



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI PARA MINIMIZAR
COSTOS Y TIEMPO EN LA REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO
DE LA AVENIDA DOMINGO ORUÉ SURQUILLO – LIMA**

PRESENTADA POR

AÍDA VANESSA RIVAS MONTALDO

CHRISTIAN JEANPIERRE VARGAS NADAL,

ASESOR

JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ

2017



**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

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI PARA MINIMIZAR
COSTOS Y TIEMPO EN LA REHABILITACIÓN DEL
PAVIMENTO DE LA AVENIDA DOMINGO ORUÉ
SURQUILLO – LIMA**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR

RIVAS MONTALDO, AÍDA VANESSA

VARGAS NADAL, CHRISTIAN JEANPIERRE

LIMA – PERÚ

2017

Dedicatoria

A mi madre, por el amor y el invaluable apoyo que siempre me ha brindado para alcanzar mis metas.

A mi hermano, por ser el motor y motivo de mi perseverancia.

A mi padre, por la confianza y aliento que me da día a día.

A mi mamá Ana, por los valores impartidos, la educación y el cariño infinito.

V. Rivas

Dedicatoria

A mi madre, por los consejos y el amor brindado en cada momento de mi vida.

A mi padre, por el apoyo y la motivación constante a realizarme como profesional.

A mi hermana, por ser mi guía y ejemplo a seguir durante toda mi vida universitaria

C. Vargas

Agradecimientos

A Dios, por ser nuestro guía espiritual.

A nuestra alma mater, la Universidad de San Martín de Porres, por los conocimientos brindados. Al Ing. Alexis Samohod por la sabiduría y conocimientos compartidos en clase; al Ing. Juan Manuel Oblitas por el asesoramiento constante en el desarrollo de esta tesis.

A la Municipalidad distrital de Surquillo, por la información brindada y a nuestros amigos y compañeros por el apoyo y aliento que siempre encontramos en ellos.

Rivas, Vargas

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Situación problemática	1
1.2 Formulación del problema	2
1.3 Objetivos	2
1.4 Justificación e importancia	3
1.5 Alcances y limitaciones	3
1.6 Viabilidad	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Antecedentes de la investigación	5
2.2 Bases teóricas	7
2.3 Formulación de hipótesis	84
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	85
3.1 Tipo de investigación	85
3.2 Nivel de la investigación	85
3.3 Diseño de la investigación	85

3.4 Variables	86
3.5 Operacionalización de las variables	86
3.6 Población y muestra	88
3.7 Técnicas de investigación	88
3.8 Procesamiento y análisis estadístico de los datos	89
3.9 Cronograma de Actividades	89
CAPÍTULO IV. PRUEBAS Y RESULTADOS	90
4.1 Evaluación del pavimento mixto de la avenida Domingo Orué	90
4.2 Aplicación de la metodología PCI	91
4.3 Parámetros de evaluación	96
4.4 Índice de condición del pavimento	100
4.5 Estrategias de rehabilitación	102
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN Y APLICACIONES	106
5.1 Discusión	106
5.2 Aplicaciones	110
CONCLUSIONES	111
RECOMENDACIONES	112
FUENTES DE INFORMACIÓN	113
ANEXOS	115

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1: Calificación de la condición del pavimento PCI	12
Tabla 2: Formato de toma de muestras para superficies asfálticas	13
Tabla 3: Formato de toma de muestras para superficies de concreto	14
Tabla 4: Formato para las iteraciones del cálculo del CDV	18
Tabla 5: Niveles de severidad para huecos	42
Tabla 6: Niveles de severidad - losa dividida	58
Tabla 7: Niveles de severidad - escala	61
Tabla 8: Niveles de severidad - punzonamiento	77
Tabla 9: Niveles de severidad - descascaramiento de esquina	81
Tabla 10: Niveles de severidad - descascaramiento de junta	82
Tabla 11: Operacionalización de las variables de las hipótesis secundarias	87
Tabla 12: Cronograma de actividades	89
Tabla 13: Seccionamiento de la vía en unidades de muestra	91
Tabla 14: Formato PCI para pavimento flexible	92
Tabla 15: Formato PCI para pavimento rígido	95
Tabla 16: Cuadro de fallas de la sección 1 - pavimento flexible	97
Tabla 17: Cuadro de fallas de la sección 2 - pavimento rígido	97
Tabla 18: Cuadro de fallas para la sección 3 - pavimento flexible	98
Tabla 19: Cuadro de fallas de la sección 4 - pavimento flexible	98
Tabla 20: Cuadro de fallas de la sección 5 - pavimento rígido	99
Tabla 21: Cuadro de fallas de la sección 6 - pavimento flexible	99
Tabla 22: Cuadro de fallas de la sección 7 - pavimento rígido	100

Tabla 23: Cuadro resumen PCI para cada unidad de muestra	101
Tabla 24: Metrado y rehabilitación para fallas de pavimentos flexibles	102
Tabla 25: Metrado y rehabilitación para fallas de pavimento rígido	103
Tabla 26: Presupuesto de rehabilitación empleando la metodología PCI	104
Tabla 27: Inventario de los tipos de fallas para pavimento flexible y rígido	106
Tabla 28: Porcentaje de incidencia de las severidades	109
Tabla 29: Intervención en base al rango del PCI	109

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Estructura típica de un pavimento asfáltico (flexible)	8
Figura 2: Estructura típica de un pavimento rígido	9
Figura 3: Estructura típica de un pavimento rígido	9
Figura 4: Piel de cocodrilo - severidad baja	20
Figura 5: Piel de cocodrilo - severidad media	20
Figura 6: Piel de cocodrilo - severidad alta	21
Figura 7: Exudación - severidad baja	22
Figura 8: Exudación - severidad media	22
Figura 9: Exudación - severidad alta	23
Figura 10: Agrietamiento en bloque - severidad baja	24
Figura 11: Agrietamiento en bloque - severidad media	24
Figura 12: Agrietamiento en bloque - severidad alta	25
Figura 13: Abultamiento y hundimientos - severidad baja	26
Figura 14: Abultamientos y hundimientos - severidad media	26
Figura 15: Abultamientos y hundimientos - severidad alta	27
Figura 16: Corrugación - severidad baja	28
Figura 17: Corrugación - severidad media	28
Figura 18: Corrugación - severidad alta	28
Figura 19: Depresión - severidad baja	29
Figura 20: Depresión - severidad media	30
Figura 21: Depresión - severidad alta	30
Figura 22: Grieta de borde - severidad baja	31
Figura 23: Grieta de borde - severidad media	31

Figura 24: Grieta de borde - severidad alta	32
Figura 25: Grieta de reflexión de junta - severidad baja	33
Figura 26: Grieta de reflexión de junta - severidad media	34
Figura 27: Grieta de reflexión de junta - severidad alta	34
Figura 28: Desnivel carril/berma - severidad baja	35
Figura 29: Desnivel carril/berma - severidad media	36
Figura 30: Desnivel carril/berma - severidad alta	36
Figura 31: Grietas longitudinales y transversales - severidad baja	38
Figura 32: Grietas longitudinales y transversales - severidad media	38
Figura 33: Grietas longitudinales y transversales - severidad alta	38
Figura 34: Parcheo y acometidas de servicios públicos - severidad baja	40
Figura 35: Parcheo y acometidas de servicios públicos - severidad media	40
Figura 36: Parcheo y acometidas de servicios públicos - severidad alta	40
Figura 37: Pulimiento de agregados	41
Figura 38: Huecos - severidad baja	43
Figura 39: Huecos - severidad media	43
Figura 40: huecos - severidad alta	43
Figura 41: Cruce de vía férrea - severidad baja	44
Figura 42: Cruce de vía férrea - severidad media	45
Figura 43: Cruce de vía férrea - severidad alta	45
Figura 44: Ahuellamiento - severidad baja	46
Figura 45: Ahuellamiento - severidad media	46
Figura 46: Ahuellamiento - severidad alta	47
Figura 47: Desplazamiento - severidad baja	48
Figura 48: Desplazamiento - severidad media	48
Figura 49: Desplazamiento - severidad alta	48
Figura 50: Grietas parabólicas - severidad baja	49
Figura 51: Grietas parabólicas - severidad media	50
Figura 52: Grietas parabólicas - severidad alta	50
Figura 53: Hinchamiento	51
Figura 54: Meteorización y desprendimiento de agregados - severidad baja	52
Figura 55: Meteorización y desprendimiento de agregados - severidad media	53

Figura 56: Meteorización y desprendimiento de agregados - severidad alta	53
Figura 57: Blowup - Buckling - severidad baja	54
Figura 58: Blowup - Buckling - severidad media	54
Figura 59: Blowup - Buckling - severidad alta	55
Figura 60: Grieta de esquina - severidad baja	56
Figura 61: Grieta de esquina - severidad media	57
Figura 62: Grieta de esquina - severidad alta	57
Figura 63: Losa dividida - severidad baja	58
Figura 64: Losa dividida - severidad media	58
Figura 65: Losa dividida - severidad alta	59
Figura 66: Grieta de durabilidad - severidad baja	60
Figura 67: Grieta de durabilidad - severidad media	60
Figura 68: Grieta de durabilidad - severidad alta	61
Figura 69: Falla de escala - severidad baja	62
Figura 70: Falla de escala - severidad media	62
Figura 71: Falla de escala - severidad alta	63
Figura 72: Sello de junta - severidad baja	64
Figura 73: Sello de junta - severidad media	64
Figura 74: Sello de junta - severidad alta	65
Figura 75: Desnivel carril/berma - severidad baja	66
Figura 76: Desnivel carril/berma - severidad media	66
Figura 77: Desnivel carril/berma - severidad alta	67
Figura 78: Grietas lineales - severidad baja	69
Figura 79: Grietas lineales - severidad media	69
Figura 80: Grietas lineales - severidad alta	70
Figura 81: Parche grande - severidad baja	71
Figura 82: Parche grande - severidad media	71
Figura 83: Parche grande - severidad alta	71
Figura 84: Parche pequeño - severidad baja	72
Figura 85: Parche pequeño - severidad media	73
Figura 86: Parche pequeño - severidad alta	73
Figura 87: Pulimiento de agregados	74
Figura 88: Popout	75

Figura 89: Bombeo	76
Figura 90: Punzonamiento - severidad alta	77
Figura 91: Cruce de vía férrea - severidad media	78
Figura 92: Desconchamiento/Mapa de grietas/ Craquelado - severidad media	79
Figura 93: Desconchamiento/Mapa de grietas/ Craquelado - severidad alta	80
Figura 94: Grietas de retracción	80
Figura 95: Descascaramiento de esquina - severidad alta	82
Figura 96: Descascaramiento de junta - severidad baja	83
Figura 97: Descascaramiento de junta - severidad media	83
Figura 98: Descascaramiento de junta - severidad alta	84
Figura 99: Vista satelital de la avenida Domingo Orué	90
Figura 100: Cronograma de obra	105
Figura 101: Incidencia de fallas en pavimento flexible	107
Figura 102: Incidencia de fallas en pavimento rígido	108

RESUMEN

La presente tesis denominada “Aplicación de la metodología PCI para minimizar costos y tiempo en la rehabilitación de la avenida Domingo Orué. Surquillo - Lima” tuvo como objetivo principal aplicar la metodología PCI en la avenida Domingo Orué, con el fin de minimizar los costos y tiempo de rehabilitación del pavimento de dicha avenida. El método *Pavement Condition Index* (PCI); es considerado uno de los más completos para evaluar y calificar el estado en el que se encuentra el pavimento, por lo que ha sido publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación. Es por ello que en la presente tesis, se emplea esta metodología en el pavimento mixto (concreto asfalto) de la avenida Domingo Orué, donde se logra identificar los parámetros de evaluación correspondientes, así como el índice de condición de pavimento.

Al realizar la evaluación superficial del pavimento mediante el método PCI, se conoce que el estado de conservación de la Av. Domingo Orué es “MALO”, con un índice de condición de pavimento de 37.04 y con esto se escogieron las actividades de rehabilitación a realizarse son en su mayoría, parcheo superficiales, parcheo profundo y sellado de grietas. Al elaborar el presupuesto de rehabilitación luego de haber procesado toda la información obtenida, se obtuvo que los costos se reducen en 57% y el tiempo de ejecución en 40%.

Palabras claves: Evaluación superficial del pavimento, Índice de condición del pavimento (PCI), rehabilitación.

ABSTRACT

This thesis called "Application of the PCI methodology to minimize costs and time in the rehabilitation of Avenida Domingo Orué. Surquillo - Lima" had as main objective to apply the PCI methodology in Domingo Orué avenue, in order to minimize the costs and time of rehabilitation of the pavement of said avenue. The Pavement Condition Index (PCI) method; It is considered one of the most complete to assess and qualify the state in which the pavement is located, so it has been published by the ASTM as a method of analysis and application. That is why in this thesis, this methodology is used in the mixed pavement (concrete asphalt) of Domingo Orué Avenue, where it is possible to identify the corresponding evaluation parameters, as well as the pavement condition index.

When performing the surface evaluation of the pavement using the PCI method, it is known that the conservation status of Av. Domingo Orué is "MALO", with a pavement condition index of 37.04 and with this the rehabilitation activities to be carried out were chosen. They are mostly superficial patching, deep patching and screaming. When preparing the rehabilitation budget after having processed all the information obtained, it was obtained that the costs are reduced by 57% and the execution time by 40%.

Keywords: Surface pavement evaluation, Pavement condition index (PCI), rehabilitation.

INTRODUCCIÓN

En el trabajo realizado se propone determinar la evaluación superficial de un pavimento mixto de la avenida Domingo Orué – Surquillo – Lima. Con el objetivo de determinar el estado de conservación actual del pavimento mixto de la vía mencionada, para definir si se encuentra operando en un óptimo nivel de servicio y asimismo proponer la mejor alternativa de solución como conservación del pavimento y reducir los costos y tiempo de rehabilitación.

La avenida Domingo Orué presenta pavimento rígido y flexible, y un ancho de calzada de 18 m considerando una berma central de área verde (6m). Para poder aplicar la metodología PCI se realizó el seccionamiento de la vía en 44 unidades de muestra, cada una de 40-42 m de longitud. Se obtuvo el índice de condición de pavimento de cada unidad de muestra y por ende, el estado de conservación de la avenida para finalmente determinar las actividades de rehabilitación o mantenimiento respectivas que se requieran.

Es preciso señalar que actualmente existen diversos métodos de evaluación de la superficie de un pavimento, pero se optó por aplicar la metodología PCI ya que puede ser aplicado en dos tipos de pavimento (flexible y rígido) como es el caso de la superficie de rodadura de la avenida Domingo Orué y es un método normado por la ASTM donde se explica el procedimiento a seguir para su aplicación.

En el estudio a realizar se tiene como objetivo general aplicar la metodología PCI para minimizar los costos y tiempo de rehabilitación del

pavimento de la avenida Domingo Orué – Surquillo – Lima; para ello los objetivos específicos planteados son: determinar los parámetros de evaluación del pavimento mixto, determinar el índice de condición del pavimento y determinar las actividades de rehabilitación y mantenimiento correspondientes.

El desarrollo de la tesis se estructuró en cinco (5) capítulos. El primero desarrolla el planteamiento del problema, donde se describe la situación problemática para luego establecer el problema general, los problemas específicos, etc. El segundo aborda el marco teórico, en él, se describen investigaciones antecedentes referentes al tema, las bases teóricas, el marco conceptual y las hipótesis. En el tercero, se describen la metodología, el tipo, nivel y diseño de la investigación, las variables; así también se indica la población y muestra del trabajo. En el cuarto, referente a las pruebas y resultados, se detalla el procedimiento de la aplicación de la metodología PCI, se muestran los valores de condición del pavimento obtenidos y las actividades de rehabilitación, así como el presupuesto y cronograma respectivos. Y en el último capítulo, las aplicaciones y discusiones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Situación problemática

El pavimento mixto de la Avenida Domingo Orué se encuentra en un estado de conservación de baja serviciabilidad, motivo por el cual se tomó la decisión de aplicar la metodología PCI en esta avenida para obtener un análisis superficial de fallas y de esta manera conocer el índice de condición del pavimento

Actualmente, las entidades públicas no utilizan metodologías que permitan realizar el análisis superficial de fallas en los pavimentos flexibles, rígidos o mixtos. En el presente trabajo se desarrolló el uso de la metodología PCI con la cual podemos evaluar el pavimento mixto de la Avenida Domingo Orué logrando de esta manera identificar los tipos de fallas que presentan, así como también las severidades de las mismas.

La avenida Domingo Orué conecta dos grandes vías metropolitanas (Paseo de la República y República de Panamá), esto hace que sea una avenida con alto nivel de tránsito, motivo por el cuál realizar una reconstrucción total de la avenida genera mucho malestar hacia los vecinos de la zona como también hacia los usuarios de esta vía. Aplicando la metodología PCI se pueden diferenciar los tipos de fallas y su alternativa de solución, evitando realizar trabajos en toda la superficie del pavimento y de esta manera reducir costos y tiempo en su rehabilitación.

1.2 Formulación del problema

a) Problema general:

¿Cómo minimizar costos y tiempo en la rehabilitación del pavimento mixto de la avenida Domingo Orué – Surquillo – Lima?

b) Problemas específicos:

¿Cómo elaborar el inventario de fallas del pavimento mixto de la avenida Domingo Orué – Surquillo – Lima, aplicando la metodología PCI?

¿Cómo conocemos el estado actual del pavimento mixto de la avenida Domingo Orué – Surquillo – Lima, aplicando la metodología PCI?

¿Cómo elaborar el presupuesto y cronograma correspondientes para la rehabilitación del pavimento mixto de la avenida Domingo Orué - Surquillo – Lima?

1.3 Objetivos

a) Objetivo general:

Aplicar la metodología PCI para minimizar costos y tiempo en la rehabilitación de la avenida Domingo Orué – Surquillo – Lima.

b) Objetivos específicos:

Precisar los parámetros de evaluación del pavimento mixto de la avenida Domingo Orué – Surquillo – Lima, aplicando la metodología PCI para elaborar el inventario de fallas correspondiente.

Determinar el índice de condición del pavimento mixto de la avenida Domingo Orué – Surquillo – Lima, aplicando la metodología PCI para conocer el estado actual de la vía.

Determinar las técnicas de rehabilitación del pavimento a realizarse en la avenida Domingo Orué – Surquillo – Lima aplicando la metodología PCI, para elaborar el presupuesto y cronogramas correspondientes.

1.4 Justificación e importancia

En el país, no se cuenta con un sistema de gestión de rehabilitación de pavimentos. Los sistemas de gestión se fundamentan en la aplicación de metodologías, las cuales buscan obtener un índice del estado superficial de pavimento, calculados en función del tipo de fallas que presenten. Estas estrategias de rehabilitación deben ser aplicadas según el tipo y gravedad de cada falla, para así poder evitar la reconstrucción total, lo que generaría costos innecesarios y demandaría mayor tiempo.

El desarrollo de esta tesis tiene un aporte social, ya que se brinda un planteamiento estratégico de rehabilitación que beneficiará a los vecinos de la avenida Domingo Orué (Surquillo – Lima) y el financiamiento de esta rehabilitación sería de menor costo frente a una reconstrucción total de la vía; además, tiene un aporte técnico, ya que con la aplicación de la metodología PCI contribuiremos con un referente para la evaluación superficial de un pavimento mixto.

1.5 Alcances y limitaciones

El desarrollo del presente trabajo permitirá conocer alternativas de solución frente a problemas de rehabilitación de pavimentos, para que entidades dedicadas a infraestructuras viales puedan aplicar estos conocimientos logrando de esta manera reducir costos y tiempo en futuros proyectos.

El trabajo fue registrado en un inventario mediante la inspección visual de la superficie del pavimento, teniendo en cuenta los deterioros que se

encuentren en la avenida Domingo Orué en su totalidad y anotándolos en los formatos que se emplea en la metodología PCI.

La avenida Domingo Orué tiene una longitud de 864 metros en la cual podemos encontrar una berma central que divide el pavimento en dos tramos. Se delimitaron 7 secciones teniendo en cuenta las características físicas del pavimento para posteriormente ser subdivididas en 44 unidades de muestra de área promedio 240 metros cuadrados y así poder identificar el índice de condición del pavimento y determinar los tipos de tratamientos requeridos con el fin de restablecer la serviciabilidad de la avenida.

El tráfico vehicular fue uno de los limitantes para el desarrollo de la tesis debido a que se tuvieron que tomar medidas de las fallas en el pavimento, motivo por el cual se optó por realizar el trabajo de campo en horario de la madrugada, viéndose necesaria la presencia de seguridad ciudadana.

1.6 Viabilidad

La presente tesis es viable, técnicamente, ya que para su desarrollo se cuenta con manuales, informaciones bibliográficas, revistas, materiales para medición, materiales de seguridad.

Es viable, operacionalmente, ya que se tienen los conocimientos para la aplicación de la metodología que se usó para proponer las estrategias de rehabilitación del pavimento flexible. Además, se contó con el apoyo de terceros en la instrucción técnica.

Es viable, socialmente, ya que no se detuvo la circulación de los vehículos de la avenida Domingo Orué para realizar las mediciones, la intervención de la vía se realizó en horas estratégicas para no perjudicar a los vecinos del distrito de Surquillo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 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, la cual tiene como objetivo aplicar el método PCI para determinar el Índice de Condición de Pavimento en la Av. Luis Montero. Mil doscientos metros lineales de pista han sido estudiados a detalle para identificar las fallas existentes y cuantificar el estado de la vía.

Se concluye que la Av. Luis Montero tiene un pavimento de estado regular, con un PCI ponderado igual a 49. Esta condición del pavimento se debe gracias a las obras de reparación realizadas el año 2008 que han aminorado la formación de fallas estructurales, dañinas para el pavimento. La mayoría de fallas fueron fallas de tipo funcional, que no afectan al tránsito normal de vehículos, no es necesario disminuir la velocidad libre y no son percibidas por el conductor, pues no causan daños estructurales. Finalmente, aunque no es objetivo de la tesis, se han recomendado algunas técnicas de reparación, de acuerdo a las fallas detectadas, para restituir la carretera a su estado original.

Robles (2015) presentó una tesis denominada “Cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI) Barranco-Surco-Lima” en la cual se aplica la metodología PCI para analizar los pavimentos de las avenidas Pedro de Osma de la cuadra N°1 a la cuadra N°8 en el distrito de Barranco y Prolongación de

La Castellana de la cuadra N°10 a la cuadra N°11 en el distrito de Surco; con la finalidad de demostrar los beneficios de esta metodología.

En el desarrollo de la tesis se pudo encontrar que el pavimento de Prolongación de La castellana se encuentra en mal estado con un PCI promedio de 37; la falla con mayor incidencia fue piel de cocodrilo, en la avenida Pedro de Osma se pudo determinar que el lado izquierdo de la sección se encuentra totalmente deteriorado, siendo necesaria una reconstrucción total de la misma. Las secciones central y derecha únicamente necesitarían un mantenimiento rutinario.

Por último, recomienda que una vez ejecutada la construcción de la vía, en esta se desarrolle un mantenimiento periódico y/o de rehabilitación, con el fin de prolongar la vida del pavimento. Con la monitorización continua del PCI se podría establecer la tasa de deterioro del pavimento, la cual serviría para la temprana identificación de las principales necesidades de los diferentes niveles de intervención.

Rodríguez (2016) presentó la tesis denominada “Evaluación de la Condición Operacional del Pavimento Rígido, Aplicando el método del *Paviment Condition Index* (PCI), en las pistas del barrio el triunfo, distrito de Carhuaz, provincia de Carhuaz, Región Ancash, diciembre 2015” Esta Investigación se comenzó con la recopilación de datos empleando las hojas de inspección de campo del método PCI, donde se registraron los datos de la inspección visual como: tipos de fallas, nivel de severidad y la densidad, adjuntando datos generales de la calle y datos del evaluador, así como nombre, antigüedad y las dimensiones de los paños de las pistas, se procesan los datos, calculando los VR (Valor de Reducción individual) y los VRT (Valor de Reducción Total) empleando ábacos, y finalmente determinando el PCI de cada una de las calles y su clasificación correspondiente.

Se continuó con el cálculo del objetivo principal, que PCI promedio corresponde al barrio El Triunfo, resultando ser un PCI de 45.20, REGULAR, el cual incide que las pistas deben ser solo mantenidas por la antigüedad de

6 años en promedio que tienen las pistas. Finalmente se efectuó la discusión y posibles causas de las dos patologías de mayor presencia, como son las Grieta en Esquinas y Losa Dividida, obteniendo así las conclusiones, recomendaciones para su mantenimiento y mejoras en los diseños de futuras construcciones, que va dirigido a la Municipalidad provincial de Carhuaz de conservar la infraestructura urbana, el orden, la circulación y el tránsito.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Definición de pavimentos

Según la Norma CE.010 Pavimentos Urbanos (2010), es una estructura compuesta por capas que apoya en toda su superficie sobre el terreno preparado para soportarla durante un Período de Diseño y dentro de un rango de Serviciabilidad. Esta definición incluye pistas, estacionamientos, aceras o veredas, pasajes peatonales y ciclovías.

Para Becerra (2012) Los pavimentos son soluciones para la configuración de caminos, siendo concebidos diseñados y construidos pensando en mejorar y mantener condiciones óptimas de transitabilidad a lo largo de su vida útil. Son estructuras formadas por un conjunto de capas granulares y carpeta de rodadura, que descansan sobre el suelo de cimentación conocido como: subrasante.

Para Tapia (2011) El pavimento, es un sistema que está caracterizado por las propiedades, espesores y acomodo de los distintos materiales que conforman un conjunto de capas colocadas y apoyadas sobre otra, denominada "subrasante", con el propósito de recibir en forma directa cargas del tránsito y transmitir las a los estratos inferiores en forma disipada y distribuyéndolas con uniformidad.

2.2.2 Clasificación de pavimentos

Pueden Identificarse tres (3) tipos de pavimentos, que se diferencian principalmente por el paquete estructural que presenta.

2.2.2.1 Pavimentos flexibles

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas dependencias de las necesidades particulares de cada obra.

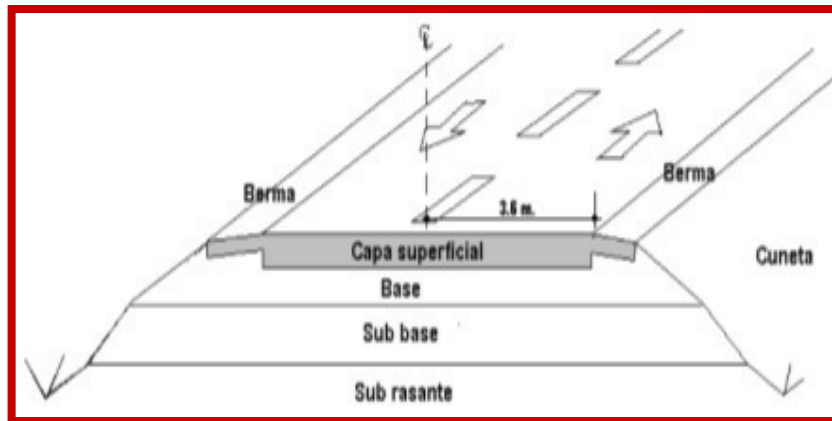


Figura 1: Estructura típica de un pavimento asfáltico (flexible)

Fuente: Maya Gaviria, J. (2012)

2.2.2.2 Pavimentos rígidos

Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado, la cual se denomina subbase del pavimento rígido.

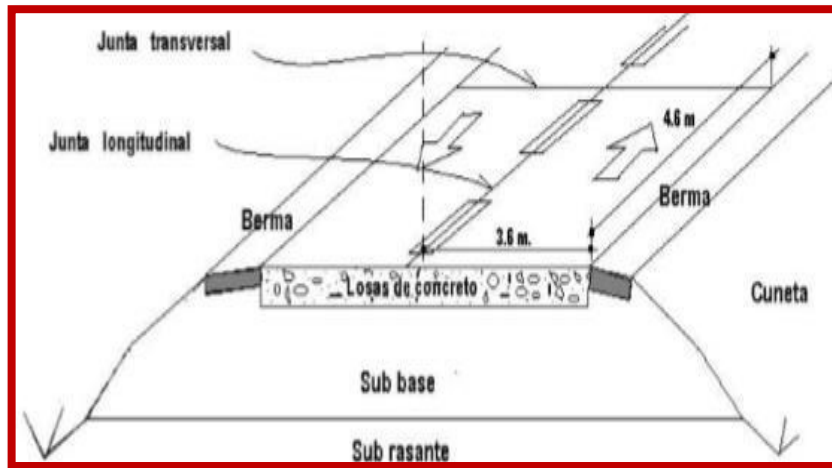


Figura 2: Estructura típica de un pavimento rígido

Fuente: Maya Gaviria, J. (2012)

2.2.2.3 Pavimento mixto

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

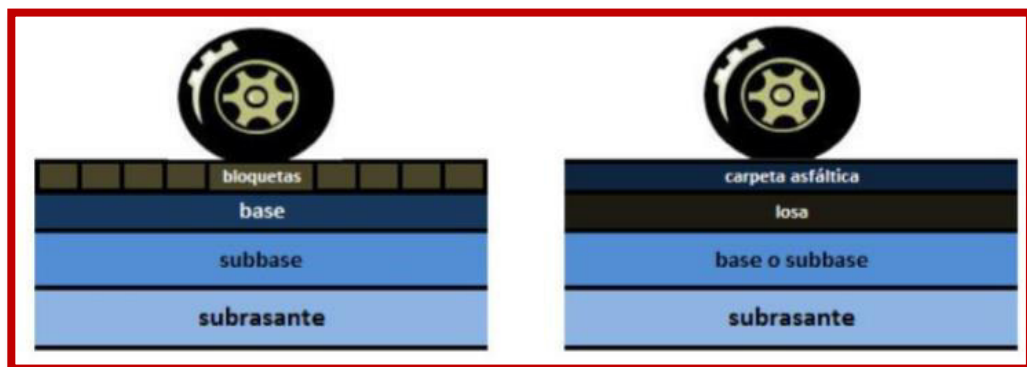


Figura 3: Estructura típica de un pavimento rígido

Fuente: Rodríguez Velázquez, E. (2009)

2.2.3 Características de los pavimentos

Los pavimentos poseen características funcionales y estructurales; las funcionales corresponden a la superficie de rodamiento y son las que más afectan a los usuarios, y las estructurales, que son más bien del interés de las personas encargadas de operar y conservar los pavimentos.

Dentro de las características funcionales podemos mencionar:

a) Resistencia al derrapamiento

Esta es obtenida a través de una adecuada textura en la superficie de rodamiento, esta textura debe estar adaptada para las velocidades de circulación previstas en el diseño.

b) Regularidad transversal y longitudinal en la superficie de rodamiento

Esta característica afecta directamente la comodidad del usuario y en la medida de la severidad de las deformaciones presentes en el pavimento, se podrá o no alcanzar la velocidad considerada en el proyecto.

c) Drenaje superficial rápido

Esta característica evita que el espesor de la película de agua que escurre sobre la superficie de rodamiento sea considerable y con esto impide el efecto conocido como acuaplaneo.

Las características estructurales están relacionadas con las características mecánicas de los materiales utilizados para la construcción de las diferentes capas que conforman el pavimento. Estas características mecánicas definen el espesor de cada capa.

2.2.4 Método de evaluación superficial PCI

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.

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)

2.2.4.1 Índice de condición del pavimento (PCI)

El deterioro de la estructura de pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar esta dificultad se introdujeron los “valores deducidos”, como un modelo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento.

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En la tabla 01 se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Tabla 1: Calificación de la condición del pavimento PCI


Rango de clasificación	
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Fuente: Procedimiento estándar PCI según ASTM D 6433-03

2.2.4.2 Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento

Es el trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados que contengan espacio necesario para consignar toda la información pertinente para tal fin.

Tabla 2: Formato de toma de muestras para superficies asfálticas

UNIVERSIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES			ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO				
EJECUTORES RIVAS MONTALDO, Aida Vanessa YARGAS NADAL, Christian Jeanpierre			METODOLOGÍA PCI				
		HOJA DE REGISTRO					
		AVENIDA DOMINGO ORUE - SURQUILLO - LIMA					
		I. DATOS DE LA UNIDAD DE MUESTRA					
		UNIDAD DE MUESTRA					
		INICIO (progresiva)					
		FIN (progresiva)					
		ANCHO DE VÍA					
		ÁREA DE UM (m²)					
		SEVERIDAD					
BAJA	LOW	L					
MEDIA	MEDIUM	M					
ALTA	HIGH	H					
II. TIPOS DE FALLAS							
COD	FALLA	UND. ME	COD.	FALLA	UND. ME		
1-PC	PIEL DE COCODRILO	m ²	11-P	PARCHEO	m ²		
2-EX	EXUDACIÓN	m ²	12-PA	PULIMIENTO DE AGREGADOS	m ²		
3-AB	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	m ²	13-HU	HUECOS	und		
4-AgH	ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS	m ²	14-CV	CRUCE DE VÍA FERREA	m ²		
5-CO	CORRUGACIÓN	m ²	15-AHU	AHUELLAMIENTO	m ²		
6-DE	DEPRESIÓN	m ²	16-D	DESPLAZAMIENTO	m ²		
7-GB	GRIETA DE BORDE	m	17-GP	GRIETA PARABÓLICA	m ²		
8-GRJ	GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA	m	18-H	HINCHAMIENTO	m ²		
9-DC	DESNIVEL CARRIL/BERMA	m	19-DA	DESPLAZAMIENTO DE AGREGADO	m ²		
10-GLT	TAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	m					
III. TOMA DE DATOS							
FALLA	SEVERIDAD	MEDICIÓN O EXTENSIÓN			TOTAL	DENSIDAD % (total/ÁREA)	VALOR DEDUCIDO
					TOTAL		0.00

Elaboración: los autores

b) Pavimentos con capa de rodadura en losas de concreto de cemento Pórtland y losas con longitud inferior a 7.60 m, el área de la unidad de muestreo debe estar en el rango 20 ± 8 losas.

Estas dimensiones pueden ser reducidas con la finalidad de obtener mayor cantidad de unidades de muestra cuando el pavimento presenta cambio de superficies.

2.2.4.4 Evaluación de la Condición

Se utilizará equipos tales como odómetro, cinta métrica para la toma de dimensiones, tizas para delimitar las unidades de muestras, así mismo el Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para la toma de datos.

En la inspección de las unidades de muestra se debe medir el tipo, cantidad y severidad de fallas presentes y anotarlos de manera ordenada en los formatos.

El equipo de inspección deberá implementar todas las medidas de seguridad para su desplazamiento en la vía inspeccionada.

2.2.4.5 Cálculo del PCI de las unidades de muestra.

Al completar la inspección de campo, la información sobre los daños se utiliza para calcular el PCI. El cálculo se basa en los Valores Deducidos de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas.

a) Cálculo para pavimentos con capa de rodadura asfáltica:

a.1) Cálculo de los valores deducidos:

Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna TOTAL del formato utilizado. El daño puede medirse en área, longitud o por número según su tipo.

Divida la cantidad de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el ÁREA TOTAL de la unidad de muestreo y exprese

el resultado como porcentaje. Esta es la densidad del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.

Determine el valor deducido para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas Valor Deducido del Daño que se adjuntan en los anexos, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

a.2) Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos (m)

Si ninguno o tan sólo uno de los Valores Deducidos es mayor que 2, se usa el Valor Deducido Total en lugar del mayor Valor Deducido Corregido, de lo contrario, deben realizarse los siguientes pasos:

Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.

Determine el “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos” (m), utilizando la siguiente ecuación.

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV)$$

Donde:

m = Número máximo admisible de valores deducidos, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo.

HDV = El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo.

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

a.3) Cálculo del Máximo Valor Deducido Corregido(CDV)

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo.

Determine el número de valores deducidos, q, mayores que 2.0.

Determine el Valor Deducido Total sumando todos los valores deducidos individuales.

Determine el CDV con q y el Valor Deducido Total en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.

Reduzca a 2.0 el menor de los Valores Deducidos individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas anteriores hasta que q sea igual a 1.

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

Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en la etapa a.3.

b) Cálculo para Pavimentos con Capa de Rodadura en Concreto de Cemento Pórtland:

b.1) Cálculo de los Valores Deducidos.

Contabilice el número de losas en las cuales se presenta cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad en el formato PCI-02.

Divida el número de losas contabilizado entre el número de LOSAS de la unidad y exprese el resultado como porcentaje (%) Esta es la densidad por unidad de muestreo para cada combinación de tipo y severidad de daño.

Determine los valores deducidos para cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad empleando la curva de Valor Deducido de Daño apropiada entre las que se adjuntan a en los anexos.

asemeja a una malla de gallinero o a la piel de cocodrilo. Generalmente, el lado más grande de las piezas no supera los 0.60 m.

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.

Niveles de severidad

- L (Low: Bajo): 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.
- M (Medium: Medio): Desarrollo posterior de grietas piel de cocodrilo del nivel L, en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente descascaradas.
- H (High: Alto): 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.

Unidad de medida

Se miden en o metros cuadrados 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.



Figura 4: Piel de cocodrilo - severidad baja

Fuente: ASTM D6433



Figura 5: Piel de cocodrilo - severidad media

Fuente: ASTM D6433



Figura 6: Piel de cocodrilo - severidad alta

Fuente: ASTM D6433

b) 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.

Niveles de severidad

- 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.
- 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.
- 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.

Unidad de medida

Se mide en metros cuadrados de área afectada. Si se contabiliza la exudación no deberá contabilizarse el pulimento de agregados.



Figura 7: Exudación - severidad baja

Fuente: ASTM D6433



Figura 8: Exudación - severidad media

Fuente: ASTM D6433



Figura 9: Exudación - severidad alta

Fuente: ASTM D6433

c) Agrietamiento en bloque

Las grietas en bloque son aquellas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de 0.30 m x 0.3 m a 3.0 m x 3.0 m. Las grietas en bloque se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios. Las grietas en bloque no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente. Normalmente ocurre sobre una gran porción del pavimento, pero algunas veces aparecerá únicamente en áreas sin tránsito. Este tipo de daño difiere de la piel de cocodrilo en que este último forma pedazos más pequeños, de muchos lados y con 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).

Niveles de severidad.

- L: Bloques definidos por grietas de baja severidad, como se define para grietas longitudinales y transversales.
- M: Bloques definidos por grietas de severidad media
- H: Bloques definidos por grietas de alta severidad.

Unidad de medida

Se mide en metros cuadrados de área afectada. Generalmente, se presenta un solo nivel de severidad en una sección de pavimento; sin embargo, cualquier área de la sección de pavimento que tenga diferente nivel de severidad deberá medirse y anotarse separadamente.



Figura 10: Agrietamiento en bloque - severidad baja

Fuente: ASTM D6433



Figura 11: Agrietamiento en bloque - severidad media

Fuente: ASTM D6433



Figura 12: Agrietamiento en bloque - severidad alta

Fuente: ASTM D6433

d) Abultamientos y hundimientos

Los abultamientos son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencian de los desplazamientos, pues estos últimos son causados por pavimentos inestables. Los abultamientos, por otra parte, pueden ser causados por varios factores, que incluyen:

Levantamiento o combadura de losas de concreto de cemento Portland con una sobrecarpeta de concreto asfáltico.

Expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo).

Infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito (algunas veces denominado "tenting").

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, causando grandes o largas depresiones en el mismo, se llaman ondulaciones (hinchamiento: swelling).

Niveles de severidad

- L: Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de baja severidad.
- M: Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad media.
- H: Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad alta.

Unidad de medida

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



Figura 13: Abultamiento y hundimientos - severidad baja

Fuente: ASTM D6433



Figura 14: Abultamientos y hundimientos - severidad media

Fuente: ASTM D6433



Figura 15: Abultamientos y hundimientos - severidad alta

Fuente: ASTM D6433

e) 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.

Niveles de severidad

- L: Corrugaciones producen una calidad de tránsito de baja severidad.
- M: Corrugaciones producen una calidad de tránsito de mediana severidad.
- H: Corrugaciones producen una calidad de tránsito de alta severidad.

Unidad de medida

Se mide en metros cuadrados de área afectada.



Figura 16: Corrugación - severidad baja

Fuente: ASTM D6433



Figura 17: Corrugación - severidad media

Fuente: ASTM D6433

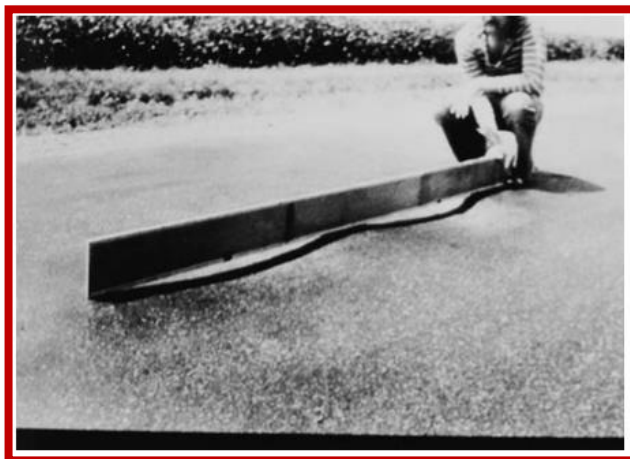


Figura 18: Corrugación - severidad alta

Fuente: ASTM D6433

f) 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” (bird baht). 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.

Niveles de severidad

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

Unidad de medida

Se mide en metros cuadrados del área afectada.



Figura 19: Depresión - severidad baja

Fuente: ASTM D6433

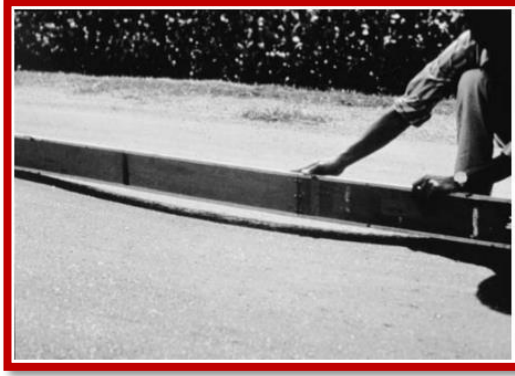


Figura 20: Depresión - severidad media

Fuente: ASTM D6433



Figura 21: Depresión - severidad alta

Fuente: ASTM D6433

g) 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).

Niveles de severidad

- L: Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.
- M: Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.
- H: Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde.

Unidad de medida

La grieta de borde se mide en metros lineales.



Figura 22: Grieta de borde - severidad baja

Fuente: ASTM D6433



Figura 23: Grieta de borde - severidad media

Fuente: ASTM D6433



Figura 24: Grieta de borde - severidad alta

Fuente: ASTM D6433

h) Grieta de reflexión de junta

Este daño ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica construidos sobre una losa de concreto de cemento Pórtland. No incluye las grietas de reflexión de otros tipos de base. Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento Pórtland, 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.

Niveles de severidad

- L: Existe una de las siguientes condiciones: 1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm, o 2. Grieta rellena de cualquier ancho con condición satisfactoria del material llenante.
- M: Existe una de las siguientes condiciones: 1. Grieta sin relleno con ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm. 2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio. 3. Grieta rellena de cualquier ancho rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio.
- H: Existe una de las siguientes condiciones: 1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de un agrietamiento aleatorio de media o alta severidad. 2.

Grietas sin relleno de más de 76.0 mm. 3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas (la grieta está severamente fracturada).

Unidad de medida

La grieta de reflexión de junta se mide metros lineales. La longitud y nivel de severidad de cada grieta debe registrarse por separado. Por ejemplo, una grieta de 15.0 m puede tener 3.0 m de grietas de alta severidad; estas deben registrarse de forma separada. Si se presenta un abultamiento en la grieta de reflexión este también debe registrarse.



Figura 25: Grieta de reflexión de junta - severidad baja

Fuente: ASTM D6433



Figura 26: Grieta de reflexión de junta - severidad media

Fuente: ASTM D6433



Figura 27: Grieta de reflexión de junta - severidad alta

Fuente: ASTM D6433

i) 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.

Niveles de severidad

- L: La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma está entre 25.0 y 51.0 mm.
- M: La diferencia está entre 51.0 mm y 102.0 mm.
- H: La diferencia en elevación es mayor que 102.00 mm.

Unidad de medida

El desnivel carril / berma se miden en metros lineales.



Figura 28: Desnivel carril/berma - severidad baja

Fuente: ASTM D6433



Figura 29: Desnivel carril/berma - severidad media

Fuente: ASTM D6433



Figura 30: Desnivel carril/berma - severidad alta

Fuente: ASTM D6433

j) Grietas longitudinales y transversales

Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción y pueden ser causadas por 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 Pórtland, 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.

Niveles de severidad

- L: Existe una de las siguientes condiciones: 1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm. 2. Grieta rellena de cualquier ancho.
- M: Existe una de las siguientes condiciones: 1. Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm. 2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm, rodeada grietas aleatorias pequeñas. 3. Grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas aleatorias pequeñas.
- H: Existe una de las siguientes condiciones: 1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas aleatorias pequeñas de severidad media o alta. 2. Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho. 3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas.

Unidad de medida

Las grietas longitudinales y transversales se miden en metros lineales. La longitud y severidad de cada grieta debe registrarse después de su identificación. 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.



Figura 31: Grietas longitudinales y transversales - severidad baja

Fuente: ASTM D6433



Figura 32: Grietas longitudinales y transversales - severidad media

Fuente: ASTM D6433



Figura 33: Grietas longitudinales y transversales - severidad alta

Fuente: ASTM D6433

k) Parcheo y acometidas de servicios públicos

Un parche es un área de pavimento la cual ha sido remplazada 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.

Niveles de severidad

- L: El parche está en buena condición buena y es satisfactorio. La calidad del tránsito se califica como de baja severidad o mejor.
- M: El parche está moderadamente deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de severidad media.
- H: El parche está muy deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de alta severidad. Requiere pronta sustitución.

Unidades de medida

Los parches se miden en metros cuadrados de área afectada. Sin embargo, si un solo parche tiene áreas de diferente severidad, estas deben medirse y registrarse de forma separada. Por ejemplo, un parche de 2.32 m² puede tener 0.9 m² de severidad media y 1.35 m² de baja severidad. Estas áreas deben registrarse separadamente. 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.



Figura 34: Parcheo y acometidas de servicios públicos - severidad baja

Fuente: ASTM D6433



Figura 35: Parcheo y acometidas de servicios públicos - severidad media

Fuente: ASTM D6433



Figura 36: Parcheo y acometidas de servicios públicos - severidad alta

Fuente: ASTM D6433

I) Pulimiento 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 pulimiento 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.

Niveles de severidad

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 medida

Se mide en metros cuadrados de área afectada. Si se contabiliza exudación, no se tendrá en cuenta el pulimento de agregados.

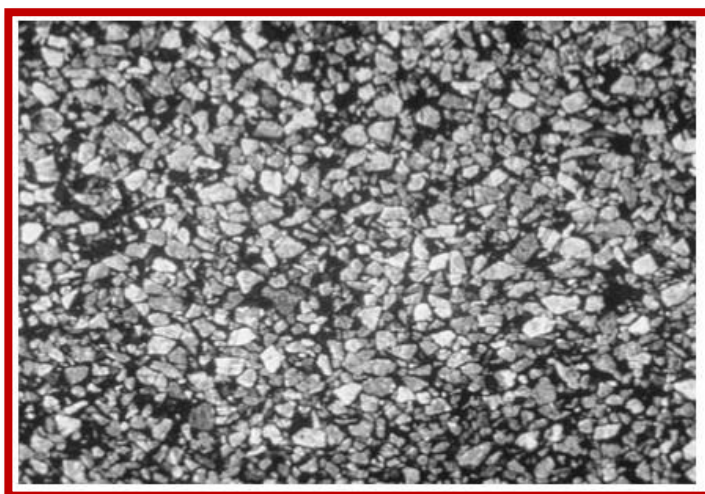


Figura 37: Pulimiento de agregados

Fuente: ASTM D6433

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.

Niveles de severidad

Los niveles de severidad para los huecos de diámetro menor que 762 mm están basados en la profundidad y el diámetro de los mismos.

Tabla 5: Niveles de severidad para huecos

Profundidad máxima del hueco.	Diámetro medio (mm)		
	102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm
12.7 a 25.4 mm	L	L	M
> 25.4 a 50.8 mm	L	M	H
> 50.8 mm	M	M	H

Fuente: Vásquez Varela, R.

Si el diámetro del hueco es mayor que 762 mm, debe medirse el área en metros cuadrados) y dividirla entre 0.47 m² para hallar el número de huecos equivalentes.

Unidad de medida

Los huecos se miden contando aquellos que sean de severidades baja, media y alta, y registrándolos separadamente.



Figura 38: Huecos - severidad baja

Fuente: ASTM D6433



Figura 39: Huecos - severidad media

Fuente: ASTM D6433



Figura 40: huecos - severidad alta

Fuente: ASTM D6433

n) Cruce de vía férrea

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

Niveles de severidad

- L: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.
- M: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.
- H: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad alta.

Unidad de medida

El área del cruce se mide metros cuadrados 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.



Figura 41: Cruce de vía férrea - severidad baja

Fuente: ASTM D6433



Figura 42: Cruce de vía férrea - severidad media

Fuente: ASTM D6433



Figura 43: Cruce de vía férrea - severidad alta

Fuente: ASTM D6433

o) 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, solo 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.

Niveles de severidad

Profundidad media del ahuellamiento:

- L: 6.0 a 13.0 mm.
- M: >13.0 mm a 25.0 mm.
- H: > 25.0 mm.

Unidad de medida

El ahuellamiento se mide en metros cuadrados de área afectada y su severidad está definida por la profundidad media de la huella. La profundidad media del ahuellamiento se calcula colocando una regla perpendicular a la dirección del mismo, midiendo su profundidad, y usando las medidas tomadas a lo largo de aquel para calcular su profundidad media.

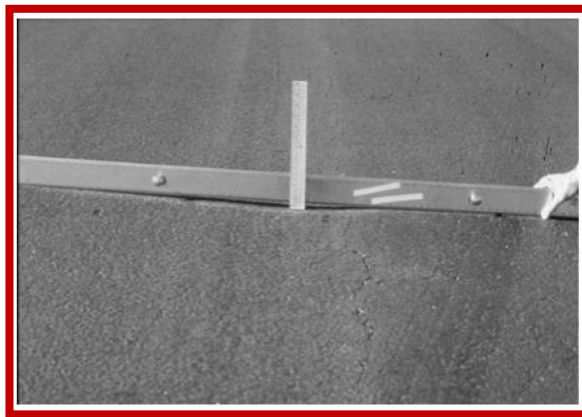


Figura 44: Ahuellamiento - severidad baja

Fuente: ASTM D6433



Figura 45: Ahuellamiento - severidad media

Fuente: ASTM D6433



Figura 46: Ahuellamiento - severidad alta

Fuente: ASTM D6433

p) Desplazamiento

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

Niveles de severidad

- L: El desplazamiento causa calidad de tránsito de baja severidad.
- M: El desplazamiento causa calidad de tránsito de severidad media.
- H: El desplazamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

Unidad de medida

Los desplazamientos se miden en metros cuadrados de área afectada. Los desplazamientos que ocurren en parches se consideran para el inventario de daños como parches, no como un daño separado.



Figura 47: Desplazamiento - severidad baja

Fuente: ASTM D6433



Figura 48: Desplazamiento - severidad media

Fuente: ASTM D6433



Figura 49: Desplazamiento - severidad alta

Fuente: ASTM D6433

q) Grietas parabólicas

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.

Niveles de severidad

- L: Ancho promedio de la grieta menor que 10.0 mm.
- M: Existe una de las siguientes condiciones: 1. Ancho promedio de la grieta entre 10.0 mm y 38.0 mm. 2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pequeños pedazos ajustados.
- H: Existe una de las siguientes condiciones: 1. Ancho promedio de la grieta mayor que 38.0 mm. 2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pedazos fácilmente removibles.

Unidad de medida

El área asociada con una grieta parabólica se mide en metros cuadrados y se califica según el nivel de severidad más alto presente en la misma.



Figura 50: Grietas parabólicas - severidad baja

Fuente: ASTM D6433



Figura 51: Grietas parabólicas - severidad media

Fuente: ASTM D6433

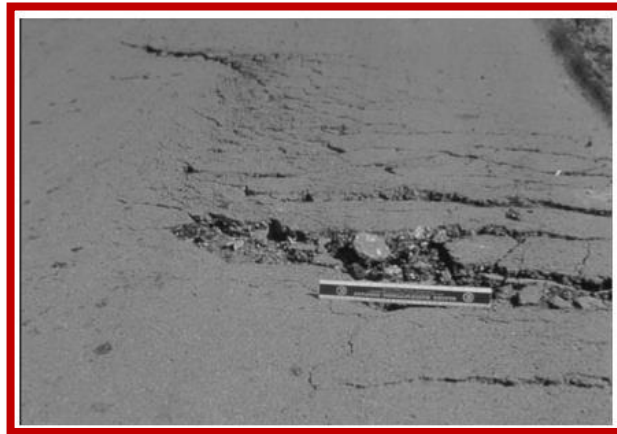


Figura 52: Grietas parabólicas - severidad alta

Fuente: ASTM D6433

r) Hinchamiento

El hinchamiento se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento – una onda larga y gradual con una longitud mayor que 3.0 m. El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial. Usualmente, este daño es causado por el congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos.

Nivel de severidad

- L: El hinchamiento causa calidad de tránsito de baja severidad. El hinchamiento de baja severidad no es siempre 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.
- M: El hinchamiento causa calidad de tránsito de severidad media.
- H: El hinchamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

Unidad de Medida

El hinchamiento se mide en metros cuadrados de área afectada.



Figura 53: Hinchamiento

Fuente: ASTM D6433

s) Meteorización / Desprendimiento de agregados

La meteorización y el desprendimiento son 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.

Niveles de severidad

- 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.
- M: Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda.
- H: Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores que 10.0 mm y profundidades menores que 13.0 mm; áreas ahuecadas mayores se consideran huecos. En el caso de derramamiento de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto ligante y el agregado está suelto.

Unidad de Medida

La meteorización y el desprendimiento se miden en metros cuadrados de área afectada.



Figura 54: Meteorización y desprendimiento de agregados - severidad baja

Fuente: ASTM D6433



Figura 55: Meteorización y desprendimiento de agregados - severidad media

Fuente: ASTM D6433



Figura 56: Meteorización y desprendimiento de agregados - severidad alta

Fuente: ASTM D6433

2.2.6 Fallas en Pavimentos Rígidos

a) Blowup - Buckling

Los blowups o buckles ocurren en tiempo cálido, usualmente en una grieta o junta transversal que no es lo suficientemente amplia para permitir la expansión de la losa. Por lo general, el ancho insuficiente se debe a la infiltración de materiales incompresibles en el espacio de la junta. Cuando la expansión no puede disipar suficiente presión, ocurrirá un movimiento hacia arriba de los bordes de la losa (Buckling) o fragmentación en la vecindad de

la junta. También pueden ocurrir en los sumideros y en los bordes de las zanjas realizadas para la instalación de servicios públicos.

Niveles de severidad

- L: Causa una calidad de tránsito de baja severidad.
- M: Causa una calidad de tránsito de severidad media.
- H: Causa una calidad de tránsito de alta severidad.

Unidad de Medida

En una grieta, un blowup se cuenta como presente en una losa. Sin embargo, si ocurre en una junta y afecta a dos losas se cuenta en ambas. Cuando la severidad del blowup deja el pavimento inutilizable, este debe repararse de inmediato.



Figura 57: Blowup - Buckling - severidad baja

Fuente: ASTM D6433



Figura 58: Blowup - Buckling - severidad media

Fuente: ASTM D6433



Figura 59: Blowup - Buckling - severidad alta

Fuente: ASTM D6433

b) Grieta de esquina

Una grieta de esquina es una grieta que intercepta las juntas de una losa a una distancia menor o igual que la mitad de la longitud de la misma en ambos lados, medida desde la esquina. Por ejemplo, una losa con dimensiones de 3.70 m por 6.10 m presenta una grieta a 1.50 m en un lado y a 3.70 m en el otro lado, esta grieta no se considera grieta de esquina sino grieta diagonal; sin embargo, una grieta que intercepta un lado a 1.20 m y el otro lado a 2.40 m si es una grieta de esquina. Una grieta de esquina se diferencia de un descascaramiento de esquina en que aquella se extiende verticalmente a través de todo el espesor de la losa, mientras que el otro intercepta la junta en un ángulo. Generalmente, la repetición de cargas combinada con la pérdida de soporte y los esfuerzos de alabeo originan las grietas de esquina.

Niveles de severidad

- L: La grieta está definida por una grieta de baja severidad y el área entre la grieta y las juntas está ligeramente agrietada o no presenta grieta alguna.
- M: Se define por una grieta de severidad media o el área entre la grieta y las juntas presenta una grieta de severidad media (M)

- H: Se define por una grieta de severidad alta o el área entre la junta y las grietas está muy agrietada.

Unidad de medida

La losa dañada se registra como una (1) losa si:

1. Solo tiene una grieta de esquina.
2. Contiene más de una grieta de una severidad particular.
3. Contiene dos o más grietas de severidades diferentes.

Para dos o más grietas se registrará el mayor nivel de severidad. Por ejemplo, una losa tiene una grieta de esquina de severidad baja y una de severidad media, deberá contabilizarse como una (1) losa con una grieta de esquina media.



Figura 60: Grieta de esquina - severidad baja

Fuente: ASTM D6433

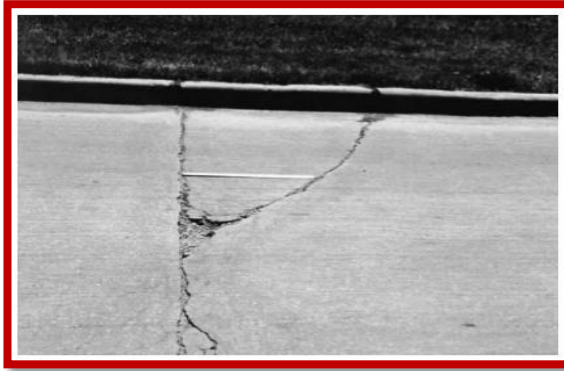


Figura 61: Grieta de esquina - severidad media

Fuente: ASTM D6433



Figura 62: Grieta de esquina - severidad alta

Fuente: ASTM D6433

c) Losa dividida

La losa es dividida por grietas en cuatro o más pedazos debido a sobrecarga o a soporte inadecuado. Si todos los pedazos o grietas están contenidos en una grieta de esquina, el daño se clasifica como una grieta de esquina severa.

Niveles de severidad

En el Cuadro se anotan los niveles de severidad para losas divididas.

Tabla 6: Niveles de severidad - losa dividida

Severidad de la mayoría de las grietas	Número de pedazos en la losa agrietada		
	4 a 5	6 a 8	8 ó más
L	L	L	M
M	M	M	H
H	M	M	H

Fuente: ASTM D6433

Unidad de medida

Si la losa dividida es de severidad media o alta, no se contabiliza otro tipo de daño.



Figura 63: Losa dividida - severidad baja

Fuente: ASTM D6433



Figura 64: Losa dividida - severidad media

Fuente: ASTM D6433



Figura 65: Losa dividida - severidad alta

Fuente: ASTM D6433

d) Grieta de durabilidad “D”

Las grietas de durabilidad “D” son causadas por la expansión de los agregados grandes debido al proceso de congelamiento y descongelamiento, el cual, con el tiempo, fractura gradualmente el concreto. Usualmente, este daño aparece como un patrón de grietas paralelas y cercanas a una junta o a una grieta lineal. Dado que el concreto se satura cerca de las juntas y las grietas, es común encontrar un depósito de color oscuro en las inmediaciones de las grietas “D”. Este tipo de daño puede llevar a la destrucción eventual de la totalidad de la losa.

Niveles de severidad

- L: Las grietas “D” cubren menos del 15% del área de la losa. La mayoría de las grietas están cerradas, pero unas pocas piezas pueden haberse desprendido.
- M: Existe una de las siguientes condiciones: 1. Las grietas “D” cubren menos del 15% del área de la losa y la mayoría de los pedazos se han desprendido o pueden removerse con facilidad. 2. Las grietas “D” cubren más del 15% del área. La mayoría de las grietas están cerradas, pero unos pocos pedazos se han desprendido o pueden removerse fácilmente.
- H: Las grietas “D” cubren más del 15% del área y la mayoría de los pedazos se han desprendido o pueden removerse fácilmente.

Unidad de medida

Cuando el daño se localiza y se califica en una severidad, se cuenta como una losa. Si existe más de un nivel de severidad, la losa se cuenta como poseedora del nivel de daño más alto. Por ejemplo, si grietas “D” de baja y media severidad están en la misma losa, la losa se registra como de severidad media únicamente.



Figura 66: Grieta de durabilidad - severidad baja

Fuente: ASTM D6433

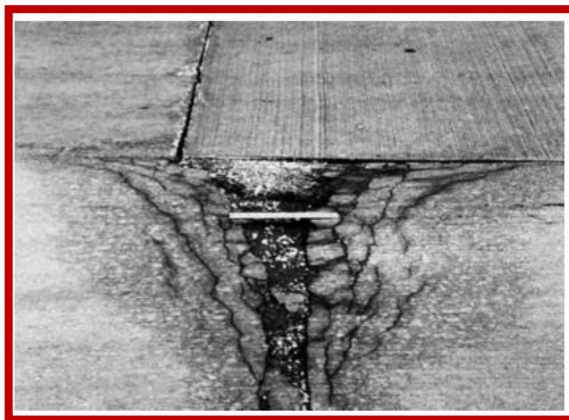


Figura 67: Grieta de durabilidad - severidad media

Fuente: ASTM D6433



Figura 68: Grieta de durabilidad - severidad alta

Fuente: ASTM D6433

e) Escala

Escala es la diferencia de nivel a través de la junta. Algunas causas comunes que la originan son:

1. Asentamiento debido una fundación blanda.
2. Bombeo o erosión del material debajo de la losa.
3. Alabeo de los bordes de la losa debido a cambios de temperatura o humedad.

Niveles de severidad

Se definen por la diferencia de niveles a través de la grieta o junta.

Tabla 7: Niveles de severidad - escala

Nivel de severidad	Diferencia en elevación
L	3 a 10 mm
M	10 a 19 mm
H	Mayor que 19 mm

Fuente: ASTM D6433

Unidad de medida

La escala a través de una junta se cuenta como una losa. Se cuentan únicamente las losas afectadas. Las escalas a través de una grieta no se

cuentan como daño, pero se consideran para definir la severidad de las grietas.



Figura 69: Falla de escala - severidad baja

Fuente: ASTM D6433



Figura 70: Falla de escala - severidad media

Fuente: ASTM D6433

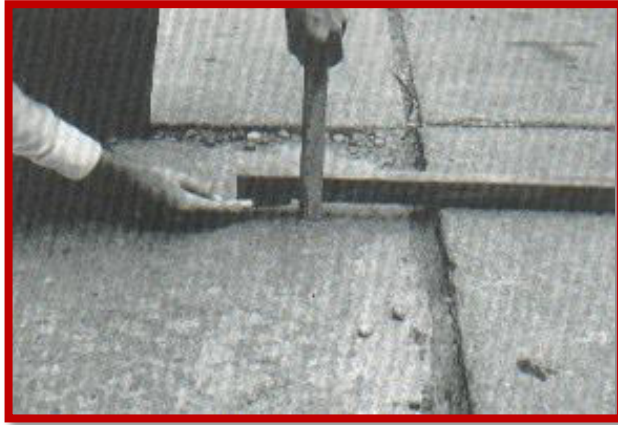


Figura 71: Falla de escala - severidad alta

Fuente: ASTM D6433

f) Daños del sello de la junta

Es cualquier condición que permita que suelo o roca se acumule en las juntas, o que permite la infiltración de agua en forma importante. La acumulación de material incompresible impide que la losa se expanda y puede resultar en fragmentación, levantamiento o descascaramiento de los bordes de la junta. Un material llenante adecuado impide que lo anterior ocurra. Los tipos típicos del daño de junta son:

1. Desprendimiento del sellante de la junta.
2. Extrusión del sellante.
3. Crecimiento de vegetación.
4. Endurecimiento del material llenante (oxidación).
5. Pérdida de adherencia a los bordes de la losa.
6. Falta o ausencia del sellante en la junta.

Niveles de severidad

- L: El sellante está en una condición buena en forma general en toda la sección. Se comporta bien, con solo daño menor.

- M: Está en condición regular en toda la sección, con uno o más de los tipos de daño que ocurre en un grado moderado. El sellante requiere reemplazo en dos años.
- H: Está en condición generalmente buena en toda la sección, con uno o más de los daños mencionados arriba, los cuales ocurren en un grado severo. El sellante requiere reemplazo inmediato.

Unidad de medida

No se registra losa por losa, sino que se evalúa con base en la condición total del sellante en toda el área.



Figura 72: Sello de junta - severidad baja

Fuente: ASTM D6433



Figura 73: Sello de junta - severidad media

Fuente: ASTM D6433



Figura 74: Sello de junta - severidad alta

Fuente: ASTM D6433

g) Desnivel carril / berma

El desnivel carril / berma es la diferencia entre el asentamiento o erosión de la berma y el borde del pavimento. La diferencia de niveles puede constituirse como una amenaza para la seguridad. También puede ser causada por el incremento de la infiltración de agua.

Nivel de severidad

- L: La diferencia entre el borde del pavimento y la berma es de 25.0 mm a 51.0 mm.
- M: La diferencia de niveles es de 51.0 mm a 102.0 mm.
- H: La diferencia de niveles es mayor que 102.0 mm.

Unidad de medida

El desnivel carril / berma se calcula promediando los desniveles máximo y mínimo a lo largo de la losa. Cada losa que exhiba el daño se mide separadamente y se registra como una losa con el nivel de severidad apropiado.



Figura 75: Desnivel carril/berma - severidad baja

Fuente: ASTM D643



Figura 76: Desnivel carril/berma - severidad media

Fuente: ASTM D643

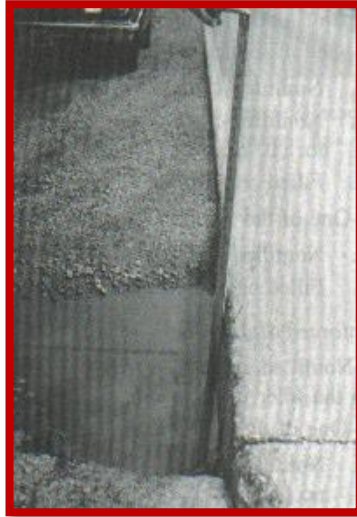


Figura 77: Desnivel carril/berma - severidad alta

Fuente: ASTM D643

h) Grietas lineales

Estas grietas, que dividen la losa en dos o tres pedazos, son causadas usualmente por una combinación de la repetición de las cargas de tránsito y el alabeo por gradiente térmico o de humedad. Las losas divididas en cuatro o más pedazos se contabilizan como losas divididas. Comúnmente, las grietas de baja severidad están relacionadas con el alabeo o la fricción y no se consideran daños estructurales importantes. Las grietas capilares, de pocos pies de longitud y que no se propagan en toda la extensión de la losa, se contabilizan como grietas de retracción.

Niveles de severidad

Losas sin refuerzo

- L: Grietas no selladas (incluye llenante inadecuado) con ancho menor que 12.0 mm, o grietas selladas de cualquier ancho con llenante en condición satisfactoria. No existe escala.
- M: Existe una de las siguientes condiciones:
 1. Grieta no sellada con ancho entre 12.0 mm y 51.0 mm.
 2. Grieta no sellada de cualquier ancho hasta 51.0 mm con escala menor que 10.0 mm.

3. Grieta sellada de cualquier ancho con escala menor que 10.0 mm.
- H: Existe una de las siguientes condiciones:
 1. Grieta no sellada con ancho mayor que 51.0 mm.
 2. Grieta sellada o no de cualquier ancho con escala mayor que 10.0 mm.

Losas con refuerzo

- L: Grietas no selladas con ancho entre 3.0 mm y 25.0 mm, o grietas selladas de cualquier ancho con llenante en condición satisfactoria. No existe escala.
- M: Existe una de las siguientes condiciones:
 1. Grieta no sellada con un ancho entre 25.0 mm y 76.0 mm y sin escala.
 2. Grieta no sellada de cualquier ancho hasta 76.0 mm con escala menor que 10.0 mm.
 3. Grieta sellada de cualquier ancho con escala hasta de 10.0 mm.
- H: Existe una de las siguientes condiciones:
 1. Grieta no sellada de más de 76.0 mm de ancho.
 2. Grieta sellada o no de cualquier ancho y con escala mayor que 10.0 mm.

Unidad de medida

Una vez se ha establecido la severidad, el daño se registra como una losa. Si dos grietas de severidad media se presentan en una losa, se cuenta dicha losa como una poseedora de grieta de alta severidad. Las losas divididas en cuatro o más pedazos se cuentan como losas divididas. Las losas de longitud mayor que 9.10 m se dividen en "losas" de aproximadamente igual longitud y que tienen juntas imaginarias, las cuales se asumen están en perfecta condición.



Figura 78: Grietas lineales - severidad baja

Fuente: ASTM D643



Figura 79: Grietas lineales - severidad media

Fuente: ASTM D643



Figura 80: Grietas lineales - severidad alta

Fuente: ASTM D643

i) Parche grande (mayor de 0.45m²) y acometidas de servicio

Un parche es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por material nuevo. Una excavación de servicios es un parche que ha reemplazado el pavimento original para permitir la instalación o mantenimiento de instalaciones subterráneas. Los niveles de severidad de una excavación de servicios son los mismos que para el parche regular.

Niveles de severidad

- L: El parche está funcionando bien, con poco o ningún daño.
- M: El parche está moderadamente deteriorado o moderadamente descascarado en sus bordes. El material del parche puede ser retirado con esfuerzo considerable.
- H: El parche está muy dañado. El estado de deterioro exige reemplazo.

Unidad de medida

Si una losa tiene uno o más parches con el mismo nivel de severidad, se cuenta como una losa que tiene ese daño. Si una sola losa tiene más de un nivel de severidad, se cuenta como una losa con el mayor nivel de severidad. Si la causa del parche es más severa, únicamente el daño original se cuenta.



Figura 81: Parche grande - severidad baja

Fuente: ASTM D643

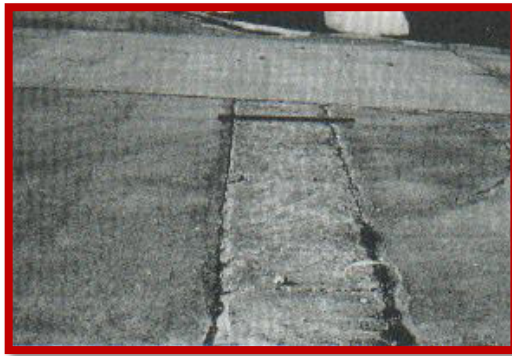


Figura 82: Parche grande - severidad media

Fuente: ASTM D643



Figura 83: Parche grande - severidad alta

Fuente: ASTM D643

j) Parche pequeño (menor de 0.45m²)

Es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por un material de relleno.

Niveles de severidad

- L: El parche está funcionando bien, con poco o ningún daño.
- M: El parche está moderadamente deteriorado. El material del parche puede ser retirado con considerable esfuerzo.
- H: El parche está muy deteriorado. La extensión del daño exige reemplazo.

Unidad de medida

Si una losa presenta uno o más parches con el mismo nivel de severidad, se registra como una losa que tiene ese daño. Si una sola losa tiene más de un nivel de severidad, se registra como una losa con el mayor nivel de daño. Si la causa del parche es más severa, únicamente se contabiliza el daño original.



Figura 84: Parche pequeño - severidad baja

Fuente: ASTM D643



Figura 85: Parche pequeño - severidad media

Fuente: ASTM D643



Figura 86: Parche pequeño - severidad alta

Fuente: ASTM D643

k) Pulimiento de agregados

Este daño se causa por aplicaciones repetidas de cargas del tránsito. Cuando los agregados en la superficie se vuelven suaves al tacto, se reduce considerablemente la adherencia con las llantas. Cuando la porción del agregado que se extiende sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye significativamente a reducir la velocidad del vehículo. El pulimiento de agregados que se extiende sobre el concreto es despreciable y suave al tacto. Este tipo de daño se reporta cuando el resultado de un

ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha disminuido significativamente respecto a evaluaciones previas.

Niveles de severidad

No se definen grados de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de incluirlo en un inventario de la condición y calificarlo como un defecto.

Unidad de medida

Una losa con agregado pulido se cuenta como una losa.



Figura 87: Pulimiento de agregados

Fuente: ASTM D643

I) Popouts

Un popout es un pequeño pedazo de pavimento que se desprende de la superficie del mismo. Puede deberse a partículas blandas o fragmentos de madera rotos y desgastados por el tránsito. Varían en tamaño con diámetros entre 25.0 mm y 102.0 mm y en espesor de 13.0 mm a 51.0 mm.

Niveles de severidad

No se definen grados de severidad. Sin embargo, el popout debe ser extenso antes que se registre como un daño. La densidad promedio debe exceder aproximadamente tres por metro cuadrado en toda el área de la losa.

Unidad de Medida

Debe medirse la densidad del daño. Si existe alguna duda de que el promedio es mayor que tres popout por metro cuadrado, deben revisarse al menos tres áreas de un metro cuadrado elegidas al azar. Cuando el promedio es mayor que dicha densidad, debe contabilizarse la losa.



Figura 88: Popout

Fuente: ASTM D643

m) Bombeo

El bombeo es la expulsión de material de la fundación de la losa a través de las juntas o grietas. Esto se origina por la deflexión de la losa debida a las cargas. Cuando una carga pasa sobre la junta entre las losas, el agua es primero forzada bajo losa delantera y luego hacia atrás bajo la losa trasera. Esta acción erosiona y eventualmente remueve las partículas de suelo lo cual generan una pérdida progresiva del soporte del pavimento. El bombeo puede identificarse por manchas en la superficie y la evidencia de material de base o subrasante en el pavimento cerca de las juntas o grietas. El bombeo cerca de las juntas es causado por un sellante pobre de la junta e indica la pérdida de soporte. Eventualmente, la repetición de cargas producirá grietas. El bombeo también puede ocurrir a lo largo del borde de la losa causando pérdida de soporte.

Niveles de severidad

No se definen grados de severidad. Es suficiente indicar la existencia.

Unidad de medida

El bombeo de una junta entre dos losas se contabiliza como dos losas. Sin embargo, si las juntas restantes alrededor de la losa tienen bombeo, se agrega una losa por junta adicional con bombeo.



Figura 89: Bombeo

Fuente: ASTM D643

n) Punzonamiento

Este daño es un área localizada de la losa que está rota en pedazos. Puede tomar muchas formas y figuras diferentes, pero usualmente está definido por una grieta y una junta o dos grietas muy próximas, usualmente con 1.52 m entre sí. Este daño se origina por la repetición de cargas pesadas, el espesor inadecuado de la losa, la pérdida de soporte de la fundación o una deficiencia localizada de construcción del concreto (por ejemplo, hormigueros)

Niveles de severidad

Tabla 8: Niveles de severidad - punzonamiento

Severidad de la mayoría de las grietas	Número de pedazos		
	2 a 3	4 a 5	Más de 5
L	L	L	M
M	L	M	H
H	M	H	H

Fuente: ASTM D6433

Unidad de medida

Si la losa tiene uno o más punzonamientos, se contabiliza como si tuviera uno en el mayor nivel de severidad que se presente.



Figura 90: Punzonamiento - severidad alta

Fuente: ASTM D643

o) Cruce de vía férrea

El daño de cruce de vía férrea se caracteriza por depresiones o abultamientos alrededor de los rieles.

Niveles de severidad

- L: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.
- M: El cruce de la vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.
- H: El cruce de la vía férrea produce calidad de tránsito de alta severidad.

Unidad de medida

Se registra el número de losas atravesadas por los rieles de la vía férrea. Cualquier gran abultamiento producido por los rieles debe contarse como parte del cruce.



Figura 91: Cruce de vía férrea - severidad media

Fuente: ASTM D643

p) Desconchamiento, mapa de grietas, craquelado

El mapa de grietas o craquelado se refiere a una red de grietas superficiales, finas o capilares, que se extienden únicamente en la parte superior de la superficie del concreto. Las grietas tienden a interceptarse en ángulos de 120 grados. Generalmente, este daño ocurre por exceso de manipulación en el terminado y puede producir el descamado, que es la rotura de la superficie de la losa a una profundidad aproximada de 6.0 mm a 13.0 mm. El descamado también puede ser causado por incorrecta construcción y por agregados de mala calidad.

Niveles de severidad

- L: El craquelado se presenta en la mayor parte del área de la losa; la superficie está en buena condición con solo un descamado menor presente.
- M: La losa está descamada, pero menos del 15% de la losa está afectada.
- H: La losa está descamada en más del 15% de su área.

Unidad de medida

Una losa descamada se contabiliza como una losa. El craquelado de baja severidad debe contabilizarse únicamente si el descamado potencial es inminente, o unas pocas piezas pequeñas se han salido.



Figura 92: Desconchamiento/Mapa de grietas/Craquelado - severidad media

Fuente: ASTM D643



Figura 93: Desconchamiento/Mapa de grietas/Craquelado - severidad alta

Fuente: ASTM D643

q) Grietas de retracción

Son grietas capilares usualmente de unos pocos pies de longitud y no se extienden a lo largo de toda la losa. Se forman durante el fraguado y curado del concreto y generalmente no se extienden a través del espesor de la losa.

Niveles de severidad

No se definen niveles de severidad. Basta con indicar que están presentes.

Unidad de medida

Si una o más grietas de retracción existen en una losa en particular, se cuenta como una losa con grietas de retracción.



Figura 94: Grietas de retracción

Fuente: ASTM D643

r) Descascaramiento de esquina

Es la rotura de la losa a 0.6 m de la esquina aproximadamente. Un descascaramiento de esquina difiere de la grieta de esquina en que el descascaramiento usualmente buza hacia abajo para interceptar la junta, mientras que la grieta se extiende verticalmente a través de la esquina de losa. Un descascaramiento menor que 127 mm medidos en ambos lados desde la grieta hasta la esquina no deberá registrarse.

Niveles de severidad

En el cuadro, se listan los niveles de severidad para el descascaramiento de esquina. El descascaramiento de esquina con un área menor que 6452 mm² desde la grieta hasta la esquina en ambos lados no deberá contarse.

Tabla 9: Niveles de severidad - descascaramiento de esquina

Profundidad del Descascaramiento	Dimensiones de los lados del descascaramiento	
	127.0 x 127.0 mm a 305.0 x 305.0 mm	Mayor que 305.0 x 305.0 mm
Menor de 25.0 mm	L	L
> 25.0 mm a 51.0 mm	L	M
Mayor de 51.0 mm	M	H

Fuente: ASTM D6433

Unidad de medida

Si en una losa hay una o más grietas con descascaramiento con el mismo nivel de severidad, la losa se registra como una losa con descascaramiento de esquina. Si ocurre más de un nivel de severidad, se cuenta como una losa con el mayor nivel de severidad.



Figura 95: Descascaramiento de esquina - severidad alta

Fuente: ASTM D643

s) Descascaramiento de junta

Es la rotura de los bordes de la losa en los 0.60 m de la junta. Generalmente no se extiende verticalmente a través de la losa si no que intercepta la junta en ángulo. Se origina por:

1. Esfuerzos excesivos en la junta causados por las cargas de tránsito o por la infiltración de materiales incompresibles.
2. Concreto débil en la junta por exceso de manipulación.

Niveles de severidad

En el cuadro, se ilustran los niveles de severidad para descascaramiento de junta. Una junta desgastada, en la cual el concreto ha sido desgastado a lo largo de toda la junta se califica como de baja severidad.

Tabla 10: Niveles de severidad - descascaramiento de junta

Fragmentos del Descascaramiento	Ancho del descascaramiento	Longitud del descascaramiento	
		< 0.6m	> 0.6 m
Duros. No puede removerse fácilmente (pueden faltar algunos pocos fragmentos).	< 102 mm	L	L
	> 102 mm	L	L
Suelos. Pueden removerse y algunos fragmentos pueden faltar. Si la mayoría o todos los fragmentos faltan, el descascaramiento es superficial, menos de 25.0 mm.	< 102 mm	L	M
	>102 mm	L	M
Desaparecidos. La mayoría, o todos los fragmentos han sido removidos.	< 102 mm	L	M
	> 102 mm	M	H

Fuente: ASTM D6433

Unidad de medida

Si el descascaramiento se presenta a lo largo del borde de una losa, esta se cuenta como una losa con descascaramiento de junta. Si está sobre más de un borde de la misma losa, el borde que tenga la mayor severidad se cuenta y se registra como una losa. El descascaramiento de junta también puede ocurrir a lo largo de los bordes de dos losas adyacentes. Si este es el caso, cada losa se contabiliza con descascaramiento de junta.

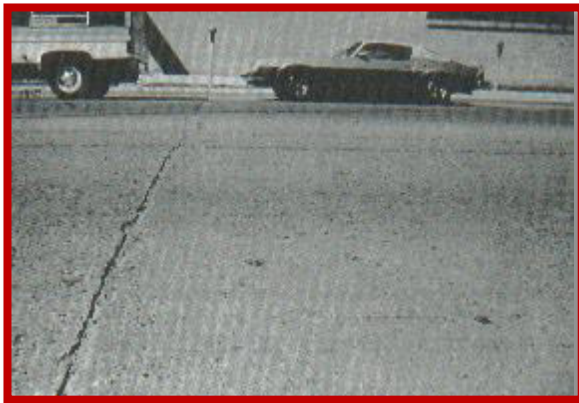


Figura 96: Descascaramiento de junta - severidad baja

Fuente: ASTM D643



Figura 97: Descascaramiento de junta - severidad media

Fuente: ASTM D643

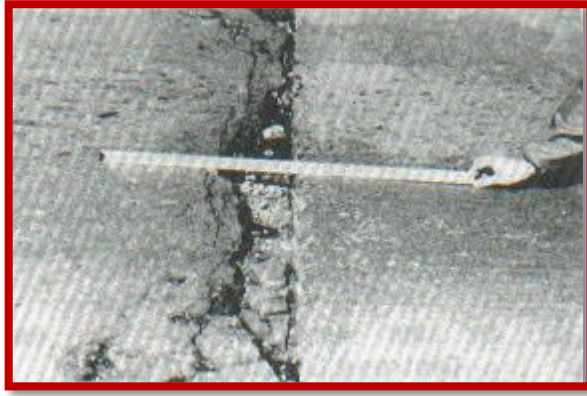


Figura 98: Descascaramiento de junta - severidad alta

Fuente: ASTM D643

2.3 Formulación de hipótesis

a) Hipótesis general:

- Aplicando la metodología PCI se minimizarán los costos y tiempo en la rehabilitación de la avenida Domingo Orué – Surquillo – Lima.

b) Hipótesis específicas:

- Determinando los parámetros de evaluación del pavimento mixto de la avenida Domingo Orué – Surquillo – Lima aplicando la metodología PCI, se elaborará el inventario de fallas correspondiente.
- Determinando el índice de condición del pavimento mixto de la avenida Domingo Orué – Surquillo – Lima aplicando la metodología PCI, se conocerá el estado actual de la vía.
- Determinando las técnicas de rehabilitación del pavimento mixto de la avenida Domingo Orué – Surquillo – Lima aplicando la metodología PCI, se elaborará el presupuesto y cronograma correspondientes.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

La investigación es aplicada, porque tiene como propósito solucionar problemas concretos e identificarlos, sobre los que se deben intervenir para definir estrategias de solución. En la presente tesis se identificó el estado de conservación de la avenida en estudio, con lo cual se planteó estrategias de rehabilitación, a fin de optimizar recursos para su reparación. Asimismo, la investigación es de enfoque cuantitativo ya que se recolectan, procesan y analizan datos, los que se transforman en valores numéricos, los resultados conseguidos tendrán valores que van desde 0 hasta 100, con lo que se puede calificar a la avenida como excelentes, muy bueno, bueno, regular, malo, muy malo y fallado.

3.2 Nivel de la investigación

La investigación es de nivel correlacional porque mide el grado de relación entre las variables dependientes e independientes y analiza la interacción entre ellas.

3.3 Diseño de la investigación

Según su propósito, el diseño de la investigación es de tipo **no experimental**, puesto que no se manipularon las variables independientes; en

el desarrollo de la tesis se realizó la inspección visual del pavimento mixto en su estado real, observándose situaciones existentes y no alteradas. Según el periodo y secuencia de la investigación es **tipo transversal**, puesto que el registro de datos se realizó solo una vez y de forma observacional. Según la cronología de las observaciones la investigación es de tipo **prospectivo**, puesto que los datos fueron tomados y registrados recientemente por los autores de la tesis.

3.4 Variables

Del título de la tesis se identificaron: el objeto de estudio, la variable dependiente y la variable independiente.

- **Objeto de estudio:** El pavimento mixto de la avenida Domingo Orué – Surquillo – Lima.
- **Variable dependiente:** Minimización de costos y tiempo en la rehabilitación del pavimento.
- **Variable independiente:** Aplicación de la metodología PCI.

3.5 Operacionalización de las variables

Seguidamente, se procedió a explicar cómo se medirá las variables formuladas de las hipótesis, para lo cual se desprendió en indicadores con sus respectivas escalas de medición.

Tabla 11: Operacionalización de las variables de las hipótesis secundarias

Hipótesis	Variables	Indicador	Escala de medición
Determinando los parámetros de evaluación del pavimento de la avenida Domingo Orue - Surquillo - Lima aplicando la metodología PCI, se elaborará el inventario correspondiente	Parámetros de evaluación	Tipo	19 - Pav. Flexible 19 - Pav. Rígido
		Severidad	-Bajo - Media - Alta
		Extensión	-metros cuadrados (m ²) -metros (m) -unidad (u)
	Inventario de fallas	Registro estadístico de fallas	Porcentaje (%)
Determinando el Índice de Condición del pavimento mixto de la Avenida Domingo Orue - Surquillo Lima aplicando la metodología PCI, se conocerá el estado actual de la vía.	Índice de condición del pavimento	Cálculo del valor deducido	-Curvas para cada tipo de falla
		Cálculo del valor deducido corregido	-Curvas para el tipo de pavimento
		Cálculo del PCI	-Fórmula numérica
	Estado actual de la vía	Calificación de la vía	-Excelente -Muy bueno -Bueno -Regular -Malo - Muy malo -Fallado
Al determinar las estrategias de rehabilitación del pavimento mixto de la avenida Domingo Orue - Surquillo - Lima aplicando la metodología PCI, se elaborará el presupuesto y cronograma correspondientes.	Estrategia de rehabilitación	-Condición de la vía	-Tipo de fallas -Severidad
		-Actividades a realizarse	-Se rehabilita -No se rehabilita
	Presupuesto y cronograma correspondientes	-Partidas	- Tareas a realizarse
		-Metrados	- m ³ , m ² , m, und
		-Análisis de precios	- Soles
-Diagrama de Gantt		- Días, semanas	

Elaboración: los autores

3.6 Población y muestra

- Población: Todos los pavimentos del distrito de Surquillo
- Muestra: Se tomó como muestra de estudio el pavimento flexible de la avenida Domingo Orué ubicado en el distrito de Surquillo.

3.7 Técnicas de investigación

- Planteamiento de estrategias para demostrar la hipótesis
 - Operacionalización de las variables
 - Medición final de las variables (recolección de datos)
 - Análisis e interpretación de los datos
 - Verificación de la hipótesis
 - Conclusiones y recomendaciones
- a) Para el planteamiento de estrategias para demostrar la hipótesis, se realizó una inspección visual de la superficie del pavimento mixto, para identificar y clasificar los parámetros de evaluación (tipos y clases de fallas, severidad y extensión).
- Por otro lado, se llevó a cabo la evaluación operacional para calcular el índice de condición del pavimento para seleccionar el método de rehabilitación.
- b) Posteriormente, se definieron las variables involucradas:
- Variable independiente (x): Aplicación de la metodología PCI
 - Variable dependiente (y): Minimizar costos y tiempo en la rehabilitación de la avenida.
- c) Se escoge la muestra a evaluar, en la presente investigación se evaluó la avenida Domingo Orué en el distrito de Surquillo - Lima.
- d) Las variables independientes fueron medidas y descritas, no existe manipulación de variables. Los resultados se muestran en el siguiente capítulo.

- e) Se efectuó la verificación de la hipótesis para la cual se realizó el cálculo de los parámetros de evaluación, cálculo del Índice de condición del pavimento, y se seleccionaron las estrategias de rehabilitación respectivas.
- f) Para las conclusiones y recomendaciones, se realizó el análisis e interpretación de resultados obtenidos, con los cuales se realizó la discusión y aplicación.

3.8 Procesamiento y análisis estadístico de los datos

Se elaboró una hoja de cálculo bajo las exigencias y requerimientos de la metodología PCI los cuales fueron llenados con datos obtenidos en la inspección visual. Para el inventario de fallas se utilizaron herramientas de software como AutoCAD y el Office Microsoft Excel.

Los resultados obtenidos fueron analizados y presentados mediante gráficos, tablas resúmenes.

3.9 Cronograma de actividades

La tesis se realizó en un plazo de 17 semanas, organizándose las actividades realizadas de la siguiente manera:

Tabla 12: Cronograma de actividades

MES	AGOSTO				SEPTIEMBRE					OCTUBRE				NOVIEMBRE			
FECHA	05	12	19	26	02	09	16	23	30	07	14	21	28	04	11	18	25
ACTIVIDADES	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6	Sem 7	Sem 8	Sem 9	Sem 10	Sem 11	Sem 12	Sem 13	Sem 14	Sem 15	Sem 16	Sem 17
Evaluación del tema	■																
Definición del tema (Matriz de resistencia)		■	■														
Recolección de información				■	■	■											
Visita a campo						■	■										
Análisis de información y procesamiento de datos								■	■	■							
Elaboración de conclusiones											■	■					
Exposición de simulación													■				
Levantamiento de observaciones														■	■	■	
Sustentación final																	■

Elaboración: los autores

CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 Evaluación del pavimento mixto de la avenida Domingo Orué

4.1.1 Caso de Investigación

Se aplicó la metodología PCI en todo el tramo de la avenida Domingo Orué, en el distrito de Surquillo, provincia de Lima, departamento de Lima. La mencionada avenida tiene una extensión de 864 m de largo, el trabajo se realizó desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 0+864m, en la siguiente figura se puede apreciar una vista satelital del área indicada.



Figura 99: Vista satelital de la avenida Domingo Orué

Fuente: Google Maps

4.1.1.1 Características de la muestra

- Extensión: 864 m.
- Ancho de vía: 18 m.
- Ancho de calzadas: 6 m.
- Dos sentidos incluyendo berma central
- Tipo de pavimento: mixto (flexible y rígido)

4.1.1.2 Seccionamiento de la vía

Para realizar todo el proceso de inspección, se seccionó la avenida como se indica en la tabla a continuación:

Tabla 13: Seccionamiento de la vía en unidades de muestra

TRAMOS	SECCIONES	TIPO DE PAVIMENTO	UNIDADES DE MUESTRA	AREA DE LA UNIDAD DE MUESTRA
TRAMO 1 (de la Vía Expresa hacia República de Panamá)	Sección 1	Flexible	6	240 m ²
	Sección 2	Rígido	4	252m ²
	Sección 3	Flexible	6	246 m ²
	Sección 4	Rígido	6	252 m ²
TRAMO 2 (de República de Panamá hacia la Vía Expresa)	Sección 5	Rígido	10	252m ²
	Sección 6	Flexible	6	252 m ²
	Seccion 7	Rígido	6	252m ²

Elaboración: los autores

4.2 Aplicación de la metodología PCI

Se detallará paso a paso los procedimientos a seguir en la aplicación de la metodología PCI, tanto en pavimento flexible como en pavimento rígido, para lo cual se han seleccionado dos unidades de muestra al azar, siendo en este caso la UM-01 que se encuentra entre las progresivas 0+000 – 0+040 en el tramo 1 de la vía y la UM-18, ubicada entre las progresivas 0+678 – 0+720 perteneciente también al tramo 1 de la avenida Domingo Orué.

A continuación, se presenta la imagen detallada del formato empleado para realizar la toma de datos correspondiente de la UM-01 para pavimento flexible.

Se puede observar de la imagen anterior, que el formato se encuentra dividido en 6 secciones importantes:

I. Datos de la unidad de muestra: En esta sección del formato, se detallan todas las características dimensionales de la unidad de muestra correspondientes, teniendo en cuenta el número de esta, siendo en este caso la UM-0; el inicio y fin de las progresivas entre las que se encuentra situada, 0+000 – 0+040 km, el ancho de ese tramo de la vía, que es 6m a lo largo de todo su recorrido y el área analizada para la respectiva unidad de muestra, que es 240 m² para la UM-01.

II. Tipos de fallas: En esta parte del formato, se encuentran mencionadas las 19 fallas que analiza la metodología PCI para pavimento flexible, así como las respectivas unidades de medidas con las que serán levantadas. Del mismo modo, en dicha sección también se encuentra el código asignado para cada tipo de muestra, que favorece y facilita la toma de datos respectivos.

III. Toma de datos: Este sector del formato, es en el que se toma nota de las fallas encontradas en la unidad de muestra respectiva, las cuales en este caso fueron Piel de cocodrilo, Huecos, Grietas longitudinales y transversales y parches con severidades altas (H), medias (M) y bajas (L); seguido a ello, se apuntan las medidas correspondientes de cada falla existente dentro la muestra analizada, para luego hallar el total. La densidad de las fallas existentes, se halla al dividir el total de la falla entre el área de la muestra y multiplicarlo por cien. Los valores deducidos, se obtienen de las curvas adjuntas en el ANEXO 01.

IV. Calculo del valor deducido corregido: Luego de hallar los valores deducidos para cada tipo de falla con su respectiva severidad, se identifica cual fue el valor más alto y bajo encontrados, si todos los valores deducidos fueran menores o iguales que 2 se trabajaría con el total de valores deducidos (es decir la suma de estos); sin embargo, en este caso, todos los valores son mayores que 2, es por ello que se aplica la siguiente formula:

$$m = 1 + \frac{9}{98}(100 - VDM)$$

Donde:

m = cantidad de valores deducidos a trabajarse (5.30)

VDM = valor deducido mayor (53.20)

Así, el valor que obtuvimos de m es igual a 5.30 siendo la parte decimal igual a 0.30 y la parte entera (5) indica que se tendrá que trabajar únicamente con los 5 mayores valores deducidos encontrados más la parte decimal que se multiplicará al valor deducido menor. En este caso se trabaja con los valores deducidos: 53.20 – 40.00 – 19.10 - 17.50 – 17.30 y 1.23 (este último se obtiene de la multiplicación de 0.30 por 4.10).

Posteriormente, se ubican estos valores deducidos de manera descendente (mayor a menor) y luego se va igualando a 2 cada uno de los valores deducidos, en este caso, 1.23 mantiene su valor por ser menor a 2 pero los demás se van disminuyendo de uno en uno hasta quedarnos únicamente con el valor deducido más alto y todos los demás igualados a 2. Luego de esto se suman de manera horizontal todos los valores deducidos, obteniendo así el valor de VDT (valores deducidos totales). El valor de “q” se obtiene al identificar cuantos valores deducidos de esa línea son mayores que 2; y los VDC (valores deducidos corregidos) se extraen de las curvas que se encuentran en el ANEXO 03.

Después de realizar todos esos procedimientos, se identifica el máximo valor deducido corregido.

V. Cálculo del índice de condición del pavimento: se halla realizando la resta de 100 menos el máximo valor deducido que se encontró en el punto IV.

VI. Condición del pavimento: Se determina identificando en que rango de la tabla 01 se encuentra de acuerdo al índice de condición del pavimento que se halló en el punto V.

I. Datos de la unidad de muestra: En esta sección se toman en cuenta los datos tal y como se hace para pavimento flexible, pero en este caso, se adiciona un punto que es el número de losas que conforman la respectiva unidad de muestra, que en este caso son 7 losas, de 6x6m.

II. Diagrama: en este sector, se realiza un diagrama de la distribución de las losas de la respectiva unidad de muestra, donde se anotarán también las fallas que presente cada losa y la severidad respectiva.

III. Tipos de fallas: al igual que para pavimento flexible en este sector se encuentran los 19 tipos de fallas para pavimento rígido que considera la metodología PCI.

IV. Toma de datos: En este punto, se toma nota de las fallas que se encuentran en la unidad de muestras, así como su severidad, encontrándose fallas de grietas lineales, parches grandes y parches pequeños en severidades bajas (L) y medias (M). Seguidamente se tendrá que indicar el número de losas en las que se encuentra la falla correspondiente para posteriormente determinar la densidad al dividir el número de losas afectadas entre el número total de losas y multiplicarlo por 100. Por último, para hallar los valores deducidos se emplean las curvas que se adjuntan en el ANEXO 02 para cada falla identificada.

En los puntos V, VI y VII se procede de la misma manera que para pavimento flexible, obteniéndose al final la condición del pavimento rígido de dicha unidad de muestra, siendo en este caso REGULAR.

4.3 Parámetros de evaluación

Luego de desarrollar la metodología PCI para las 44 unidades de muestra que se consideraron en la avenida Domingo Orué, se obtuvo las siguientes fallas en cada una y para cada tipo de pavimento:

Tabla 16: Cuadro de fallas de la sección 1 - pavimento flexible

SECCION		SECCION 1					
UNIDAD DE MUESTRA		UM - 01	UM - 02	UM - 03	UM - 04	UM - 05	UM - 06
PROGRESIVA INICIA (Km)		0+000	0+040	0+080	0+120	0+160	0+200
PROGRESIVA FINAL (Km)		0+040	0+080	0+120	0+160	0+200	0+224
FALLA	SEVERIDAD						
Piel de cocodrilo	L	x					
	M		x		x	x	
	H	x	x	x	x	x	
agrietamiento en bloque	L						
	M						
	H						
abultamientos y hundimientos	L						
	M						
	H						x
grieta de borde	L					x	
	M		x		x		
	H						
grietas longitudinales y transversales	L	x					
	M	x	x		x		
	H	x					
parqueo	L						
	M	x		x	x	x	
	H						
huecos	L						
	M	x		x			
	H		x		x	x	x
ahuellamiento	L						
	M			x			x
	H						
desprendimiento de agregados	L					x	x
	M						
	H						

Elaboración: los autores

Tabla 17: Cuadro de fallas de la sección 2 - pavimento rígido

SECCION		SECCION 2			
UNIDAD DE MUESTRA		UM-07	UM-08	UM-09	UM-10
PROGRESIVA INICIA (Km)		0+224	0+266	0+308	0+350
PROGRESIVA FINAL (Km)		0+266	0+308	0+350	0+392
FALLA	SEVERIDAD				
Grieta de esquina	L				
	M				
	H				
Losa dividida	L				
	M				
	H				
Grietas Lineales	L	x		x	x
	M		x	x	
	H				
Parqueo grande	L				x
	M		x		
	H				
Parqueo pequeño	L	x			
	M				
	H				
Pulimiento de agregados	L				
	M				
	H				
Desconchamiento/ mapa de grietas / craquelado	L				
	M				
	H				

Elaboración: los autores

Tabla 18: Cuadro de fallas para la sección 3 - pavimento flexible

SECCION		SECCION 3					
UNIDAD DE MUESTRA		UM - 11	UM - 12	UM - 13	UM - 14	UM - 15	UM - 16
PROGRESIVA INICIA (Km)		0+392	0+432	0+472	0+512	0+552	0+592
PROGRESIVA FINAL (Km)		0+432	0+472	0+512	0+552	0+592	0+636
FALLA	SEVERIDAD						
Piel de cocodrilo	L		x				
	M	x	x	x	x	x	x
	H				x		
agrietamiento en bloque	L						
	M						
	H			x			x
abultamientos y hundimientos	L						
	M						
	H						
grieta de borde	L		x	x			
	M						
	H						
grietas longitudinales y transversales	L						
	M	x					
	H						
parqueo	L						
	M	x					
	H						
huecos	L						
	M						
	H			x	x	x	
ahuellamiento	L						
	M	x					
	H				x		
desprendimiento de agregados	L						
	M						
	H				x		

Elaboración: los autores

Tabla 19: Cuadro de fallas de la sección 4 - pavimento flexible

SECCION		SECCION 4					
UNIDAD DE MUESTRA		UM-17	UM-18	UM-19	UM-20	UM-21	UM-22
PROGRESIVA INICIA (Km)		0+636	0+678	0+720	0+762	0+804	0+846
PROGRESIVA FINAL (Km)		0+678	0+720	0+762	0+804	0+846	0+864
FALLA	SEVERIDAD						
Grieta de esquina	L						
	M						
	H						
Losa dividida	L						
	M						
	H						
Grietas Lineales	L	x	x	x		x	
	M		x				
	H				x		x
Parqueo grande	L		x				
	M				x		
	H			x			
Parqueo pequeño	L	x					
	M		x			x	
	H				x	x	
Pulimiento de agregados	L						
	M						
	H						
Desconchamiento/ mapa de grietas / craquelado	L						
	M						x
	H						

Elaboración: los autores

Tabla 20: Cuadro de fallas de la sección 5 - pavimento rígido

SECCION		SECCION 4					
UNIDAD DE MUESTRA		UM-17	UM-18	UM-19	UM-20	UM-21	UM-22
PROGRESIVA INICIA (Km)		0+636	0+678	0+720	0+762	0+804	0+846
PROGRESIVA FINAL (Km)		0+678	0+720	0+762	0+804	0+846	0+864
FALLA	SEVERIDAD						
Grieta de esquina	L						
	M						
	H						
Losas divididas	L						
	M						
	H						
Grietas Lineales	L	x	x	x		x	
	M		x				
	H				x		x
Parcheo grande	L		x				
	M				x		
	H			x			
Parcheo pequeño	L	x					
	M		x			x	
	H				x	x	
Pulimiento de agregados	L						
	M						
	H						
Desconchamiento/ mapa de grietas / craquelado	L						
	M						x
	H						

Elaboración: los autores

Tabla 21: Cuadro de fallas de la sección 6 - pavimento flexible

SECCION		SECCION 5									
UNIDAD DE MUESTRA		UM-23	UM-24	UM-25	UM-26	UM-27	UM-28	UM-29	UM-30	UM-31	UM-32
PROGRESIVA INICIA (Km)		0+000	0+014	0+056	0+098	0+140	0+182	0+224	0+266	0+308	0+350
PROGRESIVA FINAL (Km)		0+014	0+056	0+098	0+140	0+182	0+224	0+266	0+308	0+350	0+392
FALLA	SEVERIDAD										
Grieta de esquina	L					x					
	M										
	H										
Losas divididas	L								x		
	M										
	H										
Grietas Lineales	L		x	x	x	x	x	x	x		x
	M	x					x				
	H							x	x		
Parcheo grande	L										
	M										x
	H										
Parcheo pequeño	L						x				
	M						x	x			
	H							x			
Pulimiento de agregados	L										
	M								x	x	
	H										
Desconchamiento/ mapa de grietas / craquelado	L			x		x	x	x	x		
	M	x	x			x				x	
	H										

Elaboración: los autores

Tabla 22: Cuadro de fallas de la sección 7 - pavimento rígido

SECCION		SECCION 7					
UNIDAD DE MUESTRA		UM - 39	UM - 40	UM - 41	UM - 42	UM - 43	UM - 44
PROGRESIVA INICIA (Km)		0+636	0+678	0+720	0+762	0+804	0+846
PROGRESIVA FINAL (Km)		0+678	0+720	0+762	0+804	0+846	0+864
FALLA	SEVERIDAD						
Grieta de esquina	L						
	M		x	x			
	H	x	x				
Losa dividida	L	x					
	M						
	H						
Grietas Lineales	L	x	x			x	
	M	x	x	x			
	H	x	x	x		x	
Parcheo grande	L						
	M						
	H					x	
Parcheo pequeño	L					x	
	M			x			
	H	x		x			
Pulimiento de agregados	L					x	
	M				x		
	H						
Desconchamiento/ mapa de grietas / craquelado	L	x					
	M						
	H	x			x		x

Elaboración: los autores

4.4 Índice de condición del pavimento

4.4.1 Estado de conservación de la vía

Al procesar toda la información obtenida de la inspección visual de la avenida Domingo Orué, se obtiene el índice de condición del pavimento para cada unidad de muestra, y por ende el estado de conservación que asigna la metodología PCI, tal y como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 23: Cuadro resumen PCI para cada unidad de muestra

UNIDAD DE MUESTRA	INICIO DE PROGRESIVA	FIN DE PROGRESIVA	VALOR PCI	ESTADO DE CONSERVACIÓN	TIPO DE PAVIMENTO
UM-01	0+000	0+040	23	MUY MALO	Flexible
UM-02	0+040	0+080	24	MUY MALO	Flexible
UM-03	0+080	0+120	23.7	MUY MALO	Flexible
UM-04	0+120	0+160	21	MUY MALO	Flexible
UM-05	0+160	0+200	38	MALO	Flexible
UM-06	0+200	0+224	31	MALO	Flexible
UM-07	0+224	0+266	51	REGULAR	Rígido
UM-08	0+266	0+308	35	MALO	Rígido
UM-09	0+308	0+350	45	REGULAR	Rígido
UM-10	0+350	0+392	74	MUY BUENO	Rígido
UM-11	0+392	0+432	54	REGULAR	Flexible
UM-12	0+432	0+472	55	REGULAR	Flexible
UM-13	0+472	0+512	18	MUY MALO	Flexible
UM-14	0+512	0+552	4	FALLADO	Flexible
UM-15	0+552	0+592	35	MALO	Flexible
UM-16	0+592	0+636	36	MALO	Flexible
UM-17	0+636	0+678	33	MALO	Rígido
UM-18	0+678	0+720	40	MALO	Rígido
UM-19	0+720	0+762	29	MALO	Rígido
UM-20	0+762	0+804	28	MALO	Rígido
UM-21	0+804	0+846	63	BUENO	Rígido
UM-22	0+846	0+864	32	MALO	Rígido
UM-23	0+000	0+014	44	REGULAR	Rígido
UM-24	0+014	0+056	45	REGULAR	Rígido
UM-25	0+056	0+098	38	MALO	Rígido
UM-26	0+098	0+140	42	REGULAR	Rígido
UM-27	0+140	0+182	35	MALO	Rígido
UM-28	0+182	0+224	47	REGULAR	Rígido
UM-29	0+224	0+266	39	MALO	Rígido
UM-30	0+266	0+308	36	MALO	Rígido
UM-31	0+308	0+350	51	REGULAR	Rígido
UM-32	0+350	0+392	41	REGULAR	Rígido
UM-33	0+392	0+434	28.8	MALO	Flexible
UM-34	0+434	0+476	32	MALO	Flexible
UM-35	0+476	0+518	35	MALO	Flexible
UM-36	0+518	0+560	29	MALO	Flexible
UM-37	0+560	0+602	33.5	MALO	Flexible
UM-38	0+602	0+636	28.5	MALO	Flexible
UM-39	0+636	0+678	43	REGULAR	Rígido
UM-40	0+678	0+720	45	REGULAR	Rígido
UM-41	0+720	0+762	42	REGULAR	Rígido
UM-42	0+762	0+804	36	MALO	Rígido
UM-43	0+804	0+846	34	MALO	Rígido
UM-44	0+846	0+864	34	MALO	Rígido

Elaboración: los autores

4.5 Estrategias de rehabilitación

Al obtenerse, que el estado de conservación de la avenida Domingo Orué es MALO, se plantea realizar la rehabilitación correspondiente, teniendo en cuenta las fallas identificadas, así como la severidad de las mismas, no siendo necesaria la reconstrucción de toda la avenida.

4.5.1 Metrado de fallas

Se realizó el metrado de fallas, teniendo en cuenta las severidades y el tipo de pavimento en el que se presentan, así como las actividades de rehabilitación recomendada por la metodología PCI que se extrae de los ANEXOS 05 y 06; por lo que se adjunta la tabla correspondiente con dicha información:

Tabla 24: Metrado y rehabilitación para fallas de pavimentos flexibles

ITEM	TIPO DE FALLA	UND	SEVERIDAD	METRADO	ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN
1	Piel de cocodrilo	m2	L	79.96	Sello superficial
			M	267.22	Parqueo parcial
			H	48.42	Parqueo profundo
3	Agrietamiento en bloque	m2	L	12.90	Sello superficial
			M	20.79	Parqueo parcial
			H	49.16	Parqueo parcial
4	Abultamientos y hundimientos	m2	L	-	
			M	-	
			H	3.60	Parqueo profundo
7	Grieta de borde	m	L	54.40	Sellado de grietas
			M	102.50	Sellado de grietas
			H	18.80	Parqueo parcial
10	Grietas longitudinales y transversales	m	L	74.35	Sellado de grietas
			M	60.60	Sellado de grietas
			H	38.95	Sellado de grietas
11	Parqueo y acometidas de servicio	m2	L	-	
			M	29.63	Sustitución del parche
			H	-	
13	Huecos	und	L	0.30	Parqueo parcial
			M	8.40	Parqueo profundo
			H	18.00	Parqueo profundo
15	Ahuellamiento	m2	L	-	
			M	7.52	Parqueo parcial
			H	2.50	Parqueo profundo
19	Meteorización / desprendimiento de agregados	m2	L	133.87	Sello superficial
			M	185.11	Sobrecarpeta
			H	120.24	Sobrecarpeta

Elaboración: los autores

Tabla 25: Metrado y rehabilitación para fallas de pavimento rígido

ITEM	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	UND	METRADO	ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN
21	Grieta de esquina	L	m	12.6	Sellado de grietas
		M	m	21.3	Sellado de grietas
		H	m	31.51	Parqueo profundo
22	Losa dividida	L	m	7	Sellado de grietas
		M	m	39.3	Reemplazo de la losa
		H	-	-	-
27	Grietas lineales	L	m	336.12	Sellado de grietas
		M	m	145.4	Sellado de grietas
		H	m	101.5	Parqueo profundo
28	Parqueo grande	L	m2	9.07	-
		M	m2	9.36	Reemplazo del parche
		H	m2	42	Reemplazo del parche
29	Parqueo pequeño	L	m2	34.73	-
		M	m2	12.4	Reemplazo del parche
		H	m2	46.46	Reemplazo del parche
30	Pulimiento de agregados	L	m2	47.59	-
		M	m2	99.55	Sobrecarpeta
		H	-	-	-
35	Desconchamiento / mapa de grietas / craquelado	L	m2	18.36	-
		M	m2	7.6	Parqueo profundo
		H	m2	302.36	Reemplazo de losa

Elaboración: los autores

4.5.2 Presupuesto de rehabilitación de la avenida Domingo Orué

Teniendo en cuenta las actividades de rehabilitación que indica la metodología PCI para las fallas que se presentan en la avenida Domingo Orué, se uniformizaron algunas de estas para elaborar el presupuesto respectivo, donde se consideraron las siguientes partidas, cuyos costos unitarios se detallan en el ANEXO 07.

Tabla 26: Presupuesto de rehabilitación empleando la metodología PCI

ALICACION DE LA METODOLOGIA PCI PARA MINIMIZAR COSTOS Y TIEMPO EN LA REHABILITACION DE LA AVENIDA DOMINGO ORUE - SURQUILLO - LIMA					
PROYECTO:					
ITEM	PARTIDAS	UND	METRADO	COSTO UNITARIO	PARCIAL
01.00	OBRAS PROVISIONALES				
01.01	Implementación del plan de desvío/ mantenimiento de tránsito	día	36.00	161.82	5,825.52
01.02	Alquiler de local para la obra	mes	1.50	1,250.00	1,875.00
01.03	Cartel de identificación de obra	und	1.00	2,200.00	2,200.00
01.04	Baño químico para personal de obra	mes	1.50	457.62	686.43
01.05	Limpieza permanente de la obra	m2	14,608.97	0.51	7,450.57
02.00	SEGURIDAD Y SALUD				
02.01	Charlas inducción en seguridad por persona	und	6.00	65.62	393.72
02.02	Recursos para respuestas anteemergencias en seguridad y salud durante el trabajo	glb	1.50	598.00	897.00
02.03	Equipo de protección individual	glb	1.00	7,909.50	7,909.50
03.00	PAVIMENTO FLEXIBLE				
03.01	Movimientos de tierra				
03.01.01	Demolicion de carpeta asfáltica en mal estado	m2	4,633.90	24.73	114,596.35
03.01.02	Excavacion a nivel de subrasante h=0.20m	m3	483.18	6.49	3,135.84
03.01.03	Eliminación de material excedente	m3	224.72	27.27	6,128.11
03.02	Pista asfáltica				
03.02.01	Conformacion y compactacion a nivel de subrasante	m2	2,415.90	5.51	13,311.61
03.02.02	Base granular para parcheo profundo e=0.10 m	m3	483.18	10.46	5,054.06
03.02.03	Imprimacion asfáltica	m2	4,635.90	4.75	22,020.53
03.02.04	Carpeta Asfáltica en caliente 2"	m2	4,635.90	38.49	178,435.79
03.02.05	Sellado de grietas	m	2,401.70	121.24	291,182.11
04.00	PAVIMENTO RIGIDO				
04.01	Movimientos de tierra				
04.01.01	Corte y perfilado bordes de pavimento rígido	m	4,020.80	16.79	67,509.23
04.01.01	Demolicion de pavimento rígido en mal estado	m2	1,573.82	26.38	41,517.37
04.01.02	Excavacion a nivel de subrasante h=0.20m	m3	121.16	6.49	786.33
04.01.03	Eliminación de material excedente	m3	157.51	27.27	4,295.30
04.02	Pista rígida				
04.02.01	Conformacion y compactacion a nivel de subrasante	m2	605.82	5.51	3,338.07
04.02.02	Base granular para parcheo profundo e=0.20 m	m3	121.16	10.46	1,267.33
04.02.04	Concreto premezclado f'c=280kg/cm2 e=8"	m2	1,573.82	75.75	119,216.87
04.02.05	Sellado de grietas	m	2,830.70	4.56	12,907.99
	Costo Directo				911,940.63
	Gastos generales (10%)				91,194.06
	Utilidad (10%)				91,194.06
					=====
	Subtotal				1,094,328.75
	IGV (18%)				196,979.18
					=====
	Presupuesto Total				1,291,307.93

Elaboración: los autores

4.5.3 Cronograma de rehabilitación de la avenida Domingo Orué

Posteriormente, y cumpliendo con la planificación de un proyecto, se realizó el cronograma de obra para la ejecución de las partidas consideradas en el presupuesto pertinente:

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN Y APLICACIONES

5.1 Discusión

5.1.1 Parámetros de evaluación

Los parámetros de evaluación que se analizaron en la aplicación de la metodología PCI fueron: tipo de fallas, severidad y extensión de las mismas.

a) Tipos de fallas

Al realizar el inventario de las fallas que se encontraron tanto en pavimento flexible como en pavimento rígido, se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 27: Inventario de los tipos de fallas para pavimento flexible y rígido

TIPO DE PAVIMENTO	TIPO DE FALLAS
Pavimento Flexible	Piel de cocodrilo
	Agrietamiento en bloque
	Abultamientos y hundimientos
	Grieta de borde
	Grietas longitudinales y transversales
	Parcheo
	Huecos
	Ahuellamiento
	Desprendimiento de agregados
Pavimento rígido	Grieta de esquina
	Losa Dividida
	Grietas lineales
	Parcheo grande
	Parcheo pequeño
	Pulimiento de agregados
	Desconchamiento/ Mapa de grietas/ Craquelado

Elaboración: los autores

Del cuadro anterior, se observa que de las 19 fallas que considera la metodología PCI para pavimento flexible, la avenida en estudio presenta únicamente 9 de estas; y de las 19 fallas para pavimento rígido, se encontraron 7 fallas.

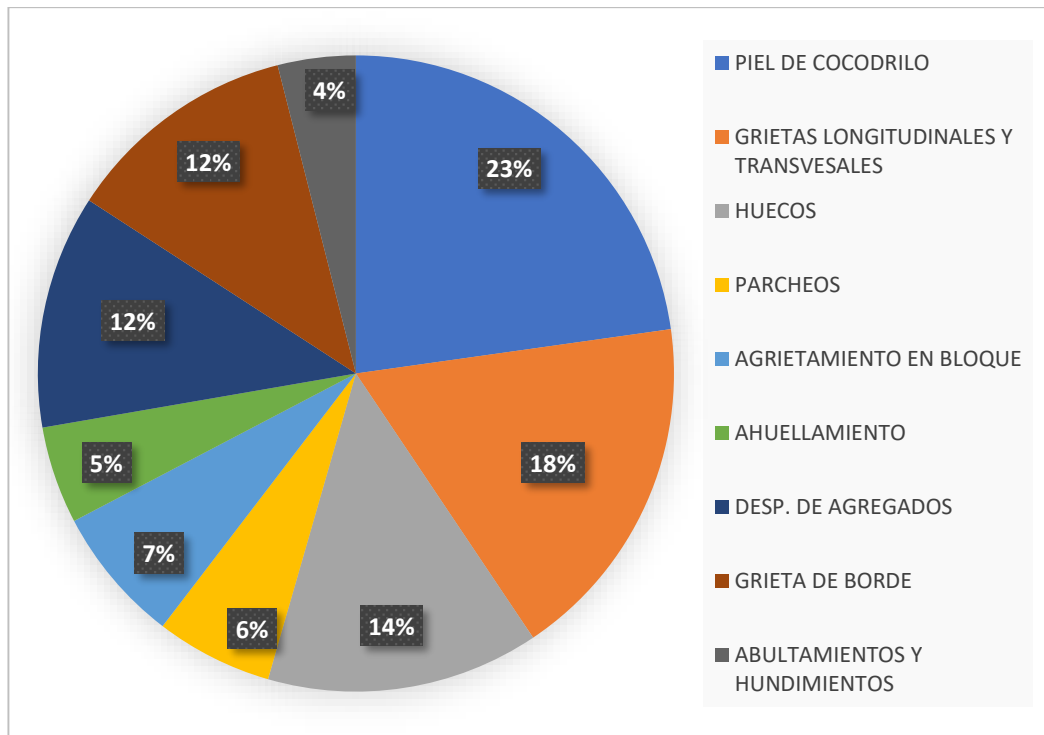


Figura 101: Incidencia de fallas en pavimento flexible

Elaboración: los autores

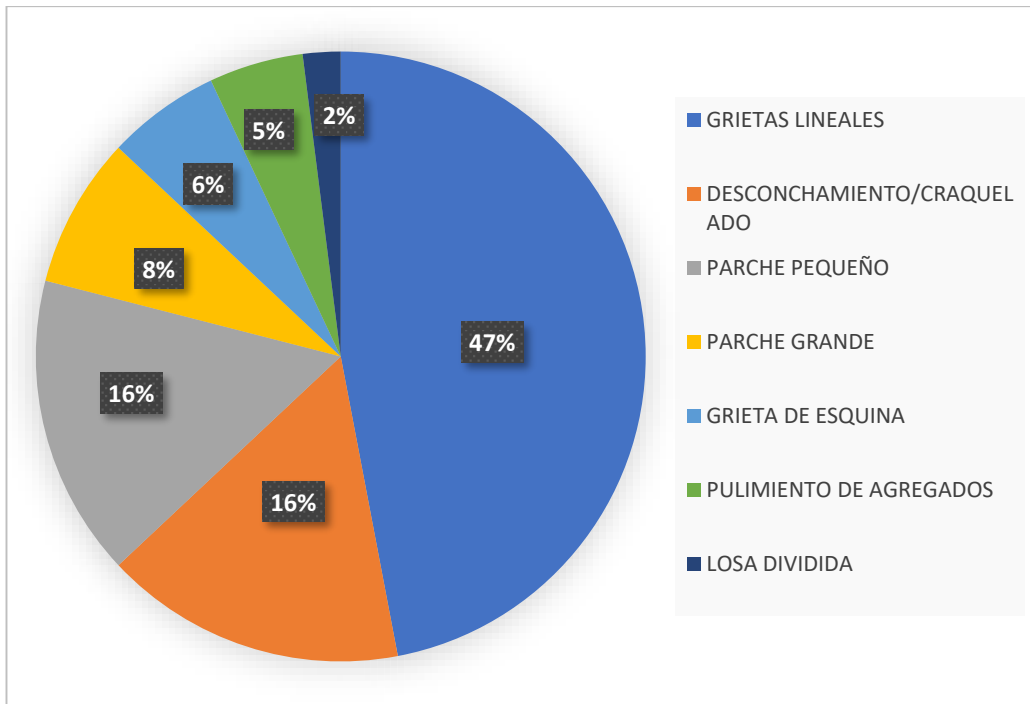


Figura 102: Incidencia de fallas en pavimento rígido

Elaboración: los autores

De los gráficos anteriores, se observa que las fallas más representativas para los diferentes tipos de pavimentos fueron: piel de cocodrilo para pavimento flexible y grietas lineales para pavimento rígido.

De esto se concluye que el pavimento de la avenida Domingo Orué se encuentra en un estado actual MALO debido a la fatiga de la base de rodadura por el tránsito continuo de vehículos en la zona.

b) Severidad

Respecto a la severidad de las fallas identificadas en la superficie de rodadura de la avenida Domingo Orué, se encontraron en los tres niveles que indica la metodología PCI.

Tabla 28: Porcentaje de incidencia de las severidades

SEVERIDAD	PORCENTAJE DE INCIDENCIA
Alta (H)	22%
Media(M)	41%
Baja (L)	37%

Elaboración: los autores

Cabe señalar, que algunas de las fallas de severidad baja, no necesitan rehabilitarse, lo que genera un menor metrado al momento de elaborar el presupuesto respectivo.

c) Extensión

La extensión de las fallas se consideró en distintas unidades, tales como metros cuadrados para fallas de superficie, metros para fallas longitudinales y unidades en el caso de los huecos y otros.

Esto nos servirá para realizar el metrado respectivo para el proyecto de rehabilitación de la avenida Domingo Orué.

5.1.2 Índice de condición del pavimento

Al calcular el índice de condición del pavimento (PCI) promedio de toda la vía, obtuvimos un valor de 37.00, lo cual indica un estado de conservación del pavimento MALO; es por ello que, de acuerdo al siguiente cuadro, debe realizarle la rehabilitación de la avenida teniendo en cuenta las características de las fallas identificadas.

Tabla 29: Intervención en base al rango del PCI

RANGO	CLASIFICACION	INTERVENCION
100 – 71	Bueno	Mantenimiento
31 – 70	Regular	Rehabilitación
0 - 30	Malo	Construcción

Elaboración: los autores

5.1.3 Técnicas de Rehabilitación

Se seleccionaron las técnicas de rehabilitación a realizarse, de acuerdo a lo indicado en el ANEXO 05 y ANEXO 06. Consecuentemente se elaboró el presupuesto y cronograma de obra para un proyecto de rehabilitación, cuyo monto asciende a la suma de S/. 1'291,432.13 (un millón doscientos noventa y uno mil cuatrocientos treinta y dos con 13/00 soles) y un plazo de ejecución de 36 días.

En el ANEXO 08, se adjunta el presupuesto que implicaría la reconstrucción total de la avenida, así como el cronograma respectivo, cuyos datos son S/.2'997,549.22 (dos millones novecientos noventa y siete mil quinientos cuarenta y nueve con 22 soles) en un plazo de 60 días calendario.

De esto se constata que al aplicar la metodología PCI, los gastos se reducen en un 57% y el plazo de ejecución en 40%.

5.2 Aplicaciones

Con los datos obtenidos en todos los procesos anteriores, se constata que la aplicación de la metodología PCI, brinda de manera precisa todos los pasos a seguir para determinar los parámetros de evaluación, el índice de condición del pavimento y las técnicas de rehabilitación apropiadas en la avenida Domingo Orué.

La aplicación de la metodología PCI para cada unidad de muestra se adjunta en el ANEXO 09.

CONCLUSIONES

1. Al realizarse la evaluación superficial de la avenida Domingo Orué con la metodología PCI, se logró identificar los siguientes parámetros de evaluación: 9 tipos de fallas en zonas de pavimento flexible y 7 tipos de fallas en zonas de pavimento rígido; las cuales presentan 3 niveles de severidad: baja (*Low*), media (*Medium*) y alta (*High*).
2. Aplicando la metodología PCI, se determinó que la avenida Domingo Orué tiene un Índice de Condición del Pavimento de 37.03, por lo que el estado de conservación en el que se encuentra es MALO y deberán establecerse los métodos de rehabilitación a realizar.
3. Al determinarse las técnicas de rehabilitación a realizarse en los diferentes tramos de la avenida Domingo Orué, se obtuvo un costo de S/.1'291,907.93 minimizándose en 57% y un plazo de ejecución de 36 días, reduciéndose en 40%
4. Las técnicas de rehabilitación a realizar según los resultados obtenidos serán: bacheo profundo, bacheo superficial y sellado de grietas, tanto en pavimento rígido como en pavimento flexible.

RECOMENDACIONES

1. En futuras investigaciones que se aplique la metodología PCI, consideren las medidas de seguridad pertinentes, ya que, al tomar las mediciones en campo, el tránsito dificulta el accionar produciéndose algunos incidentes; por ello es recomendable emplear equipos de protección personal y accesorios de seguridad.
Dado el gran índice de pistas en mal estado en todo el país, la metodología PCI permite realizar inspecciones visuales y elaborar los proyectos de rehabilitación y mantenimiento correspondientes.
2. Previamente, a la toma de datos en campo, el evaluador debe capacitarse respecto a las características de cada falla que identifica la metodología PCI, ya que, en ocasiones, el aspecto visual es similar y se diferencia en pequeños detalles.
3. Al observarse que la berma central de la avenida Domingo Orué presenta un ancho de 6m en más del 50% de su recorrido, se recomienda la implementación de una ciclovía con el afán de promover el transporte sostenible y por ende reducir las emisiones de gases en la zona, proveniente de los vehículos.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Bibliográficas:

ASHTO, ASTM D 6333-03, (2004). *Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys*. American Society for Testing and Materials. Estados Unidos.

Instituto Peruano de Economía (IPE – 2008). *Lecciones del mantenimiento de carretas en el Perú, 1992 – 2007*. Lima, Perú.

Robles (2015), *Cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI) Barranco-Surco-Lima*. Universidad Ricardo Palma. Tesis para optar el título de ingeniero civil.

Rodríguez (2009), *Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla*.

Rodríguez (2016), *Evaluación de la Condición Operacional del Pavimento Rígido, Aplicando el método del Paviment Condition Index (PCI), en las pistas del barrio El Triunfo, Distrito de Carhuaz, Provincia de Carhuaz, Región Ancash, Diciembre 2015*. Universidad Católica los Ángeles Chimbote. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil.

Samohod, A. (2017). *Apuntes de clases y separatas*.

Shahin, M. (2005). *Pavement Management for Airports Roads and Parking. Guía para la evaluación de pavimentos con superficie asfáltica*. Segunda edición.

Tapia García, Miguel Angel. (2015). *Pavimentos*. México: UNAM.

Electrónicas:

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

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>.

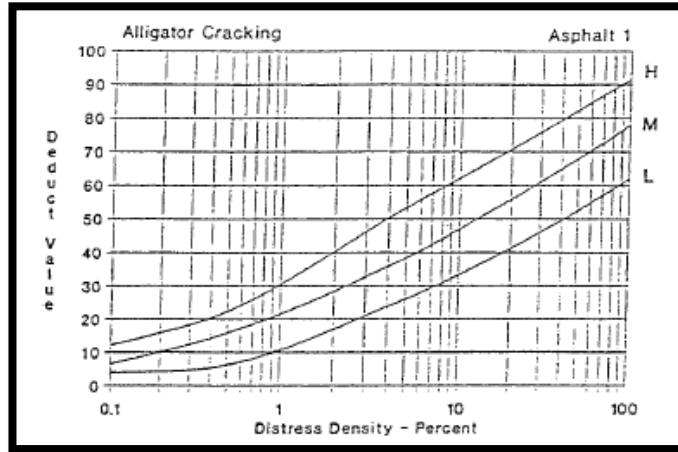
ANEXOS

1. Curvas de calor deducido para fallas de pavimento flexible
2. Curvas de valor deducido para las fallas de pavimento rígido
3. Curvas de valores deducidos corregidos para pavimento flexible
4. Curvas de valores deducidos corregidos en pavimento rígido
5. Actividades de rehabilitación para fallas en pavimento flexible
6. Actividades de rehabilitación para fallas en pavimento rígido
7. ACU para la rehabilitación de la avenida domingo Orué
8. Presupuesto de reconstrucción de la avenida Domingo Orué
9. Panel fotográfico
10. Matriz de consistencia

ANEXO 01

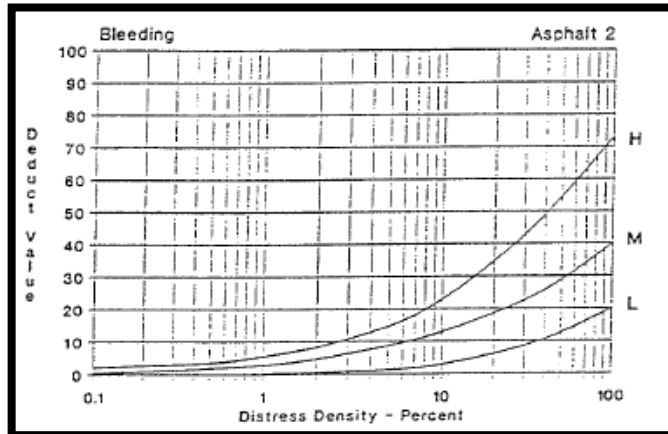
Curvas de valor deducido para fallas de pavimento flexible

1. Piel de cocodrilo



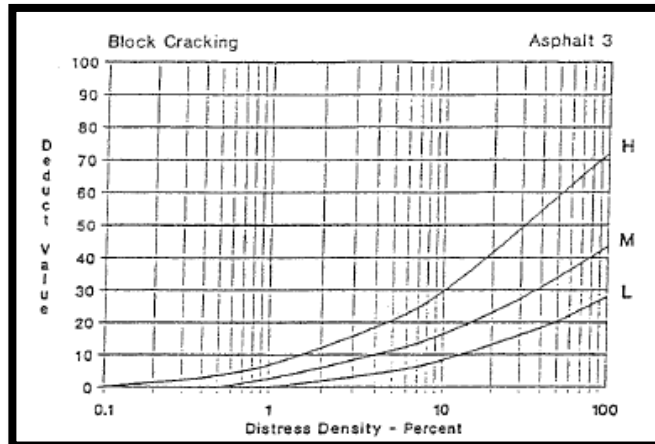
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

2. Exudación



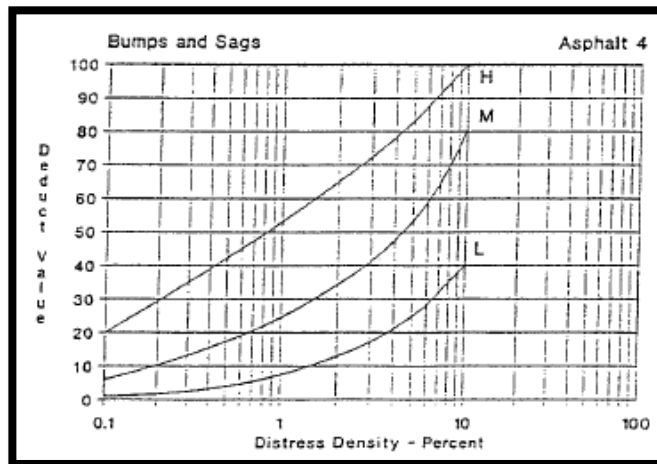
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

3. Agrietamiento en bloque



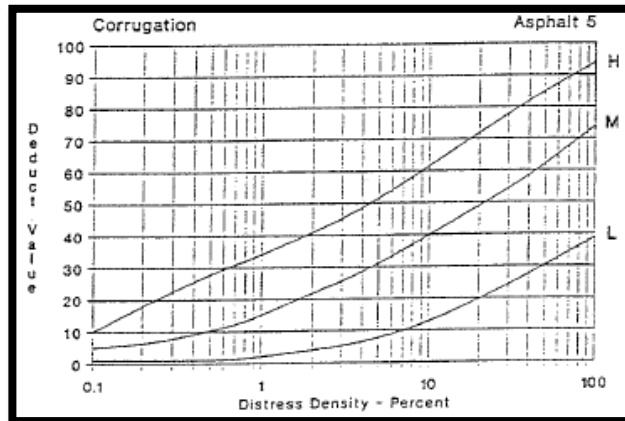
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

4. Abultamiento y hundimientos



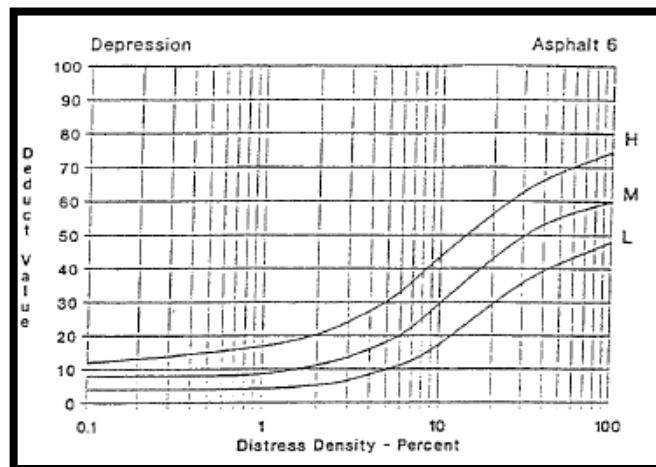
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

5. Corrugación



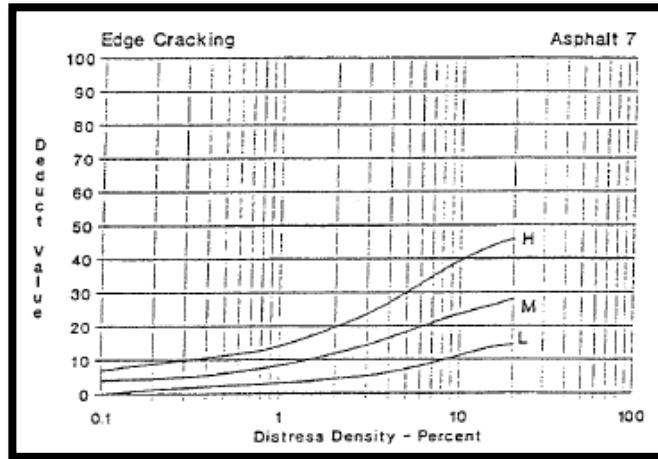
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

6. Depresión



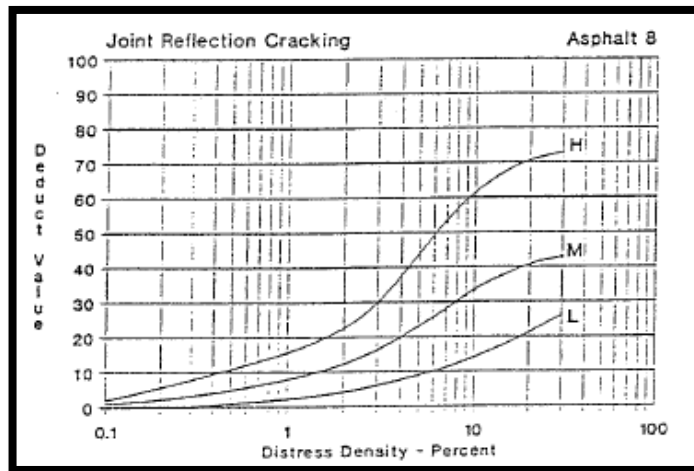
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

7. Grieta de borde



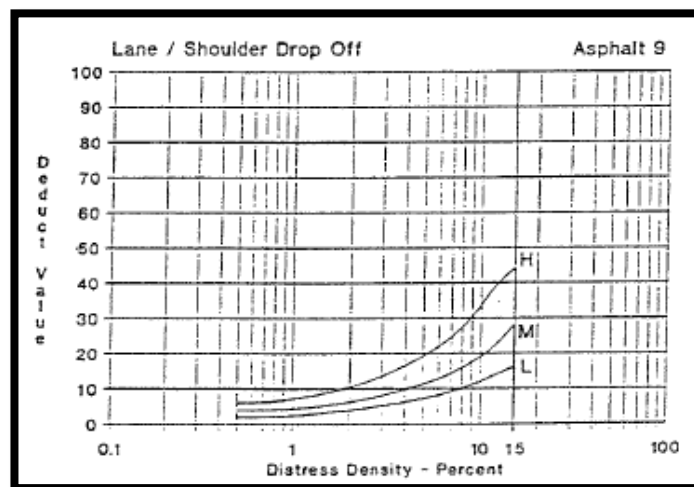
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

8. Grieta de reflexión de junta



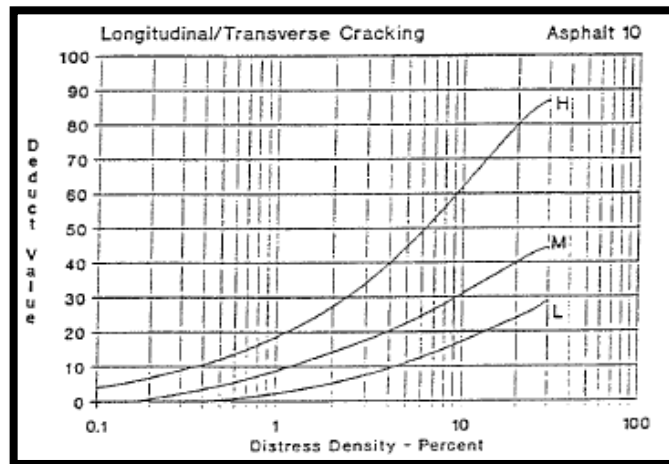
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

9. Desnivel carril/berma



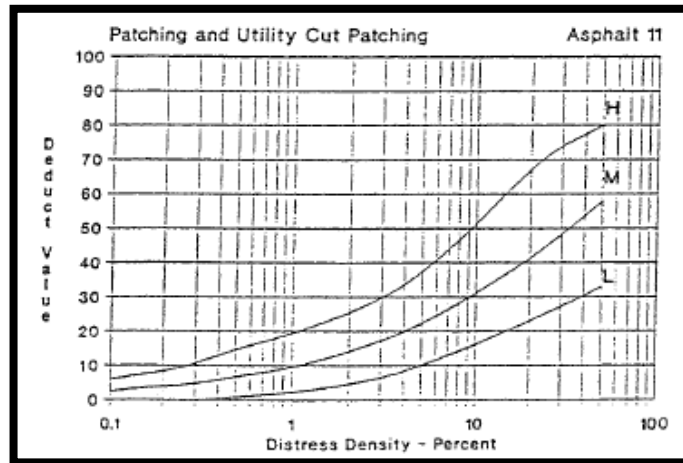
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

10. Grietas longitudinales y transversales



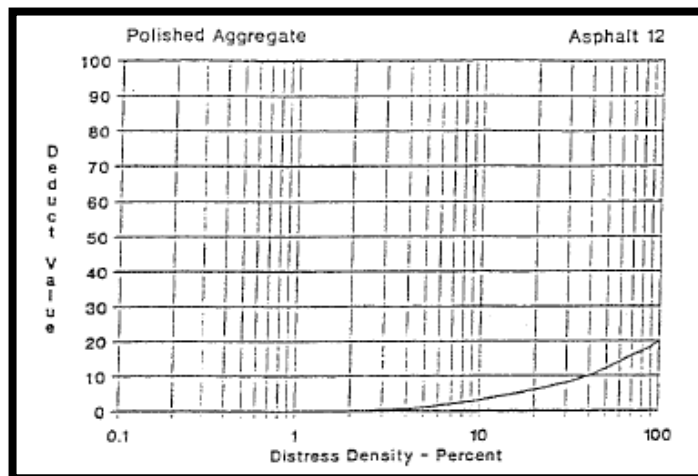
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

11. Parcheo



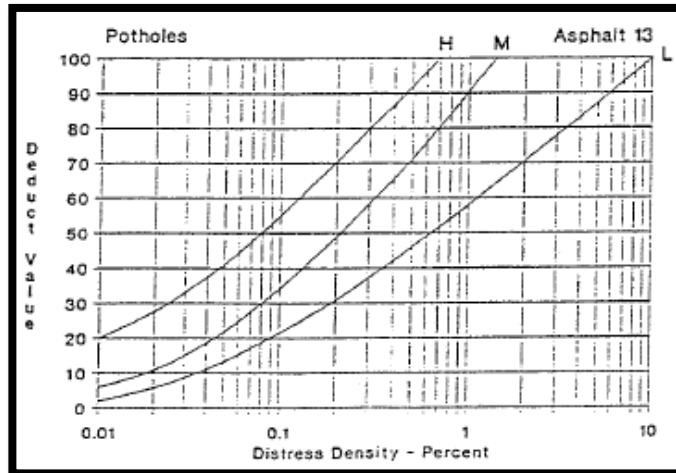
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

12. Pulimiento de agregados



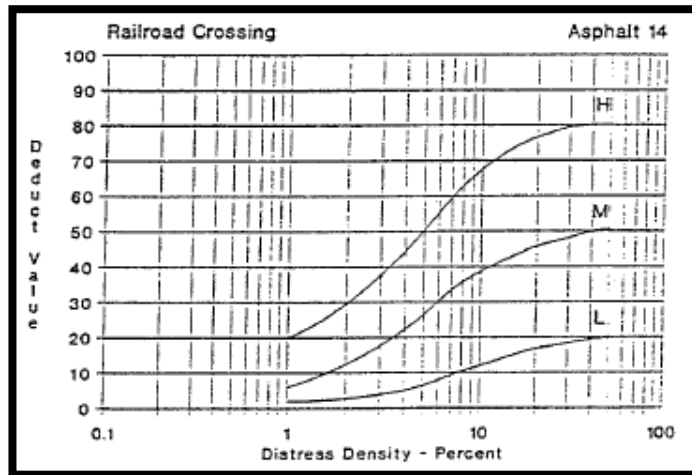
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

13. Huecos



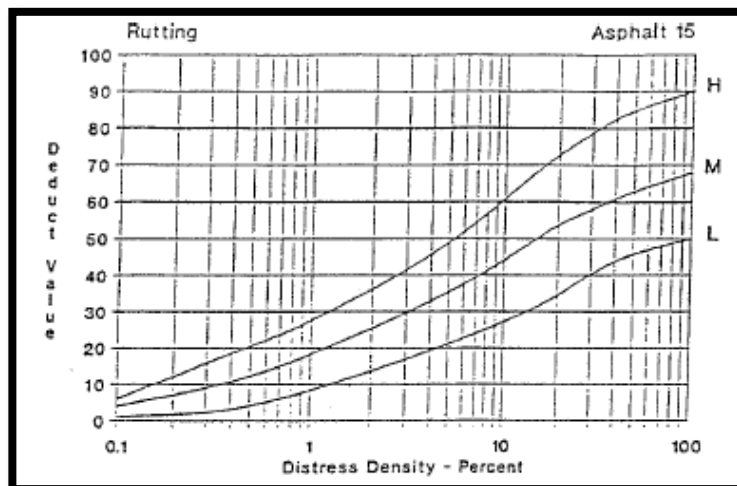
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

14. Cruce de vía férrea



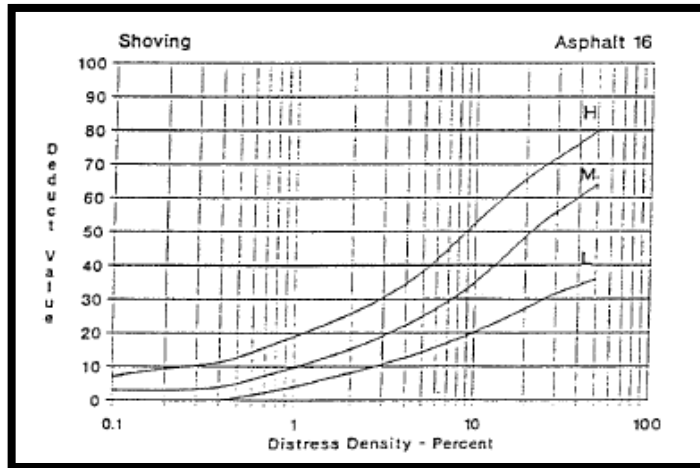
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

15. Ahuellamiento



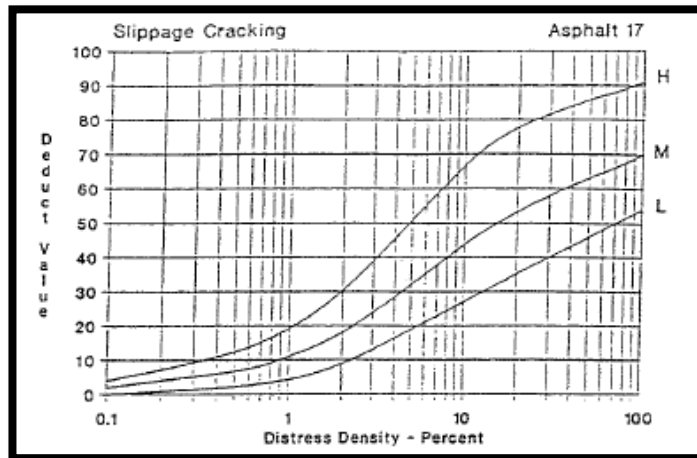
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

16. Desplazamiento



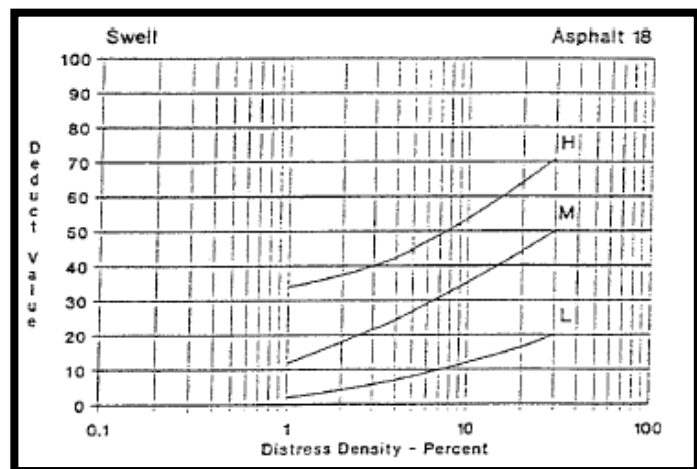
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

17. Grieta parabólica



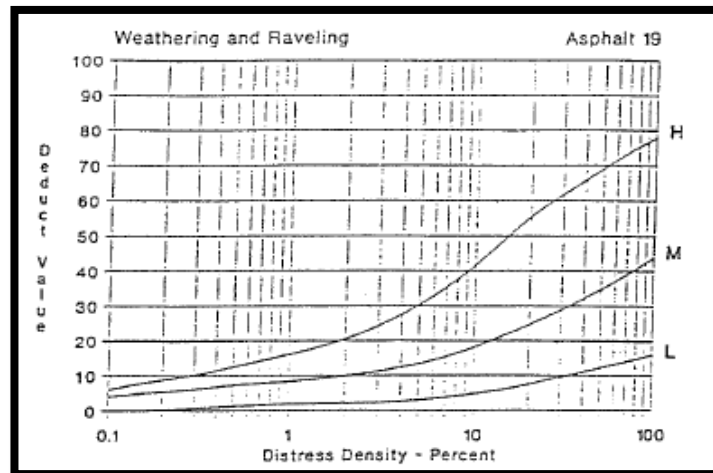
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

18. Hinchamiento



Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

19. Desprendimiento de agregados

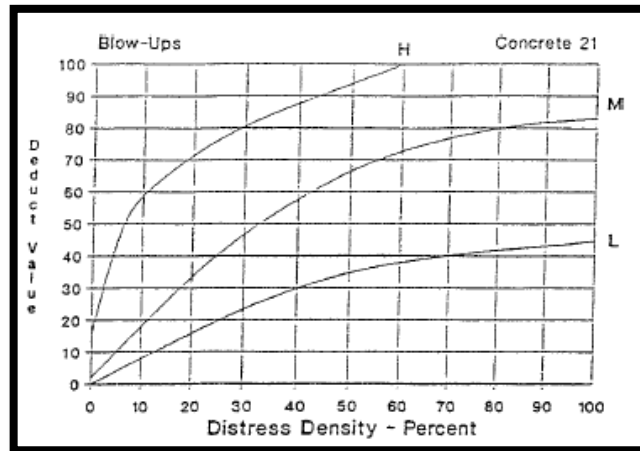


Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

ANEXO 02

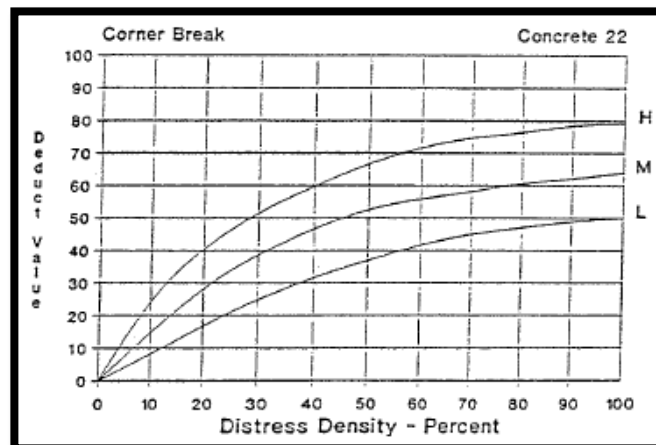
Curvas de valor deducido para las fallas de pavimento rígido

1. Blowup/ Bucling



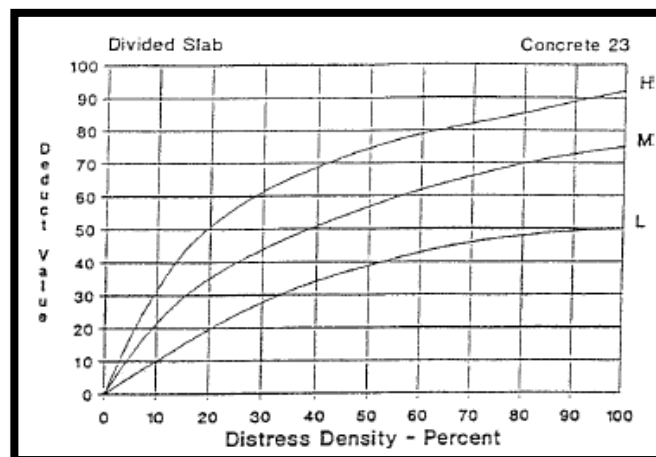
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

2. Grieta de esquina



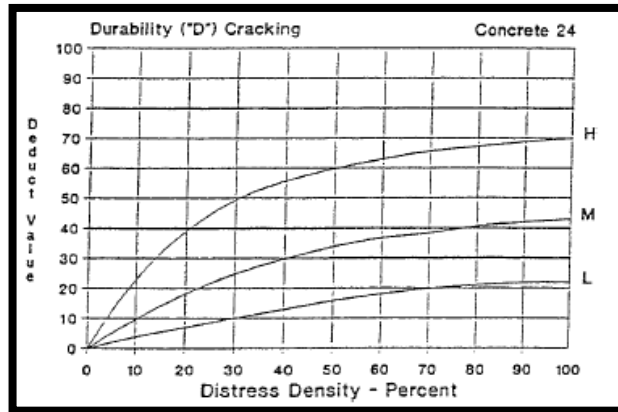
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

3. Losa dividida



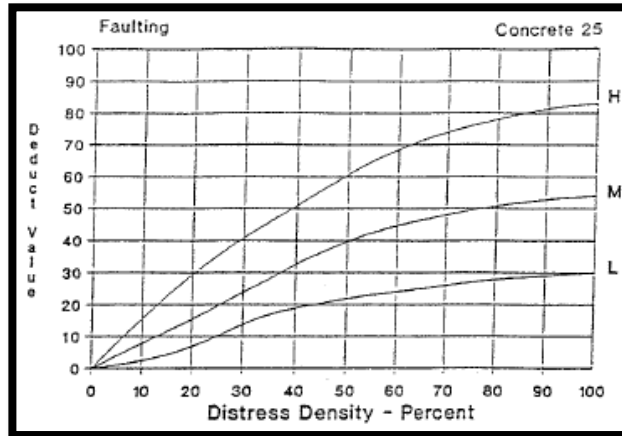
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

4. Grieta de durabilidad "D"



Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

5. Escala



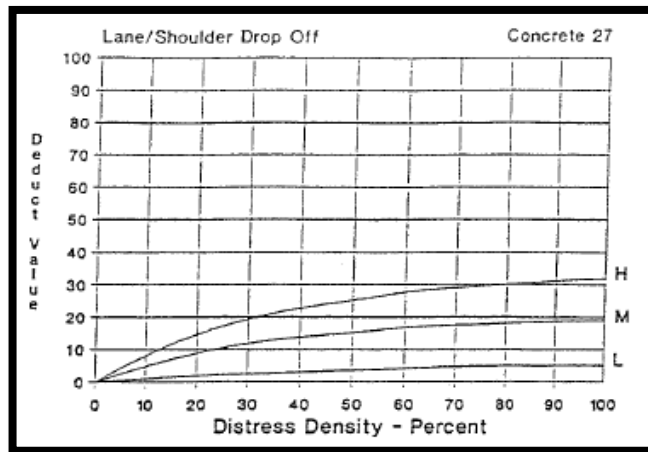
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

6. Sello de junta

Joint Seal Damage		Concrete 28
Joint seal damage is not rated by density. The severity of the distress is determined by the sealant's overall condition for a particular sample unit.		
The deduct values for the three levels of severity are:		
LOW	2 points	
MEDIUM	4 points	
HIGH	8 points	

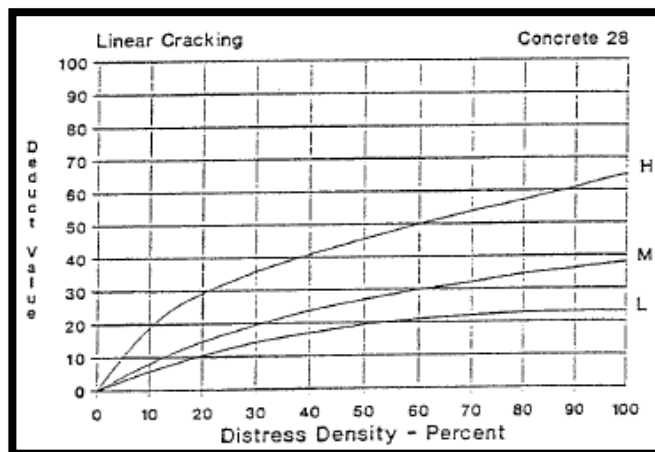
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

7. Desnivel de carril/berma



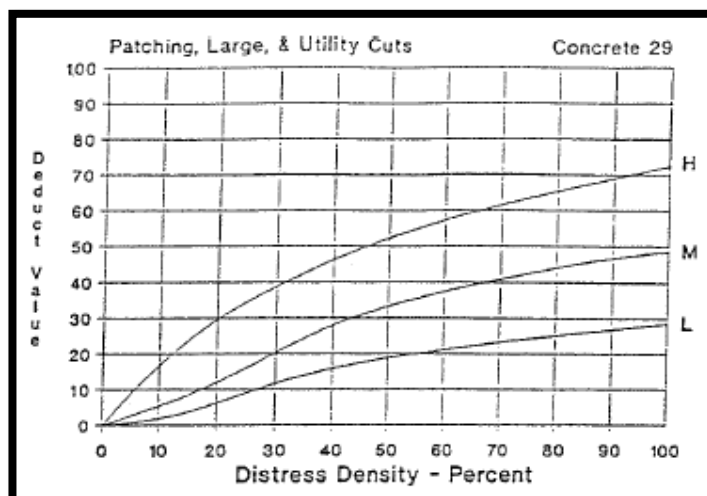
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

8. Grietas lineales



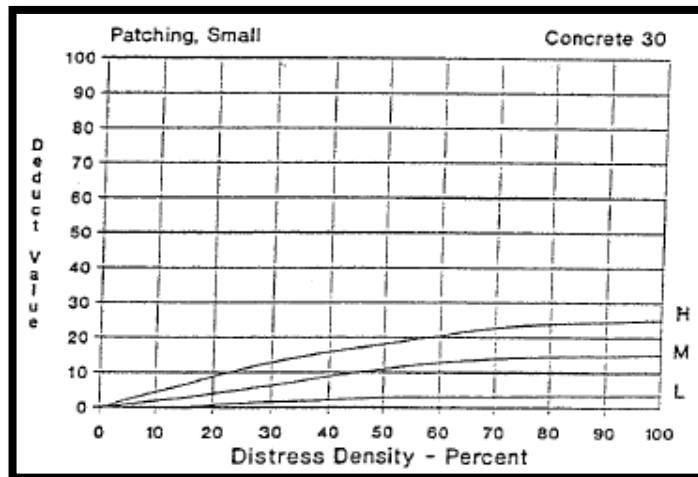
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

9. Parcheo grande



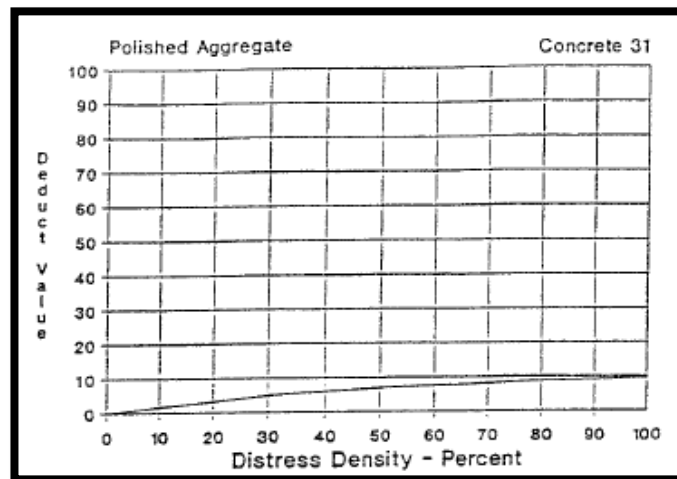
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

10. Parcheo pequeño



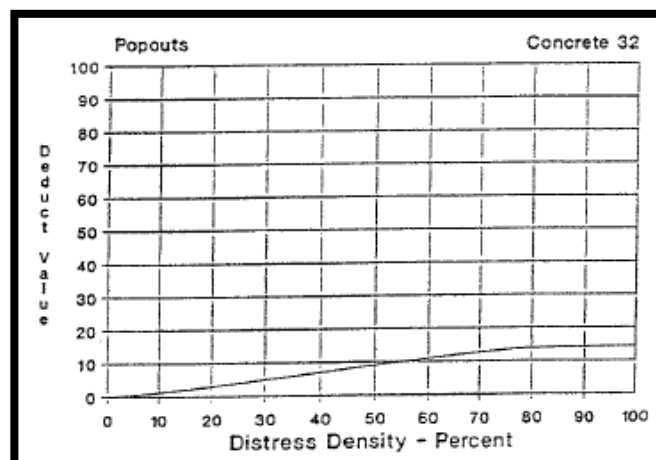
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

11. Pulimiento de agregados



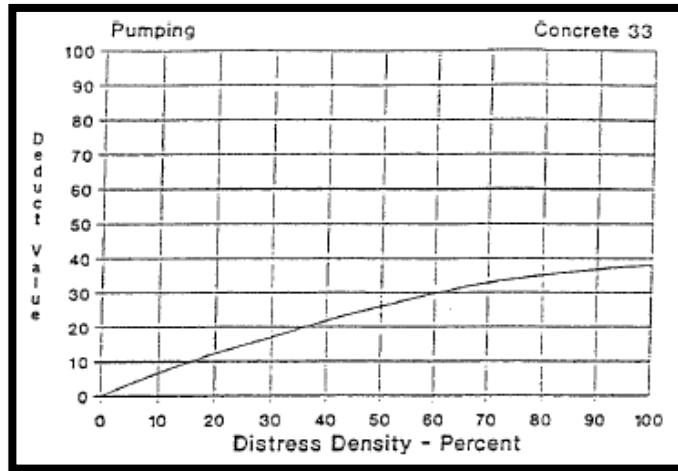
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

12. Popouts



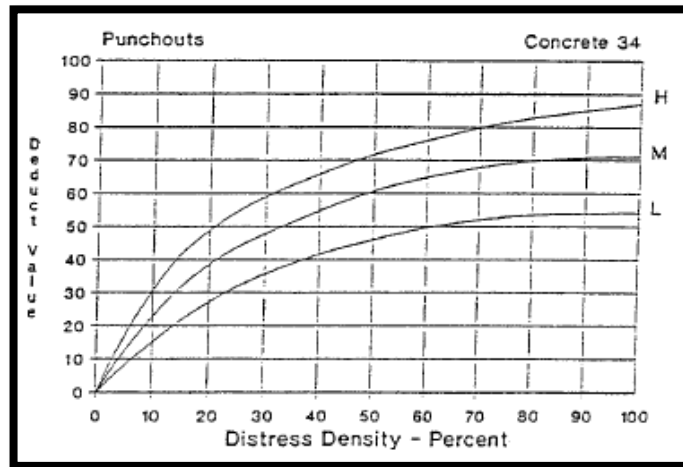
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

13. Bombeo



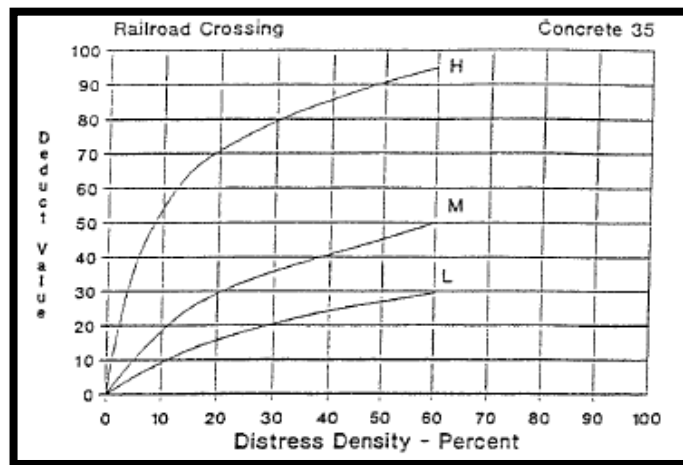
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

14. Punzonamiento



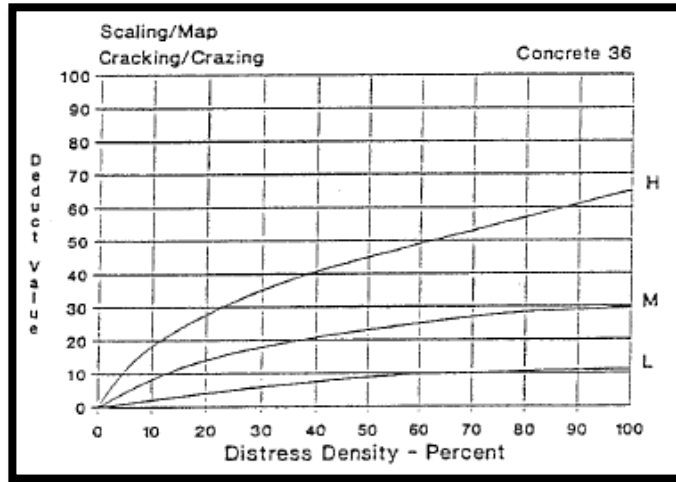
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

15. Cruce de vía férrea



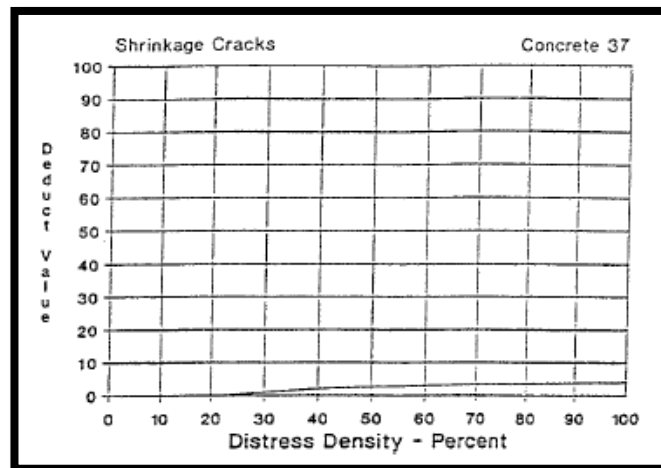
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

16. Desconchamiento/ craquelado



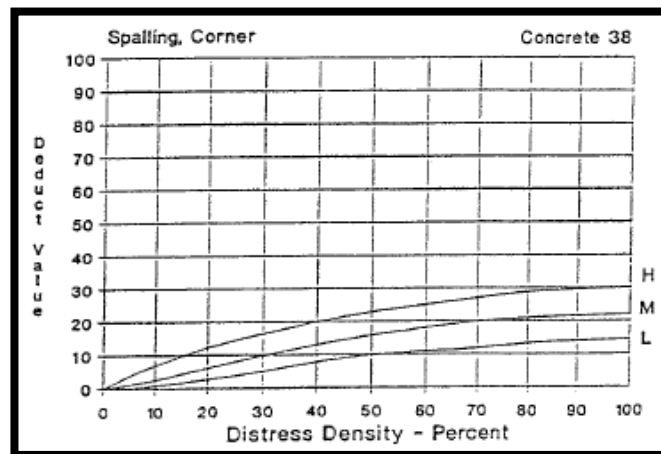
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

17. Grietas de retracción



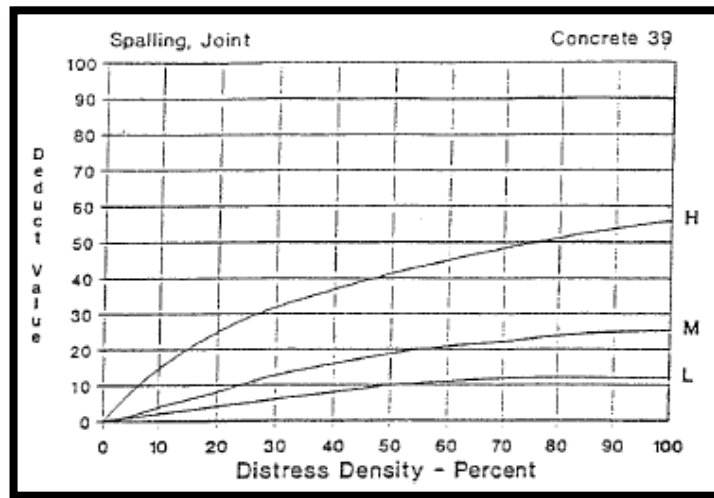
Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

18. Descascaramiento de esquina



Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

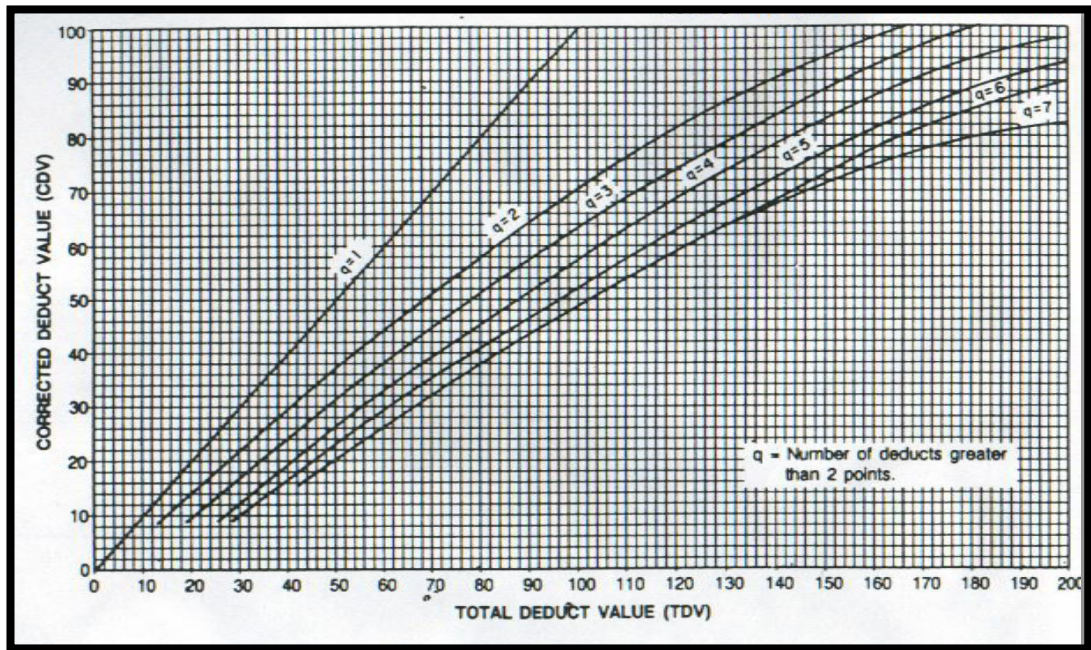
19. Descascaramiento de Junta



Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

ANEXO 03

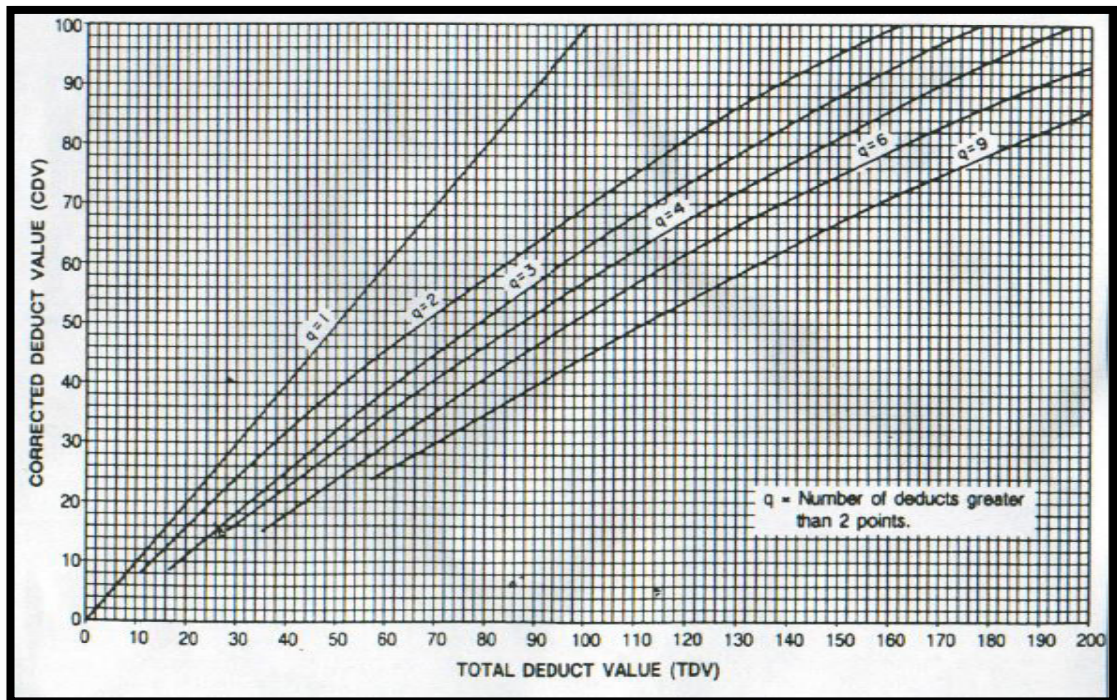
Curvas de valores deducidos corregidos para pavimento flexible



Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

ANEXO 04

Curvas de valores deducidos corregidos en pavimento rígido



Fuente: ASTM D 6433 – 07 – Roads and parking lots pavement condition index

ANEXO 05

Actividades de rehabilitación para fallas en pavimento flexible

ITEM	TIPOS DE FALLAS	SEVERIDAD	ALTERNATIVA DE REHABILITACION
01	Piel de cocodrilo	L	Sello superficial
		M	parqueo superficial
		H	parqueo profundo, sobrecarpeta, reconstrucción
02	Exudación	L	-
		M	Aplicación de arena
		H	Aplicación de arena, agregados
03	Agrietamiento en bloque	L	Sellado de grietas con ancho mayor a 3mm
		M	Sellado de grietas con ancho mayor a 3mm
		H	sellado de grietas o sobrecarpeta
04	Abultamientos y hundimientos	L	-
		M	parqueo parcial
		H	parqueo profundo o sobrecarpeta
05	Corrugación	L	-
		M	parqueo profundo
		H	reconstrucción
06	Depresión	L	-
		M	parqueo superficial o parcial
		H	parqueo profundo
07	Grieta de borde	L	sello de grietas con ancho mayor a 3 mm
		M	sello de grietas, parqueo parcial
		H	parqueo parcial o reconstrucción de junta
08	Grieta de reflexión de junta	L	nivelación de las bermas a nivel de carril
		M	
		H	
09	Desnivel de carril/berma	L	sello de grietas con ancho mayor a 3mm
		M	sello de grietas
		H	sello de grietas o parqueo parcial
10	Grietas longitudinales y transversales	L	-
		M	sustitución del parche (en caso de requerirlo)
		H	sustitución del parche
11	Parcheo	L	-
		M	sustitución de parche (en caso de requerirlo)
		H	sustitución del parche
12	Pulimiento de agregados	L	-
		M	Tratamiento superficial o sobrecarpeta
		H	Fresado y sobrecarpeta
13	Huecos	L	parqueo parcial
		M	parqueo parcial profundo
		H	parqueo profundo

ITEM	TIPOS DE FALLAS	SEVERIDAD	ALTERNATIVA DE REHABILITACION
14	Cruce de vía férrea	L	-
		M	parqueo parcial
		H	parqueo o reconstrucción del cruce
15	Ahuellamiento	L	-
		M	parqueo superficial o parcial
		H	parqueo profundo o fresado y sobrecarpeta
16	Desplazamiento	L	-
		M	parqueo superficial o parcial
		H	parqueo profundo o fresado y sobrecarpeta
17	Grieta parabólica	L	-
		M	sellado de grietas
		H	sellado de grietas o parqueo parcial
18	Hinchamiento	L	-
		M	reconstrucción
		H	
19	Desprendimiento de agregados	L	-
		M	sello superficial o sobrecarpeta
		H	sobrecarpeta o reconstrucción

Fuente: Leguía, Pacheco (2016)

ANEXO 06

Actividades de rehabilitación para fallas en pavimento rígido

ITEM	TIPOS DE FALLAS	SEVERIDAD	ALTERNATIVA DE REHABILITACION
01	Blowup/ Bucling	L	-
		M	parqueo profundo, reemplazo de la losa
		H	parqueo profundo, reemplazo de la losa
02	Grieta de esquina	L	Sellado de grietas de más de 3 mm
		M	sellado de grietas, parqueo profundo
		H	parqueo profundo
03	Losa dividida	L	Sellado de grietas de más de 3 mm
		M	reemplazo de la losa
		H	reemplazo de la losa
04	Grieta de durabilidad "D"	L	-
		M	parqueo profundo, reconstrucción de juntas
		H	parqueo profundo, reconstrucción de juntas, reemplazo de la losa
05	Escala	L	-
		M	fresado
		H	fresado
06	Sello de junta	L	-
		M	resellado de juntas
		H	resellado de juntas
07	Desnivel de carril/berma	L	renivelacion y llenado de bermas para coincidir con el nivel del carril
		M	
		H	
08	Grietas lineales	L	Sellado de grietas de más de 3 mm
		M	sellado de grietas
		H	sellado de grietas, parqueo profundo, reemplazo de la losa
09	Parqueo grande	L	-
		M	sellado de grietas
		H	reemplazo del parche
10	Parqueo pequeño	L	-
		M	sellado de grietas
		H	reemplazo del parche
11	Pulimiento de agregados	L	ranurado de la superficie, sobrecarpeta
		M	
		H	
12	Popouts	L	-
		M	-
		H	-
13	Bombeo	L	Sellado de juntas y grietas, restauración de la transferencia de cargas
		M	

		H	
ITEM	TIPOS DE FALLAS	SEVERIDAD	ALTERNATIVA DE REHABILITACION
14	Punzonamiento	L	sellado de grietas
		M	parqueo profundo
		H	parqueo profundo
15	Cruce de vía férrea	L	-
		M	parqueo parcial de la aproximación, reconstrucción de la losa
		H	parqueo parcial de la aproximación, reconstrucción de la losa
16	Desconchamiento/ craquelado	L	-
		M	reemplazo de la losa
		H	parqueo profundo o parcial, reemplazo de la losa
17	Grietas de retracción	L	-
		M	-
		H	-
18	Descascaramiento de esquina	L	-
		M	parqueo parcial
		H	parqueo parcial
19	Descascaramiento de junta	L	-
		M	parqueo parcial
		H	parqueo parcial, reconstrucción de la junta

Elaboración: Los autores

ANEXO 07

Análisis de costos unitarios para la rehabilitación de la avenida Domingo Orué

Partida	IMPLEMENTACION DEL PLAN DE DESVIO/ MANTENIMIENTO DE TRANSITO					Costo Unitario:	36.00
Item	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
01.01	SC Plan de devio y mantenimiento de transito	día		1.00	36.00	36.00	

Elaboración: Los autores

Partida	ALQUILER DE LOCAL PARA LA OBRA					Costo unitario:	1250.00
Item	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Equipos							
01.01	Caseta - almacén - alquiler	mes		1.00	1,250.00	1,250.00	

Elaboración: Los autores

Partida	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA DE 8.50X3.60M, ESTRUCT. E INST.					Costo unitario:	2200.00
Rendimiento							
Item	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Materiales							
1.01	Carteles de obra 8.50x3.60m, Inc. Estructura e instalación	und		1.00	2,200.00	2,200.00	

Elaboración: Los autores

Partida	BANO QUIMICO PARA PERSONAL DE OBRA					Costo unitario:	457.62
Item	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Equipos							
1.01	Baño químico	und		2.00	228.81	457.62	

Elaboración: Los autores

Partida	LIMPIEZA PERMANENTE DE LA OBRA					
Rendimiento	250 m2/dia	Costo unitario:			0.51	
Item	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra						
1.01	Peon	hh	1.00	0.03	15.34	0.49
Equipos						
	Herramientas manuales				0.02	0.02

Elaboración: Los autores

Partida	CHARLAS DE INDUCCION EN SEGURIDAD POR PERSONA					
Rendimiento		Costo unitario:			65.62	
Item	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra						
1.01	Supervisor de seguridad	hh	1.00	1.33	36.50	48.67
Materiales						
2.01	Utiles de ficina	sem		0.10	31.50	3.15
2.02	mobiliarios de oficina (pizarra y sillas)	glb		0.03	460.00	13.80

Elaboración: Los autores

Partida	RECURSOS PARA RESPUESTAS ANTE EMERGENCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD DURANTE EL TRABAJO					
Rendimiento		Costo unitario:			598.00	
Item	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
1.01	Recursos para emergencias	glb	1	1.00	598.00	598.00

Elaboración: Los autores

Partida	EQUIPO DE PROTECCION INDIVIDUAL					
Rendimiento		Costo unitario:			7909.50	
Item	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Materiales						
1.01	Cascos de proteccion	und		45.00	6.50	292.50
	Lemtes de proteccion	und		90.00	15.80	1,422.00
	Tapones auditivos	und		90.00	4.50	405.00
	Respirador contra porlo	und		150.00	5.00	750.00
	Guantes de cuero	und		90.00	13.50	1,215.00
	Chaleco reflectivo	und		45.00	25.00	1,125.00
	Bonitones de cuero con punta de acero	und		45.00	60.00	2,700.00

Elaboración: Los autores

Partida:		Demolición de Carpeta Asfáltica			Jornal:		8h/día
Rendimiento:		82.00 m2/día			Costo Unitario:		24.73
Item	Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
1.01	Capataz	hh		0.5	0.05	27.33	1.37
1.02	Oficial	hh		1	0.1	17.04	1.70
1.03	Peon	hh		2	0.2	15.34	3.07
							6.14
Materiales							
2.01	Agua	m3			0.045	9.00	0.41
							0.41
Equipos							
3.01	Herramientas manuales (3%MO)	%MO			0.03	6.14	0.18
3.02	Compresora Neumática 250 - 330 PCM., 87 HP	hm		2	0.2	75	15.00
3.03	Martillo Neumático de 29 Kg	hm		2	0.2	15	3.00
							18.18

Elaboración: Los autores

Partida:		Excavación a Nivel de Subrasante e=0.10 cm			Jornal:		8h/día
Rendimiento:		MO 325.00 m3/día MQ 325 m3/día			Costo Unitario:		6.49
Item	Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
1.01	Capataz	hh		0.1	0.0025	27.33	0.07
1.02	Oficial	hh		1	0.0246	17.04	0.42
1.03	Peon	hh		4	0.0985	15.34	1.51
							2.00
Equipos							
3.01	Herramientas manuales (3%MO)	%MO			0.03	2.00	0.06
3.02	Cargador sobre llantas de 125 Hp 2.5 yd3	hm		1	0.0246	180	4.43
							4.49

Elaboración: Los autores

Partida:		Eliminación de material excedente			Jornal:		8h/día
Rendimiento:		280.00 m3/día			Costo Unitario:		27.27
Item	Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
1.01	Capataz	hh		0.1	0.0029	27.33	0.08
1.02	Peon	hh		1	0.0286	15.34	0.44
							0.52
Equipos							
3.01	Herramientas manuales (3%MO)	%MO			0.03	0.52	0.02
3.02	Cargador sobre llantas de 125 Hp 2.5 yd3	hm		1	0.0286	180	5.15
3.03	Camión volquete de 10m3	hm		4	0.1143	188.87	21.59
							26.75

Elaboración: Los autores

Partida:	conformacion y compactacion a nivel de subrasante			Jornal:	8h/día	
Rendimiento:	750 m2/día			Costo Unitario:	5.51	
Item	Descripcion	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
1.01	Capataz	hh		0.5	0.0053	27.33
1.02	Oficial	hh		1	0.0106	17.04
1.03	Peon	hh		3	0.032	15.34
						0.82
Equipos						
3.01	Herramientas manuales (3%MO)	%MO			0.03	0.82
3.02	Rodillo Liso vibr autop 101-135HP 10-12T	hm		1	0.0106	146.08
3.03	Motoniveladora de 125 HP	hm		1	0.0106	160
	Camion Cisterna 4x2 (Agua), 1122 HP, 2000 GL	hm		1	0.0106	134.24
						1.42
						4.69

Elaboración: Los autores

Partida:	Base granular para parcheo profundo e=0.1 m			Jornal:	8h/día	
Rendimiento:	620 m2/día			Costo Unitario:	10.46	
Item	Descripcion	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
1.01	Capataz	hh		0.1	0.00129	27.33
1.02	Oficial	hh		1	0.01290	17.04
1.03	Peon	hh		2	0.0258	15.34
						0.40
						0.65
Materiales						
2.01	material Granular para base	m3			0.13	38
2.02	Agua	m3			0.02	9
						5.12
Equipos						
3.01	Herramientas manuales (3%MO)	%MO			0.03	0.65
3.02	Rodillo Liso vibr autop 101-135HP 10-12T	hm		1	0.0106	146.08
3.03	Motoniveladora de 125 HP	hm		1	0.0106	160
	Camion Cisterna 4x2 (Agua), 1122 HP, 2000 GL	hm		1	0.0106	134.24
						1.42
						4.69

Elaboración: Los autores

Partida:	Imprimacion Asfaltica			Jornal:	8h/día	
Rendimiento:	1700m2/día			Costo Unitario:	4.75	
Item	Descripcion	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
1.01	Capataz	hh		0.1	0.00047	27.33
1.02	Oficial	hh		2	0.00900	17.04
1.03	Peon	hh		2	0.009	15.34
						0.14
						0.30
Materiales						
2.01	Kerosene industrial	gal			0.06	8.4
2.02	Asfalto RC - 250	gal			0.32	9.43
						3.02
						3.52
Equipos						
3.01	Herramientas manuales (3%MO)	%MO			0.03	0.30
3.02	Compresora Neumatica 125 - 175 PCM, 76 HP	hm		1	0.0047	34.2
3.03	Camion imprimador 6x2 178-210 HP 1800 gl	hm		1	0.0047	160
						0.75
						0.92

Elaboración: Los autores

Partida:	Carpeta Asfáltica en caliente 2"	Jornal:	8h/día			
Rendimiento:	900m ² /día	Costo Unitario:	38.49			
Item	Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
1.01	Capataz	hh		1	0.0088	27.33
1.02	operario	hh		2	0.0178	21.02
1.03	Oficial	hh		1	0.0088	17.04
1.04	Peon	hh		8	0.0704	15.34
						1.84
Materiales						
2.01	Mezcla asfáltica	m ³		0.0635	470	29.85
						29.85
Equipos						
3.01	Herramientas manuales (5%MO)	%MO		0.05	1.84	0.09
3.02	Rodillo Tandem EST 8-10 ton	hm		1	0.0088	140.25
3.03	Rodillo Liso Vibratorio Autop 101-135 HP 10-12 T	hm		1	0.0088	146.08
3.04	Pavimentadora sobre orugas 69 HP 10-16'	hm		1	0.0088	475.55
						4.18
						6.80

Elaboración: Los autores

Partida:	Sellado de Grietas	Jornal:	8h/día			
Rendimiento:	1600m ² /día	Costo Unitario:	121.24			
Item	Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
1.01	Capataz	hh		5	0.025	27.33
1.02	operario	hh		4	0.02	21.02
1.03	Oficial	hh		10	0.0500	17.04
1.04	Peon	hh		1	0.005	15.34
						0.08
						2.03
Materiales						
2.01	Mezcla asfáltica	m ³		0.25	470	117.50
						117.50
Equipos						
3.01	Herramientas manuales (5%MO)	%MO		0.05	1.83	0.09
3.02	Compresora Neumática 250 - 330 PCM, 87 HP	hm		1	0.005	71.62
3.03	Sellador de Fisuras	hm		1	0.005	143.4
3.04	Tractor de Tiro 80 HP	hm		1	0.005	67.41
	Camioneta Pick Up 4x2 90HP 1 Ton	hm		1	0.005	41.74
						0.21
						1.71

Elaboración: Los autores

Partida:	Demolición de pavimento Rígido en mal estado	Jornal:	8h/día			
Rendimiento:	75.00 m ² /día	Costo Unitario:	26.38			
Item	Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
1.01	Capataz	hh		0.5	0.0533	27.33
1.02	Oficial	hh		1	0.1067	17.04
1.03	Peon	hh		2	0.2133	15.34
						3.27
						6.55
Materiales						
2.01	Agua	m ³		0.048	9.00	0.43
						0.43
Equipos						
3.01	Herramientas manuales (3%MO)	%MO		0.03	6.55	0.20
3.02	Compresora Neumática 250 - 330 PCM, 87 HP	hm		2	0.2134	75
3.03	Martillo Neumático de 29 Kg	hm		2	0.2134	15
						3.20
						19.40

Elaboración: Los autores

Partida:	Excavación a Nivel de Subrasante e=0.10 cm	Jornal:	8h/día			
Rendimiento:	MO 325.00 m3/día MQ 325 m3/día	Costo Unitario:	6.49			
Item	Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
1.01	Capataz	hh		0.1	0.0025	27.33
1.02	Oficial	hh		1	0.0246	17.04
1.03	Peon	hh		4	0.0985	15.34
						2.00
Equipos						
3.01	Herramientas manuales (3%MO)	%MO			0.03	2.00
3.02	Cargador sobre llantas de 125 Hp 2.5 yd3	hm		1	0.0246	180
						4.43
						4.49

Elaboración: Los autores

Partida:	Eliminación de material excedente	Jornal:	8h/día			
Rendimiento:	280.00 m3/día	Costo Unitario:	27.27			
Item	Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
1.01	Capataz	hh		0.1	0.0029	27.33
1.02	Peon	hh		1	0.0286	15.34
						0.52
Equipos						
3.01	Herramientas manuales (3%MO)	%MO			0.03	0.52
3.02	Cargador sobre llantas de 125 Hp 2.5 yd3	hm		1	0.0286	180
						5.15
3.03	Camion volquete de 10m3	hm		4	0.1143	188.87
						21.59
						26.75

Elaboración: Los autores

Partida:	conformación y compactación a nivel de subrasante	Jornal:	8h/día			
Rendimiento:	750 m2/día	Costo Unitario:	5.51			
Item	Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
1.01	Capataz	hh		0.5	0.0053	27.33
1.02	Oficial	hh		1	0.0106	17.04
1.03	Peon	hh		3	0.032	15.34
						0.82
Equipos						
3.01	Herramientas manuales (3%MO)	%MO			0.03	0.82
3.02	Rodillo Liso vibr autop 101-135HP 10-12T	hm		1	0.0106	146.08
						1.55
3.03	Motoniveladora de 125 HP	hm		1	0.0106	160
						1.70
	Camion Sistema 4x2 (Agua), 1122 HP, 2000 GL	hm		1	0.0106	134.24
						1.42
						4.69

Elaboración: Los autores

Partida:	Base granular para parcheo profundo e=0.1 m	Jornal:	8h/día			
Rendimiento:	620 m ² /día	Costo Unitario:	10.46			
Item	Descripcion	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
1.01	Capataz	hh		0.1	0.00129	27.33
1.02	Oficial	hh		1	0.01290	17.04
1.03	Peon	hh		2	0.0258	15.34
						0.65
Materiales						
2.01	material Granular para base	m ³		0.13		38
2.02	Agua	m ³		0.02		9
						5.12
Equipos						
3.01	Herramientas manuales (3%MO)	%MO		0.03		0.65
3.02	Rodillo Liso vibr autop 101-135HP 10-12T	hm		1	0.0106	146.08
3.03	Motoniveladora de 125 HP	hm		1	0.0106	160
	Camion Cisterna 4x2 (Agua), 1122 HP, 2000 GL	hm		1	0.0106	134.24
						1.42
						4.69

Elaboración: Los autores

Partida:	Concreto premezclado f'c=280kg/cm ² e=8"	Jornal:	8h/día			
Rendimiento:	50m ² /día	Costo Unitario:	75.75			
Item	Descripcion	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
1.01	Capataz	hh		1	0.16	27.33
1.02	operario	hh		2	0.32	21.02
1.03	Oficial	hh		1	0.1600	17.04
1.04	Peon	hh		8	2.56	15.34
						39.27
						53.10
Materiales						
2.01	Concreto premezclado f'c=280kg/cm ²	m ³		0.032		250
						8.00
						8.00
Equipos						
3.01	Herramientas manuales (5%MO)	%MO		0.05		53.10
3.02	Vibrador de concreto 220 V	hm		1	0.16	75
						12.00
						14.65

Elaboración: Los autores

Partida:	Sellado de Grietas	Jornal:	8h/día			
Rendimiento:	1600m ² /día	Costo Unitario:	4.56			
Item	Descripcion	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
1.01	Capataz	hh		5	0.025	27.33
1.02	operario	hh		4	0.02	21.02
1.03	Oficial	hh		10	0.0500	17.04
1.04	Peon	hh		1	0.005	15.34
						0.08
						2.03
Materiales						
2.01	Arena seleccionada	gal		0.013		50.85
2.02	Cemento portland tipo I	bol		0.004		17.5
2.03	Agual	m ³		0.0019		45.22
						0.09
						0.82
Equipos						
3.01	Herramientas manuales (5%MO)	%MO		0.05		1.83
3.02	Compresora Neumática 250 - 330 PCM, 87 HP	hm		1	0.005	71.62
3.03	Sellador de Fisuras	hm		1	0.005	143.4
3.04	Tractor de Tiro 80 HP	hm		1	0.005	67.41
	Camioneta Pick Up 4x2 90HP 1 Ton	hm		1	0.005	41.74
						0.21
						1.71

Elaboración: Los autores

ANEXO 08

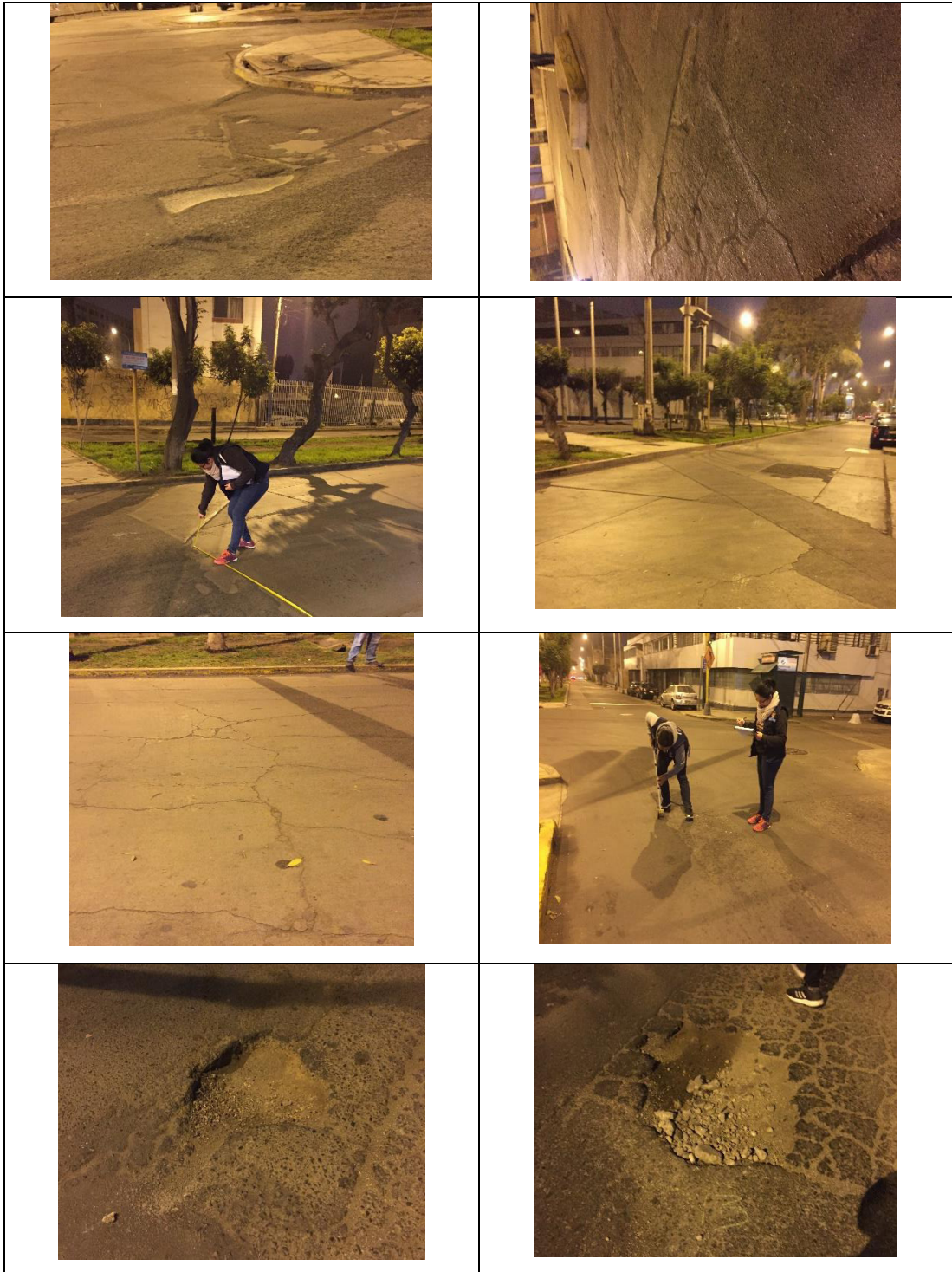
Presupuesto de reconstrucción de la avenida Domingo Orué

Presupuesto					
Presupuesto	1201003	REHABILITACION DE PISTAS DE LA AV. DOMINGO ORUE, DISTRITO DE SURQUILLO-LIMA-LIMA			
Subpresupuesto	001	REHABILITACION DE PISTAS DE LA AV. DOMINGO ORUE, DISTRITO DE SURQUILLO-LIMA-LIMA			
Cliente	GOBIERNO REGIONAL DE LIMA METROPOLITANA			Costo en	04/06/2017
Lugar	LIMA - LIMA - LIMA				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio \$/.	Parcial \$/.
01	OBRAS PROVISIONALES				17,903.40
01.01	IMPLEMENTACION DEL PLAN DE DESVOY MANTENIMIENTO DE TRANSITO	dia	60.00	161.82	9,709.20
01.02	ALQUILER DE LOCAL PARA OBRA	mes	2.00	1,250.00	2,500.00
01.03	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA DE 8.50X3.80M, ESTRUCT. E INST.	und	1.00	1,200.00	1,200.00
01.04	BAÑO QUIMICO PARA PERSONAL DE OBRA	mes	2.00	457.62	915.24
01.05	LIMPIEZA PERMANENTE DE OBRA	m2	7,304.00	0.49	3,578.98
02	TRABAJOS PRELIMINARES				30,501.43
02.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	gb	1.00	10,071.74	10,071.74
02.02	TRAZO Y REPLANTEO PARA PISTAS	m2	12,708.55	1.29	16,394.03
03	SEGURIDAD Y SALUD				10,720.98
03.01	CHARLAS INDUCCION EN SEGURIDAD POR PERSONA	und	8.00	65.62	524.98
03.02	RECURSOS PARA RESPUESTAS ANTE EMERGENCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD DURANTE EL TRABAJO	gb	5.00	596.00	2,980.00
03.03	EQUIPO DE PROTECCION INDIVIDUAL	gb	1.00	7,206.00	7,206.00
04	DEMOLICIONES				331,773.90
04.01	CORTE Y PERFILADO BORDES DE PAVIMENTO RIGIDO	m	2,048.99	16.79	34,402.54
04.03	DEMOLICION DE PAVIMENTO DE CONCRETO DE 8"	m2	11,001.53	27.03	297,371.38
05	MOVIMIENTO DE TIERRAS				188,432.18
05.01	EXCAVACION A NIVEL DE SUBRASANTE PARA PISTAS	m3	2,175.07	8.39	13,868.70
05.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE, cargador silentas inc Volkswagen	m3	8,407.25	27.24	174,533.48
06	PAVIMENTOS				1,628,430.82
06.01	CONFORMACION DE SUB RASANTE PARA PISTAS	m2	10,375.38	3.97	41,175.18
06.02	BASE DE AFIRMADO H=0.20 m	m2	10,375.38	14.95	152,586.83
06.03	PISTA CO. F' C=280K/CM2, PREMEZ., E=0.15M, INC. ENCOF. Y DESENCOF.	m2	10,375.38	83.48	866,150.35
06.04	DOWELLS DE ACERO LISO 1"	kg	11,832.28	6.45	75,028.08
06.05	JUNTAS	m	8,904.00	6.22	57,490.88
06.06	CARPETA ASFALTICA				506,150.47
06.06.01	REGO DE LIGA	m2	12,582.38	4.57	57,501.48
06.06.02	GEOMALLA DE MULTIFILAMENTO DE POLIESTER	m2	1,707.02	11.41	19,477.10
06.06.03	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 2"	m2	12,582.38	34.12	429,310.81
06.06.04	GISA DE ASFALTO H=0.07m	m2	84.10	34.02	2,881.08
	Costo Directo				2,116,913.28
	Gastos Generales (10%)				211,691.33
	Utilidad (10%)				211,691.33
	Subtotal				2,540,295.95
	IGV (18%)				457,253.27
	Presupuesto Total				2,997,549.22

SON: CUATRO MILLONES DOSCIENTOS VENTICUATRO MIL SETECIENTOS DOCE Y 20/100 NUEVOS SOLES

Fuente: Municipalidad distrital de Surquillo – Oficina de obras públicas

ANEXO 09
Panel fotográfico





ANEXO 10

Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
TITULO:		APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PCI PARA MINIMIZAR COSTOS Y TIEMPO EN LA REHABILITACIÓN DE LA AVENIDA DOMINGO ORUE - SURQUILLO - LIMA			METODOLOGÍA
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES		
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	Variable Dependiente	
¿Cómo minimizar costos y tiempos en la rehabilitación del pavimento mixto de la avenida domingo Orué - Surquillo - Lima?	Aplicar la metodología <i>Paviment Condition Index (PCI)</i> para minimizar los costos y tiempo en la rehabilitación de la avenida Domingo Orue - Surquillo - Lima	Aplicando la metodología <i>Paviment Condition Index PCI</i> se minimizarán los costos y tiempo en la rehabilitación de la avenida Domingo Orue - Surquillo - Lima	Aplicación de la metodología <i>Paviment Condition Index PCI</i>	Minimización de costos y tiempo en la rehabilitación de la Avenida Domingo Orue - Surquillo - Lima	
Problema Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables Independientes	Variables Dependientes	
¿Cómo elaborar el inventario de fallas del pavimento mixto de la avenida Domingo Orué - Surquillo - Lima?	Determinar los parámetros de evaluación del pavimento mixto de la avenida Domingo Orue - Surquillo - Lima aplicando la metodología PCI, para elaborar el inventario de fallas correspondiente.	Determinando los parámetros de evaluación del pavimento mixto de la avenida Domingo Orue - Surquillo - Lima aplicando la metodología PCI, se elaborará el inventario correspondiente.	Parámetros de evaluación	Inventario de fallas	La orientación de la investigación es aplicada, porque estamos proponiendo utilizar una metodología ya desarrollada para generar beneficios. El enfoque es cuantitativo ya que se procesan datos para ser utilizados como valores numéricos.
¿Cómo conocemos el estado actual del pavimento mixto de la avenida Domingo Orue - Surquillo - Lima?	Determinar el Índice de Condición del pavimento Mixto de la Avenida Domingo Orue - Surquillo - Lima, aplicando la metodología PCI para conocer el estado actual de la vía.	Determinando el Índice de Condición del pavimento mixto de la Avenida Domingo Orue - Surquillo Lima aplicando la metodología PCI, se conocerá el estado actual de la vía.	Índice de Condición del Pavimento	Estado actual de la vía	
¿Cómo elaborar el presupuesto y cronograma correspondientes para la rehabilitación del pavimento mixto de la avenida Domingo Orué - Surquillo - Lima?	Determinar las técnicas de rehabilitación del pavimento a realizarse en la avenida Domingo Orue - Surquillo - Lima, aplicando la metodología PCI, para elaborar el presupuesto y cronograma correspondientes	Al determinar las técnicas de rehabilitación del pavimento mixto de la avenida Domingo Orue - Surquillo - Lima aplicando la metodología PCI, se elaborará el presupuesto y cronograma correspondientes.	Técnicas de rehabilitación	Presupuesto y cronograma correspondientes	

Elaboración: Los autores