitación y mejoramiento. Los trabajos suministran información adicional como los espesores de las capas conformantes, contenidos de humedad, posible causa del deterioro de la capa, densidad de cada capa y la capacidad de soporte en el material subrasante.

Por otro lado se pueden realizar perforaciones con la ayuda de equipos de calado, saca muestras; esta alternativa, en comparación con las calicatas es más sencilla, menos costosa, más rápida y provoca menores interrupciones en el tránsito. Como desventaja, no se puede realizar determinaciones de densidad "in situ" por cuestiones de espacio.

Los ensayos no destructivos pueden llevarse a cabo mediante medidas de deflexiones que son una herramienta importante en el análisis no destructivo de los pavimentos. La magnitud de la deflexión producida por la carga, son útiles para investigar las propiedades "in situ" del pavimento. Se trata de aplicar una sollicitación tipo y medir la respuesta de la estructura.

El sistema más difundido de medición de deflexión es mediante el empleo de la viga Benkelman. Este dispositivo se utiliza para realizar mediciones en sectores en los que se observan fallas visibles y en los que no se observan fallas, de esta forma es posible acotar las propiedades actuales del pavimento "in situ", e integrar sus resultados para una interpretación global.

Otro equipo con el que se pueden realizar mediciones es con un deflectómetro de impacto. Este es un método no destructivo, que sirve para la evaluación estructural del pavimento y conocimiento detallado de su estado. Esta técnica es de alto rendimiento, sin mayores interferencias al tránsito de las vías y además es utilizado de forma rápida y precisa.

Por otro lado, puede utilizarse el perfilómetro láser, principalmente en la etapa de recepción, este proporciona información sobre la rugosidad del

pavimento, cuya información permite estimar la serviciabilidad actual del pavimento. (González, 2004).

1.2.7.3 Evaluación superficial

Se entiende por evaluación superficial o funcional, aquella evaluación realizada en una vía con el objeto de determinar los deterioros que afectan al pavimento y al usuario, y conocer el estado en el que se encuentra el mismo.

Existen diferentes métodos para la evaluación superficial de los pavimentos. Estos métodos son sencillos de aplicar y no requieren de equipos experimentados. La evaluación visual que se realiza, es una de las herramientas más importantes en la aplicación de estos métodos, y forma parte esencial de toda la investigación. La evaluación se realiza generalmente en dos etapas, una inicial y otra detallada. (Gutiérrez, 1994)

La evaluación inicial se realiza con el fin de hacer una inspección general del proyecto. Esta tarea se realizara recorriendo el camino ya sea mediante un desplazamiento personal o por vehículo para determinar la serviciabilidad que está brindando el pavimento, finalmente será abarcando toda el tramo de vía a evaluar.

La evaluación detallada consiste en inspeccionar la vía caminando sobre ella y realizando la recopilación de datos necesarios, en donde es necesario describir a todo tipos de falla encontrados en función a su severidad, frecuencia y ubicación, así como otra información que se considere necesaria.

La evaluación superficial debe ser definida de manera de periódica, con el fin de determinar la naturaleza y extensión de los deterioros en el pavimento; ya que tales datos son extremadamente importantes debido al impacto directo que tienen sobre el comportamiento del pavimento existente y sobre aquellas capas de refuerzo posteriores.

Este tipo de evaluación es también importante porque permite determinar el tratamiento más adecuado que requiere la superficie del pavimento antes de colocar la sobrecapa de refuerzo.

La evaluación superficial comprende los siguientes pasos: primero, identificar las fallas y las posibles causas de las mismas. Después, se ubican las fallas en una hoja de evaluación de acuerdo al método a aplicar. Luego, se determina el grado de severidad y la extensión de las fallas. Seguidamente, se cuantifica en gabinete la información recogida en el campo. Inmediatamente, se emite un informe con el análisis del tramo evaluado. Finalmente, se determinan los tratamientos y reparaciones adecuados. (Gutierrez, 1994)

1.2.8 Método de evaluación superficial Pavement Condition Index (PCI)

1.2.8.1 Introducción

Fue desarrollado entre los años 1974 y 1976 a cargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los E.E.U.U. por M.Y. Shahin y S.D. Khon y publicado en 1978; con el objetivo de obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles.

Este método constituye el modo más completo para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, siendo ampliamente aceptado y formalmente adoptado como procedimiento estandarizado, por agencias como por ejemplo: el departamento de defensa de los Estados Unidos, el APWA (*American Public Work Association*) y ha sido publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación, conocida como procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos ASTM D6433-03).

Este método no pretende solucionar aspectos de seguridad si alguno estuviera asociado con su práctica. El método se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición

operacional de la superficie, un valor que cuantifique el estado en que se encuentra el pavimento para su respectivo tratamiento y mantenimiento.

El cálculo se fundamenta en los resultados de un inventario visual del estado del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada falla presente.

Este método de evaluación superficial se caracteriza por no requerir ningún equipo especial o sofisticado para la evaluación; por suministrar información confiable sobre las fallas que presenta el pavimento, su severidad y la condición final que este presenta; por su empleo que no resulta ser complejo; porque es un método estándar y más detallado para evaluar pavimentos y por ser la base para determinar necesidades de mantenimiento o rehabilitación del pavimento. (Gutiérrez, 1994)

1.2.8.2 Índice de condición del pavimento (PCI)

El PCI es un índice numérico, desarrollado para obtener el valor de la irregularidad de la superficie del pavimento y la condición operacional de este.

Esta metodología califica la condición integral del pavimento en base a una escala que varía entre “0” para un estado fallado y un valor de “100” para un estado excelente. Se muestra a continuación los rangos del PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Tabla 2: Escala de Clasificación PCI

PCI	Clasificación
85 – 100	Excelente
70 – 85	Muy Bueno
55 – 70	Bueno
40 – 55	Regular
25 – 40	Malo
10 – 25	Muy Malo
0 – 10	Fallado

Fuente: Procedimiento estándar PCI según ASTM D 6433-03

Introduce un factor de ponderación, llamado “valor deducido”, para indicar en qué grado afecta a la condición del pavimento a cada combinación de deterioro, nivel de severidad y densidad.

El método PCI es un procedimiento que consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando la clase, severidad y cantidad de fallas encontradas, siguiendo una metodología de fácil implementación y que no requiere de herramientas especializadas, pues se mide la condición del pavimento de manera indirecta. (ASTM, 2004).

1.2.8.3 Objetivos

a) Determinar el estado en que se encuentra el pavimento en términos de su integridad estructural y del nivel de servicio que ofrece al usuario. El método permite la cuantificación de la integridad estructural de manera indirecta, a través del índice de condición del pavimento ya que no se realizan mediciones que permiten calcular directamente esta integridad.

Cuando se habla de integridad estructural, se hace referencia a la capacidad que tiene el paquete estructural de soportar sollicitaciones externas, como cargas de tránsito o condiciones ambientales. En cambio, el nivel de servicio es la capacidad del pavimento para brindar un uso confortable y seguro al conductor

b) Obtener un indicador que permita comparar, con un criterio uniforme, la condición y comportamiento del pavimento y de esta manera justificar la programación de obras de mantenimiento y rehabilitación, seleccionando la técnica de reparación más adecuada al estado del pavimento en estudio. (U.S. Army Engineer Research and Development Center, 2001).

1.2.8.4 Muestreo y unidades de muestra

El muestreo se llevará a cabo siguiendo el procedimiento detallado a continuación:

Se Identifica los tramos o áreas en el pavimento con diferentes usos en el plano de distribución de la red. Luego, se divide cada tramo en secciones basándose en criterios como diseño del pavimento, historia de construcción, tráfico y condición del mismo. Después dividimos las secciones establecidas del pavimento en unidades de muestra.

Una vez divididas las secciones se identifican las unidades de muestras individuales a ser inspeccionadas de tal manera que permita a los inspectores, localizarlas fácilmente sobre la superficie del pavimento. Es necesario que las unidades de muestra sean fácilmente reubicables, a fin de que sea posible la verificación de la información de fallas existentes, la examinación de variaciones de la unidad de muestra con el tiempo y las inspecciones futuras de la misma unidad de muestra si fuera necesario.

Seguidamente se procede a seleccionar las unidades de muestra a ser inspeccionadas. El número de unidades de muestra a inspeccionar puede variar de la siguiente manera: considerando todas las unidades de muestra de la sección, considerando un número de unidades de muestras que nos garantice un nivel de confiabilidad del 95% o considerando un número menor de unidades de muestra.

Todas las unidades de muestra de la sección pueden ser inspeccionadas para determinar el valor de PCI promedio en la sección. Este tipo de análisis es ideal para una mejor estimación del mantenimiento y reparaciones necesarias.

Es necesario que las unidades de muestra adicionales deban ser inspeccionadas sólo cuando se observan fallas no representativas. Estas

unidades de muestra son escogidas por el usuario. (U.S. Army Engineer Research and Development Center, 2001).

1.2.8.5 Procedimiento de evaluación

El procedimiento para la evaluación de un pavimento comprende una etapa de trabajo de campo y otra etapa de cálculos aplicando la metodología respectiva; y es el siguiente: Primero se inspecciona individualmente cada unidad de muestra seleccionada, luego, se registra el tramo y número de sección así como el número y tipo de unidad de muestra. Es necesario que se tome el tamaño de unidad de muestra medido con el odómetro manual. Cuando se realice la inspección de las fallas, se debe cuantificar cada nivel de severidad y registrar la información obtenida. Los tipos de fallas y el grado de severidad se encuentran descritos en el ítem 2.2.10

Es necesario mencionar que el método de medición se encuentra incluido en la descripción de cada falla. Repetir este procedimiento para cada unidad de muestra a ser inspeccionada.

Los daños o fallas se identificarán, teniendo en cuenta su clase, severidad y extensión de los mismos.

a) La clase, está relacionada con el tipo de degradación que se presenta en la superficie de un pavimento entre las que tenemos piel de cocodrilo, exudación, agrietamiento en bloque, abultamientos, entre otros, cada uno de ellos se describe en el manual de daños de la evaluación de la condición de pavimentos.

b) La severidad, representa la criticidad del deterioro en términos de su progresión; entre más severo sea el daño, más importantes deberán ser las medidas para su corrección. De esta manera, se deberá valorar la calidad del viaje, ósea, la percepción que tiene el usuario al transitar en un vehículo a velocidad normal; es así que se describe una guía general de ayuda para establecer el grado de severidad de la calidad de tránsito:

- Bajo (L: Low): se perciben vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones), pero no es necesaria la reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad.
- Medio (M: Medium): las vibraciones del vehículo son significativas y se requiere una reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad.
- Alto (H: High): las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable en aras de la comodidad y la seguridad.

El último factor que se debe considerar para calificar un pavimento es la extensión, que se refiere al área o longitud que se encuentra afectada por cada tipo de deterioro, en el caso de la evaluación de pavimentos de hormigón, la calificación de la extensión estará representada por el número de veces que se repita dicha falla en una losa o varias losas.

Para la evaluación de campo, una vez definidas las unidades de muestreo UM-i, a partir del seccionamiento de la vía, en el que también se considerará el ancho total de cada calzada, se inspeccionará cada unidad de muestra para medir el tipo, severidad y cantidad de los daños de acuerdo con el patrón de evaluación, y se registrará toda la información en el formato correspondiente (hoja de información de exploración de la condición) para cada unidad de muestra.

En el formato ya mencionado se hará registro por cada renglón un daño, su extensión y su nivel de severidad, para ello se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de las medidas de los daños descritos en el ítem de catálogo de fallas en pavimentos flexibles. (U.S. Army Engineer Research and Development Center, 2001).

1.2.8.6 Cálculo del PCI

Luego de culminar la inspección de campo, la información recogida se utiliza para calcular el PCI. El cálculo está basado en los “valores deducidos” de cada daño, de acuerdo a la cantidad y severidad reportadas.

El cálculo del PCI puede realizarse de manera manual o computarizada bajo una base de datos bien estructurada.

Para objeto de este estudio se está empleando la metodología de cálculo recomendada por U.S. Army Corps of Engineers, aplicada a pavimentos con carpeta de rodadura asfáltica.

El cálculo del PCI, comprende las siguientes etapas:

a) Etapa 1 Cálculo de los valores deducidos (VD):

- Se totaliza cada tipo y nivel de severidad de daño y se registra en las columnas dadas por el formato. El daño puede medirse en área, longitud o por número según su tipo.
- Se divide la cantidad de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el área total de la unidad de muestreo y expresar el resultado en porcentaje. Esta será la densidad de cada daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.
- Se determina el valor deducido para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas y tablas denominadas “valor deducido del daño”. Las tablas se encuentran en los anexos.

b) Etapa 2 Determinación del número máximo admisible de valores deducidos (m):

Si ninguno o tan solo uno de los “valores deducidos” es mayor que 2, se usa el “valor deducido total” (VDT) en lugar del “valor deducido corregido” (VDC), obteniendo en la Etapa 4, de lo contrario se seguirán los pasos que continúan.

Se listan los valores deducidos individuales en orden descendente.

Se determina el “Número máximo de valores deducidos” (m), utilizando la siguiente ecuación:

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

El número de valores individuales deducidos se reduce a “m”, inclusive la parte fraccionaria. Si se repone de menos valores deducidos que “m” se utilizan los que se tengan.

c) Etapa 3 Cálculo del máximo valor deducido corregido (CDV):

Este paso se realiza mediante un proceso iterativo que se describe a continuación:

Se determina el número de valores deducidos (q) mayores que 2.

Se procede a determinar del “valor deducido total” sumando todos los valores individuales.

Se calcula el CDV con el “q” y el “valor deducido total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento. La misma que se encuentra en el Anexo: Valores Deducidos.

Se reduce a 2.0 el menor de los “valores deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas iniciales de esta etapa hasta que sea igual a 1.

El “máximo CDV” es el mayor valor de los CDV obtenidos en este proceso.

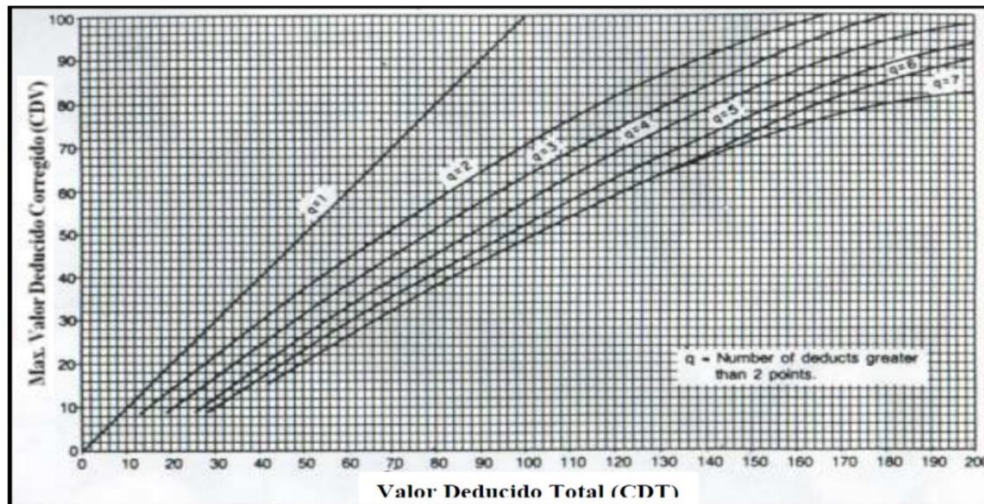


Figura 5: Curvas de corrección del valor deducido (CDV) para pavimentos flexibles

Fuente: Procedimiento estándar PCI según ASTM D 6433-03

d) Etapa 4:

Determinar el PCI de la unidad restando el “máximo CDV” de 100, obtenido en la ETAPA 3.

$$PCI = 100 - \text{máx. CDV}$$

Donde:

PCI: Índice de Condición del pavimento

Máx. CDV: Máximo valor corregido deducido

El PCI promedio, resulta ser el promedio de todos los PCI de cada unidad de muestra. (U.S. Army Engineer Research and Development Center, 2001).

1.2.8.7 Materiales e instrumentos de evaluación

a) **Hoja de registro:** Documento donde se registrara toda la información obtenida durante la evaluación; fecha, ubicación, tramo, sección, tamaño de la unidad de muestra, tipos de falla, niveles de severidad, cantidades, nombres del personal encargado de la evaluación.

METODO PCI				ESQUEMA					
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: _____		Sección: _____		Unidad de muestra: _____					
Ejecutor: _____		Fecha: _____		Área: _____					
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabolica o por deslizamiento						
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento						
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados						
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento							
5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento							
FALLA	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO

Figura 6: Hoja de registro del Método PCI

Fuente: Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos ASTM D6433-03

b) **Odómetro manual:** Instrumento utilizado para medir distancias en calles, carreteras, caminos, etc.

c) **Regla o cordel:** Necesarios para medir la deformación longitudinal y transversal del pavimento de estudio.

d) **Conos de seguridad vial:** Para aislar el área de calle en estudio, ya que el tráfico representa un peligro para los inspectores que tienen que caminar sobre el pavimento

e) **Plano de distribución:** Plano donde se esquematiza la red de pavimento que será evaluada.

1.2.9 Otros métodos de evaluación superficial de pavimentos

1.2.9.1 FHWA/OH-99/004 (PCR)

Este método se describe como Pavement Condition Rating (PCR), clasificación de la condición del pavimento; fue desarrollado para el estado de Ohio red de carreteras.

El método se basa en la inspección visual de alteraciones del pavimento. Aunque la relación entre los daños del pavimento y el rendimiento no está bien definida dentro de este sistema. También menciona que la capacidad de un pavimento para sostener las cargas de tráfico de manera segura y sin problemas, se ve afectada negativamente por la aparición de estos daños.

El método de clasificación de este sistema se describe de manera uniforme, en cuanto a la gravedad, extensión de los daños del pavimento. La expresión matemática para el PCR proporciona un índice que reflejan los efectos compuestos de varios tipos de daños. Este sistema se desarrolló para identificar daños de pavimentos flexibles, rígido, de concreto armado y articulado.

1.2.9.2 Inspección visual de daños en carreteras (VIZIR)

Es un sistema de evaluación de fácil aplicación, que establece una distinción clara entre fallas estructurales y funcionales. El método clasifica los deterioros de los pavimentos asfálticos en dos grandes categorías; "A" y "B"; cuya identificación y niveles de gravedad se presentan de acuerdo a tablas que establece el método.

Las degradaciones del tipo A caracterizan una condición estructural del pavimento. Se trata de degradaciones debidas a insuficiencia en la capacidad estructural de la calzada. Estos daños comprenden las deformaciones y los agrietamientos ligados a la fatiga del pavimento.

Las fallas que considera el tipo A, son las siguientes:

Ahuellamientos, grietas longitudinales por fatiga, piel de Cocodrilo, hundimientos, parches y otras deformaciones estructurales

Las degradaciones del tipo B, en su mayoría de tipo funcional, dan lugar a reparaciones que generalmente no están ligadas a la capacidad estructural de la calzada. Su origen se encuentra en deficiencias constructivas y condiciones locales particulares que el tránsito ayuda a poner en evidencia. Entre los daños del tipo B se pueden citar los agrietamientos motivados por asuntos distintos a la fatiga, los desprendimientos y los afloramientos.

Las fallas que considera el tipo B, son las siguientes: Grieta longitudinal por junta de construcción, grietas de contracción térmica, grietas parabólicas, grietas de borde, abultamientos, desprendimientos, pulimiento de agregados, exudación, desintegración de los bordes, escalonamiento entre calzada berma y afloramientos. (Cerón, 2006).

El método Vizir define la condición del pavimento mediante el índice de deterioro superficial conocido como **Is**, el cual es un valor adimensional que se calcula a partir del porcentaje vial del área afectada con respecto a partir de la longitud vial del tramo estudiado.

El valor del índice de deterioro superficial **Is**, está comprendido entre el rango de 1 a 7.

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL VIZIR	
RANGO CALIFICACION	
1 y 2	Bueno
3 y 4	Regular
5, 6 y 7	Deficiente

Figura 7: Índice de deterioro superficial por VIZIR

Fuente: Laboratorio Central de Puentes y Calzadas de Francia (LCPC), Francia.

El primer paso para evaluar la condición global de un pavimento es la realización de la inspección visual de pavimentos, estos deterioros se deben identificar teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Tipo: Las degradaciones se agrupan en categorías de acuerdo con los mecanismos que la originan
- Gravedad: Representa la criticidad del deterioro en términos de su progresión.
- Extensión: Se refiere al área o longitud del tramo estudiado y que es afectada por algún tipo de deterioro.

Los daños se presentan en el esquema itinerario por medio de rectángulos cuyo fondo; blanco (1), gris (2) o negro (3) indica el nivel de gravedad.

NIVEL DE GRAVEDAD		
1	2	3
□	■	■

Figura 8: Escala de graduación por gravedad de daño

Fuente: Laboratorio Central de Puentes y Calzadas de Francia (LCPC), Francia.

Esta metodología permite por medio de la inspección visual la identificación, cualificación y cuantificación de los daños sean funcionales y/o estructurales de una vía, mediante el cálculo del índice de deterioro superficial dando un sustento técnico que permita tomar decisión frente a priorización y tipo de intervención en las vías a rehabilitar, proporcionando una herramienta fácil de implementar la conjugada con su bajo costo de aplicación, convirtiéndose en una muy buena opción para las instituciones que cuentan con bajos recursos y requieren de eficiencia.

1.2.9.3 Evaluación superficial y rango de pavimentos (PASER)

El método *Pavement Surface Evaluation and Rating* (PASER), desarrollado en el Centro de Información del Transporte de la Universidad de Wisconsin, presenta un catálogo de fallas basado en una escala gráfica con categorías que varían de 1 a 10, donde 10 corresponde a las mejores condiciones de calidad. No considera escalas intermedias que permita mayor sensibilidad

para calificar la superficie dañada. La evaluación responde a los estándares con los que han sido diseñados los otros métodos. (Apolinario, 2012).

Tabla 3: Clasificación de la condición de un pavimento para carreteras Sealcoat

<i>Edad de la Superficie</i>	<i>Fallas Visibles</i>	<i>Estado general, drenaje y mejoras</i>	<i>Clasificación de la Superficie</i>
1 año	No hay peligro. Excelente superficie	Estado nuevo de la superficie. Excelente drenaje. No requiere mantenimiento	5 EXCELENTE
2 - 4 años	Poca superficie de desgaste del tráfico. Leve pérdida de la totalidad de la superficie	Excelente o buen drenaje. Poco o ningún mantenimiento	4 BUENO
3 - 5 años	Moderado desgaste de la superficie y ligera aparición de grietas. Ocasionales parches y/o pérdidas de las principales capas del sellado	Bueno o regular drenaje. Puede ser necesario in situ mejoras de drenaje y parches. Es recomendado mantenimiento preventivo	3 REGULAR
Más de 5 años de edad	Se aprecian las grietas de borde y parches. Aparición de baches y pérdidas significativas de la superficie. Aparición de grietas tipo cocodrilo	Mal drenaje. Aplicación de parches y mejoras necesarias. Es recomendable nueva superficie de sellado	2 POBRE
Más de 5 años de edad	Gran pérdida de superficie del borde sealcoat, agrietamiento severo y / o grietas de cocodrilo, parches en mal estado	Mal drenaje extensa base de las necesidades de mejora de un nuevo doble sealcoat no mal drenaje extensa base de las necesidades de mejora de un nuevo doble	1 FALLADO

Fuente: Wisconsin Transportation Information Center. Manual PASER, Sealcoat Roads. Wisconsin, 2001.

El Centro de Información de Transporte de la Universidad de Wisconsin - Madison, ha desarrollado publicaciones que muestran fotografías representativas del estado del pavimento que corresponden con las calificaciones PASER para ayudar a aquellos que realizan estudios de campo. Cabe señalar que la calificación PASER, refleja las condiciones de la superficie del pavimento, y no la condición estructural del pavimento, o de la vida de la superficie del pavimento restante.

La metodología que utiliza PASER es aplicable para varios tipos de pavimento como también a sus obras de arte, según los diferentes manuales de la aplicación Paser con sus respectivas guías de evaluación.

Se selecciona para la evaluación el manual del SEALCOAT que evalúa pavimentos tratados con sellos superficiales.

En el sistema de evaluación superficial con el manual PASER, la condición del pavimento se evalúa visualmente, no cuantifica los deterioros encontrados ni proporciona valor deductivo alguno para indicar la calificación de la condición del pavimento, simplemente sobre la base de criterios de ingeniería, y experiencias se puede indicar una calificación según su catálogo de fallas.

El método no considera escalas intermedias que permitan mayor sensibilidad para calificar la superficie dañada. (Apolinario, 2012).

1.2.9.4 Consorcio de rehabilitación vial (CONREVIAL)

El consorcio de rehabilitación vial, presenta una metodología que realiza evaluaciones superficiales usando un catálogo de fallas que son obtenidas de la superficie del pavimento, además realiza evaluaciones estructurales mediante la medición de las deflexiones.

La evaluación visual del estado de un pavimento se efectúa en base a la determinación detallada de todos los deterioros y fallas observables en la superficie transitable y visible del mismo, estableciéndose la ubicación, extensión y grado de magnitud de cada característica adversa

La caracterización del estado de la superficie de la calzada, en este método considera tres aspectos, uno de ellos es el relevamiento de las distintas manifestaciones de deterioro observadas en la superficie (Identificación).

El segundo es el análisis del tipo de falla observada, estableciendo las probables causas o mecanismos que la han originado (interpretación).

Y finalmente el establecer la condición de servicio del pavimento en base a la magnitud, extensión, tipo de falla y mecanismo de deterioro, orientado hacia el futuro empleo de la información (Evaluación).

Este método se usó por muchos años, el cual tiene la limitación que no llega a un indicador final de la condición global del pavimento, no considera las

áreas afectadas con un determinado tipo de deterioro; razón por la cual los resultados del relevamiento de fallas no son confiables y no se alcanzará la precisión que corresponde el costo de mantenimiento y presupuesto de obra.

1.2.9.5 Programa de investigación estratégica de carreteras.

El método Strategic Highway Research Program (SHRP) fue desarrollado para recolectar información de la investigación SHRP en Estados Unidos, recomienda recolectar el 100% de la longitud de los tramos testigos de dicha investigación. Por lo tanto, para su uso en otras aplicaciones, como en evaluación de proyectos o redes viales, se debe especificar el método de muestreo estadístico a utilizar.

Por último; cabe mencionar que existen otros métodos de inspección y evaluación de pavimentos como son:

- Guía para la realización de la inspección visual de firmes (España).
- Pavement Surface Condition rating manual (Canada, British Columbia Ministry of Transportation).
- Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos (Brasil, Ministerio dos Transportes)
- A guide to visual assessment of flexible Pavement Surface Conditions (Malasia).
- Pavement Surface Condition rating manual (WSDOT, Washington State of Transportation)
- Programa de asistencia técnica en transporte urbano – México.
- Departamento nacional de infraestrutura de transportes (DNIT) (Brasil).

1.2.10 Catálogo de fallas en los pavimentos

Las fallas consideradas por el método “Pavement Condition Index (PCI)” son un total de diecinueve (19) que involucran a todas aquellas que se hacen más comunes en la degradación del pavimento flexible.

Para pavimentos flexibles los tipos de fallas son agrupados en 4 categorías: fisuras y grietas, deformaciones superficiales, desintegración de pavimentos, afloramientos y otras.



Figura 9: Fallas en los pavimentos flexibles establecidos por PCI.

Fuente: Rodríguez Velásquez, E. (2009)

a) Piel de cocodrilo

Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica o base estabilizada donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Inicialmente, las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas. Después de repetidas cargas de tránsito, las grietas se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja a una malla de gallinero o a la piel de cocodrilo. Generalmente, el lado más grande de las piezas no supera los 0.60m.

El agrietamiento de piel de cocodrilo ocurre únicamente en áreas sujetas a cargas repetidas de tránsito tales como las huellas de las llantas. Por lo tanto, no podría producirse sobre la totalidad de un área a menos que

esté sujeta a cargas de tránsito en toda su extensión. Un patrón de grietas producido sobre un área no sujeta a cargas se denomina como “grietas en bloque”, el cual no es un daño debido a la acción de la carga.

La piel de cocodrilo se considera como un daño estructural importante y usualmente se presenta acompañado por ahuellamiento.

Severidades

- Baja (L): Grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con unas pocas o ninguna interconectadas. Las grietas no están descascaradas, es decir, no presentan rotura del material a lo largo de los lados de la grieta.
- Media (M): Desarrollo posterior de grietas piel de cocodrilo del nivel L, en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente descascaradas.

Se han formado un patrón de polígonos pequeños y angulosos.

- Alta (H): Red o patrón de grietas que ha evolucionado de tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y descascarados los bordes.

Algunos pedazos pueden moverse bajo el tránsito. Se llega a presentar bombeo.

Unidad de medición

Se miden en metros cuadrados (m²) de área afectada. La mayor dificultad en la medida de este tipo de daño radica en que, a menudo, dos o tres niveles de severidad coexisten en un área deteriorada. Si estas porciones pueden ser diferenciadas con facilidad, deben medirse y registrarse separadamente. De lo contrario, toda el área deberá ser calificada en el mayor nivel de severidad presente.

Evolución de la falla

Deformaciones, descascaramientos y baches.

Imagen de representación

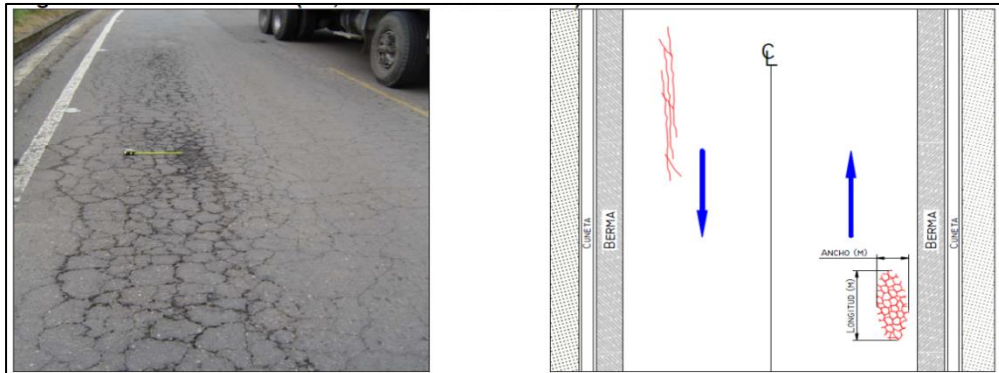


Figura 10: Piel de Cocodrilo. (PC, unidad de medida: m²)

Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (2006). Instituto Nacional de vías. Ministerio de Transportes de Colombia

b) Agrietamiento en bloque

Las grietas en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de 0.3m x 0.3m hasta 3.0m x 0.3m. Las grietas en bloque se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios. Normalmente ocurre sobre una gran porción del pavimento, pero algunas veces aparecerá únicamente en áreas sin tránsito. Este deterioro difiere de la piel de cocodrilo en que esta última está formada por bloques con más lados y ángulos agudos. También, a diferencia de los bloques, la piel de cocodrilo es originada por cargas repetidas de tránsito y, por lo tanto, se encuentra únicamente en áreas sometidas a cargas vehiculares (por lo menos en su primera etapa).

Severidades

- Baja (L): Los bloques se han comenzado a formar, pero no están claramente definidos, no presentan desportillamiento en los bordes. Pueden llegar a tener aberturas de 10mm.

- Media (M): Bloques definidos por fisuras entre 10mm a 30mm, y pueden como no, presentar desportillamiento en los bordes.
- Alta (H): Bloques mejor definidos por fisuras de abertura mayor a 30mm, presenta un alto desportillamiento en los bordes.

Unidad de medición:

Se registra el área de superficie afectada en metros cuadrados (m²). Cuando en un área se combinen varias severidades y no sea fácil diferenciar las áreas correspondientes a cada una, se reporta el área completa asignándole la mayor severidad.

Es posible que se combinen estos daños con piel de cocodrilo, caso en el que se debe registrar cada daño por separado.

Evolución de la falla

Piel de Cocodrilo, descascaramientos.

Imagen de representación:

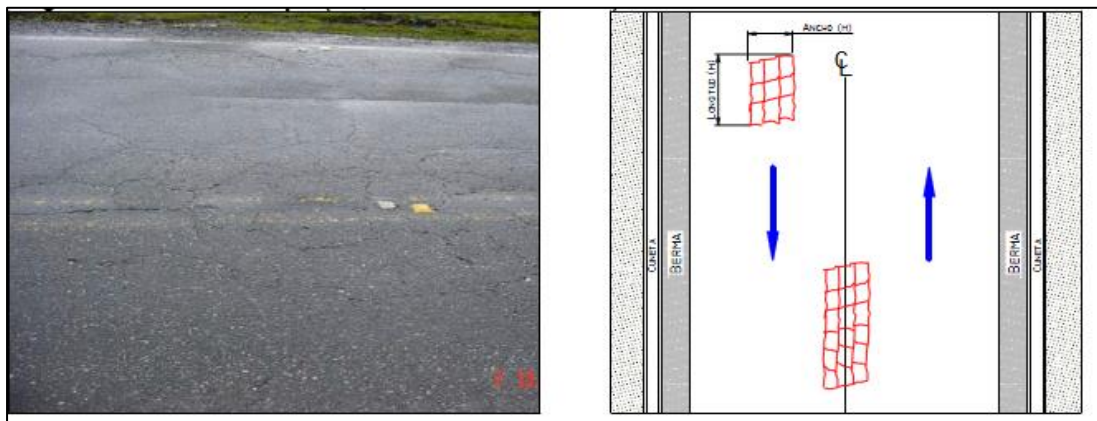


Figura 11: Agrietamiento en bloque. (BLO, unidad de medida: m²)

Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (2006). Instituto Nacional de vías. Ministerio de Transportes de Colombia

c) Grieta de borde

Las grietas de borde son paralelas y, generalmente, están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m del borde exterior del pavimento. Este daño se acelera

por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento. El área entre la grieta y el borde del pavimento se clasifica de acuerdo con la forma como se agrieta (a veces tanto que los pedazos pueden removerse).

Severidades

- Baja (L): Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento. Abertura menor que 10mm, cerrada o con sello en buen estado.
- Media (M): Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento. Abertura entre 10mm y 30mm, pueden existir algunas fisuras con patrones irregulares de severidad baja en los bordes y pueden presentar fragmentaciones leves y desprendimientos; existen probabilidades de infiltración de agua a través de ellas.
- Alta (H): Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde. Abertura mayor que 30mm, pueden presentar fragmentaciones considerables, y pueden generar movimientos bruscos en los vehículos.

Unidad de medición

Se miden en metros lineales (m), si existieran varias fisuras muy cercanas, se reportará el área total afectada en metros cuadrados, de ser posible por severidad o asignando a toda el área afectada la mayor severidad encontrada.

Evolución de la falla

Desprendimiento del Borde o descascaramiento.

Imagen de representación:

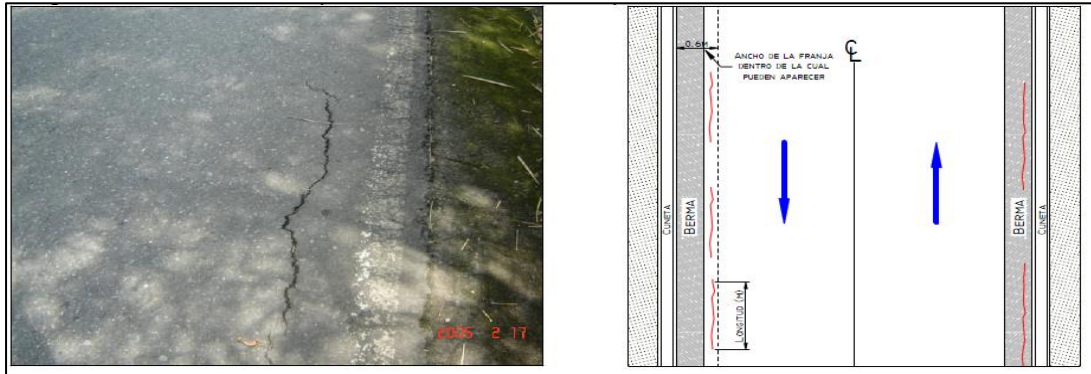


Figura 12: Grieta de Borde. (GB, unidad de medida: m)

Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (2006). Instituto Nacional de vías. Ministerio de Transportes de Colombia

d) Grieta de reflexión de junta

Este daño ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica construidos sobre una losa de concreto de cemento portland. No incluye las grietas de reflexión de otros tipos de base por ejemplo, estabilizadas con cemento o cal. Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento portland, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de concreto asfáltico. Este daño no está relacionado con las cargas; sin embargo, las cargas del tránsito pueden causar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la grieta, se dice que aquella está descascarada. El conocimiento de las dimensiones de la losa subyacente a la superficie de concreto asfáltico ayuda a identificar estos daños.

Severidades

- Baja (L): Grieta sin relleno de ancho menor que 10mm.
- Media (M): Grieta sin relleno con ancho entre 10mm y 76mm; así como grietas sin relleno de cualquier ancho hasta 76mm y grietas rellenas de cualquier ancho rodeado de un ligero agrietamiento.

- Alta (H): Se pueden presentar grietas rellenas o no, rodeadas de agrietamiento aleatorio de media a alta severidad, y también grietas sin relleno mayor de 76 mm.

Unidad de medición

La grieta de reflexión de junta se mide en metros lineales (m). La longitud y nivel de severidad de cada grieta debe registrarse por separado. Por ejemplo, una grieta de 15m puede tener 3m de grietas de alta severidad y el resto de otras, y si existiera un abultamiento, también debe registrarse.

Evolución de la falla

Fisura en Bloque, descascaramiento, baches.

Imagen de representación:

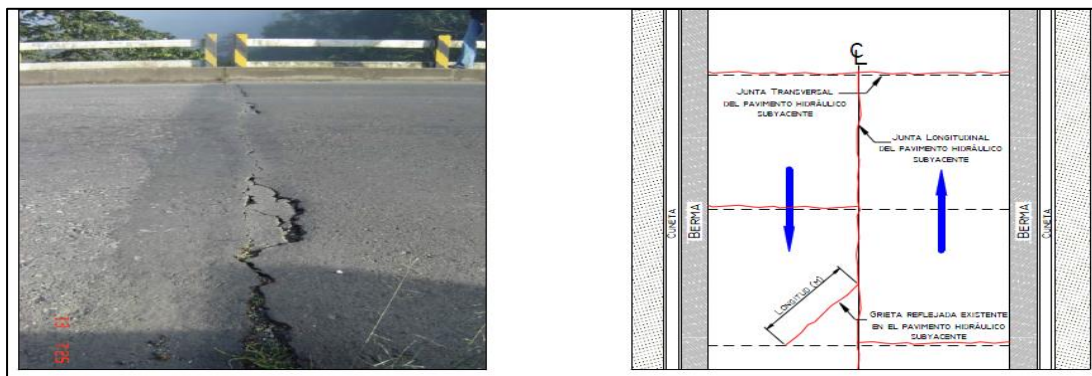


Figura 13: Grieta de Reflexión de junta. (GR, unidad de medida: m)

Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (2006). Instituto Nacional de vías. Ministerio de Transportes de Colombia.

e) Grietas longitudinales y transversales

Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción y pueden ser causadas por: una junta de carril del pavimento pobremente construida, contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas o al endurecimiento del asfalto o al ciclo diario de temperatura, una grieta de reflexión causada por el agrietamiento bajo la capa de base, incluidas las grietas en losas de concreto de cemento portland, pero no las juntas de pavimento de concreto.

Las grietas transversales se extienden a través del pavimento en ángulos aproximadamente rectos al eje del mismo o a la dirección de construcción. Usualmente, este tipo de grietas no está asociado con carga.

Sin embargo son indicio de la existencia de esfuerzos de tensión en alguna de las capas de la estructura, los cuales han superado la resistencia del material afectado. La localización de las fisuras dentro del carril puede ser un buen indicativo de la causa que las genero, ya que aquellas que se encuentran en zonas sujetas a carga pueden estar relacionadas con problemas de fatiga de toda la estructura o de alguna de sus partes.

Severidades

- Baja (L): Grieta sin relleno de ancho menor a 10mm, cerrada o con sello en buen estado.
- Media (M): Grieta sin relleno de ancho entre 10mm a 76mm, a veces rodeada de grietas aleatorias pequeñas y desprendimientos; existen probabilidades de infiltración de agua a través de ellas.
- Alta (H): Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas aleatorias pequeñas de severidad media o baja. Grietas de más de 76mm de ancho, pueden presentar fragmentaciones considerables, y pueden generar movimientos bruscos en los vehículos.

Unidad de medición

Las grietas longitudinales y transversales se miden en metros lineales (m). Si la grieta no tiene el mismo nivel de severidad a lo largo de toda su longitud, cada porción de la grieta con un nivel de severidad diferente debe registrarse por separado. Si ocurren abultamientos o hundimientos en la grieta, estos deben registrarse. Se reportará el área total afectada en metros cuadrados, de ser posible por severidad o asignando a toda el área afectada la mayor severidad encontrada.

Evolución de la falla

Piel de Cocodrilo, desintegración, descascaramiento, asentamientos longitudinales o transversales (por el ingreso del agua), fisuras en bloque.

Imagen de representación:

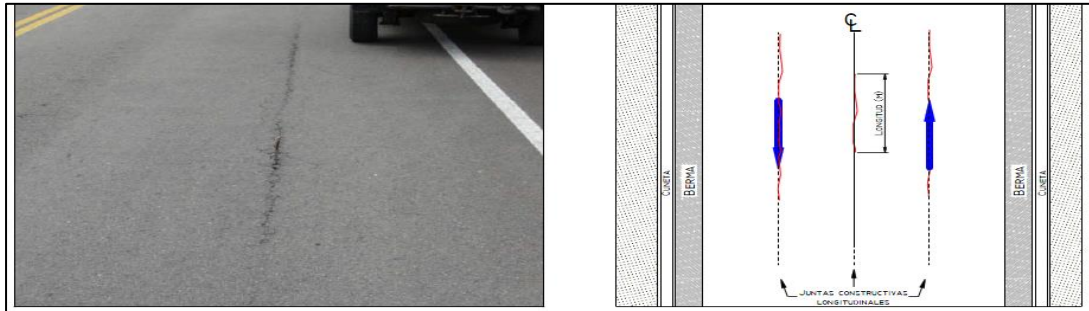


Figura 14: Grietas Longitudinales. (GL, unidad de medida: m)

Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (2006). Instituto Nacional de vías. Ministerio de Transportes de Colombia

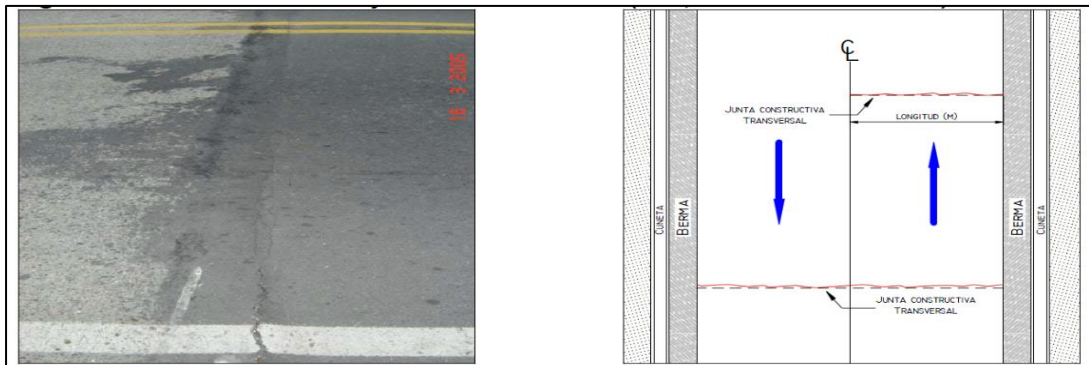


Figura 15: Grietas Transversales. (GT, unidad de medida: m)

Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (2006). Instituto Nacional de vías. Ministerio de Transportes de Colombia.

f) Grieta parabólica

Las grietas parabólicas por deslizamiento son grietas en forma de media luna creciente. Son producidas cuando las ruedas que frenan o giran inducen el deslizamiento o la deformación de la superficie del pavimento. Usualmente, este daño ocurre en presencia de una mezcla asfáltica de baja resistencia, o de una liga pobre entre la superficie y la

capa siguiente en la estructura de pavimento. Este daño no tiene relación alguna con procesos de inestabilidad geotécnica de la calzada.

Severidades

- Baja (L): Abertura de la grieta menor que 10mm.
- Media (M): Abertura de la grieta entre 10mm y 38mm, pueden presentar fragmentaciones leves y desprendimientos; existen probabilidades de infiltración de agua a través de ellas.
- Alta (H): Abertura de la fisura mayor que 38mm, pueden presentar fragmentaciones considerables, y pueden generar movimientos bruscos en los vehículos.

Unidad de medición

Se miden en metros cuadrados (m^2), correspondiente a la longitud de la vía afectada multiplicada por el ancho de afectación de la fisura, asignando el grado de severidad correspondiente. Si en la zona también se presenta un hundimiento se debe reportar su flecha máxima. Además debe registrarse si la grieta afecta la berma o la cuneta.

Evolución de la falla

Ampliación del proceso (aumento del área afectada), aumento del hundimiento.

Imagen de representación:

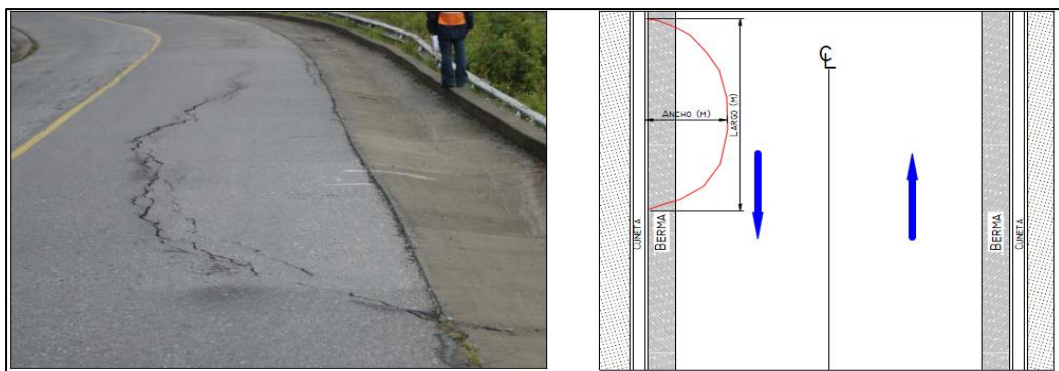


Figura 16: Grieta Parabólica. (GP, unidad de medida: m^2)

Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (2006). Instituto Nacional de vías. Ministerio de Transportes de Colombia

g) Abultamientos y hundimientos

Los abultamientos son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencia de los desplazamientos, pues estos últimos son causados por pavimentos inestables. Pueden presentarse bruscamente ocupando pequeñas áreas o gradualmente áreas grandes, acompañados en algunos casos por fisuras.

Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento. Las distorsiones y desplazamientos que ocurren sobre grandes áreas del pavimento, causan grandes o largas depresiones en el mismo, se llaman ondulaciones. Puede generar problemas de seguridad a los vehículos, especialmente cuando contienen agua. El reporte del daño debe incluir la orientación o la forma de hundimiento.

Severidades

- Baja (L): Originan una calidad de tránsito de baja severidad. En los abultamientos tiene una altura menor de 10mm. En los hundimientos una profundidad no mayor a 20mm.
- Media (M): Originan una calidad de tránsito de severidad media.
 - En los abultamientos tiene una altura entre 10mm y 20mm.
 - En los hundimientos una profundidad entre 20mm y 40mm.
- Alta (H): Originan una calidad de tránsito de severidad alto.
 - En los abultamientos tiene una altura mayor de 20mm.
 - En los hundimientos una profundidad mayor a 40mm.

Unidad de medición

Se miden en metros cuadrados (m²). Si aparecen en un patrón perpendicular al flujo del tránsito y están espaciadas a menos de 3.0m, el daño se llama corrugación. Si el abultamiento ocurre en combinación con una grieta, esta también se registra.

Evolución de la falla

En el caso de abultamientos: fisuración, desprendimientos, exudación y ahuellamientos.

En el caso de Hundimientos: fisuración, desprendimientos, movimientos en masa.

Imagen de representación:



Figura 17: Abultamientos. (AB, unidad de medida: m²)

Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (2006). Instituto Nacional de vías. Ministerio de Transportes de Colombia

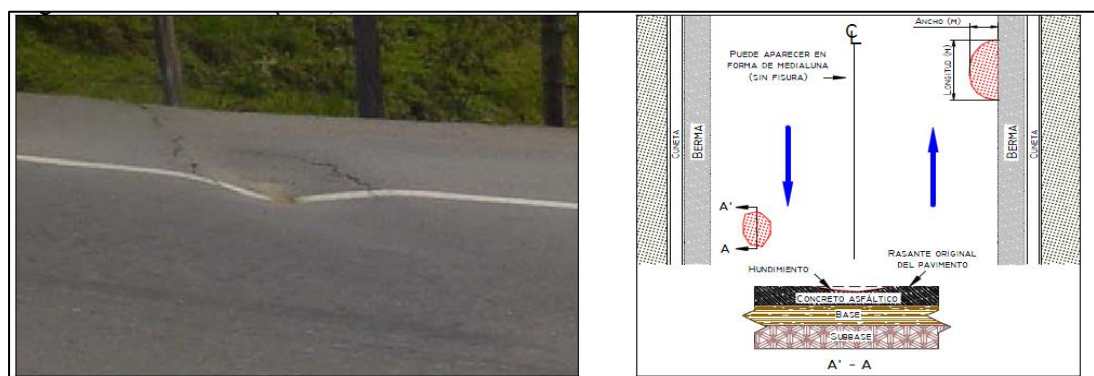


Figura 18: Hundimientos. (H, unidad de medida: m²)

Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (2006). Instituto Nacional de vías. Ministerio de Transportes de Colombia

h) Corrugación

La corrugación también llamada “lavadero” es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m. Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito. Este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base inestables. Si los abultamientos ocurren en una serie con menos de 3.0 m de separación entre ellos, cualquiera sea la causa, el daño se denomina corrugación.

Severidades

- Baja (L): Corrugaciones que producen una calidad de tránsito de baja severidad.
- Media (M): Corrugaciones que producen una calidad de tránsito de severidad media.
- Alta (H): Corrugaciones que producen una calidad de tránsito de alta severidad.

Unidad de medición

Se miden en metros cuadrados (m²) del área afectada.

Imagen de representación:

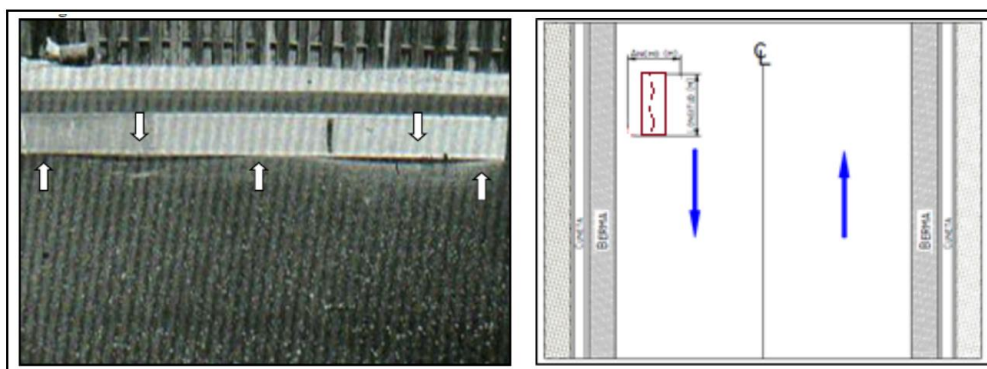


Figura 19: Corrugación. (COR, unidad de medida: m²)

Fuente: Rodríguez Velásquez, E. (2009)

i) Depresión

Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las depresiones suaves solo son visibles después de la lluvia, cuando el agua almacenada forma un “baño de pájaros”. En el pavimento seco las depresiones pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada. Las depresiones son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta. Originan alguna rugosidad y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua pueden causar hidroplaneo.

Los hundimientos a diferencia de las depresiones, son las caídas bruscas del nivel.

Severidades

- Baja (L): Profundidades de depresión entre 13mm a 25mm.
- Media (M): Profundidades de depresión entre 25mm a 51mm.
- Alta (H): Profundidades de depresión mayor a 51mm.

Unidad de medición

Se miden en metros cuadrados (m²) del área afectada.

Imagen de representación:

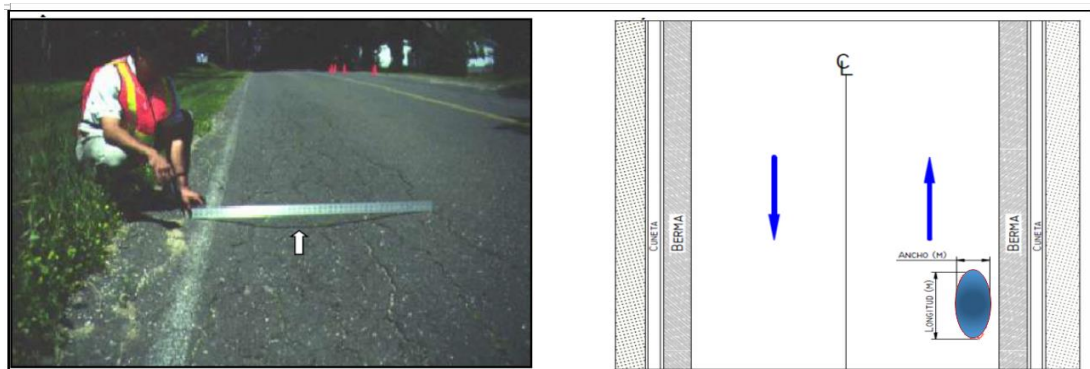


Figura 20: Depresión. (DEP, unidad de medida: m²)

Fuente: Rodríguez Velásquez, E. (2009)

j) Ahuellamiento

El ahuellamiento es una depresión en la superficie de las huellas de las ruedas. Puede presentarse el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del ahuellamiento, pero, en muchos casos, éste sólo es visible después de la lluvia, cuando las huellas estén llenas de agua. El ahuellamiento se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o la subrasante, usualmente producida por consolidación o movimiento lateral de los materiales debidos a la carga del tránsito. Un ahuellamiento importante puede conducir a una falla estructural considerable del pavimento.

Severidades:

- Baja (L): Profundidad media del ahuellamiento de 6mm a 13mm.
- Media (M): Profundidad media del ahuellamiento entre 13mm a 25mm.
- Alta (H): Profundidad media del ahuellamiento mayor a 25mm.

Unidad de medición

Se miden en metros cuadrados (m²) del área afectada.

Evolución de la falla

Piel de Cocodrilo, Desprendimientos

Imagen de representación:

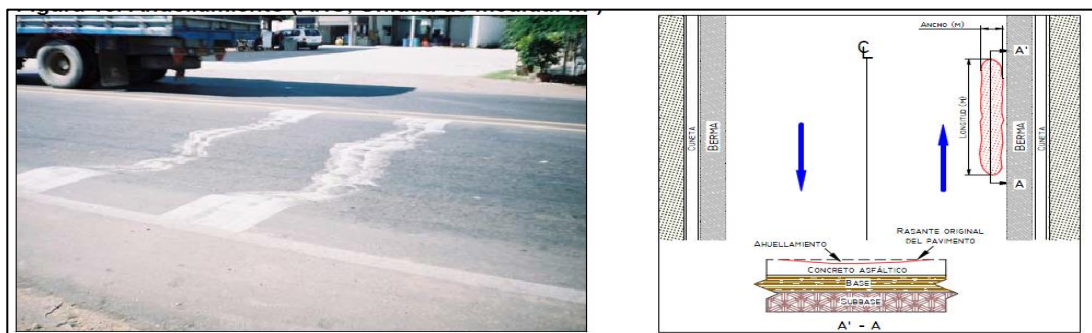


Figura 21: Ahuellamientos. (AHU, unidad de medida: m²)

Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (2006). Instituto Nacional de vías. Ministerio de Transportes de Colombia

k) Desplazamientos

El desplazamiento es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie. Normalmente, este daño solo ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables (emulsión).

Los desplazamientos también ocurren cuando pavimentos de concreto asfáltico confinan pavimentos de concreto de cemento Portland. La longitud de los pavimentos de concreto de cemento Portland se incrementa causando el desplazamiento.

Severidades

- Baja (L): El desplazamiento causa una calidad de tránsito de baja severidad.
- Media (M): El desplazamiento causa una calidad de tránsito de severidad media.
- Alta (H): El desplazamiento causa una calidad de tránsito de alta severidad.

Unidad de medición

Se miden en metros cuadrados (m²) de área afectada. Si hubiera desplazamientos ocurrido en parches, se consideran para el inventario de daños como parches, no como daño separado.

Imagen de representación:

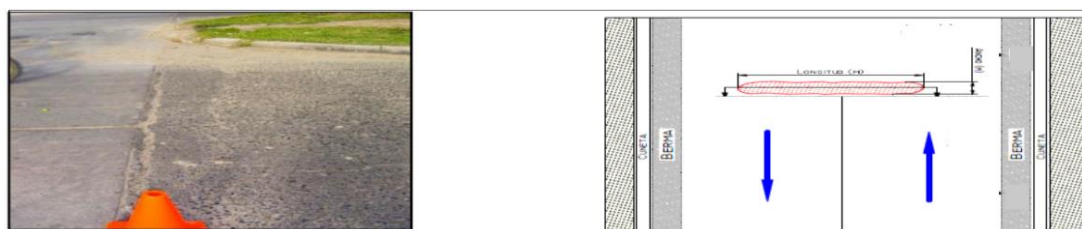


Figura 22: Desplazamientos. (DES, unidad de medida: m²)

Fuente: Rodríguez Velásquez, E. (2009)

I) Hinchamientos

Se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento; una onda larga y gradual con una longitud mayor de 3.0m, que distorsiona el perfil de la carretera.

Puede estar acompañado de agrietamiento superficial. Usualmente, este daño es causado por el congelamiento en la subrasante o por suelos expansivos.

Severidades

- Baja (L): El hinchamiento causa una calidad de tránsito de baja severidad, no siempre es fácil de ver. Pero puede ser detectado conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección de pavimento. Si existe un hinchamiento se producirá un movimiento hacia arriba.
- Media (M): El hinchamiento causa una calidad de tránsito de severidad media.
- Alta (H): El hinchamiento causa una calidad de tránsito de alta severidad.

Unidad de medición

Se miden en metros cuadrados (m²) de área afectada.

Imagen de representación:

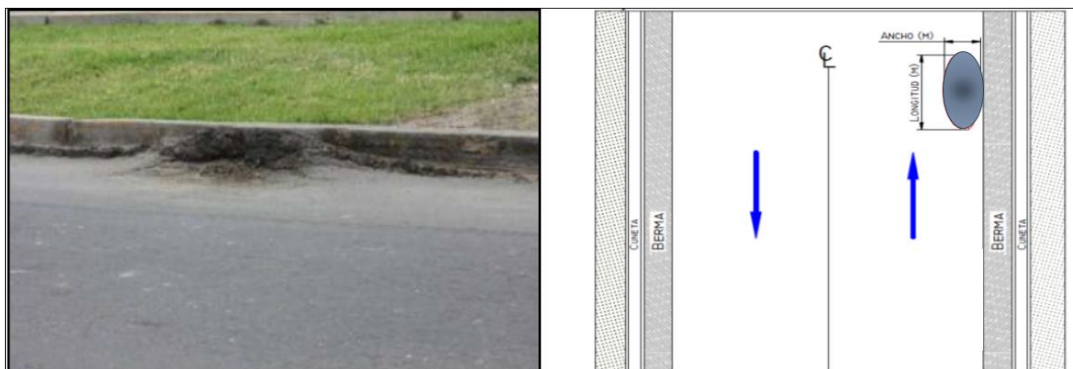


Figura 23: Hinchamientos. (HN, unidad de medida: m²)

Fuente: Rodríguez Velásquez, E. (2009)

m) Huecos

Los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo. Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o porque se ha alcanzado una condición de piel de cocodrilo de severidad alta. Con frecuencia los huecos son daños asociados a la condición de la estructura y no deben confundirse con desprendimiento o meteorización. Cuando los huecos son producidos por piel de cocodrilo de alta severidad deben registrarse como huecos, no como meteorización.

Severidades

- Baja (L): Diámetro medio de 102mm a 203 mm. Profundidad de afectación entre 12.7mm a 25.4mm, corresponde al desprendimiento de tratamientos superficiales o capas delgadas.
- Media (M): Diámetro medio que va entre 203mm a 457mm. Profundidad de afectación entre 25.4mm a 50.8mm, dejando expuesta la base granular.
- Alta (H): Diámetro medio que va entre 457mm a 762mm. Profundidad de afectación mayor a 50.8mm, afectando la base granular.
- Si el diámetro medio del hueco es mayor que 762 mm, debe medirse el área en pies cuadrados (o metros cuadrados) y dividirla entre 5 pies² (0.47 m²) para hallar el número de huecos equivalentes. Si la profundidad es menor o igual que 25.0 mm, los huecos se consideran como de severidad media. Si la profundidad es mayor que 25.0 mm la severidad se considera como alta.

Unidad de medición

Se miden en unidades de fallas, contando aquellos que sean de diferentes tipos de severidades.

Evolución de la falla

Completo deterioro de la estructura.

Imagen de representación:

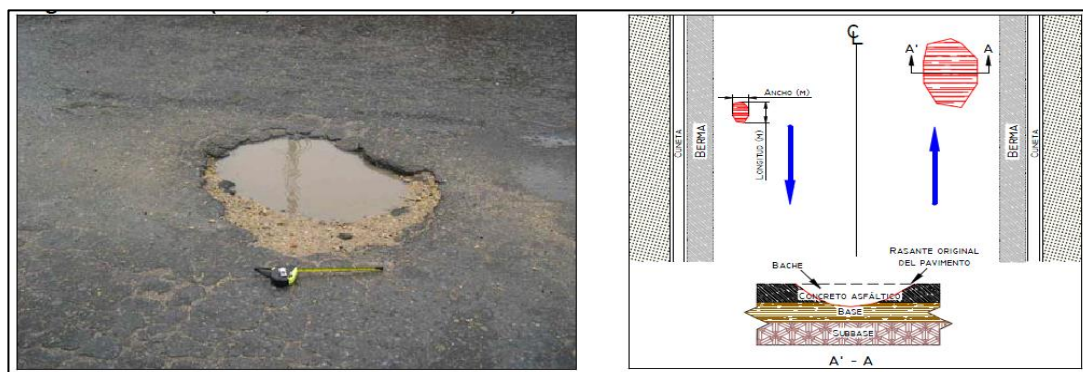


Figura 24: Huecos (HUE, unidad de medida: unid, m2)

Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (2006). Instituto Nacional de vías. Ministerio de Transportes de Colombia

n) Desprendimiento de agregados

El desprendimiento de agregados es la pérdida de la superficie del pavimento debida a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Este daño indica que, o bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable, o que la mezcla presente es de pobre calidad. Además, el desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de orugas. El ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados debidos al derramamiento de aceites también se consideran como desprendimiento.

Severidades

- Baja (L): Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. En el caso de

derramamiento de aceite, puede verse la mancha del mismo, pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda. Se observan pequeños huecos cuya separación es mayor a 0.15m.

- Media (M): Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada. Existe un mayor desprendimiento de agregados, con separaciones entre 0.05m y 0.15m.
- Alta (H): Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente ahuecada. Existe desprendimiento extensivo de agregados finos y gruesos con separaciones menores a 0.05m, se observan agregados sueltos.

Unidad de medición

Se miden en metros cuadrados (m²) de área afectada.

Evolución de la falla:

Descascaramientos, aumento de la permeabilidad de la estructura, exudación.

Imagen de representación:



Figura 25: Desprendimiento de agregados. (DAG, unidad de medida: m²)

Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (2006). Instituto Nacional de vías. Ministerio de Transportes de Colombia

o) Exudación

La exudación es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa. La exudación es originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento. Debido a que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto se acumulará en la superficie.

Severidades

- Baja (L): La exudación ha ocurrido solamente en un grado muy ligero y es detectable únicamente durante unos pocos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o a los vehículos.
- Media (M): La exudación ha ocurrido hasta un punto en el cual el asfalto se pega a los zapatos y vehículos únicamente durante unas pocas semanas del año. Se torna pegajoso en los climas cálidos.
- Alta (H): La exudación ha ocurrido de forma extensa y gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos al menos durante varias semanas al año. Le da un aspecto húmedo de intensa coloración negra y se torna pegajoso en los climas cálidos.

Unidad de medición

Se miden en metros cuadrados (m²) de área afectada y de acuerdo a la severidad. Si se contabiliza la exudación no deberá contabilizarse el pulimento de agregados.

Imagen de representación:

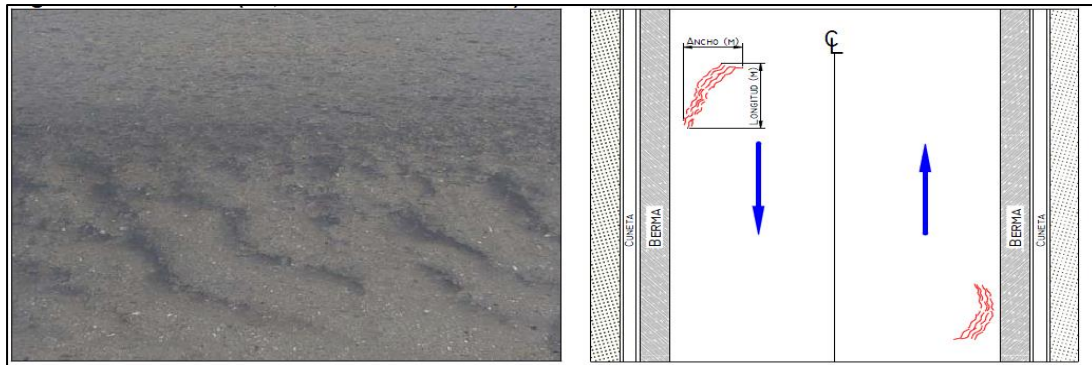


Figura 26: Exudación. (EX, unidad de medida: m²)

Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (2006). Instituto Nacional de vías. Ministerio de Transportes de Colombia

p) Pulimento de agregados

Este daño es causado por la repetición de cargas de tránsito. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente. Cuando la porción de agregado que está sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye de manera significativa a reducir la velocidad del vehículo. El pulimento de agregados debe contarse cuando un examen revela que el agregado que se extiende sobre la superficie es degradable y que la superficie del mismo es suave al tacto. Este tipo de daño se indica cuando el valor de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha caído significativamente desde una evaluación previa. Este daño se evidencia por la presencia de agregados con caras planas en la superficie o por la ausencia de agregados angulares.

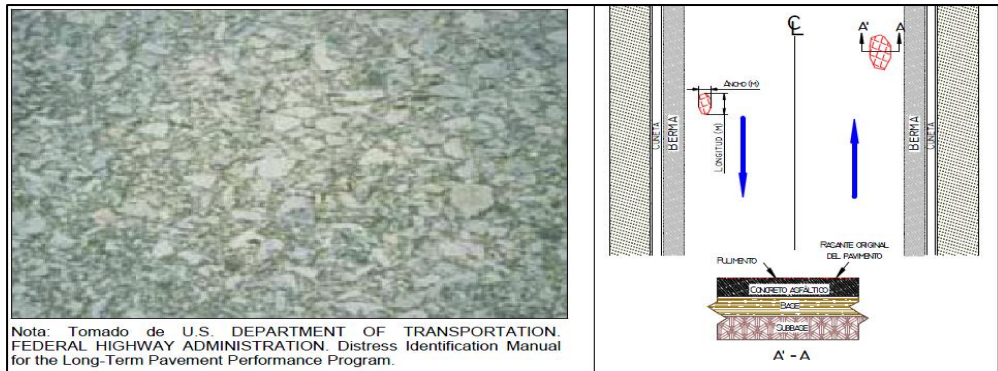
Severidades

No se define ningún nivel de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de ser incluido en una evaluación de la condición y contabilizado como defecto.

Unidad de medición

Se miden en metros cuadrados (m²) de área afectada. Si se contabiliza exudación, no se tendrá en cuenta el pulimiento de agregados.

Imagen de representación:



Nota: Tomado de U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Program.

Figura 27: Pulimiento de Agregado. (PU, unidad de medida: m²)

Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (2006). Instituto Nacional de vías. Ministerio de Transportes de Colombia

q) Desnivel carril – berma

El desnivel carril / berma es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Este daño se debe a la erosión de la berma, el asentamiento berma o la colocación de sobrecarpetas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma.

Severidades

- Baja (L): La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma esta entre 25 mm y 51 mm.
- Media (M): La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma esta entre 51 mm y 102 mm.
- Alta (H): La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma es mayor a 102 mm.

Unidad de medición

Se miden en metros lineales (m)

Evolución de la falla

Posibles Hundimientos y Fisuras de Borde.

Imagen de representación



Figura 28: Desnivel Carril Berma. (DN, unidad de medida: m)

Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (2006). Instituto Nacional de vías. Ministerio de Transportes de Colombia

r) Parcheo

Un parche es un área de pavimento la cual ha sido reemplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente. Un parche se considera un defecto no importa que tan bien se comporte usualmente, un área parchada o el área adyacente no se comportan tan bien como la sección original de pavimento. Por lo general se encuentra alguna rugosidad está asociada con este daño. Algunas veces sirve para permitir la instalación o reparación de alguna red de servicios. Se debe considerar que si la intervención realizada solo comprendió el reemplazo del espesor parcial o total de la carpeta asfáltica, se denomina parcheo. Si la intervención reemplazo parcial o total de granulares, se denomina como bacheo.

Severidades

- Baja (L): El parche está en buena condición buena y es satisfactorio. La calidad del tránsito se califica como de baja severidad o mejor.
- Media (M): El parche está moderadamente deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de severidad media.

- Alta (H): El parche está muy deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de alta severidad. Requiere pronta sustitución.

Unidad de medición

Los parches se miden en metros cuadrados (m²) de área afectada. Sin embargo, si un solo parche tiene áreas de diferente severidad, estas deben medirse y registrarse de forma separada. Ningún otro daño se registra dentro de un parche; aún si el material del parche se está desprendiendo o agrietando, el área se califica únicamente como parche. Si una cantidad importante de pavimento ha sido reemplazada, no se debe registrar como un parche sino como un nuevo pavimento (por ejemplo, la sustitución de una intersección completa).

Evolución de la falla

Aceleración del deterioro ya existente.

Imagen de representación:

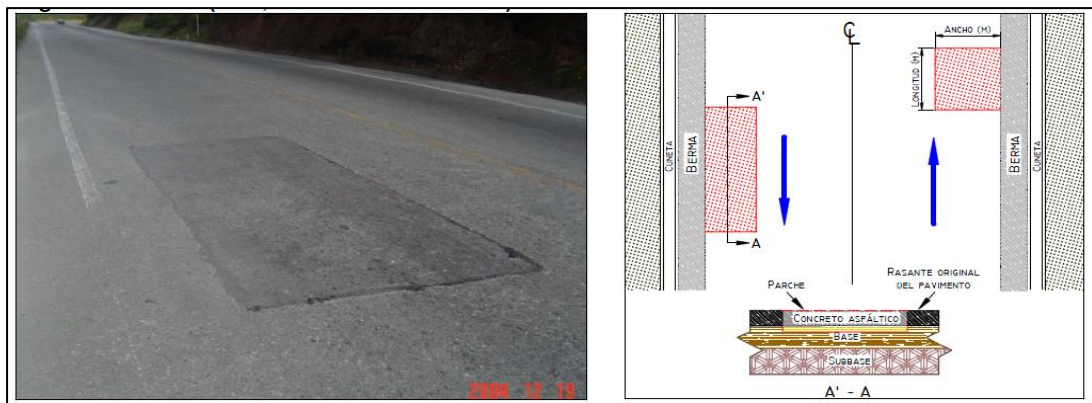


Figura 29: Parcheo. (PA, unidad de medida: m²)

Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (2006). Instituto Nacional de vías. Ministerio de Transportes de Colombia

s) Cruce de vía férrea

Los defectos asociados al cruce de vía férrea son depresiones o abultamientos alrededor o entre los rieles.

Si el cruce no altera ni afecta la calidad del tránsito, entonces no debe registrarse. Su nomenclatura es CVF.

Severidades

- Baja (L): El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.
- Media (M): El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.
- Alta (H): El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad alta.

Unidad de medición

Se miden en metros cuadrados (m²) de área afectada. Si el cruce no afecta la calidad de tránsito, entonces no debe registrarse. Cualquier abultamiento considerable causado por los rieles debe registrarse como parte del cruce.

Imagen de representación:



Figura 30: Cruce de vía férrea. (CVF, unidad de medida: m²)

Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (2006). Instituto Nacional de vías. Ministerio de Transportes de Colombia

A continuación una tabla resumen de las 19 fallas consideradas por el método PCI, con su respectivo orden, unidad de medida y nomenclatura.

Tabla 4: Fallas del pavimento flexible

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

Fuente: Elaboración propia

1.3 Marco conceptual

a) Condición del pavimento: Representa el nivel de degradación como resultado del proceso de deterioro. La determinación de la condición del pavimento depende de los defectos de la superficie, las deformaciones permanentes, la irregularidad longitudinal, deflexión recuperable, capacidad estructural del pavimento, las solicitaciones de tráfico y la adherencia entre la rueda y el pavimento, las evaluaciones requeridas se resumen como: superficial, estructural, funcional, adherencia, solicitaciones de tráfico y global de informaciones.

b) Tratamiento superficial: Es una técnica de pavimentación cuyo objetivo es dotar a las carreteras de ciertas características superficiales (textura, impermeabilidad, etc.) sin el aumento directo y apreciable de la capacidad resistente. Básicamente brinda una cubierta impermeable a la superficie existente de la vía y resistencia a la acción abrasiva del tránsito.

Los tratamientos superficiales cumplen funciones como:

- Proveer una superficie económica y duradera para caminos con bases granulares que tienen tránsitos ligeros y de mediano volumen.
- Prevenir la penetración superficial de agua en bases granulares y pavimentos viejos que han comenzado a desintegrarse con el tiempo.
- Proporcionar una capa de rodadura de pequeño espesor, como alta resistencia al desgaste, evitando la emisión de polvo.
- Proporcionar un revestimiento antideslizante, evitando la pérdida de material grueso y formación de baches.

c) Clasificación de vías: Según el manual de diseño geométrico, las vías se clasifican de acuerdo al tráfico, características, orografía y velocidad de diseño: se conocen de tipo superiores, de primera clase, segunda clase, tercera clase.

d) Clasificación de vías urbanas: La clasificación de vías urbanas está basada en criterios como el funcionamiento de la red vial, el tipo de tráfico que soporta, el uso del suelo colindante y espaciamiento, el nivel de servicio y desempeño operacional y características físicas. La clasificación adoptada considera cuatro categorías principales que son las vías expresas, vías arteriales, vías colectoras y vías locales:

e) Vías arteriales: Son aquellas que permiten el tránsito vehicular, con media o alta fluidez, baja accesibilidad y relativa integración con el uso de las áreas colindantes. Estas vías deben ser integradas dentro del sistema de vías expresas y permitir una buena distribución y repartición del tráfico a las vías colectoras y locales. En su recorrido no es permitida la descarga de mercancías. Son usadas por todos los tipos de tránsito vehicular. Se conectan a vías expresas, a otras vías arteriales y a vías colectoras, no siendo conveniente que se encuentren conectadas a vías locales residenciales. Eventualmente el transporte colectivo de pasajeros se hará

mediante buses en vías exclusivas o carriles segregados con paraderos e intercambios.

f) Niveles de servicio: Son indicadores que califican y cuantifican el estado de la infraestructura vial, y que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales puede evolucionar su condición superficial, funcional, estructural, de los factores de seguridad.

Estos indicadores son particulares para cada vía, y varían de acuerdo a factores técnicos y económicos dentro de un esquema general de satisfacción del usuario como el confort, oportunidad, seguridad, etc. Además de la rentabilidad de los recursos disponibles.

g) Infraestructura vial: Es el conjunto de elementos que componen la vía: superficie de rodadura, bermas y/o franjas laterales, puentes, túneles, obras de arte y drenaje, señalización, elementos de seguridad vial, entorno, medio ambiente y otros.

h) Obras de conservación vial: Son obras que se ejecutan para preservar la infraestructura vial, con el fin de que pueda prestar el servicio para el cual fue diseñada y construida. forman parte de esta categoría las obras de mantenimiento periódico, rutinario de prevención y atención de emergencias, las obras de rehabilitación, y las obras de puesta a punto incluidas en un programa de conservación de una vía existente.

i) Conservación: Es el conjunto de actividades destinadas a preservar a largo plazo y al menor costo posible la infraestructura vial y el servicio que ésta presta, procurando que mantenga un funcionamiento adecuado a costos razonables de operación de los vehículos que la utilizan, en beneficio de los usuarios y en conformidad con los niveles de servicio fijados en las estrategias y políticas de conservación para la red vial nacional.

j) Reparación: Son trabajos selectivos y en zonas específicas o puntuales, tanto en la calzada como en los demás elementos de la

infraestructura vial, y tienen por objeto restablecer la condición superficial, funcional, estructural y/o de seguridad del área afectada, para asegurar los niveles de servicio requeridos. la necesidad de ejecutar una reparación puede surgir producto de una insuficiencia en la elaboración del proyecto, una mala práctica en la ejecución de las obras, la presencia de un “punto crítico”, o simplemente por las consecuencias de un fenómeno natural.

La reparación puede implicar la ejecución de demoliciones parciales o totales previas, y dada su naturaleza, debe incluir mejoras en la zona específica o puntual en tratamiento.

k) Mejoramiento: Son obras que se ejecutan para elevar de manera sustancial el estándar de la vía, a efectos de atender en forma oportuna y adecuada nuevas exigencias por cambios en las condiciones del tránsito, en la seguridad u otros aspectos. El mejoramiento implica el redimensionamiento de la capacidad funcional, estructural y de seguridad de la calzada y/o los demás elementos de la infraestructura vial.

l) Reconstrucción: Son obras de renovación completa de la infraestructura vial, incluyendo la conformación de una nueva estructura del pavimento, para remediar las consecuencias de la elaboración deficiente de un proyecto, de las deficiencias en su construcción, de los efectos de un desastre natural, o de un descuido prolongado o abandono de su conservación, y que se manifiestan en la existencia generalizada de problemas de tipo superficial, estructural, funcional y de seguridad.

m) Gestión de conservación vial: Conjunto de acciones que tienen por objetivo definir y determinar lo que es necesario realizar respecto de una vía para mantenerla en condiciones predeterminadas. Incluye planificar, diseñar, ejecutar y controlar las actividades, trabajos y obras necesarias para alcanzar dicho objetivo. la gestión de conservación vial también es conocida como “gestión de infraestructura vial” o “gestión vial”.

n) Gestión de carreteras a nivel proyecto: Es una labor de revisión, análisis y procesamiento de información, necesaria para la toma de

decisiones técnico – económicas sobre actividades y trabajos de conservación, en tramos específicos de la red vial nacional nivel micro: mantenimiento rutinario, mantenimiento periódico, prevención y atención de emergencias, reparaciones y obras de ajuste estructural, en plazos determinados y oportunos, que son necesarios para mantener los niveles de servicio fijados en las estrategias y políticas de conservación de la red vial nacional, y que se traducen en planteamientos y soluciones rentables.

o) Gestión de carreteras a nivel red: Es un conjunto de actividades dirigidas a realizar el diagnóstico del estado de los diversos tramos de la red vial nacional nivel macro, con la finalidad de generar una base de datos que permita efectuar el planeamiento del mantenimiento a corto, mediano y largo plazo para asegurar los niveles de servicio fijados en las estrategias y políticas de conservación de la red vial, y se obtengan los tipos de tratamiento a efectuar, la oportunidad de las intervenciones, su costo y rentabilidad, optimizando técnica y económicamente la asignación de recursos financieros disponibles.

1.4 Formulación de hipótesis

a) Hipótesis general

Al determinar la evaluación superficial de pavimentos mediante el método Pavement Condition Index (PCI) se conoce el estado de conservación de las vías arteriales Cincuentenario, Colón y Miguel Grau Huacho-Huaura-Lima.

b) Hipótesis específicas

- Al identificar los parámetros de evaluación según la metodología PCI, se puede realizar la evaluación superficial de las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima).

- Al aplicar la metodología PCI se calcula el índice de condición de pavimento que tienen las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima).

- Al determinar la condición de pavimento se define si la vía se encuentra operando a los niveles de servicio óptimo en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau Huacho-Huaura-Lima.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Tipo de la investigación

Es aplicada porque tiene como objetivo resolver un determinado problema, el cual es conocer el estado de conservación de las vías y descriptiva ya que tiene por finalidad detallar los hechos tal como son observados, en este caso el análisis visual en las vías arteriales en estudio; dado que gracias a ello obtendremos la mejor alternativa de mantenimiento a realizarse en las vías.

El tipo de investigación es de enfoque mixto ya que abarca dos tipos: cualitativo y cuantitativo. Es cualitativa, porque para el cálculo del PCI obtendremos resultados descriptivos como excelente, muy bueno, bueno, regular, malo, muy malo y fallado; por otro lado es también cuantitativa porque el resultado que proporcione el PCI tendrá 7 escalas numéricas que van desde el 0 hasta el 100.

2.2. Nivel de la investigación

El nivel de la investigación es descriptivo, puesto que tiene por propósito describir los niveles de severidad, tipos de fallas presentados en el pavimento flexible, además de detallar el procedimiento de inspección a realizarse.

La base de la investigación está en la toma de datos en campo a través de un formato de evaluación de registro, cuyos resultados se representan a través de tablas de registro, de campo, diagramas de sectores y gráficos de barras

2.3. Diseño de la investigación

Para el desarrollo de la tesis se tiene un diseño de investigación no experimental, dado que no se manipuló la variable independiente (Índice de Condición del Pavimento).

Por otro lado, según la temporalización la investigación es de tipo transversal ya que las mediciones realizadas en campo se tomaron una sola vez de tal forma que se analizan los datos en un momento dado. Además, es de diseño prospectivo, ya que los datos tomados en campo fueron recientes.

2.4. Variables

En la presente tesis se ha identificado las variables dependiente e independiente; donde la variable dependiente es la evaluación superficial del pavimento flexible y la variable independiente es el Método PCI, siendo ésta variable cualitativa ordinal ya que no puede ser medida sino descrita y obedece a un orden jerárquico en este caso tiene 7 niveles q va desde excelente hasta fallado.

Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau, (Huacho-Huaura-Lima).

Variable independiente de tipo cualitativo ordinal: Método Pavement Condition Index (PCI).

Variable dependiente: Evaluación superficial del pavimento flexible.

2.4.1 Operacionalización de variables

- Variable independiente

Tabla 5: Operacionalización de la variable independiente

Variable	Indicadores	Índices	Instrumento	Ítems
Método Pavement Condition Index (PCI)	Parámetros de evaluación	- Clase - Severidad - Extensión	Cuestionario	1,2 y 3
	Índice de condición	- Cálculo del valor deducido (VD) - Determinar el número máximo admisible de valor deducido - Cálculo del máximo valor deducido corregido (CDV) - Determinar el PCI	Cuestionario	4,5,6,7
	Condición del pavimento	- Identificar la escala de clasificación PCI - Determinar la condición según la escala	Cuestionario	8 y 9

Fuente: Elaboración propia

- **Variable dependiente**

Tabla 6: Operacionalización de la variable dependiente

Variables	Indicadores	Índices	Instrumento
Evaluación superficial del pavimento flexible	Evaluación inicial	Parámetros de evaluación	Formato de registro y evaluación – Oficina técnica
	Evaluación detallada	Índice de condición	
		Condición del pavimento	

Fuente: Elaboración Propia

2.4.2 Definición operacional de variables

Variable independiente: Método Pavement Condition Index (PCI)

La investigación se realizó mediante el método indicado.

Los indicadores que se tomaron son parámetros de evaluación, cálculo del PCI y condición del pavimento.

a) Parámetros de evaluación

- **Clase**

Tabla 7: Fallas del pavimento flexible

Nº	Tipo de Falla	Cod.	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en Bloque	BLO	m2
4	Abultamientos y Hundimientos	ABH	m2
5	Corrugación	COR	m2
6	Depresión	DEP	m2
7	Grieta de Borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GR	m
9	Desnivel Carril/Berma	DN	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parqueo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PU	m2
13	Huecos	HUE	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AHU	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HN	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DAG	m2

Fuente: Elaboración propia

- **Severidad**

Tabla 8: Severidades en las fallas según PCI

Severidades		
Low	Baja	L
Medium	Media	M
High	Alta	H

Fuente: Elaboración propia

- **Extensión**

La calificación de la extensión estará representada por el número de veces que se repita dicha falla en uno o varios tramos.

b) Índice de condición:

La metodología PCI considera lo siguiente:

- Cálculo del valor deducido (VD).
- Determinar el número máximo admisible del valor deducido
- Cálculo del máximo valor deducido corregido (VDC)
- Cálculo del índice de condición (PCI)

c) Condición del pavimento:

Para obtener la condición actual se considera:

- Identificar la escala de clasificación PCI
- Determinar la condición según la escala.

2.5. Población y muestra

La población tomada para la presente investigación son todas las vías arteriales de la Ciudad de Huacho, Huaura, Lima.

La muestra de estudio son las vías arteriales Cincuentenario, Colón y Miguel Grau, (Huacho-Huaura-Lima).

2.6. Técnicas de investigación

Para el desarrollo de la investigación se utilizó como técnica la evaluación inicial que consistió en un recorrido personal y vehicular, posteriormente la evaluación detallada la cual se realizó mediante una recopilación de datos para identificarlos, clasificarlos para efectuar el correspondiente análisis.

2.7. Instrumentos de recolección de datos

El instrumento de recolección de datos a utilizarse para la variable independiente consistió en un cuestionario semiestructurado de preguntas cerradas acerca de la metodología PCI, además se elaboró un formato de

evaluación para la recolección de datos de la variable dependiente. Ambos instrumentos se encuentran en los anexos.

2.8. Procesamiento y análisis estadístico de los datos

El procesamiento para la ejecución del caso en estudio se realizó a través de una hoja de cálculo elaborada bajo los procedimientos de la metodología PCI y el análisis se presentó a través de gráficos de sectorización, histogramas, gráficos de líneas, tablas de registro y gráfico de barras (Microsoft Excel) de datos que se tomaron de la medición de las fallas levantadas en campo.

CAPÍTULO III

PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1 Contratación de hipótesis

3.1.1 Hipótesis general

a) Hipótesis alterna (H_a):

Al determinar la evaluación superficial de pavimentos mediante el método Pavement Condition Index (PCI) se conoce el estado de conservación de las vías arteriales Cincuentenario, Colón y Miguel Grau Huacho-Huaura-Lima.

b) Hipótesis nula (H_0):

Al determinar la evaluación superficial de pavimentos mediante el método Pavement Condition Index (PCI) no se conoce el estado de conservación de las vías arteriales Cincuentenario, Colón y Miguel Grau Huacho-Huaura-Lima.

3.1.2 Hipótesis específicas

a) Hipótesis alterna (H_{a1}):

Al identificar los parámetros de evaluación según la metodología PCI como datos, se realiza la evaluación superficial de las vías arteriales Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima).

b) Hipótesis nula (H_{01}):

Al identificar los parámetros de evaluación según la metodología PCI como datos, no se realiza la evaluación superficial de las vías arteriales Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima).

c) Hipótesis alterna (Ha2):

Al aplicar la metodología PCI se calcula el índice de condición de pavimento que tienen las vías arteriales Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima).

d) Hipótesis nula (H02):

Al aplicar la metodología PCI no se calcula el índice de condición de pavimento que tienen las vías arteriales Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima).

e) Hipótesis alterna (Ha3):

Al determinar la condición actual de las vías arteriales se define si la vía se encuentra operando a los niveles de servicio óptimo en las vías arteriales Cincuentenario, Colón y Miguel Grau Huacho-Huaura-Lima.

f) Hipótesis nula (H03):

Al determinar la condición actual de las vías arteriales no se define si la vía se encuentra operando a los niveles de servicio óptimo en las vías arteriales Cincuentenario, Colón y Miguel Grau Huacho-Huaura-Lima.

3.1.3 Caso de la investigación

a) Descripción General

Las vías urbanas a estudiar son de tipo: vías arteriales.

Sus características generales son las siguientes:

• Av. Cincuentenario:

Longitud: 3800 m.

Ancho de calzada: 7.00 m.

Berma: 0.50 m.

Dos sentidos sin separador

• **Av. Colón:**

Longitud: 300 m.

Ancho de calzada: 10.50 m.

Dos sentidos sin separador.

• **Av. Miguel Grau**

1er Tramo:

- Longitud: 50 m.

- Ancho de calzada: 9.20 m.

2do Tramo:

- Longitud: 800 m.

- 2 sentidos divididas por un separador

- Ancho de calzada: 5.00 m.

b) Ubicación

Las vías arteriales de estudio se encuentran ubicadas en la provincia de Huaura.

• **Av. Cincuentenario:**

Se encuentra ubicado entre las avenidas Bellavista y la antigua Panamericana Norte.

Tabla 9: Coordenadas Av. Cincuentenario

Coordenadas	Punto de inicio	Punto final
Este	214402.12	216118.88
Norte	8771284.21	8774490.27
Altitud	35	60

Fuente: Elaboración propia.



Figura 31: Av. Cincuentenario
Fuente: Elaboración propia.

- **Av. Colón:**

Se encuentra ubicado entre la calle San Román y la avenida 9 de octubre.

Tabla 10: Coordenadas Av. Colón

Coordenadas	Punto de inicio	Punto final
Este	215686.1	214816.04
Norte	8770847.31	8770800.77
Altitud	44	36

Fuente: Elaboración propia.

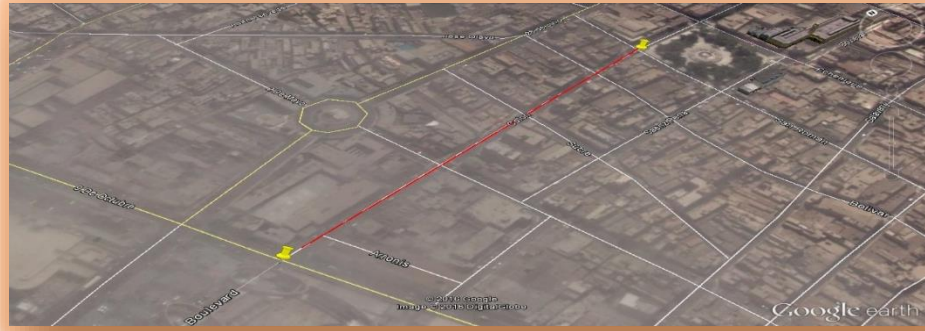


Figura 32: Av. Colón
Fuente: Elaboración propia.

- **Av. Miguel Grau**

Se encuentra ubicado entre la calle San Román y la avenida Augusto B Leguía.

Tabla 11: Coordenadas Av. Miguel Grau

Coordenadas	Punto de inicio	Punto final
Este	214816.04	214498.69
Norte	8770800.77	8770748.97
Altitud	36	31

Fuente: Elaboración propia.

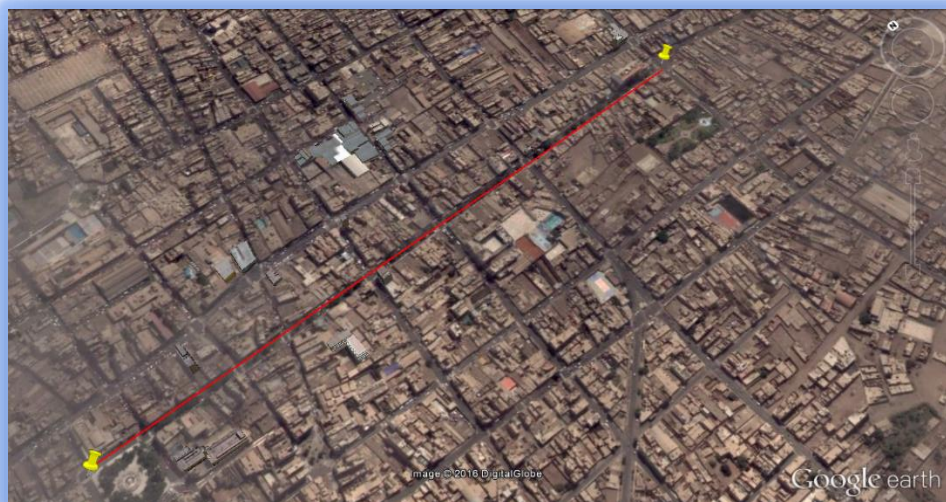


Figura 33: Av. Miguel Grau
Fuente: Elaboración propia.

3.2 Análisis e interpretación de la investigación

- **Hipótesis 1:**

Tabla 12: Resultados – Indicador: parámetros de evaluación

Parámetros de evaluación		Sí	No
1	¿Se ha identificado las clases de fallas que existen actualmente en la capa de rodadura?		X
2	¿Se conoce la severidad presentada por cada tipo de falla ?		X
3	¿Se ha determiando la extensión en la que se encuentra cada tipo de falla?		X

Fuente: Elaboración propia

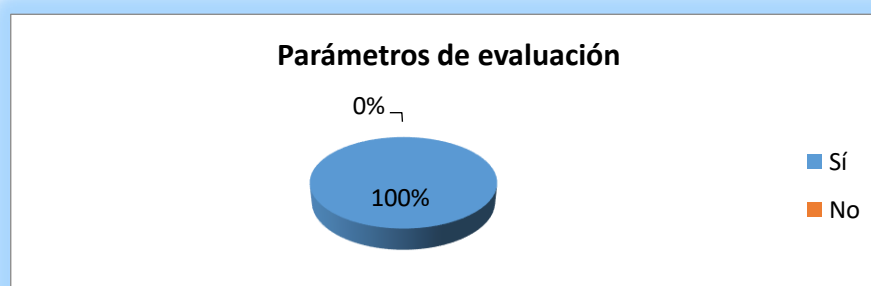


Figura 34: Resultados – Indicador: parámetros de evaluación

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En cuanto a los parámetros de evaluación, en 100% no se han identificado las clases de fallas existentes, su severidad ni la extensión en la que se encuentran el pavimento flexible de las vías arteriales Cincuentenario, Colón y Miguel Grau. Por lo que podemos afirmar que se puede identificar los parámetros de evaluación según la metodología PCI para realizar la evaluación superficial. Por lo tanto:

Se acepta la hipótesis alterna (Ha1)

Se rechaza la hipótesis nula (H01)

- **Hipótesis 2:**

Tabla 13: Resultados – Indicador: índice de condición

Índice de condición		Sí	No
4	¿Se tienen los parámetros para determinar el valor deducido (VD)?		X
5	¿Es posible calcular el número máximo admisible del valor deducido del pavimento?		X
6	¿Es posible determinar el máximo valor deducido corregido (CDV) a partir de los datos anteriores?		X
7	¿Se tienen otros datos para determinar el PCI?		X

Fuente: Elaboración propia

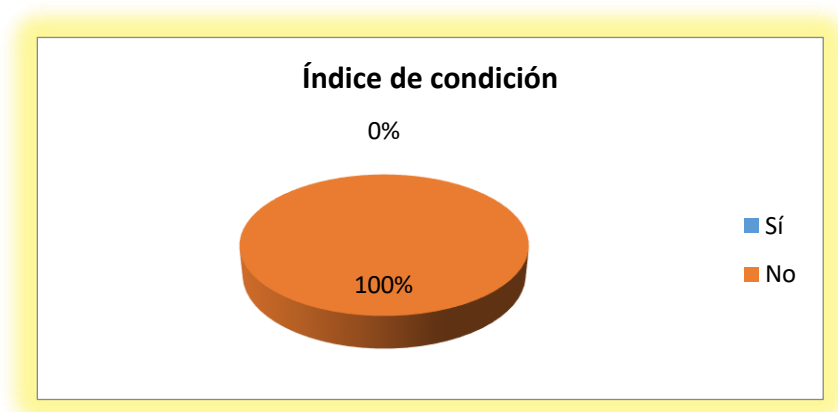


Figura 35: Resultados – Indicador: índice de condición

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En lo que corresponde al índice de condición, en un 100% no se cuentan con los datos para aplicar la metodología PCI. Por lo que podemos afirmar que se puede calcular el índice de condición de pavimento en las vías arteriales Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima). Por lo tanto:

Se acepta la hipótesis alterna (Ha2).

Se rechaza la hipótesis nula (H02).

- **Hipótesis 3**

Tabla 14: Resultados – Indicador: condición del pavimento

Condición del pavimento		Sí	No
8	¿Existen datos para identificar la escala de clasificación de condición de pavimento?		X
9	¿Será posible diagnosticar en que condición se encuentra el pavimento a lo largo de su tramo de estudio?		X

Fuente: Elaboración propia

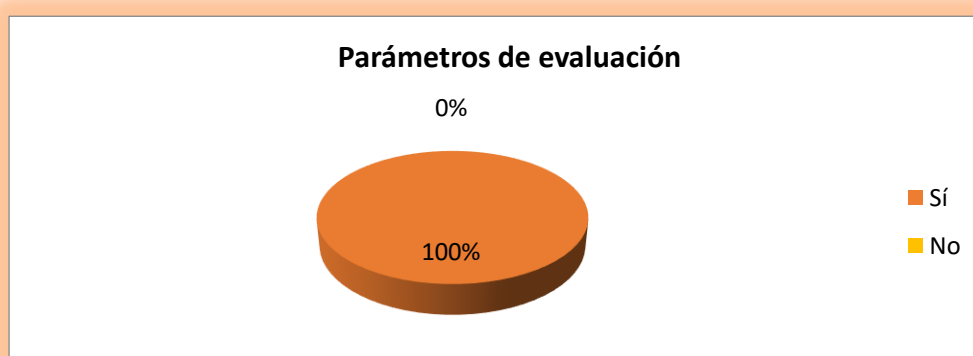


Figura 36: Resultados – Indicador: condición del pavimento

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Con respecto a la condición actual de las vías arteriales Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima), en un 100% no existen datos para clasificar su condición y no es posible diagnosticar en que condición se encuentra el pavimento. Por lo tanto se puede definir si las vías se encuentran operando a los niveles de servicio óptimo al determinar su condición actual. Por lo tanto:

Se acepta la hipótesis alterna (Ha3)

Se rechaza la hipótesis nula (H03)

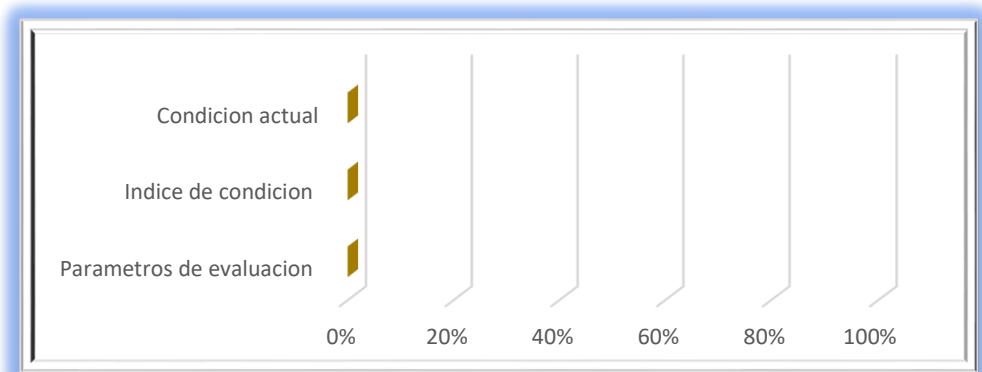


Figura 37: Resultados de indicadores de variable independiente

Fuente: Elaboración propia

Dentro de los indicadores: Parámetros de evaluación, índice de condición y condición del pavimento, en 0% no se ha aplicado la metodología PCI, ni se realizó la evaluación del pavimento flexible en las vías arteriales Cincuentenario, Colón y Miguel Grau.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1 Aplicación de la metodología Pavement Condition Index PCI

Se detallará la aplicación de la metodología, realizando el cálculo del PCI a una unidad de muestra seleccionada aleatoriamente, con el fin de observar el procedimiento paso a paso de; cómo realizar una evaluación superficial, cómo obtener el índice de condición PCI y conocer la condición actual de la unidad de muestra.

Se tomará como ejemplo la unidad de muestra “UM-08” de la Av. Cincuentenario. Los evaluadores identificaron las progresivas del punto de inicio y punto final de la “UM-08”, definieron las características geométricas, y posteriormente se empezó con el registro de los datos en la hoja formato de la metodología Pavement Condition Index (PCI).

En la siguiente imagen se observa la evaluación superficial de la “UM-08” bajo el formato de registro y aplicación de la metodología PCI, obteniendo los parámetros de evaluación, su índice de condición y la condición del estado del pavimento de la “UM-08”.

Los parámetros de evaluación encontrados en la unidad de muestra "UM-08" de la Av. Cincuentenario, fueron los siguientes:

a) Se encontraron 7 tipos de fallas, las cuales fueron: Piel de cocodrilo, Agrietamiento en bloque, Hundimientos, Grietas longitudinales y transversales, Parcheo, Huecos y Desprendimiento de agregados.

b) La severidad que presentaron estos 7 tipos de fallas fueron:

- Baja (L) para 4.55m² de Parcheo.
- Media (M) en 10.88m² de Piel de cocodrilo, 1.63m² de Agrietamiento en bloque, 0.14m² de Hundimientos, 36.20m de Grietas longitudinales y transversales, 7.28m² de Parcheo, 2unid. de Huecos y 92.5m² de Desprendimiento de agregados.
- Alta (H) en 5.40m² de Agrietamiento en bloque.

c) La extensión se determinó bajo los 50m de longitud y 7m de ancho de la unidad de muestra "UM-08", su área total unidad de muestra es de 350m². Dividiendo la cantidad total de cada falla, en cada nivel de severidad; entre el área total de la unidad de muestra y expresada en porcentaje nos dará como resultado la densidad del daño, por nivel de severidad dentro de la unidad de muestra en estudio.

Los pasos que se siguieron para realizar la evaluación superficial fueron los descritos en el Capítulo I en el marco teórico de la metodología PCI, para el cálculo del índice de condición se siguieron las 04 etapas de su procedimiento. Para esta unidad de muestra "UM-08" se aplicaron de la siguiente manera:

a) Se determinó el valor deducido para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas y tablas denominadas "valor deducido del daño". Las tablas se encuentran en los anexos.

b) Una vez obtenidos los valores deducidos, identificamos los valores mayores a "2.0", la metodología PCI menciona que si encontráramos uno o ningún valor mayor a "2.0", no es necesario hacer una corrección de los

valores deducidos y el cálculo del PCI sería deduciendo el “total de los valores deducidos”, de lo contrario se procede a corregir los valores deducidos para encontrar el “máximo valor deducido corregido”.

c) En el caso de la unidad de muestra “UM-08”, se puede observar que existen 7 valores mayores a “2.0” y tan solo un valor es menor, por lo tanto se procede a corregir solo los valores deducidos mayores a “2.0”. Cabe mencionar que como máximo se corregirán 10 valores.

d) Los valores deducidos individuales se ubicaran de manera descendente en cada fila, una vez realizado esto, se sumarán para obtener el “valor deducido total (VDT)”.

e) En la siguiente fila se reduce a “2.0” el menor de los valores deducidos individuales, de encontrarse uno o más valores menores que dos, se mantiene su valor, se repite este paso hasta que el “q” sea igual a “1” como se observa en el desarrollo de la unidad de muestra “UM-08”.

f) Una vez reducidos los valores deducidos individuales, obtenidos los valores deducidos totales, e identificado los “q” hasta “1”. Se prosigue a encontrar el valor deducido corregido por cada “valor deducido total (VDT)”. Estos valores se obtienen de la curva de valores deducidos corregidos que se encuentra en los anexos.

g) El siguiente paso es encontrar el máximo valor deducido corregido (Máx. VDC). En la unidad de muestra “UM-08” se puede observar que es “63.45”.

h) El cálculo del índice de condición PCI, es mediante la fórmula $(100 - \text{Máx. VDC})$. Para esta unidad de muestra se tiene que el $\text{PCI} = 36.55$.

i) Finalmente obtenemos un PCI de 36.55, según la escala de clasificación PCI, le corresponde una condición de estado de pavimento: Malo.

La aplicación del método se llevó a cabo con la debida capacitación y con apoyo de profesionales con experiencia en evaluación de pavimentos.

Se recolecto información bajo los formatos del PCI, se identificaron las fallas de las vías teniendo en cuenta los 03 parámetros de evaluación. Posteriormente la información fue procesada en hojas de cálculo programadas para encontrar el valor del PCI por cada unidad de muestra. En los ítems siguientes se presentaran los resultados obtenidos de la evaluación realizada en las vías de estudio.

4.2 Evaluación superficial del pavimento flexible de Av. Cincuentenario

a) Descripción preliminar:

La zona a estudiar es la Av. Cincuentenario, distrito de Huacho, provincia de Huaura, departamento de Lima; y comprende tres mil ochocientos metros lineales de pavimento flexible.

El punto de inicio es la intersección de la Av. Bellavista con la Av. Cincuentenario. A partir de ahí se señaló el punto de inicio y su progresiva PR 0+000. El punto final es la intersección con la antigua panamericana norte y como tal su progresiva comprende el PR 3+800. En la siguiente figura se puede observar la zona de estudio.



Figura 38: Zona de estudio: Av. Cincuentenario
Fuente: Elaboración propia.

b) Unidades de muestra:

El trabajo de campo para la obtención de la información, se realizó seccionando la vía existente cada 50.00 m considerando el ancho total de cada calzada. En el caso de la Av. Cincuentenario la calzada es de 7.00 m.

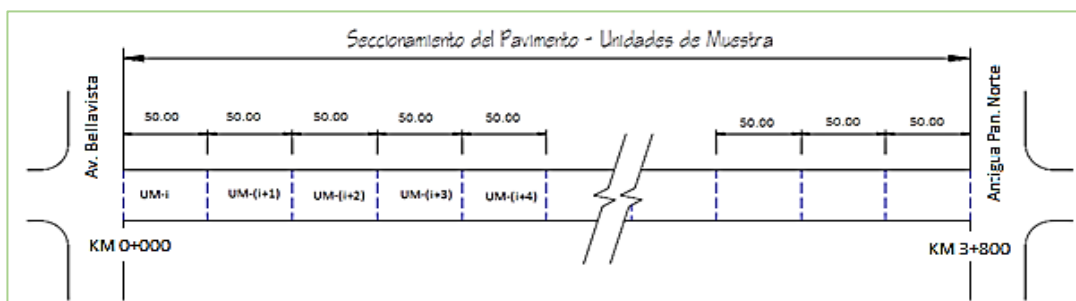


Figura 39: Seccionamiento del pavimento en unidades de muestra de la Av. Cincuentenario
Fuente: Elaboración propia.

Para la obtención de número total de muestras, se divide la longitud total de la vía con la longitud de la muestra:

El total de la Vía es de 3 800 m.

Unidades de muestra: Av. Cincuentenario $(3800/50)=$ **76 UM**

La evaluación superficial del pavimento flexible de la Av. Cincuentenario fue mediante la aplicación de la metodología "Pavement Condition Index" (PCI) aplicados a cada una de las 76 unidades de muestras tal como se describió en el ítem 4.1.

Los resultados serán presentados bajo los indicadores de la metodología PCI, los cuales son: parámetros de evaluación, índice de condición, y condición del pavimento; y que son presentados en los siguientes ítems.

- **Gráficos: “Distribución de deterioros en la Av. Cincuentenario”**

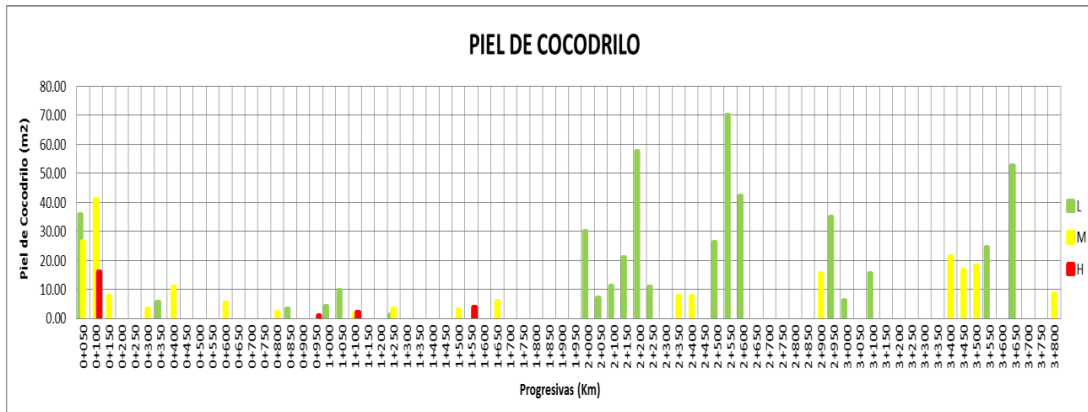


Figura 40: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – PIEL DE COCODRILLO

Fuente: Elaboración propia

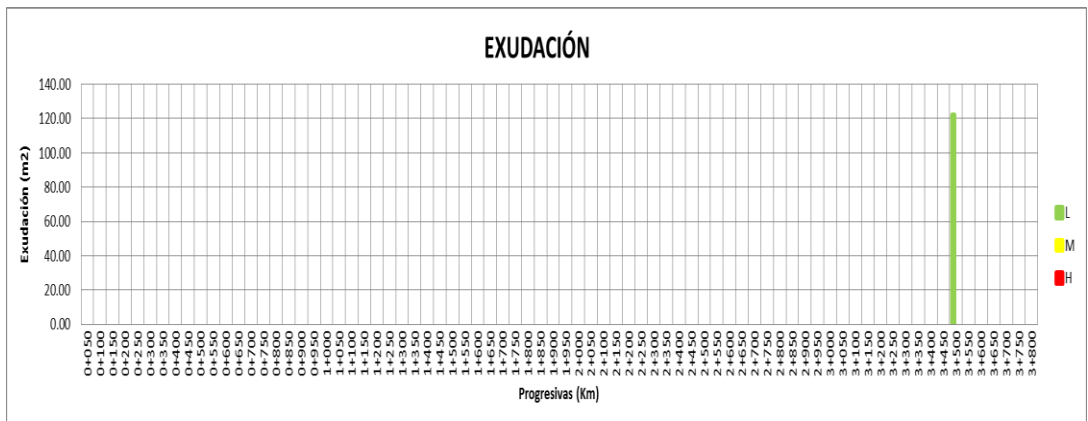


Figura 41: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – EXUDACIÓN

Fuente: Elaboración propia

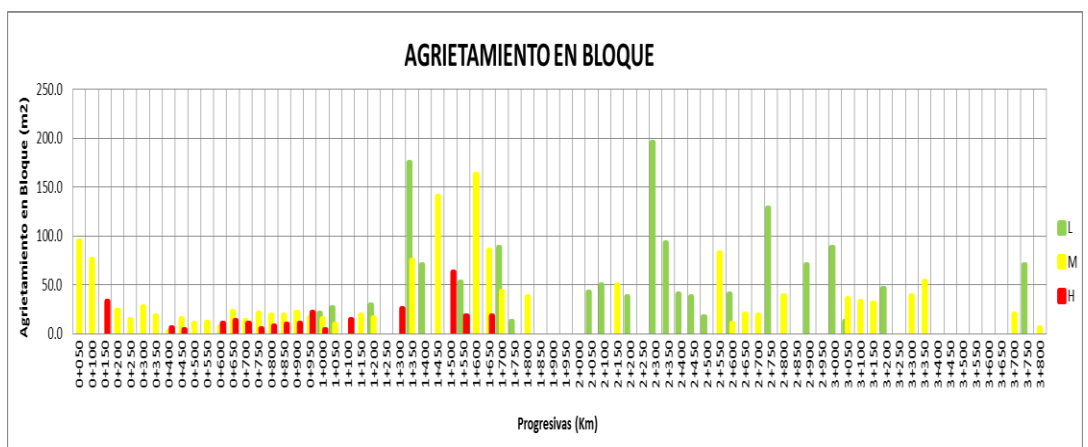


Figura 42: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – AGRIETAMIENTO EN BLOQUE

Fuente: Elaboración propia

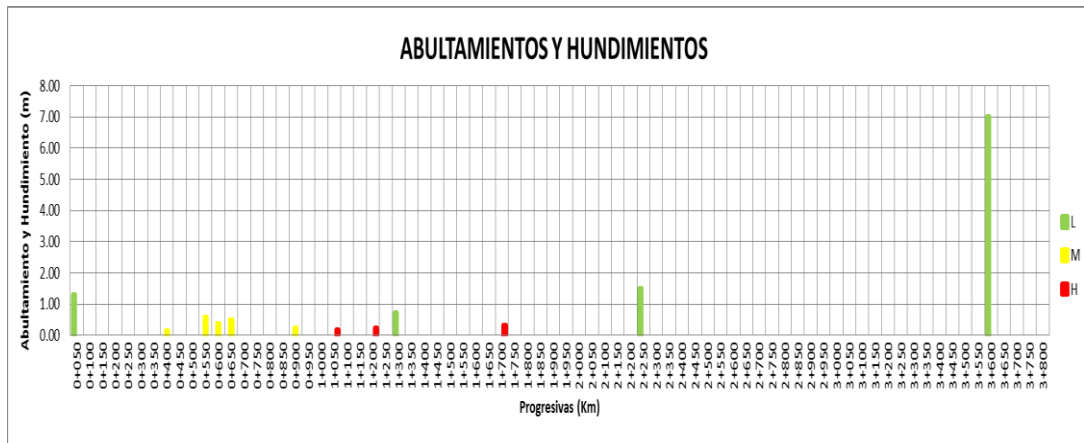


Figura 43: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – ABULAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS

Fuente: Elaboración propia

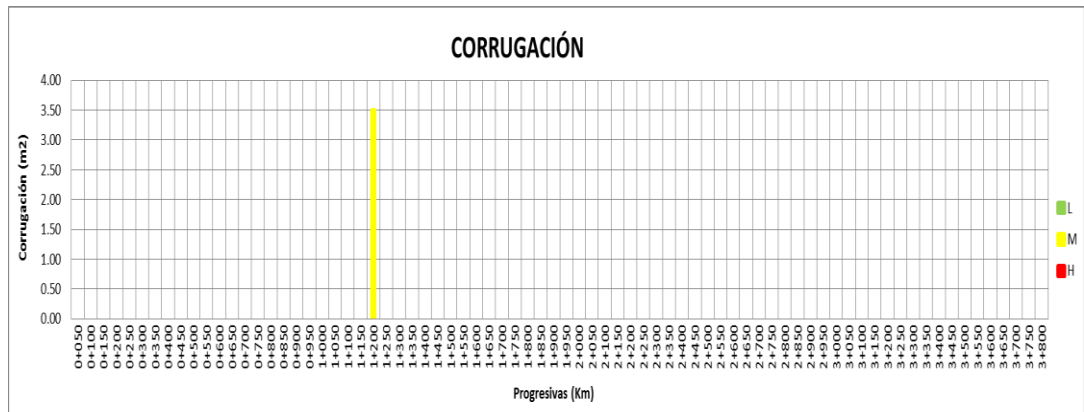


Figura 44: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – CORRUGACIÓN

Fuente: Elaboración propia

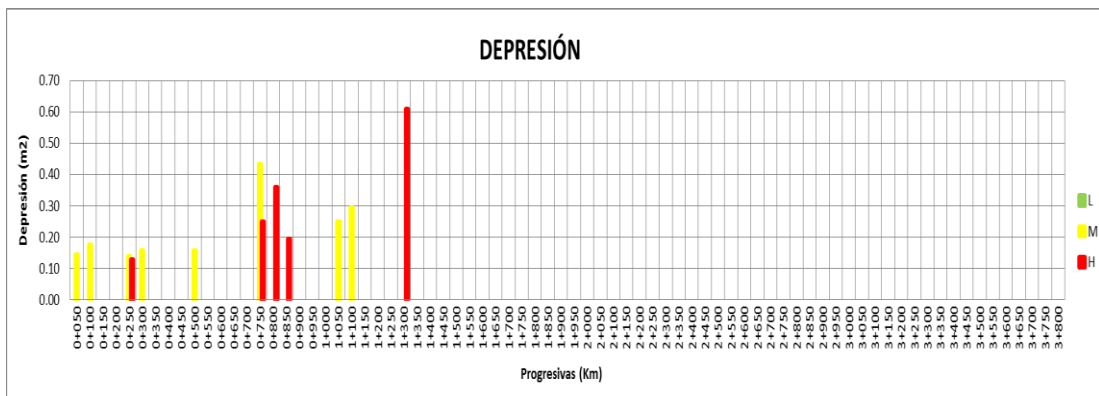


Figura 45: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – DEPRESIÓN

Fuente: Elaboración propia

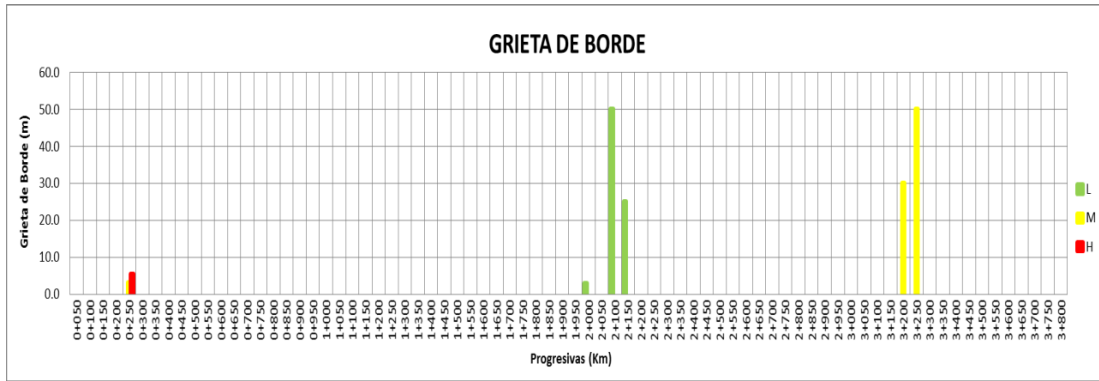


Figura 46: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – GRIETA DE BORDE

Fuente: Elaboración propia



Figura 47: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA

Fuente: Elaboración propia

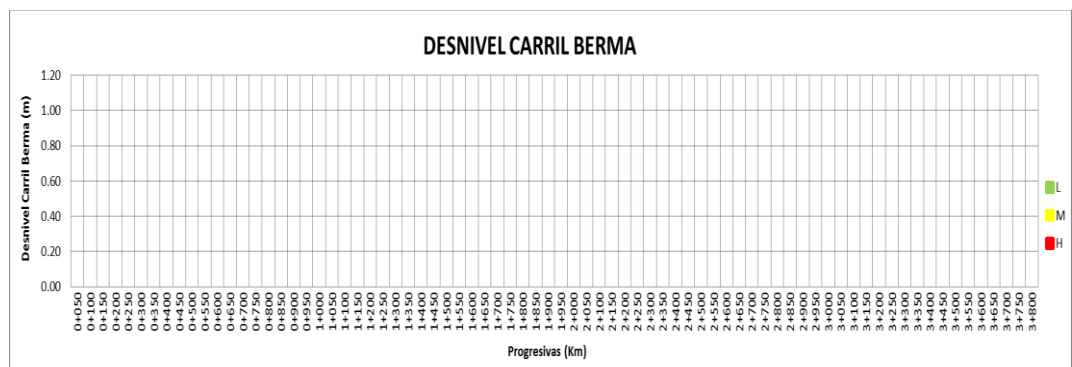


Figura 48: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – DESNIVEL CARRIL BERMA

Fuente: Elaboración propia

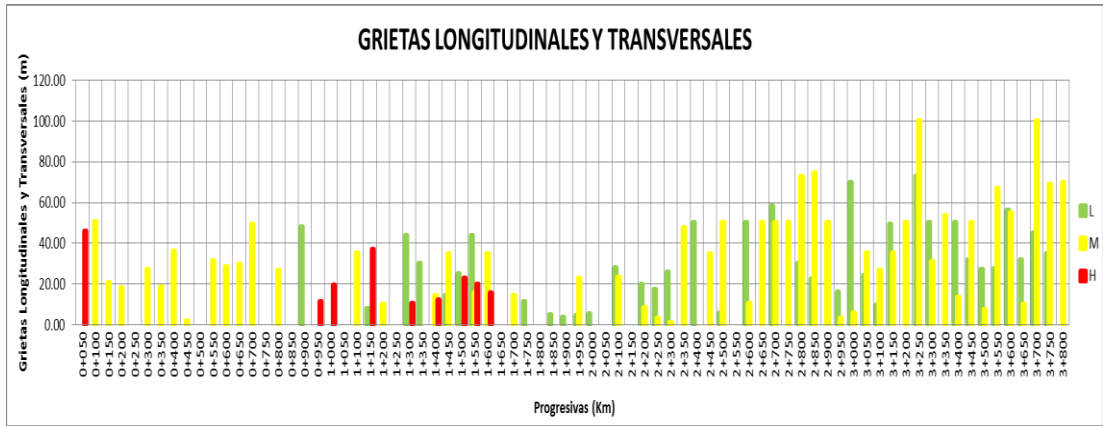


Figura 49: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES

Fuente: Elaboración propia

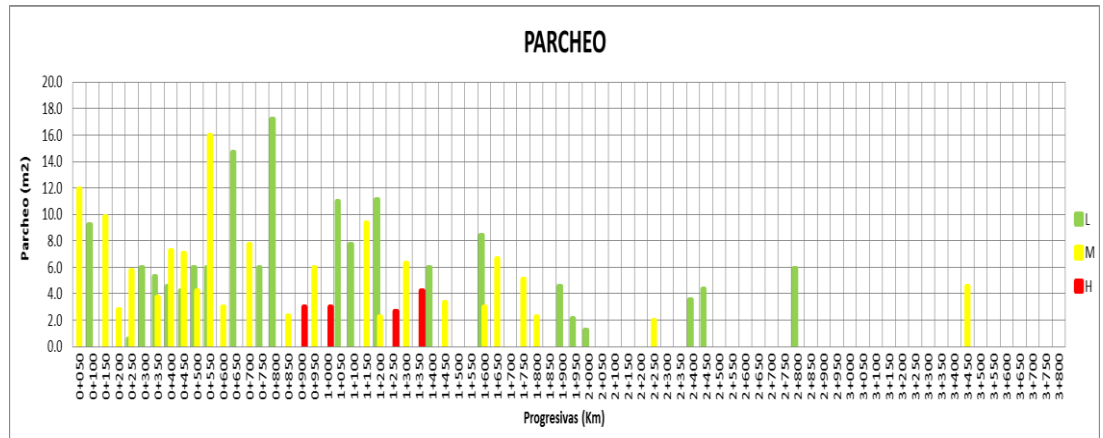


Figura 50: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – PARCHEO

Fuente: Elaboración propia



Figura 51: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – PULIMIENTO DE AGREGADOS

Fuente: Elaboración propia

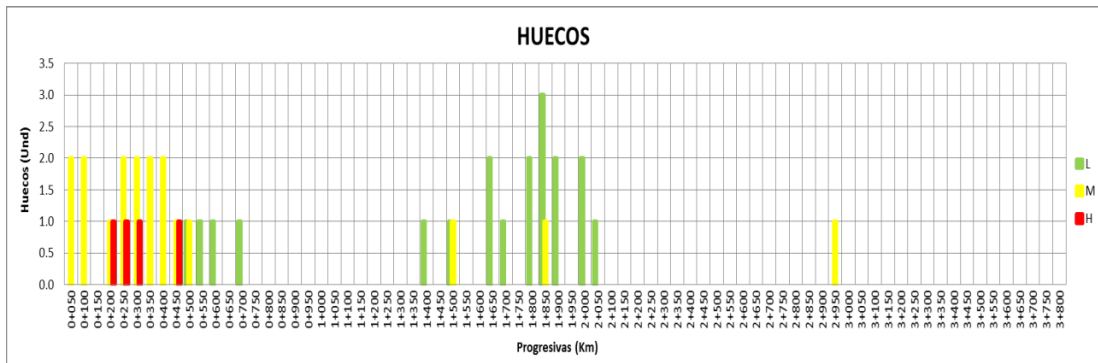


Figura 52: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – HUECOS

Fuente: Elaboración propia

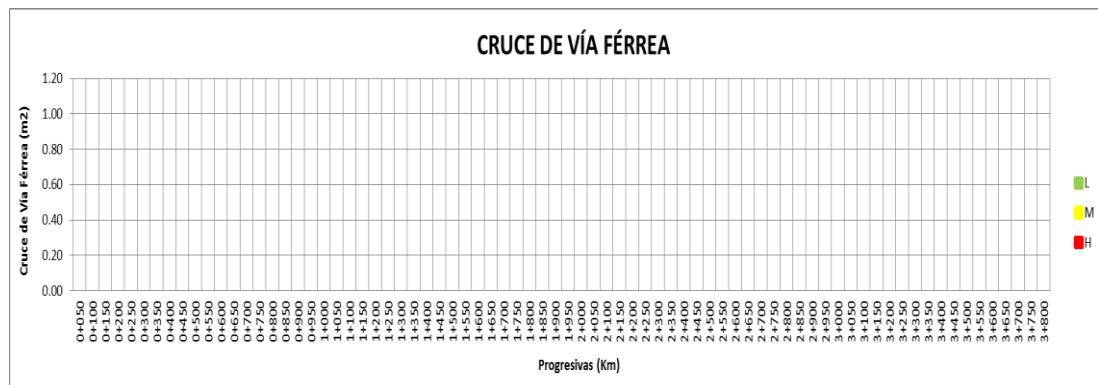


Figura 53: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – CRUCE DE VÍA FÉRREA

Fuente: Elaboración propia

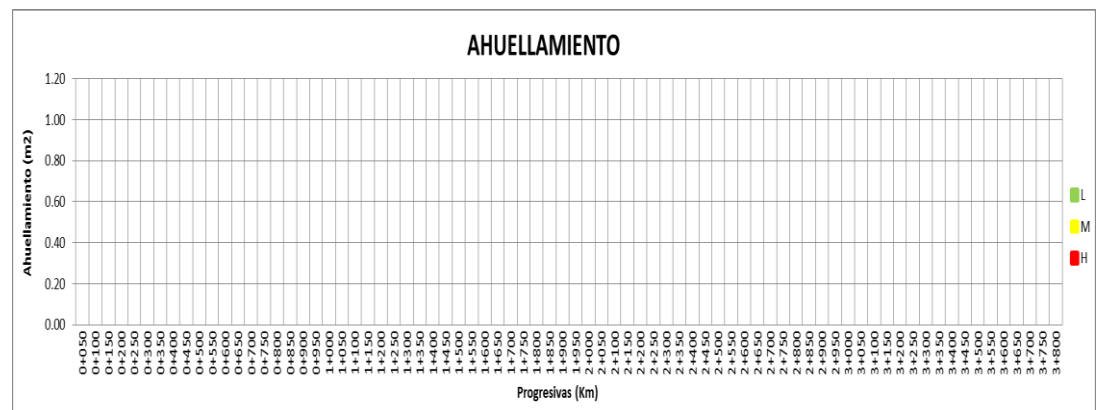


Figura 54: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – AHUELLAMIENTO

Fuente: Elaboración propia



Figura 55: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – DESPLAZAMIENTO

Fuente: Elaboración propia



Figura 56: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – GRIETA PARABÓLICA

Fuente: Elaboración propia

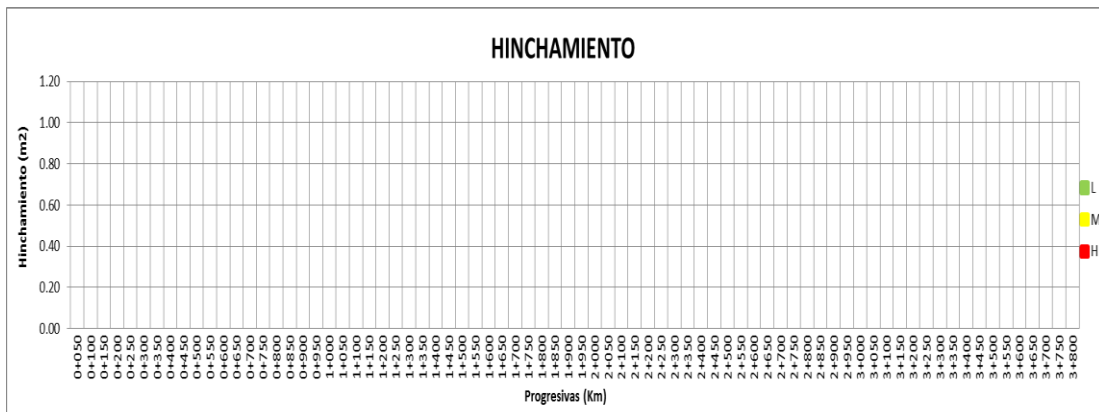


Figura 57: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – HINCHAMIENTO

Fuente: Elaboración propia

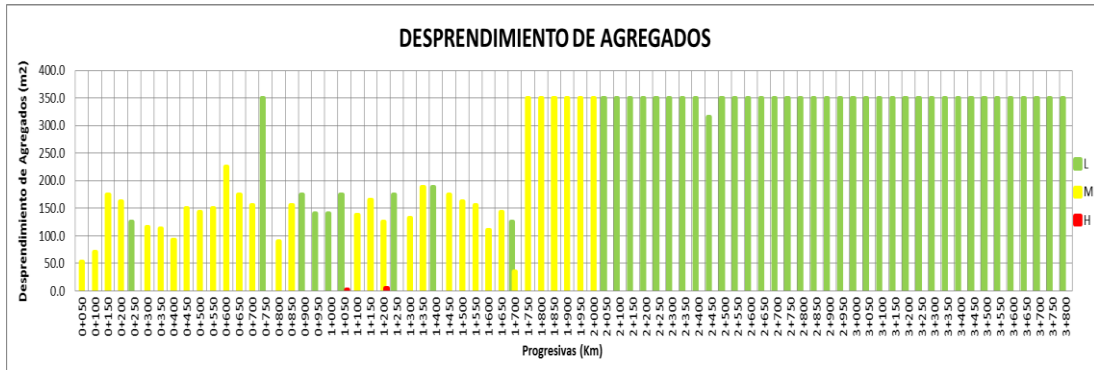


Figura 58: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 3+800) – DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS

Fuente: Elaboración propia

- **TABLA: Metrado de fallas**

Se presenta el resumen de metrado de fallas, obtenido de la evaluación de las 76 unidades de muestra de todo el tramo de la Av. Cincuentenario.

Tabla 17: Resumen de metrados de fallas – Av. Cincuentenario (PR 0+000 – PR 3+800)

Ítem	Tipo de Falla	Unidad	Nivel de Severidad	METRADO
1	PIEL DE COCODRILO	m2	L	469.51
			M	205.14
			H	22.96
2	EXUDACIÓN	m2	L	121.81
			M	0.00
			H	0.00
3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	m2	L	1440.44
			M	1469.07
			H	270.21
4	ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS	m2	L	10.52
			M	1.76
			H	0.69
5	CORRUGACIÓN	m2	L	0.00
			M	3.50
			H	0.00
6	DEPRESIÓN	m	L	0.00
			M	1.75
			H	1.54
7	GRIETA DE BORDE	m	L	78.00
			M	83.15
			H	5.36
8	GRIETA DE REFLEXIÓN	m	L	7.00
			M	0.00
			H	0.00

Item	Tipo de Falla	Unidad	Nivel de Severidad	METRADO
9	DESNIVEL CARRIL BERMA	m	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	m	L	1147.33
			M	1830.75
			H	194.51
11	PARCHEO	m2	L	145.18
			M	132.00
			H	12.78
12	PULIMIENTO DE AGREGADOS	m2	L	210.00
			M	0.00
			H	0.00
13	HUECOS	und	L	19.00
			M	18.00
			H	4.00
14	CRUCE DE VÍA FÉRREA	m2	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
15	AHUELLAMIENTO	m2	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
16	DESPLAZAMIENTO	m2	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
17	GRIETA PARABÓLICA	m2	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
18	HINCHAMIENTO	m2	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	m2	L	14157.50
			M	5650.00
			H	5.49

Fuente: Elaboración Propia

Se tiene el resumen de metrados, cada uno de las 19 fallas con sus respectivas severidades; se puede observar que la clase de falla que tiene una mayor extensión es la “19” Desprendimiento de agregados cuya severidad baja (L) y media (M) se presenta más frecuentemente a lo largo de todo el tramo de estudio. Asimismo es posible notar que están presentes 13 clases de fallas en pavimentos flexibles.

4.2.2 Índice de condición

Una vez obtenidos los parámetros de evaluación en las 76 unidades de muestra de la Av. Cincuentenario, se realizó la aplicación de la metodología Pavement Condition Index (PCI), para encontrar su índice de condición y así conocer el estado en el que se encuentran. Se elaboró tablas resumen para presentar los resultados.

Tabla 18: Índice de condición (PCI) – Av. Cincuentenario (PR 0+000 – PR 3+800)

Av. CINCUENTENARIO					
UM	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	VDT o Máx VDC	PCI	CONDICIÓN
UM 01	0+000.00	0+050.00	88.84	11.16	MUY MALO
UM 02	0+050.00	0+100.00	89.77	10.23	MUY MALO
UM 03	0+100.00	0+150.00	66.70	33.30	MALO
UM 04	0+150.00	0+200.00	56.06	43.94	REGULAR
UM 05	0+200.00	0+250.00	55.36	44.64	REGULAR
UM 06	0+250.00	0+300.00	66.87	33.13	MALO
UM 07	0+300.00	0+350.00	50.24	49.76	REGULAR
UM 08	0+350.00	0+400.00	63.45	36.55	MALO
UM 09	0+400.00	0+450.00	57.76	42.24	REGULAR
UM 10	0+450.00	0+500.00	78.04	21.96	MUY MALO
UM 11	0+500.00	0+550.00	46.11	53.89	REGULAR
UM 12	0+550.00	0+600.00	68.34	31.66	MALO
UM 13	0+600.00	0+650.00	51.50	48.50	REGULAR
UM 14	0+650.00	0+700.00	52.09	47.91	REGULAR
UM 15	0+700.00	0+750.00	77.57	22.43	MUY MALO
UM 16	0+750.00	0+800.00	51.19	48.81	REGULAR
UM 17	0+800.00	0+850.00	47.92	52.08	REGULAR
UM 18	0+850.00	0+900.00	39.70	60.30	BUENO
UM 19	0+900.00	0+950.00	48.77	51.23	REGULAR
UM 20	0+950.00	1+000.00	45.80	54.20	REGULAR
UM 21	1+000.00	1+050.00	35.05	64.95	BUENO
UM 22	1+050.00	1+100.00	59.42	40.58	REGULAR
UM 23	1+100.00	1+150.00	54.31	45.69	REGULAR
UM 24	1+150.00	1+200.00	56.77	43.23	REGULAR
UM 25	1+200.00	1+250.00	40.19	59.81	BUENO
UM 26	1+250.00	1+300.00	55.05	44.95	REGULAR
UM 27	1+300.00	1+350.00	58.82	41.18	REGULAR
UM 28	1+350.00	1+400.00	30.89	69.11	BUENO
UM 29	1+400.00	1+450.00	51.73	48.27	REGULAR
UM 30	1+450.00	1+500.00	71.53	28.47	MALO
UM 31	1+500.00	1+550.00	69.09	30.91	MALO
UM 32	1+550.00	1+600.00	55.40	44.60	REGULAR
UM 33	1+600.00	1+650.00	69.19	30.81	MALO
UM 34	1+650.00	1+700.00	47.72	52.28	REGULAR
UM 35	1+700.00	1+750.00	47.81	52.19	REGULAR
UM 36	1+750.00	1+800.00	48.74	51.26	REGULAR
UM 37	1+800.00	1+850.00	46.85	53.15	REGULAR
UM 38	1+850.00	1+900.00	46.66	53.34	REGULAR

Av. CINCUENTENARIO					
UM	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	VDT o Máx VDC	PCI	CONDICIÓN
UM 39	1+900.00	1+950.00	46.40	53.60	REGULAR
UM 40	1+950.00	2+000.00	58.65	41.35	REGULAR
UM 41	2+000.00	2+050.00	35.43	64.57	BUENO
UM 42	2+050.00	2+100.00	35.68	64.32	BUENO
UM 43	2+100.00	2+150.00	45.88	54.12	REGULAR
UM 44	2+150.00	2+200.00	51.98	48.02	REGULAR
UM 45	2+200.00	2+250.00	36.74	63.26	BUENO
UM 46	2+250.00	2+300.00	31.37	68.63	BUENO
UM 47	2+300.00	2+350.00	46.69	53.31	REGULAR
UM 48	2+350.00	2+400.00	40.86	59.14	BUENO
UM 49	2+400.00	2+450.00	28.00	72.00	MUY BUENO
UM 50	2+450.00	2+500.00	44.29	55.71	BUENO
UM 51	2+500.00	2+550.00	55.04	44.96	REGULAR
UM 52	2+550.00	2+600.00	46.99	53.01	REGULAR
UM 53	2+600.00	2+650.00	30.62	69.38	BUENO
UM 54	2+650.00	2+700.00	31.56	68.44	BUENO
UM 55	2+700.00	2+750.00	33.15	66.85	BUENO
UM 56	2+750.00	2+800.00	40.20	59.80	BUENO
UM 57	2+800.00	2+850.00	30.64	69.36	BUENO
UM 58	2+850.00	2+900.00	50.49	49.51	REGULAR
UM 59	2+900.00	2+950.00	44.66	55.34	BUENO
UM 60	2+950.00	3+000.00	35.54	64.46	BUENO
UM 61	3+000.00	3+050.00	30.59	69.41	BUENO
UM 62	3+050.00	3+100.00	43.40	56.60	BUENO
UM 63	3+100.00	3+150.00	32.02	67.98	BUENO
UM 64	3+150.00	3+200.00	32.30	67.70	BUENO
UM 65	3+200.00	3+250.00	39.44	60.56	BUENO
UM 66	3+250.00	3+300.00	32.54	67.46	BUENO
UM 67	3+300.00	3+350.00	42.32	57.68	BUENO
UM 68	3+350.00	3+400.00	49.02	50.98	REGULAR
UM 69	3+400.00	3+450.00	50.19	49.81	REGULAR
UM 70	3+450.00	3+500.00	49.13	50.87	REGULAR
UM 71	3+500.00	3+550.00	45.56	54.44	REGULAR
UM 72	3+550.00	3+600.00	29.38	70.62	MUY BUENO
UM 73	3+600.00	3+650.00	45.11	54.89	REGULAR
UM 74	3+650.00	3+700.00	38.55	61.45	BUENO
UM 75	3+700.00	3+750.00	44.33	55.67	BUENO
UM 76	3+750.00	3+800.00	46.53	53.47	REGULAR

Fuente: Elaboración propia

A continuación se presenta el perfil de los PCI obtenidos por cada unidad de muestra a lo largo del tramo de la Av. Cincuentenario (0+000 – 3+800) el cual se obtuvo de los valores de la tabla 18.

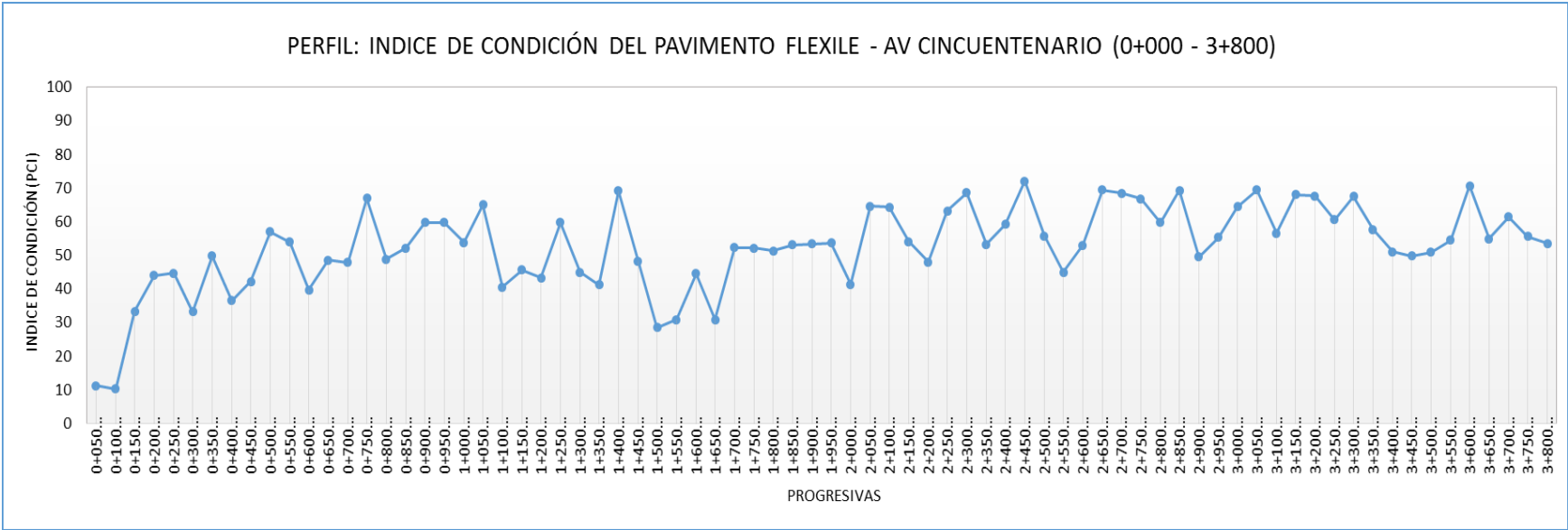


Figura 59: Perfil de PCI en Av. Cincuentenario (0+000 – 3+800)

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Condición del pavimento

Una vez obtenido el índice de condición de pavimento de las 76 unidades de muestra de la Av. Cincuentenario, se puede conocer el estado de condición que presenta cada una de estas. Sin embargo para poder definir en qué condición se encuentra la vía en su totalidad, primero se obtendrá un índice de condición (PCI) promedio por kilómetro y posteriormente se definirá la condición que presenta de manera general el pavimento flexible existente.

Tabla 19: PCI promedio y condición de pavimento por kilómetro en Av. Cincuentenario

Av. CINCUENTENARIO				
Nº	INICIO	FINAL	PCI	CONDICIÓN
1	0+000.00	1+000.00	39.90	MALO
2	1+000.00	2+000.00	47.49	REGULAR
3	2+000.00	3+000.00	60.21	BUENO
4	3+000.00	3+800.00	59.35	BUENO

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 19, se puede observar a detalle la condición de pavimento que presenta cada kilómetro a lo largo de todo el tramo de la Av. Cincuentenario.

El primer tramo (0+000 – 1+000) se tiene un PCI promedio de 39.90, por lo tanto presenta un estado de pavimento en mala condición.

El segundo tramo (1+000 – 2+000) presenta un PCI promedio de 47.90, con un estado de pavimento en regular condición.

El tercer y cuarto tramo (2+000 – 3+000) (3+000 – 3+800); tienen un PCI promedio de 60.21 y 59.35 respectivamente, ambos presentando un estado de pavimento en buena condición.

Por lo tanto, se calcula que en general el PCI (índice de condición) de la Av. Cincuentenario es de 51.84, definiendo que la vía en estudio presenta un estado de pavimento en REGULAR condición.

En la tabla 20, se presentan los porcentajes obtenidos por cada tipo de condición de pavimento encontrado a lo largo de la Av. Cincuentenario.

Tabla 20: Porcentajes de condición del pavimento en Av. Cincuentenario.

Av. CINCUENTENARIO			
CONDICIÓN	UNIDADES DE MUESTREO	LONGITUD (m)	PORCENTAJE (%)
EXCELENTE	0	0.00	0%
MUY BUENO	2	100.00	3%
BUENO	26	1300.00	34%
REGULAR	37	1850.00	49%
MALO	7	350.00	9%
MUY MALO	4	200.00	5%
FALLADO	0	0.00	0%
TOTAL:	76	3800.00	100%

Fuente: Elaboración propia

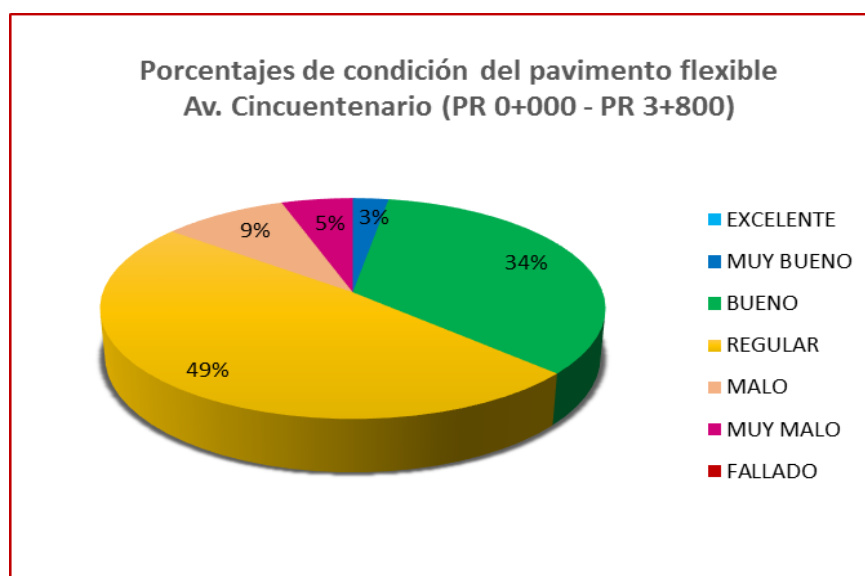


Figura 60: Porcentajes de condición del pavimento flexible en Av. Cincuentenario

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 25 se muestra un resumen de esta clasificación, se observa detalladamente que el 49% de las unidades de la muestra se encuentran en REGULAR estado, el 34% en BUEN estado, el 9% en estado MALO, el 5% de pavimentos en estado MUY MALO, y el tan solo el 3% en estado MUY BUENO. Se observa que tiene una relación directa con la calificación obtenida de la condición del pavimento flexible de la Av. Cincuentenario.

4.3 Evaluación superficial del pavimento flexible: Av. Colón y Miguel Grau

a) Descripción preliminar:

La zona de estudio fue la Av. Colón y Av. Miguel Grau, distrito de Huacho, provincia de Huaura, departamento de Lima; la Av. Colón comprende trescientos metros lineales, mientras que su prolongación la cual es la Av. Miguel Grau se subdivide en dos tramos; el primer tramo es una vía de un sentido que pasa a través de la plaza de armas de Huacho y contempla cincuenta metros lineales, el segundo tramo consta de una vía en dos sentidos divididos por un separador, cada tramo de estas dos vías tiene cuatrocientos metros lineales. La Av. Miguel Grau comprende mil seiscientos cincuenta metros lineales.

En total se evaluaron 1950 metros lineales de pavimento flexible, que comprendieron la longitud total de la Av. Colón y Av. Miguel Grau.

El punto de inicio es la intersección de la Av. 9 de octubre con la Av. Colón. A partir de ahí se señaló el punto de inicio y su progresiva PR 0+000. El punto final es la intersección con la Av. Augusto B. Leguía, su progresiva final es la PR 1+150. En la siguiente figura se puede observar la zona de estudio de la zona de estudio comprendido por las dos avenidas.



Figura 61: Zona de estudio: Av. Colón

Fuente: Elaboración propia.



Figura 62: Zona de estudio: Av. Miguel Grau – Primer Tramo

Fuente: Elaboración propia.



Figura 63: Zona de estudio: Av. Miguel Grau – Segundo Tramo

Fuente: Elaboración propia.

b) Unidades de muestra:

El trabajo de campo para la obtención de la información, se realizó seccionando la vía existente cada 50.00 m considerando el ancho total de calzada de cada tramo presentado. En el caso de la Av. Colón la calzada es de 10.50 m. Mientras que en el primer tramo de la Av. Miguel Grau tiene un ancho de calzada de 9.20m y el segundo tramo ambas vías tienen un ancho de 5.00m.

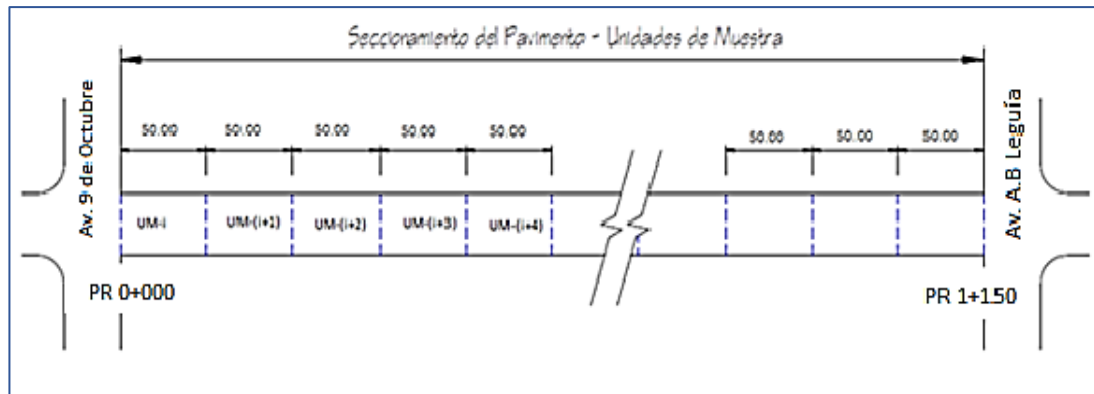


Figura 64: Seccionamiento del pavimento en unidades de muestra de Av. Colón y Miguel Grau

Fuente: Elaboración propia.

Para la obtención de número total de muestras, se divide la longitud total de la vía con la longitud de la muestra:

- La Av. Colón tiene es de 300 m.

Unidades de muestra Av. Colón: $(300/50)= 6UM$

El primer tramo de la Av. Miguel Grau es de 50 m.

Unidades de muestra 1º tramo - Av. Miguel Grau: $(50/50)= 1UM$

El segundo tramo de la Av. Miguel Grau tiene dos vías de 800 m.

Unidades de muestra 2º tramo - Av. Miguel Grau: $2x (800/50)= 32UM$

La evaluación superficial del pavimento flexible de la Av. Colón y Av. Miguel Grau fue aplicando la metodología "Pavement Condition Index (PCI)" aplicados a cada una de las 39 unidades de muestras, tal como se describió en el ítem 4.1.

Los resultados serán presentados bajo los indicadores de la metodología PCI, los cuales son: parámetros de evaluación, índice de condición, y condición del pavimento; y que son presentados en los siguientes ítems.

- Gráficos: “Distribución de deterioros en la Av. Colón y Miguel Grau”

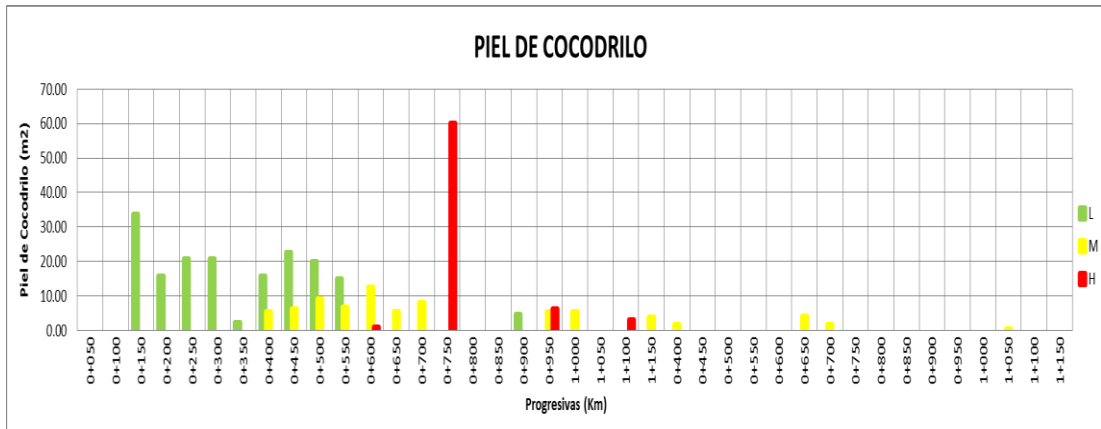


Figura 65: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – PIEL DE COCODRILO

Fuente: Elaboración propia



Figura 66: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – EXUDACIÓN

Fuente: Elaboración propia

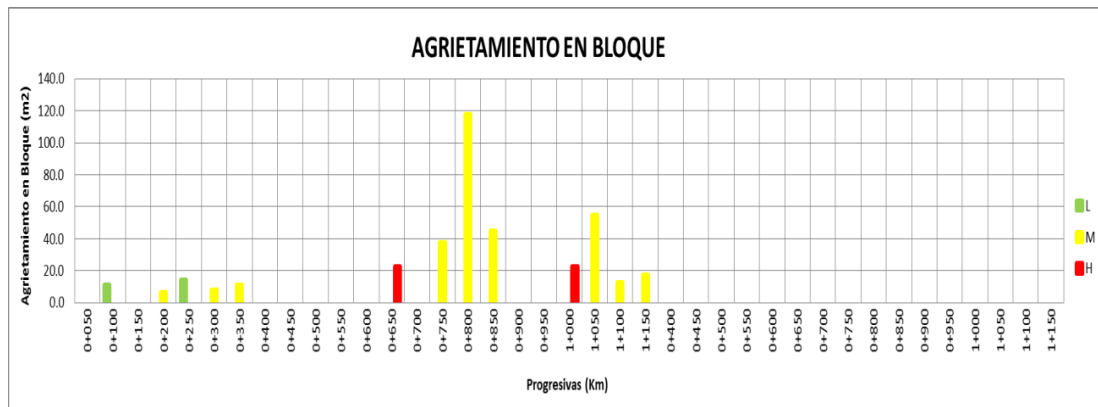


Figura 67: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – AGRIETAMIENTO EN BLOQUE

Fuente: Elaboración propia

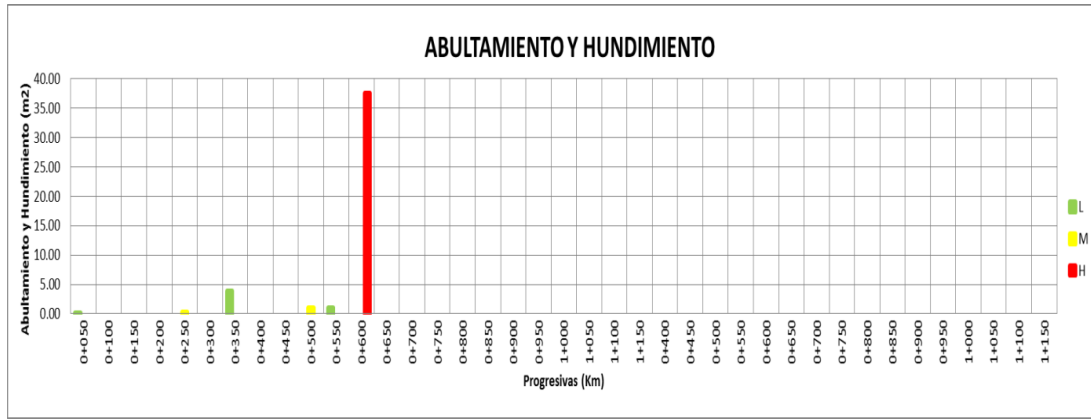


Figura 68: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTOS
Fuente: Elaboración propia



Figura 69: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – CORRUGACIÓN
Fuente: Elaboración propia

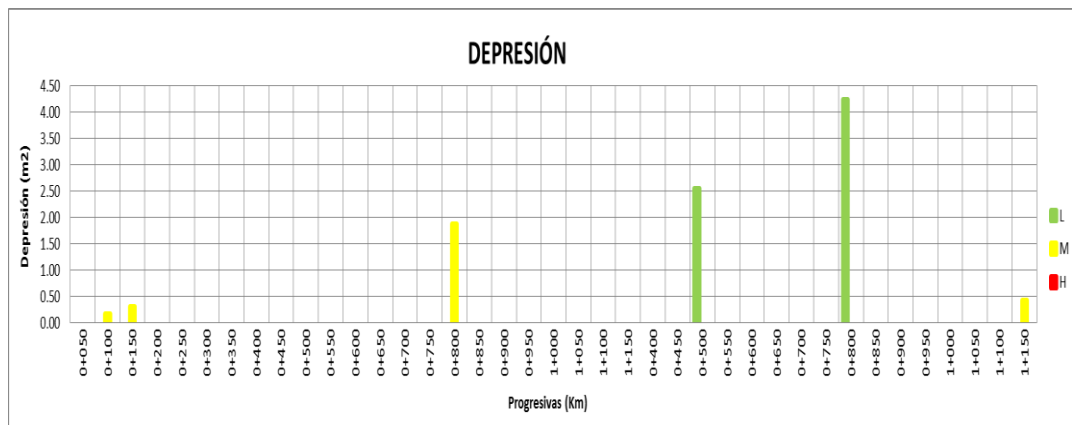


Figura 70: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – DEPRESIÓN
Fuente: Elaboración propia

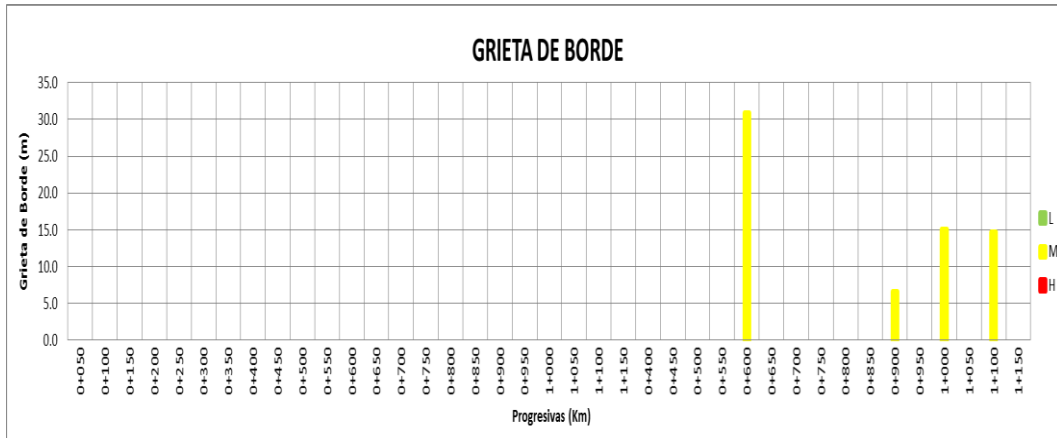


Figura 71: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – GRIETA DE BORDE

Fuente: Elaboración propia



Figura 72: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – GRIETA REFLEXIÓN DE JUNTA

Fuente: Elaboración propia

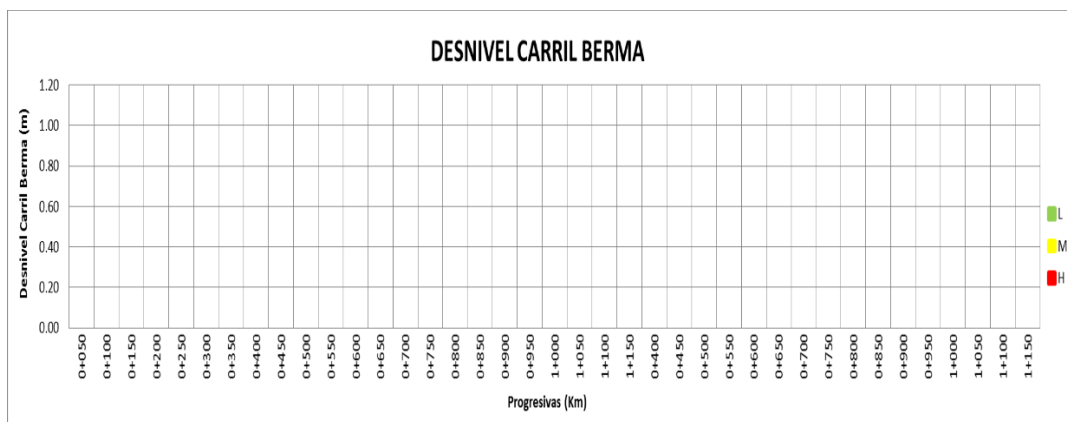


Figura 73: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – DESNIVEL CARRIL BERMA

Fuente: Elaboración propia

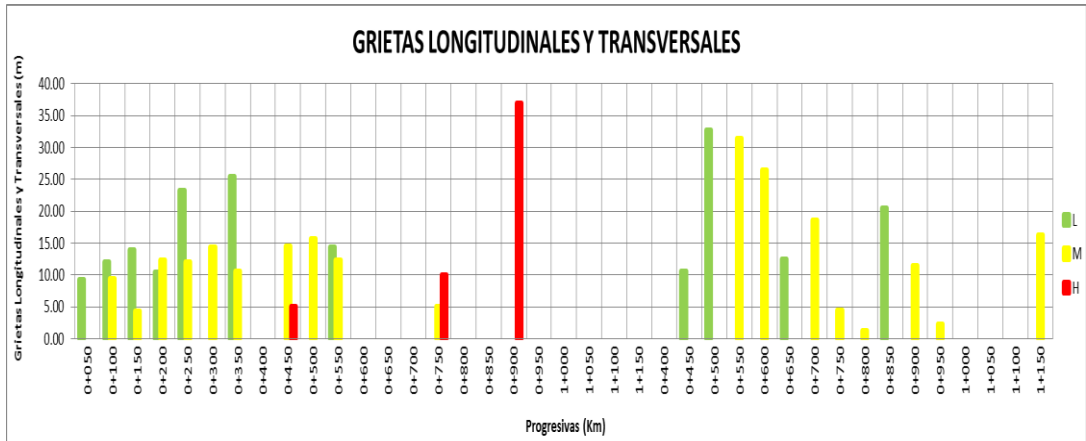


Figura 74: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES

Fuente: Elaboración propia

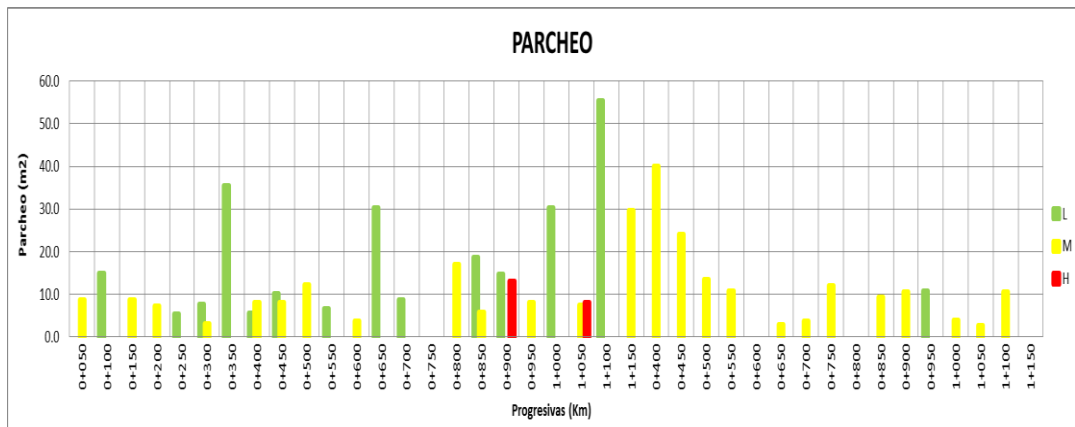


Figura 75: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – PARCHEO

Fuente: Elaboración propia



Figura 76: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – PULIMIENTO DE AGREGADOS

Fuente: Elaboración propia

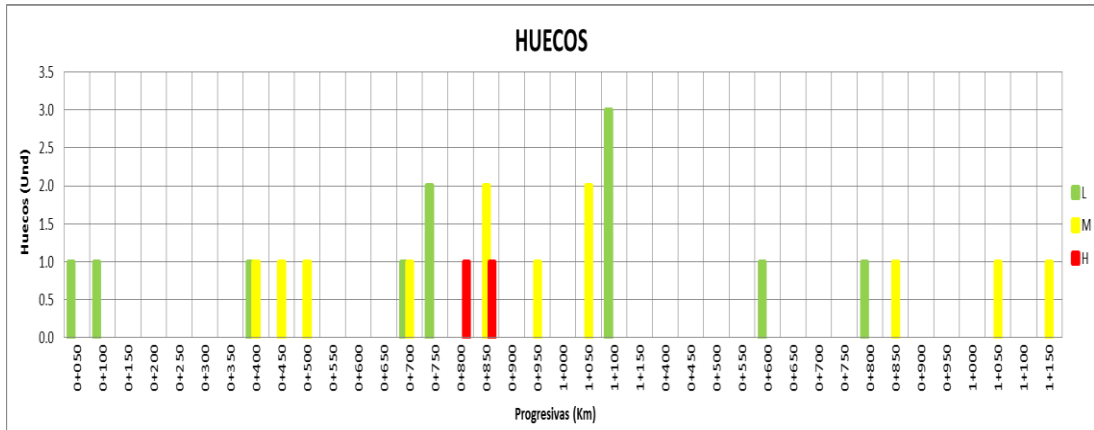


Figura 77: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – HUECOS

Fuente: Elaboración propia

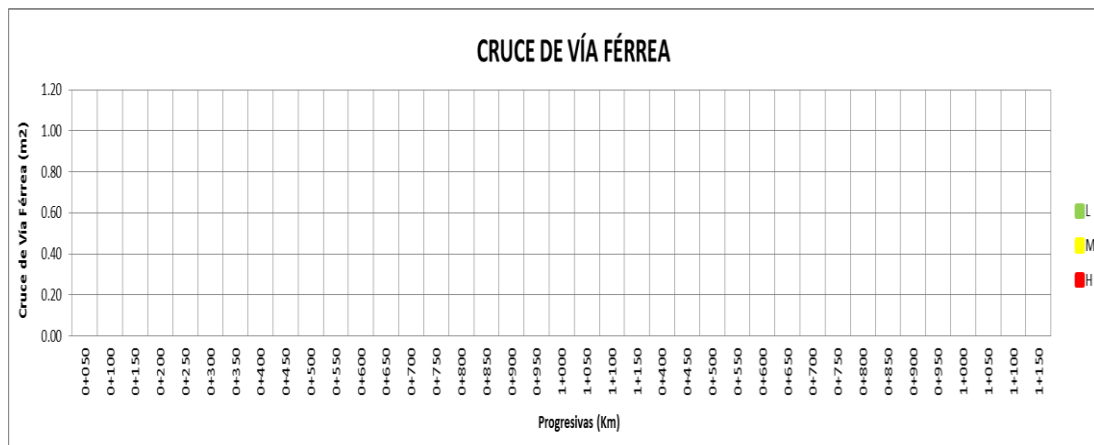


Figura 78: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – CRUCE DE VÍA FÉRREA

Fuente: Elaboración propia



Figura 79: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – AHUELLAMIENTO

Fuente: Elaboración propia



Figura 80: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – DESPLAZAMIENTO

Fuente: Elaboración propia



Figura 81: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – GRIETA PARABÓLICA

Fuente: Elaboración propia

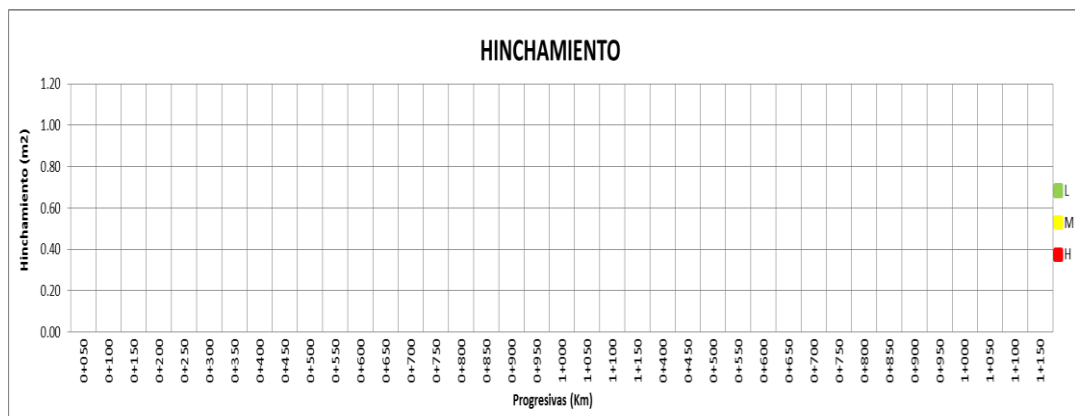


Figura 82: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – HINCHAMIENTO

Fuente: Elaboración propia

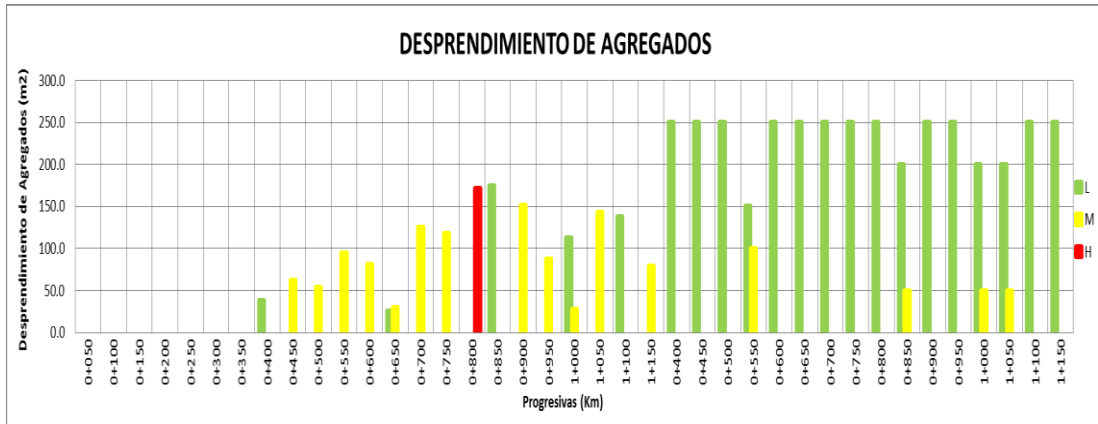


Figura 83: Distribución de deterioros (PR 0+000 – PR 1+150) – DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS

Fuente: Elaboración propia

- **Tabla: Metrado de fallas**

Se presenta el resumen de metrado de fallas, obtenido de la evaluación de las 39 unidades de muestra de todo el tramo de la Av. Colón y Av. Miguel Grau.

Tabla 22: Resumen de metrados de fallas - Av. Colón y Miguel Grau (PR 0+000 - PR 1+150)

Item	Tipo de Falla	Unidad	Nivel de Severidad	METRADO
1	PIEL DE COCODRILO	m2	L	170.85
			M	75.18
			H	69.93
2	EXUDACIÓN	m2	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	m2	L	25.31
			M	310.21
			H	45.00
4	ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS	m2	L	5.11
			M	1.36
			H	37.50
5	CORRUGACIÓN	m2	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
6	DEPRESIÓN	m	L	6.79
			M	2.75
			H	0.00
7	GRIETA DE BORDE	m	L	0.00
			M	67.09
			H	0.00
8	GRIETA DE REFLEXIÓN	m	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00

Item	Tipo de Falla	Unidad	Nivel de Severidad	METRADO
9	DESNIVEL CARRIL BERMA	m	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	m	L	184.56
			M	222.51
			H	52.00
11	PARCHEO	m2	L	254.58
			M	271.88
			H	21.04
12	PULIMIENTO DE AGREGADOS	m2	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
13	HUECOS	und	L	11.00
			M	12.00
			H	2.00
14	CRUCE DE VÍA FÉRREA	m2	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
15	AHUELLAMIENTO	m2	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
16	DESPLAZAMIENTO	m2	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
17	GRIETA PARABÓLICA	m2	L	34.85
			M	0.00
			H	0.00
18	HINCHAMIENTO	m2	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	m2	L	4237.50
			M	1302.45
			H	171.25

Fuente: Elaboración Propia

Con el resumen de metrados, se observa que de las 19 fallas; el pavimento en estudio presenta 10 clases de fallas existentes en pavimentos flexibles, cada una con diferentes severidades. La falla que tiene una mayor extensión es la "19" de desprendimiento de agregados, en sus tres severidades, siendo la de severidad media (M) la que se presenta más frecuentemente a lo largo de todo el tramo de pavimento en estudio.

4.3.2 Índice de condición

Una vez identificados los parámetros de evaluación en las 39 unidades de muestra de la Av. Colón y Av. Miguel Grau, se realizó la aplicación de la metodología Pavement Condition Index (PCI), para encontrar su índice de condición y así conocer el estado en el que se encuentran. Se elaboró tablas resumen para presentar los resultados.

Tabla 23: Índice de condición (PCI) – Av. Colón y Miguel Grau (PR 0+000 – PR 1+150)

Av. COLON - Av. MIGUEL GRAU					
UM	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	VDT o Máx VDC	PCI	CONDICIÓN
UM 01	0+000.00	0+050.00	15.99	84.01	MUY BUENO
UM 02	0+050.00	0+100.00	18.57	81.43	MUY BUENO
UM 03	0+100.00	0+150.00	37.48	62.52	BUENO
UM 04	0+150.00	0+200.00	30.93	69.07	BUENO
UM 05	0+200.00	0+250.00	36.23	63.77	BUENO
UM 06	0+250.00	0+300.00	34.43	65.57	BUENO
UM 07	0+300.00	0+350.00	21.52	78.48	MUY BUENO
UM 08	0+350.00	0+400.00	58.48	41.52	REGULAR
UM 09	0+400.00	0+450.00	71.71	28.29	MALO
UM 10	0+450.00	0+500.00	71.37	28.63	MALO
UM 11	0+500.00	0+550.00	63.78	36.22	MALO
UM 12	0+550.00	0+600.00	73.33	26.67	MALO
UM 13	0+600.00	0+650.00	59.79	40.21	REGULAR
UM 14	0+650.00	0+700.00	56.53	43.47	REGULAR
UM 15	0+700.00	0+750.00	82.54	17.46	MUY MALO
UM 16	0+750.00	0+800.00	89.88	10.12	MUY MALO
UM 17	0+800.00	0+850.00	61.57	38.43	MALO
UM 18	0+850.00	0+900.00	72.90	27.10	MALO
UM 19	0+900.00	0+950.00	72.19	27.81	MALO
UM 20	0+950.00	1+000.00	59.75	40.25	REGULAR
UM 21	1+000.00	1+050.00	69.18	30.82	MALO
UM 22	1+050.00	1+100.00	65.56	34.44	MALO
UM 23	1+100.00	1+150.00	59.81	40.19	REGULAR

Av. Miguel Grau					
UM	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	VDT o Máx VDC	PCI	CONDICIÓN
UM 24	0+350.00	0+400.00	47.03	52.97	REGULAR
UM 25	0+400.00	0+450.00	36.29	63.71	BUENO
UM 26	0+450.00	0+500.00	32.58	67.42	BUENO
UM 27	0+500.00	0+550.00	45.25	54.75	REGULAR
UM 28	0+550.00	0+600.00	30.80	69.20	BUENO
UM 29	0+600.00	0+650.00	37.09	62.91	BUENO
UM 30	0+650.00	0+700.00	31.90	68.10	BUENO
UM 31	0+700.00	0+750.00	30.15	69.85	BUENO
UM 32	0+750.00	0+800.00	34.24	65.76	BUENO
UM 33	0+800.00	0+850.00	49.11	50.89	REGULAR
UM 34	0+850.00	0+900.00	30.74	69.26	BUENO
UM 35	0+900.00	0+950.00	34.32	65.68	BUENO
UM 36	0+950.00	1+000.00	35.06	64.94	BUENO
UM 37	1+000.00	1+050.00	37.26	62.74	BUENO
UM 38	1+050.00	1+100.00	30.14	69.86	BUENO
UM 39	1+100.00	1+150.00	32.02	67.98	BUENO

Fuente: Elaboración propia

Se presenta el perfil de los PCI obtenidos a lo largo del tramo de la Av. Colón y Miguel Grau (0+000 - 1+150) obtenidos de la tabla anterior.

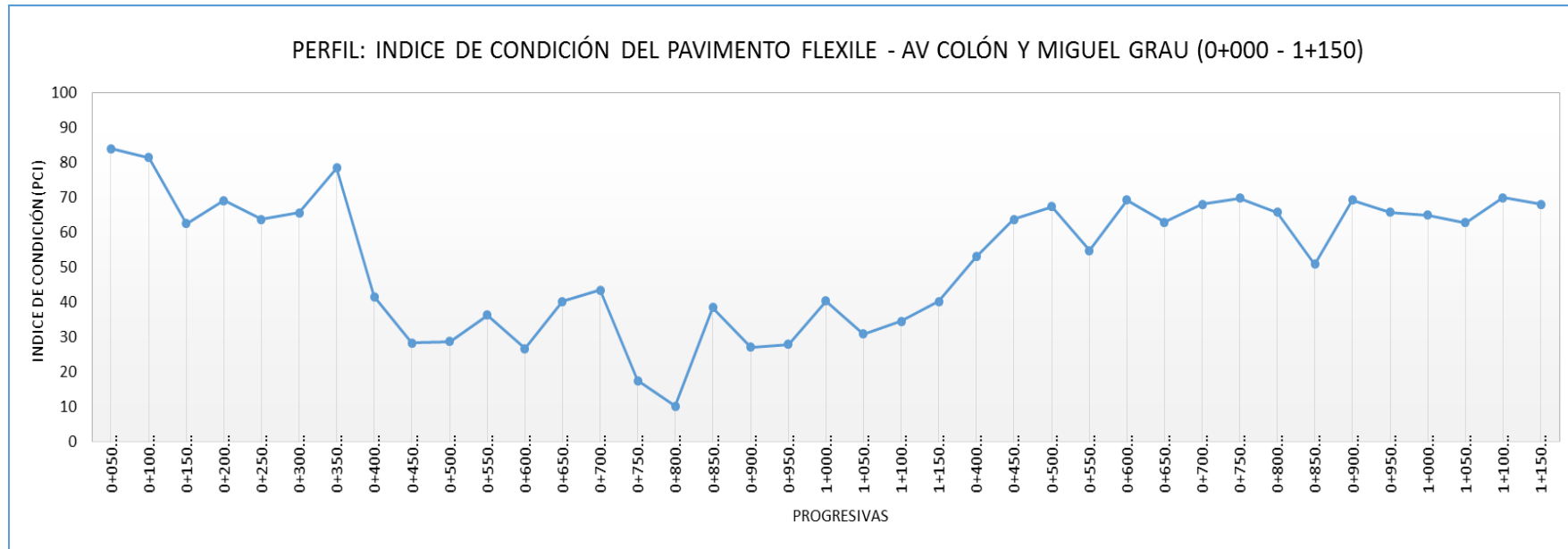


Figura 84: Perfil de PCI en Av. Colón y Miguel Grau (0+000 - 1+150)

Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Condición del pavimento

Una vez obtenido el índice de condición de pavimento de las 39 unidades de muestra de las Av. Colón y Av. Miguel Grau, se puede conocer la condición que presentan. Sin embargo para poder definir el estado en el que se encuentra la vía en su totalidad, se obtuvo un índice de condición (PCI) promedio; en este caso se realizó por los tramos definidos anteriormente.

Tabla 24: PCI promedio y condición del pavimento por tramos en Av. Colón y Miguel Grau

Av. COLON - Av. MIGUEL GRAU				
Nº	INICIO	FINAL	PCI	CONDICIÓN
1	0+000.00	0+300.00	71.06	MUY BUENO
2	0+300.00	0+350.00	78.48	MUY BUENO
3	0+350.00	1+150.00	31.98	MALO
4	0+350.00	1+150.00	64.13	BUENO

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 24, se puede observar a detalle la condición de pavimento que presenta cada tramo definido en las Av. Colón y Av. Miguel Grau.

El primer tramo (0+000 – 0+300) que representa en su totalidad a la Av. Colón, tiene un PCI promedio de 71.06, y un estado de pavimento en muy buena condición.

El segundo tramo (0+300 – 0+350) el cual inicia la Av. Miguel Grau y es colindante a la plaza de armas tiene un PCI de 70.00, y presenta un estado de pavimento en muy buena condición.

El tercer y cuarto tramo (0+350 – 1+150) (0+350 – 1+150) los cuales son las dos vías divididas por un separador, tienen un PCI promedio de 31.98 con un pavimento en mala condición y 64.13 con un pavimento en buena condición, respectivamente.

Por lo tanto, se calcula que el PCI (índice de condición) de la Av. Colón y Miguel Grau es de 59.29, definiendo que la vía en estudio presenta un estado de pavimento en BUENA condición.

En la tabla 25, se presentan los porcentajes obtenidos por cada tipo de condición de pavimento encontrado a lo largo de la Av. Cincuentenario.

Tabla 25: Porcentajes de condición del pavimento flexible en Av. Colón y Miguel Grau

Av. COLON - Av. MIGUEL GRAU			
CONDICIÓN	UNIDADES DE MUESTREO	LONGITUD (m)	PORCENTAJE (%)
EXCELENTE	0	0.00	0%
MUY BUENO	3	150.00	8%
BUENO	17	850.00	44%
REGULAR	8	400.00	21%
MALO	9	450.00	23%
MUY MALO	2	100.00	5%
FALLADO	0	0.00	0%
TOTAL:	39	1950.00	100%

Fuente: Elaboración propia

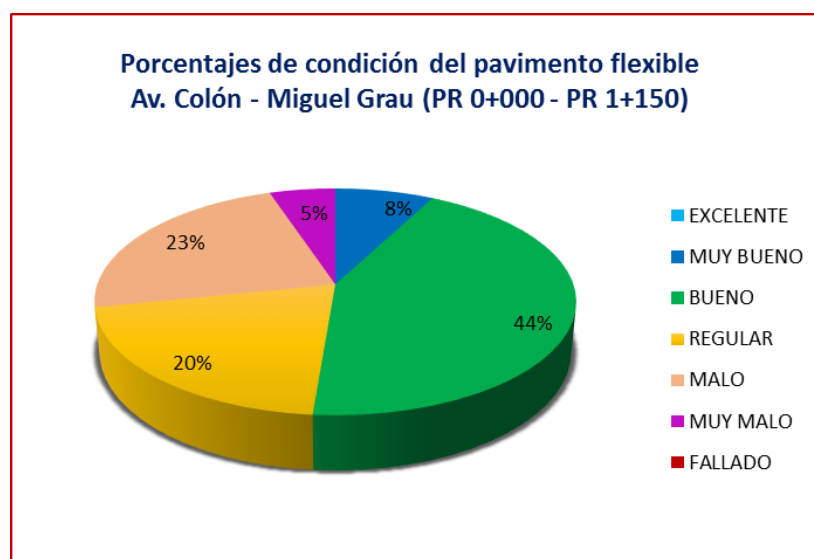


Figura 85: Porcentajes de condición del pavimento flexible en Av. Colón y Miguel Grau

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 46 se muestra un resumen de esta clasificación, se observa detalladamente que el 8% de las unidades de muestra se encuentran en MUY BUEN estado, el 44% en REGULAR estado, el 20% en estado MALO, el 23% de pavimentos en estado MALO, y el 5% en estado MUY MALO. Se observa que tiene una relación directa con la calificación obtenida de la condición del pavimento flexible de la Av. Colón y Miguel Grau.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

5.1 Discusión

En relación a la metodología VIZIR, presentada en el marco teórico, agrupa a los deterioros de los pavimentos en dos categorías A y B. La categoría A debido a su condición estructural y la categoría B debido al tipo funcional, Por otra parte presenta 3 escalas para calificar su condición (1-2 para bueno, 3-4 regular y 5-6-7 deficiente).

A diferencia de la metodología PCI, la metodología VIZIR identifica 17 tipos de fallas, de las cuales corrugación, depresión y cruce de vía férrea no se encuentran presente. Por otro lado, las severidades las identifica mediante colores: blanco (baja), gris (media) y negro (alta).

La metodología VIZIR nos establece una distinción clara entre lo que son las fallas estructurales y funcionales, lo que hace más fácil diferenciar cada tipo de falla que se presenta en la capa de rodadura del pavimento al momento de realizar la evaluación; sin embargo la metodología PCI evalúa todos los daños que se pueda presentar en el pavimento, ya que envuelve mayor número de tipos de daño y posee siete escalas para evaluar la condición del pavimento.

Asimismo, la metodología VIZIR solo evalúa pavimentos flexibles y no de otro tipo, lo que la limita a comparación de la metodología PCI, la cual resulta ser más completa y confiable cuando se requiera evaluar vías con tramos con tipos de pavimentos diferentes.

Por otro lado, dentro del presente estudio que fue aplicado a pavimentos urbanos, se observó que las fallas más predominantes fueron: desprendimiento de agregados, parches, agrietamientos y huecos. Esto debido a la falta de drenaje de las vías, las conexiones e instalaciones de

red de agua y desagüe que se realizan constantemente; así como los residuos de construcciones producto del crecimiento urbano de la zona.

CONCLUSIONES

- Primera** : De la evaluación física – visual realizada a las Avenidas Cincuentenario, Colón y Miguel Grau se logró identificar 14 clases de fallas, dentro de las cuales se presentan 3 tipos de severidad: Baja, Media y Alta, con las cuales se realizó la evaluación superficial del pavimento flexible.
- Segunda** : Aplicando el método Pavement Condition Index (PCI) se determinó que la Av. Cincuentenario tiene un PCI de 51.84 y se encuentra en un estado de conservación “Regular”; mientras que la Av. Colón y Miguel Grau tienen un PCI de 59.29 y presentan un estado de conservación “Bueno”.
- Tercera** : Con la aplicación de la metodología Pavement Condition Index (PCI) se puede clasificar el estado de conservación en el que se encuentran los pavimentos flexibles, así como también el tipo de fallas que presentan, a fin de realizar el tratamiento que corresponda para cada una.

RECOMENDACIONES

- Primera** : Para realizar la toma de datos y evaluación de pavimentos se deberá llevar una matriz de evaluación que sirva de guía para el especialista o asistente, así como un formato de evaluación que defina y proponga la metodología que se va a aplicar para la evaluación. Al realizar la evaluación superficial será necesaria la guía de profesionales con experiencia en el área y colaboradores capacitados; asimismo contar con los equipos de seguridad necesarios para la evaluación en campo.
- Segunda** : La evaluación del pavimento flexible de las vías estudiadas, se deberá efectuar en periodos de 6 a 12 meses, de preferencia entre los meses de noviembre a mayo para evitar presencia de posibles lluvias, con la finalidad de; conocer si el estado de conservación de la vía se mantiene, identificar la aparición de nuevos daños y analizar la evolución de las fallas ya existentes. Se podrá realizar aplicando la metodología PCI o también otra metodología, siendo VIZIR la más recomendable y confiable.
- Tercera** : De realizar un mantenimiento de las vías en estudio o de otras, se sugiere a la Municipalidad Distrital de Huacho que tenga como referencia el presente estudio que definió ambas vías por tramos, así como aquellas que se encuentran en mal estado y requieren una intervención inmediata; asimismo en el anexo N°3 se presentó alternativas de solución por cada clase de falla y severidad encontrada (ver tablas 17 y 22); de manera tal que pueda complementar con la adecuada decisión de intervención a realizar.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Apolinario, E. (2012). *Innovación del método Vizir en estrategias de conservación y mantenimiento de carreteras con bajo volumen de tránsito*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, Perú. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Mención en Ingeniería de Transportes.
- AASHTO, ASTM D 6333-03, (2004). *Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys*. American Society for Testing and Materials. Estados Unidos.
- Becerra, R. (2012). *Evaluación superficial por el Método VIZIR de la carretera desviación Fernando Belaunde Terry (km 606-R05N) – Lamas (R-111) L=10.50km*. Chiclayo, Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil.
- Cardoso, S. y Fernández, M. (1999). *Aplicaciones prácticas del Método PCI para el mantenimiento de pavimentos de aeropuertos*. Lima, Perú.
- Chang, C. (2005). *Evaluación, diseño, construcción, gestión: pavimentos, un enfoque al futuro*. Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima, Perú.
- Cerón, V. (2006). *Evaluación y comparación de metodologías VIZIR y PCI sobre el tramo de vía en pavimento flexible y rígido de la vía: Museo Quimbaya – CRQ Armenia Quindío (PR 0+000 – PR 02 + 600)*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Tesis para obtener el grado de Ingeniero civil.
- Instituto Peruano de Economía (IPE - 2008). *Lecciones del mantenimiento de carreteras en el Perú, 1992 - 2007*. Lima, Perú.
- Loaiza, V. (2005). *Manual de diseño geométrico de vías urbanas*. Perú: Instituto de la construcción y gerencia.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2006). *Modelo del Sistema de Gestión de Infraestructura Vial de Provías Nacional*. Recuperado de <http://www.proviasnac.gob.pe/frmContenido.aspx?IdArchivo=627>.
- Rabanal, J. (2014). *Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la vía de Evitamiento Norte, utilizando el método del índice de condición del pavimento*. Lima, Perú: Universidad privada del Norte. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil.
- Rodríguez, E. (2009). *Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla. Piura, Perú: Universidad de Piura*. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil.
- Shahin, M. (2005). *Pavement Management for Airports Roads and Parking. Guía para la evaluación de pavimentos con superficie asfáltica*. Segunda edición.
- U.S. Army Engineer Research and Development Center. (2001). *Manual Paver asphalt surfaced airfields Pavement Condition Index (PCI)*. Estados Unidos.
- Vásquez, L. (2002). *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. Primera edición. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Vivar, G. (1995). *Diseño y construcción de pavimentos*. 2da Edición. Perú: Colegio de Ingenieros del Perú.
- Gutiérrez, W. (1994) *Índice de Condición del Pavimento*. Método de Evaluación de Pavimentos Asfálticos. Conferencia.

González, R. (2004) *Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos*.
Recuperadode:[http://www.frlp.utn.edu.ar/lemac/Publicaciones/Del
%202002/Pav%20area%20urb%20-%20III%20Prov.pdf](http://www.frlp.utn.edu.ar/lemac/Publicaciones/Del%202002/Pav%20area%20urb%20-%20III%20Prov.pdf)

ANEXOS

ANEXO 1
CUESTIONARIO

Parámetros de evaluación

1.- ¿Se ha identificado las clases de fallas que existen actualmente en la capa de rodadura?

Sí () No (X)

2.- ¿Se conoce la severidad presentada por cada tipo de falla?

Sí () No (X)

3.- ¿Se ha determinado la extensión en la que se encuentra cada tipo de falla?

Sí () No (X)

Índice de Condición

9.- ¿Se tienen los parámetros para determinar el valor deducido (VD)?

Sí () No (X)

10.- ¿Es posible calcular el número máximo admisible del valor deducido del pavimento?

Sí () No (X)

11.- ¿Es posible determinar el máximo valor deducido corregido (CDV) a partir de los datos anteriores?

Sí () No (X)

12.- ¿Se tienen otros datos para determinar el PCI?

Sí () No (X)

Condición del pavimento

14.- ¿Existen datos para identificar la escala de clasificación de condición de pavimento?

Sí ()

No (X)

15.- ¿Será posible diagnosticar en que condición se encuentra el pavimento a lo largo del tramo de estudio?

Sí ()

No (X)

ANEXO 2

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LA MUNICIPALIDAD DE HUAURA



SUB GERENCIA DE OBRAS PRIVADAS

“Año de la Consolidación del Mar de Grau”

Huacho, 04 de Abril de 2016

CARTA N° 193-2016-VAWR-SGOP-GDYOT-MPH

Ing.

ALEXIS SAMOHOD ROMERO

Prof. Del Curso Taller de Tesis de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de
La Universidad San Martín de Porres de la ciudad de Lima

Refer.: DOC. 507488 EXP. 180335

Presente.-

De mi consideración:

Es grato dirigirme a Ud., para expresarle mi saludo cordial a nombre de la Sub Gerencia de Obras Privadas, dependiente de la Gerencia de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Municipalidad Provincial de Huaura y del mío propio.

La presente, tiene por finalidad atender al Expediente de la referencia de fecha 30.03.2016, mediante el cual solicita PERMISO PARA MEDICIÓN DE AVENIDAS a fin de elaborar Tesis de Grado titulada “Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index PCI en las vías arteriales Cincuentenario, calle Colón y Av. Grau, jurisdicción del distrito de Huacho, para la seguridad de las instalaciones eléctricas de su vivienda.

Sobre el particular comunico a usted, que de acuerdo a la verificación administrativa y en atención a la solicitud presentada por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la USMP, y en atención a lo indicado en el Informe Técnico N° 0374-2016-JCC/SGOP/GDYOT/MPHH de fecha 04-04-2016, se :

AUTORIZA a los bachilleres de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la USMP: PAOLA BEATRÍZ LEGUIA LOARTE y HANS FERNANDO PACHECO RISCO a realizar mediciones en la Av. Cincuentenario, calle Colón y Av. Grau, para una evaluación superficial del pavimento flexible, por el método Pavement Condition Index PCI, con fines de realizar tesis.

Por lo expuesto, esta Sub Gerencia da por atendido lo referente a su solicitud.

Sin otro particular hago propicia la oportunidad para expresarle los sentimientos de mi estima personal.

Atentamente,


MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAURA

Ing. Victor Alejandro Watanabe Rodríguez
Sub Gerente de Obras Privadas

Cc. Archivo
VAWR

ANEXO 3

Alternativas de solución por fallas en pavimentos

 USMP FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA <small>SAN MARTÍN DE PORRES</small>		EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS		
		METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)		
		ALTERNATIVAS DE SOLUCION		
Item	Tipo de Falla	Unidad	Nivel de Severidad	Alternativas de solución
1	PIEL DE COCODRILO	m2	L	SELLO SUPERFICIAL
			M	PARCHEO PARCIAL
			H	PARCHEO PROFUNDO, SOBRECARPETA O RECONSTRUCCION
2	EXUDACIÓN	m2	L	-
			M	APLICACIÓN DE ARENA
			H	APLICACIÓN DE ARENA/AGREGADOS (PRECALENTADO SI ES NECESARIO)
3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	m2	L	SELLADO DE GRIETAS CON ANCHO MAYOR A 3mm
			M	SELLADO DE GRIETAS
			H	SELLADO DE GRIETAS O SOBRECARPETA
4	ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS	m2	L	-
			M	PARCHEO PARCIAL
			H	PARCHEO PROFUNDO O SOBRECARPETA
5	CORRUGACIÓN	m2	L	-
			M	PARCHEO PROFUNDO
			H	RECONSTRUCCION
6	DEPRESIÓN	m	L	-
			M	PARCHEO SUPERFICIAL O PARCIAL
			H	PARCHEO PROFUNDO
7	GRIETA DE BORDE	m	L	SELLO DE GRIETAS CON ANCHO MAYOR A 3mm
			M	SELLO DE GRIETAS, PARCHEO PARCIAL
			H	PARCHEO PARCIAL O PROFUNDO
8	GRIETA DE REFLEXIÓN	m	L	SELLADO PARA ANCHOS MAYORES A 3mm
			M	SELLO DE GRIETAS, PARCHEO PARCIAL
			H	PARCHEO PARCIAL O RECONSTRUCCION DE JUNTA
9	DESNIVEL CARRIL BERMA	m	L	-
			M	NIVELACION DE LAS BERMAS A NIVEL DE CARRIL
			H	-
10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	m	L	SELLO DE GRIETAS CON ANCHO MAYOR A 3mm
			M	SELLO DE GRIETAS
			H	SELLO DE GRIETAS O PARCHEO PARCIAL
11	PARCHEO	m2	L	-
			M	SUSTITUCION DEL PARCHE (EN CASO REQUERIRLO)
			H	SUSTITUCION DEL PARCHE
12	PULIMENTO DE AGREGADOS	m2	L	-
			M	TRATAMIENTO SUPERFICIAL O SOBRECARPETA
			H	FRESADO Y SOBRECARPETA
13	HUECOS	und	L	PARCHEO PARCIAL
			M	PARCHEO PARCIAL O PROFUNDO
			H	PARCHEO PROFUNDO
14	CRUCE DE VÍA FÉRREA	m2	L	-
			M	PARCHEO PARCIAL
			H	PARCHEO O RECONSTRUCCION DEL CRUCE
15	AHUELLAMIENTO	m2	L	-
			M	PARCHEO SUPERFICIAL O PARCIAL
			H	PARCHEO PROFUNDO O FRESADO Y SOBRECARPETA
16	DESPLAZAMIENTO	m2	L	-
			M	PARCHEO SUPERFICIAL O PARCIAL
			H	PARCHEO PROFUNDO O FRESADO Y SOBRECARPETA
17	GRIETA PARABÓLICA	m2	L	-
			M	SELLADO DE GRIETAS
			H	SELLADO DE GRIETAS O PARCHEO PARCIAL
18	HINCHAMIENTO	m2	L	-
			M	RECONSTRUCCION
			H	-
19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	m2	L	-
			M	SELLO SUPERFICIAL O SOBRECARPETA
			H	SOBRECARPETA O RECONSTRUCCION

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 5

Matriz de evaluación para fallas en pavimentos flexibles

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

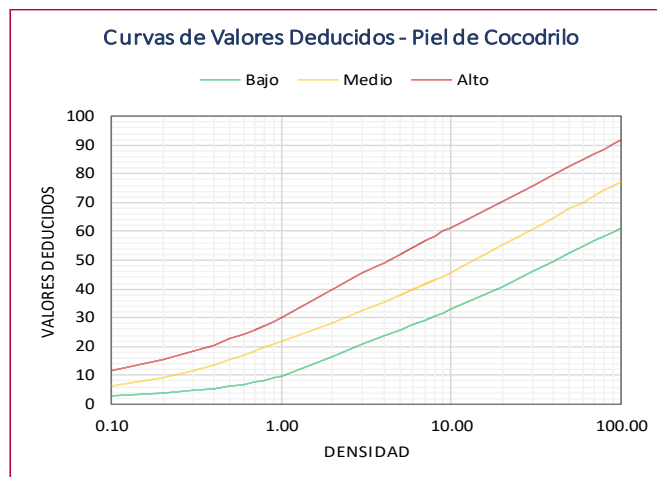
Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 6

Curvas de valores deducidos (VD) - PCI

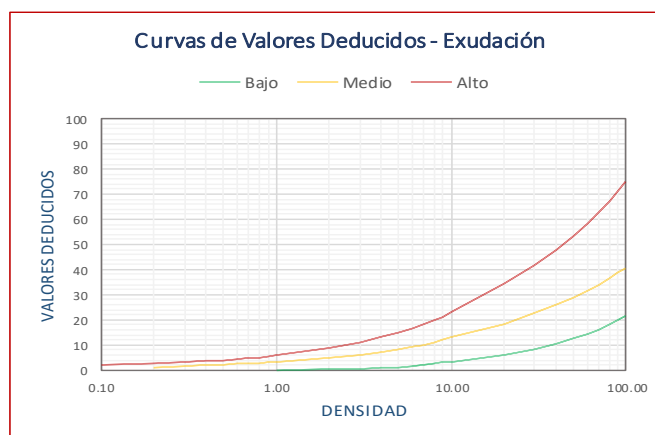
1. PIEL DE COCODRILO

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	3.10	6.40	11.80
0.20	3.80	9.30	15.60
0.30	4.60	11.60	18.40
0.40	5.30	13.50	20.60
0.50	6.10	15.30	22.60
0.60	6.90	16.80	24.30
0.70	7.60	18.30	25.90
0.80	8.40	19.70	27.30
0.90	9.10	20.90	28.60
1.00	9.90	22.00	29.90
2.00	16.70	28.20	40.05
3.00	20.70	32.50	45.50
4.00	23.60	35.60	49.30
5.00	25.80	38.00	52.20
6.00	27.60	39.90	54.60
7.00	29.10	41.60	56.70
8.00	30.50	43.00	58.40
9.00	31.60	44.30	60.00
10.00	33.00	45.60	61.30
20.00	40.80	55.40	70.40
30.00	45.90	60.90	75.80
40.00	49.50	64.80	79.50
50.00	52.40	67.80	82.50
60.00	54.70	70.20	84.90
70.00	56.60	72.30	86.90
80.00	58.30	74.10	88.60
90.00	59.80	75.70	90.20
100.00	61.10	77.10	91.60



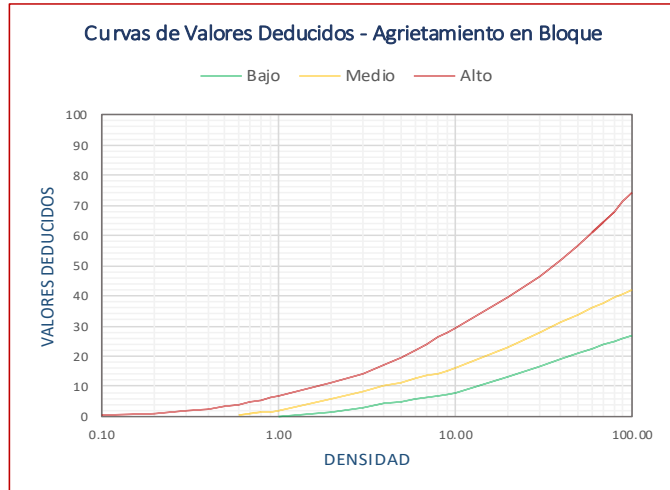
2. EXUDACIÓN

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			2.20
0.20		0.80	2.70
0.30		1.40	3.10
0.40		1.80	3.50
0.50		2.10	3.90
0.60		2.40	4.30
0.70		2.60	4.70
0.80		2.80	5.10
0.90		2.95	5.50
1.00	0.10	3.30	5.80
2.00	0.30	5.00	8.70
3.00	0.60	6.00	11.00
4.00	0.90	7.00	13.10
5.00	1.20	8.10	14.90
6.00	1.70	9.10	16.60
7.00	2.10	10.10	18.20
8.00	2.60	11.20	19.70
9.00	3.10	12.20	21.10
10.00	3.40	13.00	23.00
20.00	5.90	18.30	34.10
30.00	8.20	22.40	41.60
40.00	10.30	25.80	47.90
50.00	12.40	28.80	53.40
60.00	14.30	31.50	58.40
70.00	16.20	34.00	63.00
80.00	18.10	36.40	67.30
90.00	19.90	38.60	71.30
100.00	21.60	40.60	75.10



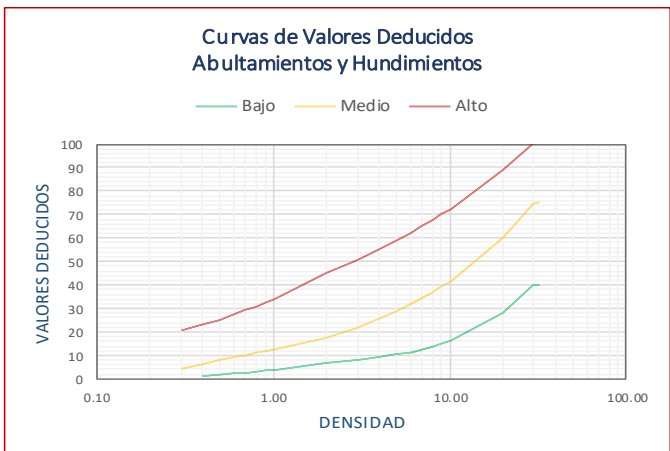
3. AGRIETAMIENTO EN BLOQUE

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			0.20
0.20			0.90
0.30			1.70
0.40			2.40
0.50			3.20
0.60		0.40	3.90
0.70		0.80	4.70
0.80		1.20	5.40
0.90		1.50	6.20
1.00	0.00	1.70	7.00
2.00	1.30	5.80	11.10
3.00	2.90	8.20	14.30
4.00	4.10	10.00	17.00
5.00	5.00	11.30	19.50
6.00	5.70	12.50	21.90
7.00	6.30	13.40	24.00
8.00	6.90	14.20	26.10
9.00	7.40	14.90	28.00
10.00	8.00	16.00	29.50
20.00	13.10	22.90	39.60
30.00	16.50	28.00	46.40
40.00	19.00	31.10	51.90
50.00	20.90	33.80	56.60
60.00	22.40	35.90	60.80
70.00	23.70	37.70	64.60
80.00	24.80	39.30	68.00
90.00	25.80	40.70	71.20
100.00	26.70	42.00	74.20



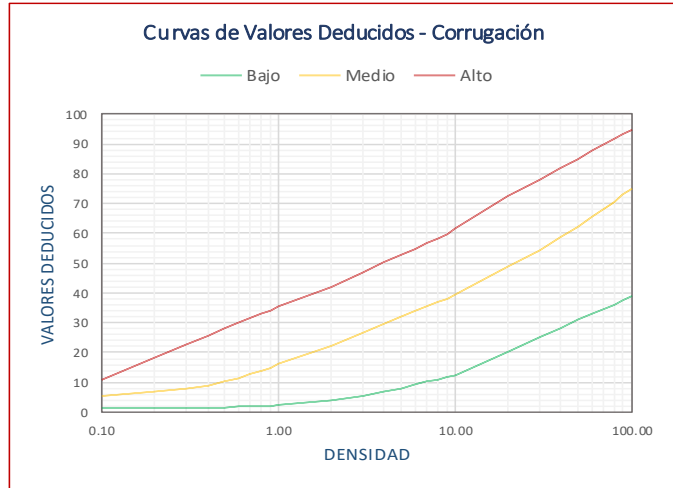
4. ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30		4.40	20.50
0.40	0.90	6.40	23.10
0.50	1.60	7.90	25.30
0.60	2.20	9.20	27.30
0.70	2.70	10.20	29.10
0.80	3.20	11.20	30.80
0.90	3.60	12.00	32.30
1.00	3.90	12.70	33.70
2.00	6.80	17.60	44.80
3.00	8.00	21.90	50.50
4.00	9.20	25.50	55.00
5.00	10.40	28.70	58.80
6.00	11.50	31.70	62.10
7.00	12.70	34.40	65.00
8.00	13.90	36.90	67.60
9.00	15.10	39.30	70.00
10.00	16.30	41.60	72.30
20.00	28.10	60.20	88.80
30.00	39.90	74.80	100.20
32.00	40.00	75.00	100.30
50.00			
60.00			
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			



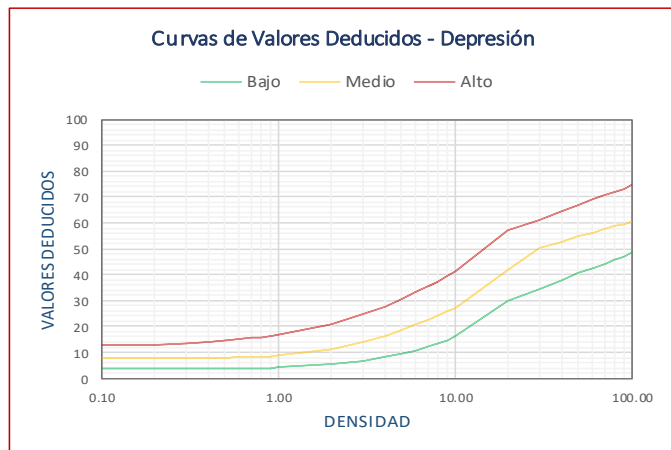
5. CORRUGACION

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	1.40	5.50	10.90
0.20	1.50	6.70	18.30
0.30	1.60	7.90	22.60
0.40	1.60	9.00	25.70
0.50	1.70	10.20	28.00
0.60	1.80	11.40	30.00
0.70	1.80	12.60	31.60
0.80	1.90	13.80	33.00
0.90	2.00	15.00	34.30
1.00	2.40	16.20	35.50
2.00	4.20	22.40	41.90
3.00	5.60	26.70	46.70
4.00	6.90	29.70	50.10
5.00	8.10	32.00	52.80
6.00	9.20	33.90	55.00
7.00	10.30	35.50	56.80
8.00	11.10	36.90	58.40
9.00	11.80	38.10	59.80
10.00	12.50	39.50	61.60
20.00	20.40	48.80	72.30
30.00	25.00	54.40	78.00
40.00	28.30	58.80	82.00
50.00	30.90	62.40	85.10
60.00	32.90	65.50	87.60
70.00	34.70	68.30	89.80
80.00	36.20	70.80	91.70
90.00	37.60	73.00	93.30
100.00	38.80	75.10	94.80



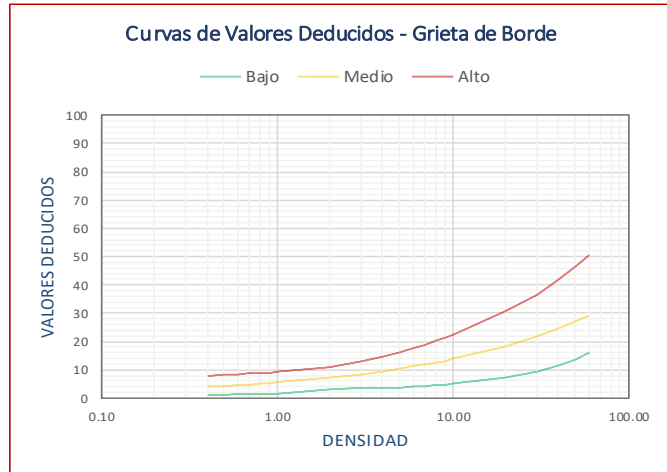
6. DEPRESION

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	3.80	7.80	12.60
0.20	3.90	7.80	13.00
0.30	3.90	7.80	13.50
0.40	3.90	7.90	14.00
0.50	3.90	8.00	14.50
0.60	3.90	8.10	15.00
0.70	4.00	8.10	15.50
0.80	4.00	8.20	15.90
0.90	4.00	8.30	16.40
1.00	4.10	9.00	17.00
2.00	5.40	11.20	20.70
3.00	6.80	14.00	24.60
4.00	8.10	16.40	27.80
5.00	9.40	18.60	30.60
6.00	10.80	20.60	33.10
7.00	12.10	22.40	35.40
8.00	13.50	24.10	37.50
9.00	14.80	25.70	39.40
10.00	16.20	27.30	41.30
20.00	29.80	42.00	56.90
30.00	34.50	50.30	61.30
40.00	37.80	52.70	64.50
50.00	40.40	54.60	66.90
60.00	42.50	56.20	68.90
70.00	44.30	57.50	70.60
80.00	45.90	58.60	72.00
90.00	47.20	59.60	73.30
100.00	48.40	60.50	74.50



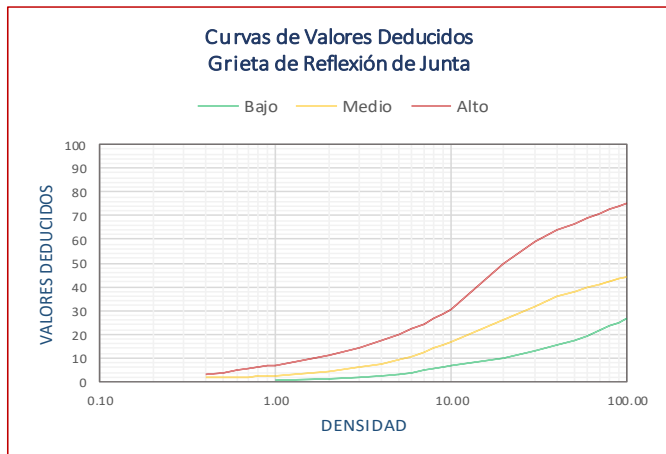
7. GRIETA DE BORDE

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40	1.20	3.90	7.90
0.50	1.20	4.30	8.20
0.60	1.30	4.60	8.40
0.70	1.40	4.80	8.60
0.80	1.50	5.10	8.80
0.90	1.60	5.30	9.00
1.00	1.70	5.50	9.20
2.00	3.20	7.10	10.70
3.00	3.40	8.40	12.90
4.00	3.60	9.50	14.70
5.00	3.80	10.40	16.20
6.00	4.00	11.20	17.60
7.00	4.30	11.90	18.90
8.00	4.50	12.60	20.10
9.00	4.70	13.20	21.20
10.00	4.90	13.80	22.30
20.00	7.10	18.40	30.50
30.00	9.30	21.80	36.70
40.00	11.50	24.60	41.90
50.00	13.70	26.90	46.40
60.00	15.90	29.10	50.40
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			



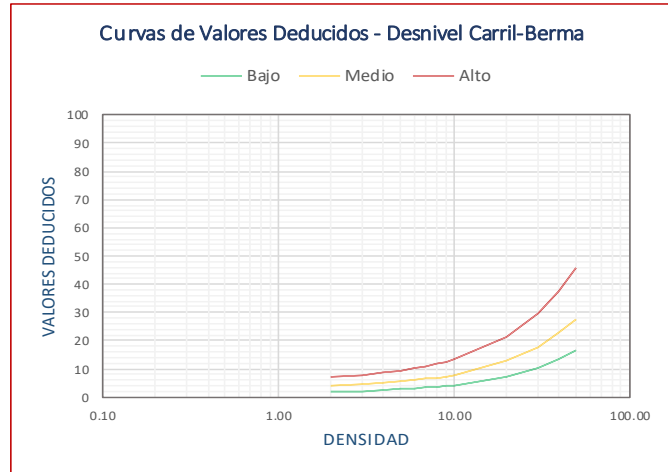
8. GRIETA DE REFLEXION DE JUNTA

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40		1.60	2.80
0.50		1.80	4.00
0.60		2.00	5.00
0.70		2.10	5.80
0.80		2.30	6.50
0.90		2.50	7.10
1.00	0.40	2.60	7.10
2.00	1.10	4.30	11.20
3.00	1.90	5.90	14.40
4.00	2.60	7.50	17.30
5.00	3.30	9.20	19.90
6.00	4.00	10.80	22.30
7.00	4.70	12.50	24.50
8.00	5.40	14.10	26.70
9.00	6.10	15.70	28.70
10.00	6.60	16.60	30.70
20.00	10.10	26.20	49.50
30.00	12.90	31.80	59.00
40.00	15.30	36.10	63.80
50.00	17.50	38.10	66.60
60.00	19.50	39.80	68.90
70.00	21.50	41.20	70.80
80.00	23.30	42.20	72.50
90.00	25.00	43.50	73.90
100.00	26.60	44.40	75.30



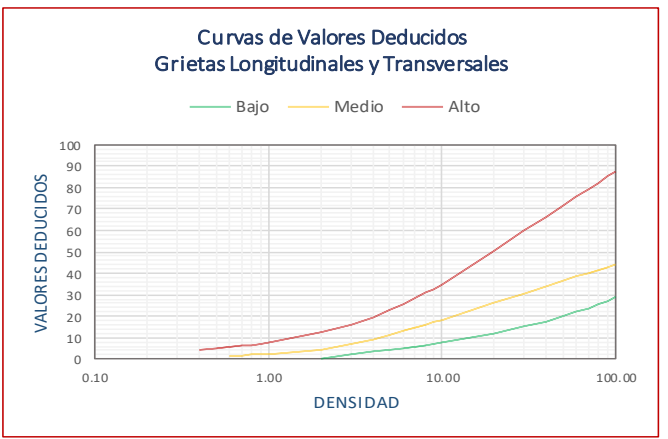
9. DESNIVEL CARRIL-BERMA

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40			
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00			
2.00	1.90	3.90	7.00
3.00	2.20	4.40	7.80
4.00	2.50	4.90	8.60
5.00	2.80	5.40	9.40
6.00	3.10	5.90	10.20
7.00	3.40	6.40	11.00
8.00	3.70	6.90	11.80
9.00	4.00	7.40	12.60
10.00	4.30	7.90	13.40
20.00	7.30	12.80	21.50
30.00	10.30	17.80	29.60
40.00	13.40	22.70	37.60
50.00	16.40	27.70	45.70
60.00			
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			



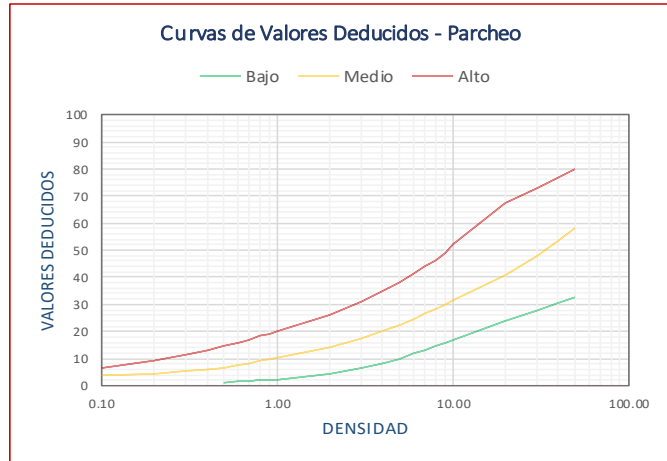
10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40			4.30
0.50			4.90
0.60		1.40	5.60
0.70		1.70	6.20
0.80		1.90	6.70
0.90		2.10	7.30
1.00		2.40	7.80
2.00	0.10	4.60	12.30
3.00	2.00	6.90	16.10
4.00	3.30	9.20	19.50
5.00	4.30	11.50	22.60
6.00	5.10	13.00	25.50
7.00	5.80	14.30	28.20
8.00	6.40	15.80	30.80
9.00	7.00	17.10	32.50
10.00	8.00	18.30	34.30
20.00	12.20	26.10	50.30
30.00	15.10	30.60	59.70
40.00	17.70	33.90	66.30
50.00	19.90	36.40	71.50
60.00	22.00	38.40	75.70
70.00	23.90	40.10	79.30
80.00	25.60	41.60	82.30
90.00	27.30	43.00	85.10
100.00	28.90	44.20	87.50



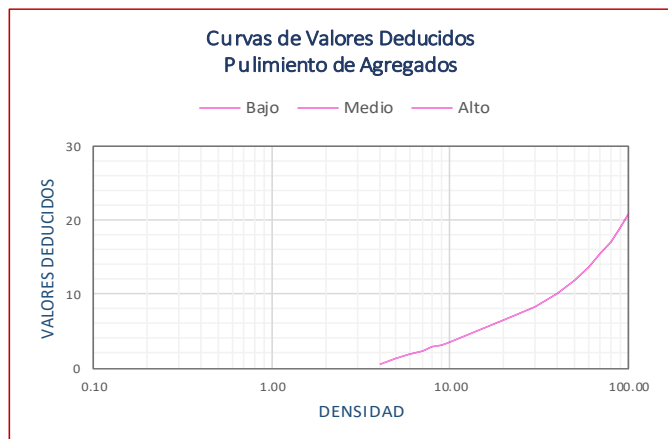
11. PARCHEO

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10		3.70	6.50
0.20		4.50	9.20
0.30		5.20	11.20
0.40		6.00	12.90
0.50	1.20	6.70	14.40
0.60	1.40	7.50	15.80
0.70	1.60	8.20	17.10
0.80	1.90	9.00	18.30
0.90	2.10	9.70	19.00
1.00	2.30	10.10	20.00
2.00	4.40	14.30	26.00
3.00	6.60	17.40	30.80
4.00	8.00	20.10	34.80
5.00	9.90	22.40	38.20
6.00	11.70	24.60	41.20
7.00	13.20	26.50	44.00
8.00	14.60	28.30	46.50
9.00	15.70	30.00	48.90
10.00	16.80	31.50	52.00
20.00	23.70	41.00	67.50
30.00	27.80	47.90	73.10
40.00	30.70	53.40	77.00
50.00	32.90	58.20	80.10
60.00			
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			



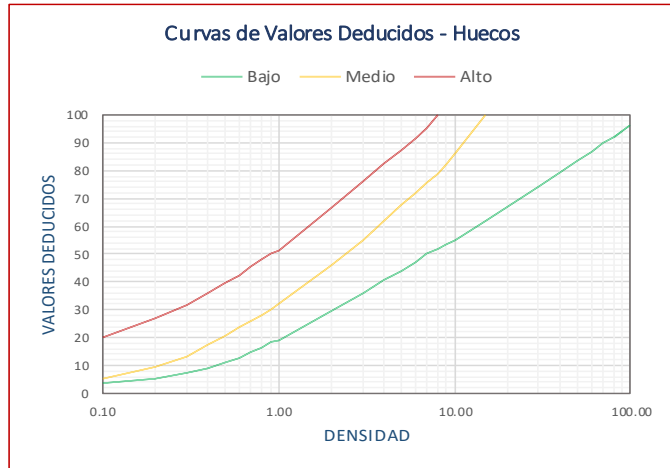
12. PULIMENTO DE AGREGADOS

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40			
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00			
2.00			
3.00			
4.00		0.50	
5.00		1.20	
6.00		1.80	
7.00		2.30	
8.00		2.80	
9.00		3.10	
10.00		3.50	
20.00		6.50	
30.00		8.30	
40.00		10.10	
50.00		11.80	
60.00		13.60	
70.00		15.40	
80.00		17.10	
90.00		18.90	
100.00		20.70	



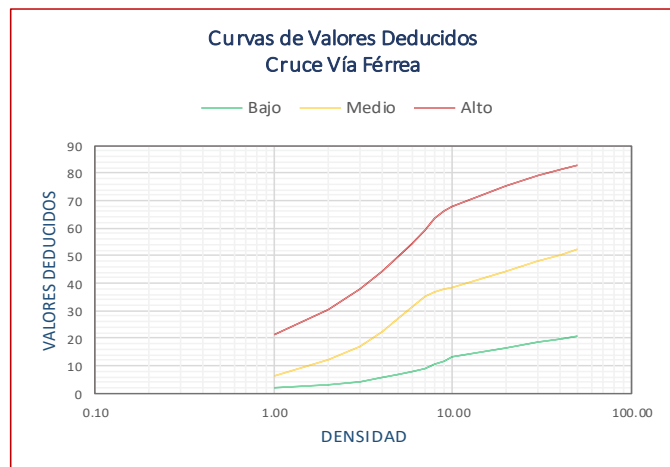
13. HUECOS

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	3.50	5.20	19.90
0.20	5.30	9.40	26.70
0.30	7.20	13.40	31.70
0.40	9.10	17.20	35.80
0.50	10.90	20.50	39.40
0.60	12.80	23.90	42.50
0.70	14.60	25.90	45.40
0.80	16.50	27.80	48.00
0.90	18.30	30.00	50.50
1.00	18.80	32.00	51.40
2.00	29.70	46.00	66.90
3.00	36.10	55.00	76.00
4.00	40.60	62.10	82.40
5.00	44.10	67.60	87.40
6.00	46.90	72.10	91.50
7.00	50.00	75.50	95.00
8.00	52.00	79.10	100.0
9.00	53.30	82.00	
10.00	55.00	86.50	
15.00	62.00	100.00	
30.00	74.30		
40.00	79.50		
50.00	83.60		
60.00	87.00		
70.00	89.80		
80.00	92.20		
90.00	94.40		
100.00	96.30		



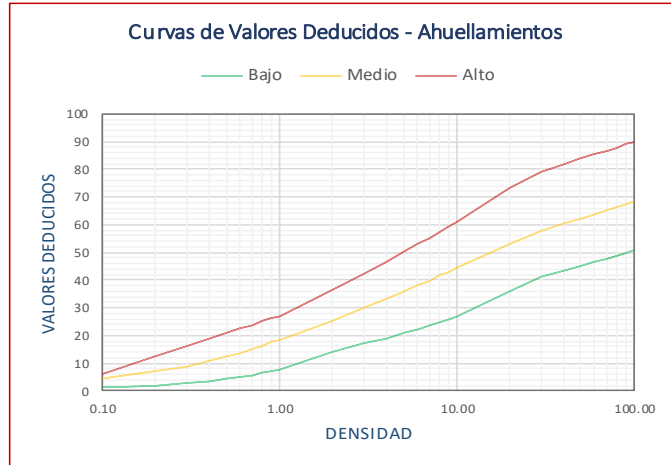
14. CRUCE DE VÍA FÉRREA

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40			
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00	2.00	6.50	21.20
2.00	3.20	12.10	30.60
3.00	4.40	17.20	37.90
4.00	5.60	22.20	44.20
5.00	6.80	27.00	49.70
6.00	8.00	31.70	54.70
7.00	9.20	35.00	59.40
8.00	10.50	36.80	63.80
9.00	11.70	37.70	66.00
10.00	13.10	38.60	68.00
20.00	16.50	44.50	75.60
30.00	18.50	48.00	78.90
40.00	19.90	50.40	81.20
50.00	20.90	52.30	83.10
60.00			
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			



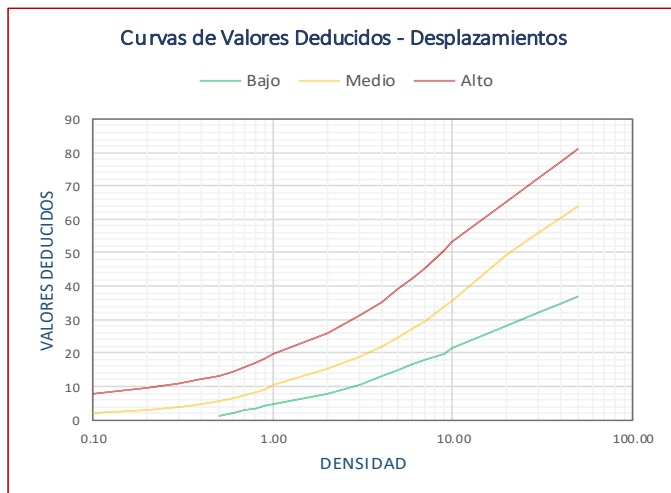
15. AHUELLAMIENTO

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	1.10	4.60	6.00
0.20	2.00	7.10	12.40
0.30	2.80	9.00	16.10
0.40	3.60	10.80	18.80
0.50	4.30	12.30	20.80
0.60	5.10	13.80	22.50
0.70	5.80	15.10	23.90
0.80	6.50	16.40	25.20
0.90	7.20	17.60	26.20
1.00	7.90	18.20	26.70
2.00	14.00	25.30	36.20
3.00	17.10	30.10	42.40
4.00	19.10	33.40	46.80
5.00	20.80	36.10	50.20
6.00	22.30	38.20	53.00
7.00	23.60	39.80	55.30
8.00	24.90	41.60	57.40
9.00	26.00	42.90	59.20
10.00	27.10	44.20	60.80
20.00	35.90	53.00	73.00
30.00	41.40	57.90	79.30
40.00	43.40	60.30	81.80
50.00	45.10	62.10	83.80
60.00	46.50	63.70	85.40
70.00	47.70	65.10	86.80
80.00	48.80	66.30	87.90
90.00	49.70	67.40	89.00
100.00	50.60	68.40	89.90



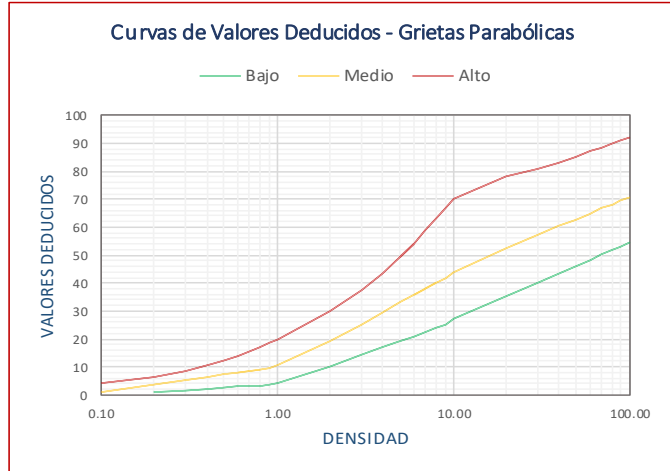
16. DESPLAZAMIENTO

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10		2.20	8.00
0.20		3.10	9.63
0.30		4.00	10.70
0.40		4.80	12.00
0.50	1.10	5.70	13.30
0.60	2.00	6.60	14.60
0.70	2.80	7.50	15.90
0.80	3.50	8.30	17.20
0.90	4.10	9.20	18.60
1.00	4.60	10.50	19.50
2.00	7.70	15.40	26.10
3.00	10.60	19.00	31.20
4.00	13.00	22.10	35.40
5.00	14.90	24.80	39.00
6.00	16.50	27.30	42.30
7.00	17.80	29.60	45.20
8.00	18.90	31.70	48.00
9.00	19.90	33.70	50.50
10.00	21.30	35.60	53.10
20.00	28.00	49.30	65.20
30.00	31.90	55.90	72.30
40.00	34.60	60.50	77.30
50.00	36.80	64.10	81.20
60.00			
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			



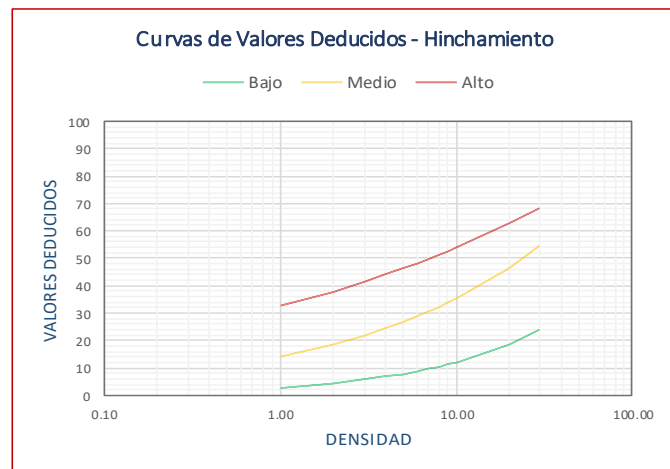
17. GRIETAS PARABÓLICAS

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10		1.00	4.00
0.20	0.80	3.60	6.50
0.30	1.60	5.20	8.60
0.40	2.10	6.30	10.60
0.50	2.50	7.20	12.40
0.60	2.90	7.90	14.00
0.70	3.20	8.50	15.60
0.80	3.40	9.00	17.20
0.90	3.70	9.50	18.70
1.00	4.30	10.60	20.00
2.00	10.20	19.30	30.20
3.00	14.20	25.30	37.50
4.00	17.10	29.60	43.60
5.00	19.30	32.90	49.10
6.00	21.10	35.60	54.10
7.00	22.60	37.80	58.80
8.00	24.00	40.00	63.10
9.00	25.10	42.00	67.20
10.00	27.20	44.00	69.90
20.00	35.40	52.70	78.00
30.00	40.20	57.20	81.00
40.00	43.60	60.40	83.20
50.00	46.20	62.90	85.40
60.00	48.40	64.90	87.10
70.00	50.20	66.70	88.60
80.00	51.80	68.20	89.90
90.00	53.20	69.50	91.10
100.00	54.40	70.60	92.10



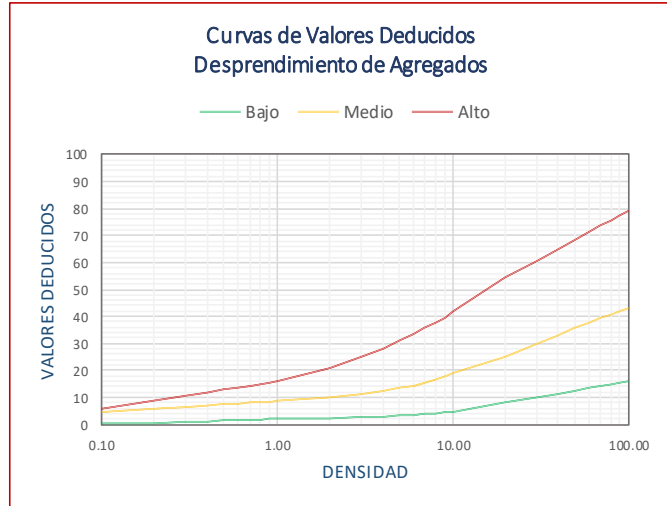
18. HINCHAMIENTO

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40			
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00	2.80	14.10	32.50
2.00	4.40	18.50	37.80
3.00	5.70	21.80	41.30
4.00	6.80	24.40	44.00
5.00	7.80	26.70	46.20
6.00	8.70	28.70	48.10
7.00	9.60	30.50	49.80
8.00	10.50	32.20	51.30
9.00	11.30	33.80	52.60
10.00	12.00	35.20	53.80
20.00	18.60	46.40	62.70
30.00	23.90	54.60	68.50
40.00			
50.00			
60.00			
70.00			
80.00			
90.00			
100.00			



19. DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	0.30	4.40	5.70
0.20	0.40	5.70	8.80
0.30	0.80	6.50	10.60
0.40	1.20	7.00	11.90
0.50	1.40	7.40	12.90
0.60	1.60	7.80	13.70
0.70	1.70	8.10	14.40
0.80	1.90	8.30	15.00
0.90	2.00	8.50	15.50
1.00	2.00	8.90	16.00
2.00	2.30	10.00	21.00
3.00	2.70	11.20	24.90
4.00	3.00	12.30	28.20
5.00	3.30	13.40	30.90
6.00	3.70	14.50	33.40
7.00	4.00	15.70	35.60
8.00	4.30	16.80	37.70
9.00	4.60	17.90	39.60
10.00	4.60	19.00	42.00
20.00	8.00	25.30	54.50
30.00	10.00	29.90	60.60
40.00	11.40	33.10	65.00
50.00	12.50	35.60	68.40
60.00	13.40	37.60	71.10
70.00	14.10	39.30	73.50
80.00	14.80	40.80	75.50
90.00	15.30	42.10	77.30
100.00	15.80	43.30	78.90

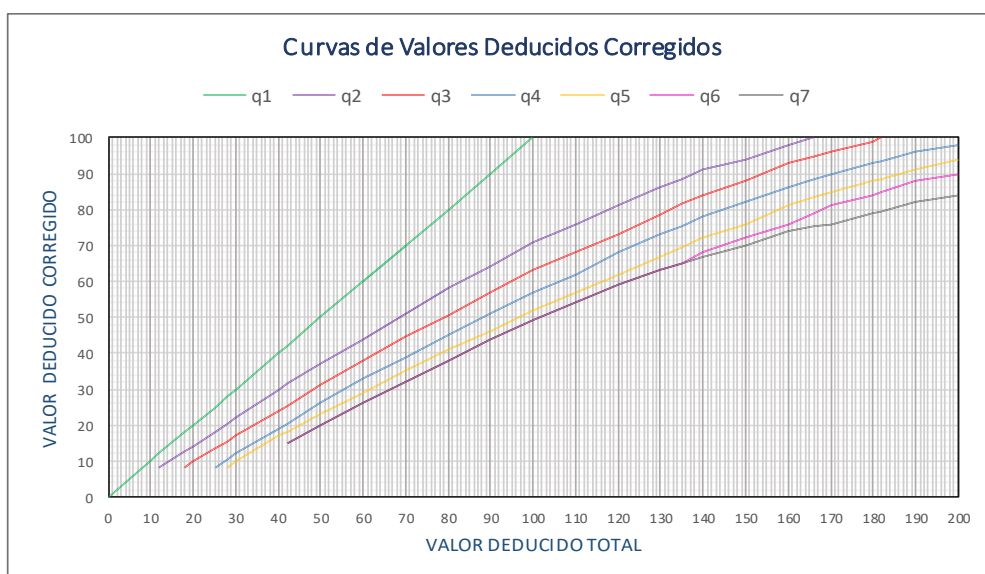


ANEXO 7

Curva de valores deducidos corregidos (VDC) - PCI

VALORES DEDUCIDOS CORREGIDOS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES







VDT	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO						
	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7
0.0	0.0						
10.0	10.0						
12.0	12.0	8.0					
18.0	18.0	12.5	8.0				
20.0	20.0	14.0	10.0				
25.0	25.0	18.0	13.5	8.0			
28.0	28.0	20.4	15.6	10.4	8.0		
30.0	30.0	22.0	17.0	12.0	10.0		
40.0	40.0	30.0	24.0	19.0	17.0		
42.0	42.0	31.4	25.4	20.4	18.2	15.0	15.0
50.0	50.0	37.0	31.0	26.0	23.0	20.0	20.0
60.0	60.0	44.0	38.0	33.0	29.0	26.0	26.0
70.0	70.0	51.0	44.5	39.0	35.0	32.0	32.0
80.0	80.0	58.0	50.5	45.0	41.0	38.0	38.0
90.0	90.0	64.0	57.0	51.0	46.0	44.0	44.0
100.0	100.0	71.0	63.0	57.0	52.0	49.0	49.0
110.0		76.0	68.0	62.0	57.0	54.0	54.0
120.0		81.0	73.0	68.0	62.0	59.0	59.0
130.0		86.0	78.5	73.0	67.0	63.0	63.0
135.0		88.5	81.5	75.5	69.5	65.0	65.0
140.0		91.0	84.0	78.0	72.0	68.0	67.0
150.0		94.0	88.0	82.0	76.0	72.0	70.0
160.0		98.0	93.0	86.0	81.0	76.0	74.0
166.0		100.0	94.8	88.4	83.4	79.0	75.2
170.0			96.0	90.0	85.0	81.0	76.0
180.0			99.0	93.0	88.0	84.0	79.0
182.0			100.0	93.6	88.6	84.8	79.6
190.0				96.0	91.0	88.0	82.0
200.0				98.0	94.0	90.0	84.0



ANEXO 8

Fotografías de la evaluación

Panel fotográfico avenida Cincuentenario

	
Hundimiento	Depresión
	
Desplazamiento	Hueco
	
Desprendimiento de agregados	Pulimiento de agregados



Parche



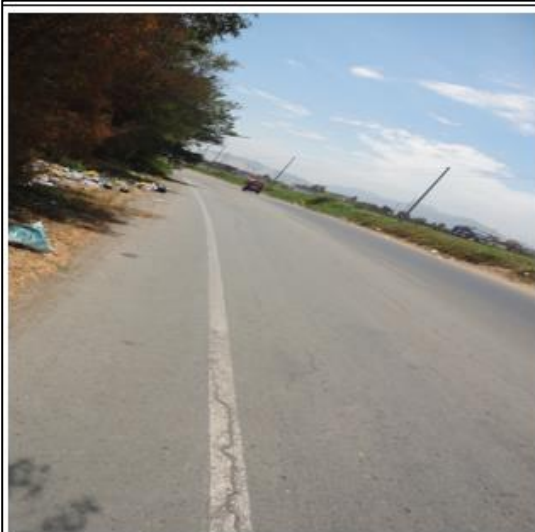
piel de cocodrilo



Agrietamiento en bloque



Desnivel carril berna



Grieta de borde



Grieta de reflexión junta



Grieta longitudinal



Grieta transversal



Abultamiento



Exudación



"AVENIDA CINCUENTENARIO - HUACHO - HUAURA - LIMA"

Panel fotográfico avenida Colón



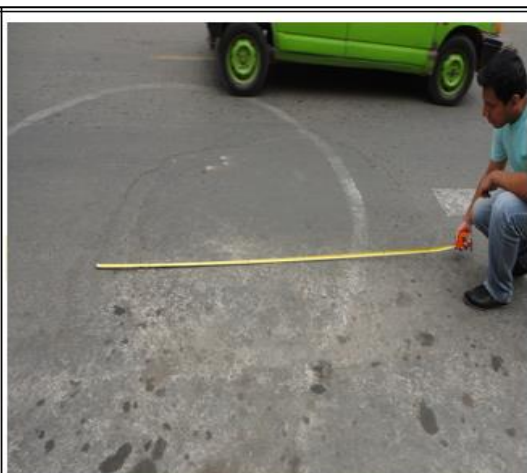
Parche



Hueco



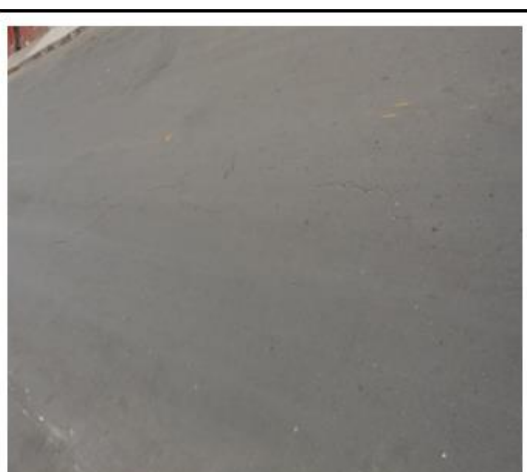
Desprendimiento de agregados



Grieta parabólica



Fisura transversal



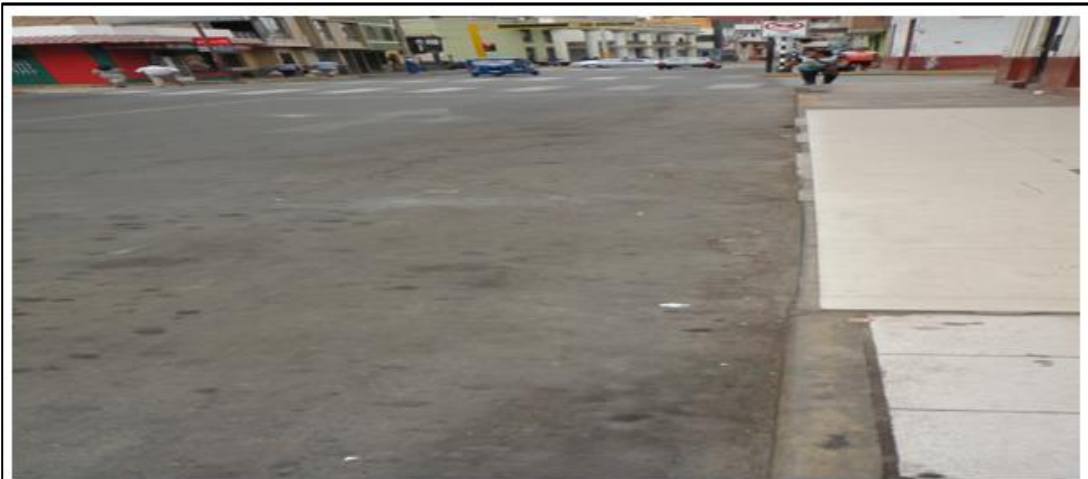
Fisura longitudinal



Piel de cocodrilo



Abultamiento



Grieta de borde



"AVENIDA COLÓN - HUACHO - HUAURA - LIMA"

Panel fotográfico avenida Miguel Grau



Abultamiento



Desprendimiento de agregados



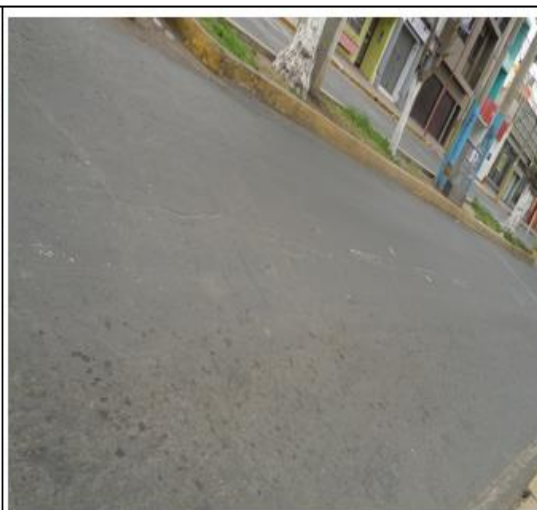
Piel de cocodrilo



Grieta transversal



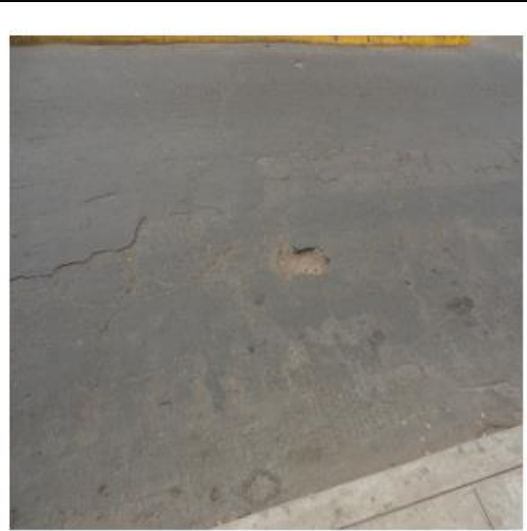
Agrietamiento en bloque



Grieta longitudinal



Parche



Huaco



Hundimiento



Grieta de reflexión de junta



"AVENIDA MIGUEL GRAU - HUACHO - HUAURA - LIMA"

ANEXO 9

Matriz de consistencia metodológica

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
PROBLEMA PRINCIPAL	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICES	MÉTODO
Problema general:	Objetivo general:	Hipótesis general:				
¿Cómo determinar el estado de conservación del pavimento flexible realizando la evaluación superficial de pavimentos aplicando la metodología Pavement Condition Index (PCI) en las vías arteriales Cincuentenario, Colón y Miguel Grau, (Huacho-Huaura-Lima)?	Determinar la evaluación superficial de pavimentos mediante el método Pavement Condition Index (PCI) para conocer el estado de conservación de las vías arteriales Cincuentenario, Colón y Miguel Grau Huacho-Huaura-Lima.	Al determinar la evaluación superficial de pavimentos mediante el método Pavement Condition Index (PCI) se conoce el estado de conservación de las vías arteriales Cincuentenario, Colón y Miguel Grau Huacho-Huaura-Lima.	<u>Variable dependiente:</u> Evaluación superficial de pavimentos	Evaluación inicial	Parametros de evaluación	Es aplicada porque tiene como objetivo resolver un determinado problema y descriptiva ya que tiene por finalidad detallar los hechos tal como son observados El tipo de investigación es de enfoque mixto ya que abarca dos tipos: cualitativo y cuantitativo.
				Evaluación detallada	Cálculo del PCI Condición del pavimento	
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicos:				
¿Cómo se determinan los parámetros de evaluación para realizar la evaluación superficial en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau, (Huacho-Huaura-Lima)?	Determinar los parámetros de evaluación según la metodología PCI para realizar la evaluación superficial de las vías arteriales Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima).	Al identificar los parámetros de evaluación según la metodología PCI como datos, se realiza la evaluación superficial de las vías arteriales Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima).	<u>Variable Independiente:</u> Método Pavement Condition Index (PCI)	Parámetros de evaluación	Clase Severidad Extensión	El nivel de la investigación es descriptivo, puesto que tiene por propósito describir los niveles de severidad, tipos de fallas presentados en el pavimento flexible, además de detallar el procedimiento de inspección ocular a realizarse.
¿Cómo se calcula el índice de condición de pavimento para la evaluación superficial de las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau, (Huacho-Huaura-Lima)?	Aplicar la metodología PCI para calcular el índice de condición de pavimento en las vías arteriales Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima).	Al aplicar la metodología PCI se calcula el índice de condición de pavimento que tienen las vías arteriales Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima).		Cálculo del PCI	Cálculo del número máximo de valor deducido Determinar el número máximo admisible de valor deducido Cálculo del máximo valor deducido corregido (CDV) Determinar el PCI	
¿En qué condición de pavimento se encuentra el tramo de las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau, (Huacho-Huaura-Lima)?	Determinar la condición de pavimento de las vías arteriales Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima), para definir si se encuentra operando a los niveles de servicio óptimos.	Al determinar la condición actual de las vías arteriales se define si la vía se encuentra operando a los niveles de servicio óptimo en las vías arteriales Cincuentenario, Colón y Miguel Grau Huacho-Huaura-Lima.		Condición del pavimento	Identificar la escala de clasificación PCI Determinar la condición según la escala	Se tiene un diseño de investigación no experimental, dado que no se manipuló la variable independiente, según la temporalización la investigación es de tipo transversal. Además, es prospectivo, ya que los datos tomados en campo fueron recientes.
Fuente: Elaboración propia						