

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**“EVALUACIÓN DE LA CONSERVACIÓN VIAL DEL PAVIMENTO
DE LA AV. GRAU ENTRE AV. CHULUCANAS Y AV. BELLAVISTA,
PIURA, UTILIZANDO EL MÉTODO PCI”**

Área de Investigación:

Transportes

Autor(es):

Br. Pardo Pardo, Paola Elizabeth
Br. Sánchez Huamán, Ángel Martín

Jurado Evaluador:

Presidente: Ing. Burgos Sarmiento, Tito Alfredo

Secretario: Ing. Álvaro Salazar, Perales

Vocal: Ing. Galicia Guarniz, Wiliam

Asesor:

Ing. Rodríguez Ramos, Mamerto

Código Orcid: <https://>

orcid.org/0000-0003-3024-0155

PIURA – PERÚ 2021

Fecha de sustentación: 30/11/2021

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**“EVALUACIÓN DE LA CONSERVACIÓN VIAL DEL PAVIMENTO
DE LA AV. GRAU ENTRE AV. CHULUCANAS Y AV. BELLAVISTA,
PIURA, UTILIZANDO EL MÉTODO PCI”**

Área de Investigación:

Transportes

Autor(es):

Br. Pardo Pardo, Paola Elizabeth
Br. Sánchez Huamán, Ángel Martín

Jurado Evaluador:

Presidente: Ing. Burgos Sarmiento, Tito Alfredo

Secretario: Ing. Álvaro Salazar, Perales

Vocal: Ing. Galicia Guarniz, Wiliam

Asesor:

Ing. Rodríguez Ramos, Mamerto

Código Orcid: <https://>

orcid.org/0000-0003-3024-0155

PIURA – PERÚ 2021

Fecha de sustentación: ___/___/___

Dedicatoria

A Dios por ser mi guía en cada uno de mis pasos y permitirme llegar a esta etapa fundamental para mi crecimiento profesional y laboral. A mis padres Lidia Pardo Cruz y Wilfredo Pardo Dioses por su apoyo incondicional, siendo siempre mi motivo para vencer cualquier obstáculo y lograr mis metas, demostrándome que con esfuerzo y perseverancia se logran grandes cosas. A mis hermanos y sobrinos por siempre brindarme cada uno de sus consejos y estar presentes cada paso importante que doy.

Br. Pardo Pardo Paola Elizabeth

A Dios por ser la luz que ilumina mi camino y la mano que me sostiene mientras lo recorro. A mis padres Teodoro Sánchez Nizama y María Huamán Castillo por su invaluable guía, protección y cariño. A mi abuela Marcela Nizama Valladolid que fue ejemplo de coraje y perseverancia. A mis tíos y hermanos por su constante apoyo. A todos aquellos que con sus palabras y acciones contribuyeron a que lograra esta meta.

Br. Sánchez Huamán Ángel Martín

Agradecimiento

A Dios, porque desde nuestra fe tenemos la convicción que es él, con su infinito amor y sabiduría, quien ha permitido que lleguemos a este punto tan importante para nuestras vidas.

A nuestra casa de estudios, Universidad Privada Antenor Orrego, por brindarnos los mejores ambientes y profesionales para nuestra formación. A través de su rigor académico y su educación en valores ha contribuido a que sus egresados se desarrollen exitosamente en el campo profesional y participen activamente en el crecimiento del país.

Al docente asesor, Ing. Rodríguez Ramos Mamerto, por habernos transmitido todo su conocimiento y experiencia durante nuestra etapa formativa y por apoyarnos en la elaboración del presente trabajo de investigación.

Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar el estado de conservación del pavimento flexivo de la Av. Grau entre la Av. Chulucanas y la Av. Bellavista de la ciudad de Piura. Para ello se calculó el *Índice de Condición del Pavimento (PCI)*, cuyo procedimiento se encuentra descrito en el estándar ASTM D6433 – 18. Dicha metodología tiene una escala de calificación entre 0 y 100, donde el mínimo valor representa un pavimento fallado y el máximo un pavimento en buen estado.

La inspección visual sobre el pavimento de la Av. Grau se realizó teniendo como base los 20 daños considerados por el método en su versión 2018, además del nivel de severidad y la proporción en la que se encuentra cada uno de ellos con respecto al área de su unidad. Con esta información y las curvas de valores deducibles que proporciona el estándar, se pudo determinar que el índice Condición del Pavimento en el tramo 01 es de 82 y para el tramo 02 fue de 72. En promedio se obtuvo un valor PCI de 77, que es indicativo de un pavimento en estado satisfactorio.

Finalmente, con la ayuda de la información recogida en campo, se proponen algunas medidas correctivas para evitar que los deterioros sigan aumentando en su severidad y terminen afectando gravemente la condición del pavimento. Estas medidas van desde un sellado de grietas y cambio de parches, hasta realizar sobrecarpetas y reconstrucciones. Las opciones de reparación se basaron en las sugerencias que ofrece el manual del Ing. Luis Ricardo Vásquez Varela y teniendo en cuenta que resulte económicamente posible su ejecución.

Abstract

The purpose of this research work was to determine the state of preservation of the flexural pavement of Grau Avenue between Chulucanas Avenue and Bellavista Avenue in the city of Piura. For this purpose, the Pavement Condition Index (PCI) was calculated, whose procedure is described in the ASTM D6433 - 18 standard. This methodology has a rating scale between 0 and 100, where the minimum value represents a failed pavement and the maximum value represents a pavement in good condition.

The visual inspection on the pavement of Grau Avenue was performed based on the 20 damages considered by the method in its 2018 version, in addition to the severity level and the proportion in which each of them is found with respect to the area of its unit. With this information and the deductible value curves provided by the standard, it was possible to determine that the Pavement Condition Index in section 01 is 82 and for section 02 it was 72. On average, a PCI value of 77 was obtained, which is indicative of a pavement in satisfactory condition.

Finally, with the help of the information collected in the field, some corrective measures are proposed to prevent the deterioration from continuing to increase in severity and end up seriously affecting the condition of the pavement. These measures range from crack sealing and patch replacement to overlaying and reconstruction. The repair options were based on the suggestions offered in Luis Ricardo Vásquez Varela's manual and taking into account that it is economically feasible to carry them out.

Presentación

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento de lo dispuesto en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego, tenemos el agrado de poner a su consideración la presente tesis titulada: "EVALUACIÓN DE LA CONSERVACIÓN VIAL DEL PAVIMENTO DE LA AV. GRAU ENTRE AV. CHULUCANAS Y AV. BELLAVISTA, PIURA, UTILIZANDO EL MÉTODO PCI" para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Los autores.

Índice de contenidos

Resumen	vi
Abstract.....	vii
I. Introducción	13
1.1 Problema de investigación	13
1.1.1 Realidad problemática.	13
1.1.2 Enunciado del problema.	14
1.2 Objetivos.....	15
1.2.1 Objetivo general.....	15
1.2.2 Objetivos específicos.	15
1.3 Justificación del estudio	15
1.3.1 Social.	15
1.3.2 Técnica.	15
1.3.3 Económica.....	16
II. Marco de referencia	17
2.1 Antecedentes del estudio	17
2.1.1 Internacionales.....	17
2.1.2 Nacionales.....	18
2.1.3 Locales.	19
2.2 Marco teórico.....	21
2.2.1 Definición de pavimentos.	21
2.2.2 Clasificación de los pavimentos.	21
2.2.3 Índice de condición del pavimento (PCI).....	23
2.3 Marco conceptual.....	43
2.4 Sistema de hipótesis.....	44
2.4.1 Hipótesis.	44
2.4.2 Variables.....	44
2.4.3 Operacionalización de variables.	44
III. Metodología empleada	46
3.1 Tipo y nivel de investigación.	46
3.1.1 De acuerdo a la orientación o finalidad.	46
3.1.2 De acuerdo a la técnica de contrastación.	46
3.2 Población y muestra de estudio	46
3.2.1 Población.....	46

3.2.2 Muestra.....	46
3.3. Diseño de investigación.....	46
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	47
3.5 Procesamiento y análisis de datos.....	47
IV Presentación de resultados	49
4.1 Ubicación	49
4.2 Unidades de inspección	51
4.2.1 Total de muestras en cada tramo.....	51
4.2.2 Selección del número de muestras a evaluar.....	51
4.2.3 Unidades de muestras escogidas.....	53
4.3 Cálculo del PCI de la unidad de la inspección UM23.....	54
4.3.1 Fallas presentes en la unidad de muestra.....	54
4.3.2 Valores deducidos.....	61
4.3.3 Cálculo de número máximo admisible de valores deducibles.....	65
4.3.4 Cálculo del valor deducible corregido máximo (CDV).....	65
4.3.4 Cálculo del PCI de la UM23.....	67
4.3.4 Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Ponderado (PCIs).....	68
4.4 Análisis e interpretación de resultados	69
4.5 Docimasia de hipótesis	78
V Discusión de resultados.....	79
CONCLUSIONES	80
RECOMENDACIONES	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
ANEXOS	86
Anexo A. Fichas de recolección de datos y tabla de valores deducidos...	86
Anexo B. Gráficas de valores deducidos por unidad	104
Anexo C. Panel fotográfico	151

Índice de tablas

Tabla 1.	<i>Hoja de registro de inspección visual</i>	40
Tabla 2.	<i>Valores deducidos admitidos</i>	41
Tabla 3.	<i>Operacionalización de la variable</i>	45
Tabla 5.	<i>Cuadro resumen de las densidades y valores deducidos de cada falla de la UM23</i>	64
Tabla 6.	<i>Cuadro resumen de los CDV de la UM23</i>	66
Tabla 7.	<i>Resumen de resultados de las unidades de muestra</i>	69
Tabla 8.	<i>Densidad y valores deducidos de las fallas en el tramo 01</i>	71
Tabla 9.	<i>Resumen de los daños con y acciones correctivas en el tramo 01</i>	73
Tabla 10.	<i>Densidad y valores deducidos de las fallas en el tramo 02</i>	75
Tabla 11.	<i>Resumen de los daños con y acciones correctivas en el tramo 01</i>	77

Índice de figuras

Figura 1.	Paquete estructural de un pavimento flexible.....	22
Figura 2.	Paquete estructural de un pavimento rígido.....	22
Figura 3.	Paquete estructural de un pavimento adoquinado.....	23
Figura 4.	Piel de cocodrilo de severidad alta.....	25
Figura 5.	Fisura de borde de severidad media.....	25
Figura 6.	Fisura en bloque de severidad alta.....	26
Figura 7.	Fisura de reflexión de junta de severidad baja.....	27
Figura 8.	Fisura longitudinal y transversal de severidad media.....	27
Figura 9.	Fisura por deslizamiento de severidad leve.....	28
Figura 10.	Abultamiento y hundimiento de severidad media.....	28
Figura 11.	Corrugación de severidad alta.....	29
Figura 12.	Depresión de severidad media.....	29
Figura 13.	Ahuellamiento de severidad alta.....	30
Figura 14.	Desplazamiento de severidad media.....	30
Figura 15.	Hinchamiento.....	31
Figura 16.	Hueco de severidad media.....	32
Figura 17.	Meteorización de severidad media.....	32
Figura 18.	Desprendimiento de agregado de severidad alta.....	33
Figura 19.	Exudación de severidad media.....	33

Figura 20.	Pulimiento de agregado	34
Figura 21.	Desnivel carril – berma de severidad media.....	34
Figura 22.	Parche de severidad baja	35
Figura 23.	Cruce de vía férrea de severidad media.....	35
Figura 24.	Tramo de la Av. Grau comprendido entre la Av. Chulucanas y la Av. Bellavista	49
Figura 25.	Tramo 01 de color azul y tramo 02 de color rojo	50
Figura 26.	Parche de severidad baja	54
Figura 27.	Parche de severidad alta	55
Figura 28.	Parche de severidad alta	56
Figura 29.	Abultamiento de severidad baja.....	57
Figura 30.	Grieta de severidad baja.....	58
Figura 31.	Grieta de severidad baja.....	58
Figura 32.	Grieta de severidad baja.....	59
Figura 33.	Piel de cocodrilo de severidad baja	60
Figura 34.	Extensión de la piel de cocodrilo	60
Figura 35.	Curva de valores deducibles - Piel de cocodrilo	61
Figura 36.	Curva de valores deducibles – Abultamientos y Hundimientos	62
Figura 37.	Curva de valores deducibles – Fisuras longitudinales y transversales	62
Figura 38.	Curva de valores deducibles - Parches	63
Figura 39.	Curva de corrección del valor deducible total para pavimentos asfálticos en vías y estacionamientos.	66
Figura 40.	Escala de calificación y colores sugeridos para el PCI.....	67
Figura 41.	Clasificación de las unidades de muestra estudiadas	70
Figura 42.	Fallas con los mayores valores deducidos del tramo 01	72
Figura 43.	Distribución porcentual de las acciones correctivas para el tramo 1	74
Figura 44.	Fallas con los mayores valores deducidos del tramo 02	76
Figura 45.	Distribución porcentual de las acciones correctivas para el tramo 1	78

I. Introducción

1.1 Problema de investigación

1.1.1 Realidad problemática.

1.1.1.1 *Global.*

Cada año las exportaciones crecen a nivel mundial y se vuelve casi imprescindible que los países en vía de desarrollo como el nuestro tengan una óptima infraestructura vial, dado que en algún momento estos productos recorrerán alguna vía asfaltada para llegar a su destino. Bajo esta premisa podemos decir que los países con una infraestructura vial en mal estado no tienen una infraestructura de bajo costo sino todo lo contrario, tienen vías que les están costando su desarrollo.

Por ello los países han buscado siempre aumentar el periodo de vida de sus vías, inicialmente esto se ha conseguido con el enfoque del mantenimiento continuo y han recurrido a los sistemas de evaluación de pavimentos para elaborar sus planes de intervención. Entre los más usados están el método PCI, debido a que posee una calificación objetiva y se basa en un procedimiento estandarizado. Por otro lado, la metodología de procedencia francesa VIZIR, también tiene una presencia importante a la hora de evaluar el deterioro de los pavimentos y se caracteriza por dar una clasificación inicial de dos tipos de daños: estructurales y funcionales.

Cabe señalar que en los países desarrollados existe la tendencia a utilizar métodos con un soporte tecnológico avanzado para la evaluación sus pavimentos y así reducir el porcentaje de error producto del factor humano, sin embargo, las metodologías antes mencionadas, aunque sean consideradas convencionales, han demostrado su eficacia.

1.1.1.2 *Nacional.*

El país ha considerado la pavimentación de la red nacional de vías como uno de sus principales retos para lograr la integración que permitirá su progreso económico, es así que a fines del 2018 e inicios del 2019 pavimentó más de 1000 km de carreteras con una inversión de 3,336 millones de soles (MTC, 2019). Debido a la importancia del sistema vial para el país, el ministerio de

transportes y comunicaciones a través de la dirección general de transportes se encarga, además, de la conservación y mantenimiento de la misma. Si bien es cierto el porcentaje de vías pavimentadas aumentó a un 90 % en lo concerniente a la red nacional, no sucede lo mismo con la red provincial y vecinal, que llegan apenas al 14% y 2% respectivamente (ComexPerú, 2020). Debido a esta situación es que resulta importante mantener actualizada la información acerca del estado de los pavimentos en las vías departamentales y vecinales, ya que al contar en menor medida con ellas se incrementa su importancia para la población.

En ese sentido en nuestro país se realizan evaluaciones del deterioro de los pavimentos de manera superficial, así como estructural. Para un análisis superficial tenemos las metodologías ya mencionadas como PCI y VIZIR, mientras que para un análisis estructural realizamos por ejemplo el ensayo basado en el modelo de Hogg que permite identificar cada uno de los materiales que constituyen el pavimento en función a las deflexiones medidas con la viga Benkelman.

1.1.1.3 Local.

Gran parte de la infraestructura vial que posee la ciudad de Piura se encuentra deteriorada debido a diversos factores, por ejemplo: un mal diseño y construcción, el uso indebido de las vías por vehículos pesados, agentes climatológicos como el fenómeno el niño e incluso la falta de un plan integral elaborado por los gobiernos locales que evite problemas como la destrucción de una vía, recién inaugurada; por el cambio de alcantarillado de determinado sector (Suárez, 2019). Como consecuencia de esto urge que las municipalidades tengan pleno conocimiento del estado actual de los pavimentos que tienen bajo su control para poder gestionar su mantenimiento y así lograr que estos cumplan adecuadamente con su función.

1.1.2 Enunciado del problema.

¿Cuál es el estado de conservación vial del pavimento de la Av. Grau de Piura ente la Av. Chulucanas y la Av. Bellavista según la metodología PCI?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general.

- Evaluar el estado de conservación del pavimento de la Av. Grau de Piura, entre la Av. Chulucanas y Av. La Bellavista, mediante la metodología PCI y determinar soluciones de rehabilitación para mantener su transitabilidad vehicular y peatonal.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Realizar el inventario de daños de la Av. Grau, entre la Av. Chulucanas y la Av. Bellavista – Piura, con ayuda del Manual de Daños en Pavimentos Asfálticos (D6433 -18).
- Analizar la información recogida de la Av. Grau, entre la Av. Chulucanas y la Av. Bellavista – Piura, para determinar el Índice de Condición del pavimento.
- Proponer acciones correctivas a las fallas encontradas, basados en el tipo y severidad de estas.

1.3 Justificación del estudio

1.3.1 Social.

Un pavimento en buen estado no genera accidentes de tránsito, reduce el tiempo de traslado de los vehículos y evita el caos vehicular. La Av, Grau es una vía arterial del distrito de 26 de Octubre debido a que por ella transitan las principales empresas de transporte público y junto con la Av. Circunvalación atraviesan todo el sector oeste de la ciudad de Piura. Debido a esto es necesario hacer un análisis constante del pavimento que la conforma y así determinar las acciones de reparación que necesita.

1.3.2 Técnica.

Para realizar una gestión adecuada de las vías urbanas se requiere de varios elementos, entre ellos de un sistema que evalúe el deterioro en el que se encuentran los pavimentos. La metodología PCI se presenta como una alternativa estandarizada que, mediante un análisis de los tipos de falla, su severidad y el área que afectan permite clasificar el estado en el que se encuentra la vía y determinar si necesita ser intervenida y, de ser el caso, en qué medida. Además, uno de los beneficios de este procedimiento es el tiempo

que toma llevarlo a cabo, que siendo menor le da ventaja frente a otras metodologías.

1.3.3 Económica

El fenómeno El Niño del año 2017 destruyó 345 km de carreteras del departamento de Piura y dañó cerca de 1032 km (INDECI, 2017). Como consecuencia de esto, durante los últimos años se han venido ejecutando trabajos para la recuperación de dicha infraestructura, impulsados por las municipalidades distritales, provinciales y la autoridad para la reconstrucción con cambios (ARCC). El Índice de Condición del Pavimento es una opción económica para evaluar el deterioro en el pavimento generado por factores meteorológicos o por la carga vehicular, debido a que no requiere del uso de instrumentos sofisticados, sino que se basa en la realización de un inventario visual. Además, una vez realizado el estudio en el tramo de la Av. Grau, será necesario solo reparar puntos específicos de la vía en la medida que lo necesiten, de esa manera se evitará desperdiciar recursos.

II. Marco de referencia

2.1 Antecedentes del estudio

2.1.1 Internacionales.

a) Cruz y Restrepo (2017), en su tesis denominada “Evaluación del estado del pavimento flexible en la zona urbana de La Calera”, tuvo como objetivo principal evaluar el pavimento flexible de la zona urbana de La calera, para lo cual identificó las fallas superficiales y su severidad respectiva, mediante las inspecciones visuales guiadas por el manual del índice de condición de pavimento. Los resultados obtenidos fueron que el 44% del área de estudio se encuentra en muy mal estado y solo el 16% se encuentra en buen estado. Finalmente se concluyó que, cerca de la mitad del pavimento necesita ser reconstruido y en el caso del pavimento en buen estado solo necesita un sellado de fisuras.

Aporte: De este trabajo de investigación se recogió información acerca del programa PavCoin como una herramienta para analizar los datos tomados de campo y obtener el PCI del área de estudio.

b) Garcés (2017), en su tesis titulada “Evaluación vial y plan de rehabilitación y mantenimiento de la vía Azogues – Cojitambo – Déleg – La Raya”, tuvo como objetivo general determinar las fallas existentes en la vía de estudio y proponer alternativas de rehabilitación, para lo cual se realizó la clasificación de la vía mediante el tráfico promedio anual e inspecciones visuales para obtener el grado de deterioro. Los resultados obtenidos fueron que la vía es de tipo I, con una demanda de tráfico liviano cercano al 85%, y el índice de condición del pavimento fue equivalente a 41. Finalmente se concluyó que, por el valor del PCI, el estado de la vía es malo y se propone el tratamiento de sobrecapas para los sectores menos afectados y la reconstrucción de los tramos más dañados; así como estabilizaciones para los sectores que se encuentran más expuestos a los agentes erosivos.

Aporte: De la presente tesis se ha recogido información de la aplicación de la metodología AASHTO para la etapa de intervenciones de la vía, después de evaluar su deterioro.

c) Puga (2018), en su trabajo titulado “Evaluación funcional del pavimento rígido tramo avenida Loja (Cuenca)” tuvo como objetivo realizar una evaluación funcional del pavimento rígido de la avenida Loja tramo Av. Las Américas – Av. 10 de Agosto, para lo cual hizo uso del manual de la metodología PCI, concerniente a pavimentos rígidos. Los datos obtenidos fueron que los PCI de los tramos 1, 2 y 3 son: 86; 46 y 62 respectivamente. Finalmente se concluyó que el primer tramo al tener una condición excelente solo necesita un mantenimiento preventivo, el segundo tramo necesita en su mayor parte una reconstrucción, al calificar como pavimento regular y el tercer tramo al tener la condición de bueno, una intervención menor.

Aporte: La tesis citada aporta al siguiente trabajo la diferencias que existen entre el análisis de un pavimento flexible y un pavimento rígido a través de la metodología del índice de condición del pavimento.

2.1.2 Nacionales.

a) Cubas (2019), en su tesis denominada “Análisis del estado de conservación, aplicando el método del índice de condición del pavimento flexible en la carretera Kuntur Wasi – Jancos, San Pablo, región de Cajamarca”, tuvo como objetivo general encontrar la condición de deterioro de la carretera Kuntur Wasi – Jancos y como objetivo específico determinar las fallas con más incidencia y su severidad respectiva, para lo cual determinó el Pavement Condition Index (PCI) de dicha vía. Se obtuvieron como resultados un PCI ponderado de 50.43, con un máximo de 82 y un mínimo de 12. Finalmente se concluyó que por el valor del PCI ponderado la vía se encuentra en estado regular y que las fallas de mayor incidencia son las peladuras con severidad media y los baches con severidad alta.

Aporte: El estudio de cubas aporta la forma de sistematización de la información, tomada de las unidades de inspección.

b) Rodríguez y Tacza (2018), en su investigación denominada “Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado”, tuvieron como objetivo proponer alternativas de intervención que permitan mejorar la condición

pavimento flexible existente en el carril segregado del corredor Javier Prado, para lo cual hizo un levantamiento de la información de campo, luego se aplicó la metodología PCI y finalmente de acuerdo a las incidencias de las fallas se propusieron las alternativas de solución. Los resultados obtenidos fueron la identificación de ocho fallas de las diecinueve que se consideraron, de este total de fallas la piel de cocodrilo es la que más área representa (105 m²) y la de mayor frecuencia es la grieta de borde que aparece 21 veces. El valor PCI en general de la vía de estudio es de 57, de esta manera se clasifica como bueno. Finalmente concluyeron que debido al estado de la vía las intervenciones que necesitan son de tipo menor, como por ejemplo sellado de grietas y bacheo profundo.

Aporte: En la tesis mencionada se ha podido recoger información referente a la creación de una matriz de intervención, una vez determinadas las fallas en la vía de estudio.

- c) Guevara y Urcia (2019), en su investigación denominada “Análisis de la conservación del pavimento flexible de la Av. César Vallejo – Trujillo, entre las cuadras 04 al 15, mediante el método del Índice de Condición del Pavimento”, tuvieron como objetivo principal analizar el estado de conservación del pavimento flexible, para la cual hicieron uso del Índice de Condición del Pavimento y obtuvieron como resultados que la condición de la vía analizada en promedio es regular debido a que presenta un PCI igual a 50.56, teniendo en algunos casos un máximo de 74 y un mínimo de 36. Finalmente concluyeron que, debido a los tipos de daños presentes y la incidencia de estos, la intervención más adecuada es el recapeo asfáltico.

Aporte: La tesis de Guevara y Urzia, aporta a este estudio la forma de aplicación del método, así como algunas recomendaciones para intervenciones en ciertos tipos de falla.

2.1.3 Locales.

- a) Correa y Del Carpio (2019), en su investigación denominada “Evaluación PCI y propuesta de intervención para el pavimento flexible del jirón Los Incas de Piura”, tuvo como un objetivo evaluar la vía Los Incas a través del método y plantear propuestas de intervención, para la cual se dividió la vía en tres

sectores diferentes mediante el estudio de tráfico. Se obtuvieron como resultados que los sectores 1, 2 y 3 tienen un PCI igual 38; 68 y 83 respectivamente. Se concluyó finalmente que el tramo uno de acuerdo a su PCI necesita una rehabilitación, el tramo 2 necesita un mantenimiento rutinario y periódico; y finalmente el tramo 3 un mantenimiento rutinario.

Aporte: Este estudio aporta información acerca del software EvalPav para la determinación del Índice de Condición del Pavimento.

b) Suarez (2019), en su investigación denominada “Determinación del estado de deterioro del tramo de Av. Vice en Piura, aplicando el método PCI”, tuvo como objetivo conocer el estado de deterioro de la Av. Vice, en el tramo comprendido entre la Av. Grau y la Av. Sánchez Cerro, para lo cual realizó un inventario visual y un análisis de la información basado en la metodología PCI. Se obtuvo como resultado que el tramo 1 de dicha vía era un pavimento en estado regular debido a que el índice de condición del pavimento era igual a 49 y que el tramo 2 tiene la misma clasificación que el tramo 1, con índice de condición de pavimento igual a 40. Finalmente se concluyó que la condición del pavimento en el tramo de estudio es regular y además que el método PCI es de fácil aplicación y que no requiere de una gran cantidad de recursos económicos.

Aporte: El trabajo de investigación aporta a la presente tesis la clasificación de los pavimentos, así como información acerca del estado actual de la red de pavimentos de la ciudad de Piura.

c) Sánchez (2017), en su tesis denominada “Evaluación del estado del pavimento de la Av. Ramón Castilla, Chulucanas, mediante el método PCI”, tuvo como objetivo principal determinar el estado del pavimento de concreto de la Av. Ramón Castilla de Chulucanas mediante el cálculo de su índice de condición y de esa manera elaborar una propuesta de mejora, para lo cual se realizó el procedimiento estándar ASTM D6433 – 03 (PCI). Los resultados que se obtuvieron fueron que los PCI de los cinco tramos en los que dividió la vía son 34.4; 78.3; 32.4; 24.8 y 81.7 respectivamente. Finalmente se concluyó que el 28% del pavimento se encuentra en excelentes condiciones,

el 24% en estado muy bueno, el 17% en condición buena, el 6% en estado regular, el 14% en mal estado y el 11% en muy mal estado.

Aporte: El estudio realizado por Sánchez aporta la forma de interpretación de resultados debido a que no solo muestra los PCI obtenidos sino la incidencia por tipo de falla y la densidad con la que aparecen en la vía analizada.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Definición de pavimentos.

Un pavimento es una estructura compuesta de varias capas, que poseen material y compactación adecuada para resistir las cargas efectuadas por el tráfico. Esta estructura está diseñada para transmitir las cargas desde la superficie de rodadura hasta las capas inferiores, que finalmente llevan estos esfuerzos al terreno de fundación.

Las capas iniciales por recibir la mayor cantidad de carga están conformadas por materiales de mayor resistencia que las capas que están alejadas de la superficie dado que reciben menos esfuerzos. Tener conocimiento de estos conceptos permite que el diseño pueda resultar económico, sin que esto le quite resistencia al paquete estructural. Rondón y Reyes (2015) refieren que un pavimento tiene como función permitir que el vehículo transite por la superficie de rodadura con seguridad y confortabilidad incluso en condiciones climáticas adversas.

2.2.2 Clasificación de los pavimentos.

2.2.2.1 Pavimentos flexibles.

Un pavimento flexible es aquel que tiene como superficie de rodadura una carpeta de material bituminoso asentada sobre dos capas granulares llamadas base y subbase. Por lo general esta capa de rodadura es mortero asfáltico, mezcla asfáltica en frío y mezcla asfáltica en caliente. En la siguiente imagen se muestra el paquete estructural de un pavimento flexible.



Figura 1. Paquete estructural de un pavimento flexible

2.2.2.2 Pavimento rígido.

El pavimento rígido recibe este nombre debido a que su superficie de rodadura es una losa de concreto hidráulico, apoyado sobre una base granular tratada. Dentro de los pavimentos rígidos encontramos los pavimentos rígido simples con juntas, pavimentos rígidos con refuerzo y también los que poseen un refuerzo continuo. La figura 02 muestra la estructura de un pavimento rígido.

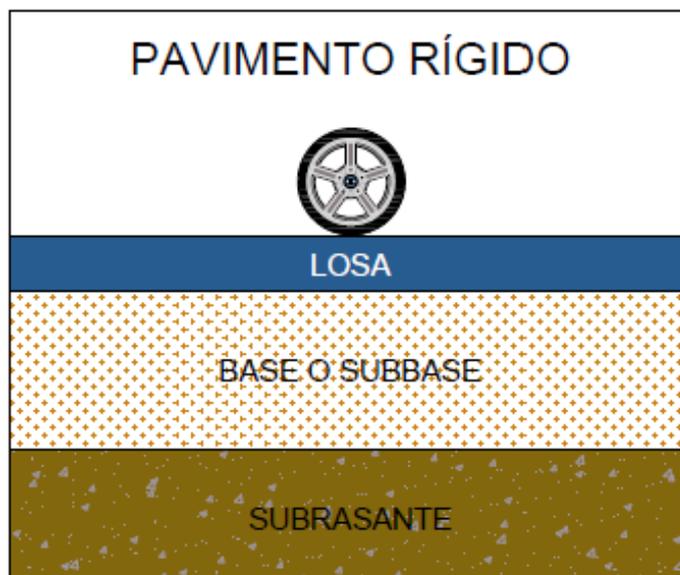


Figura 2. Paquete estructural de un pavimento rígido

2.2.2.3 Pavimento semirrígido.

Es el pavimento en el que la carpeta asfáltica es colocada sobre la losa de concreto hidráulico.

2.2.2.4 Pavimento articulado.

Es el pavimento compuesto por adoquines de concreto colocados sobre una base tratada. La función estos adoquines es generar vibraciones en los vehículos para que así estos reduzcan su velocidad de viaje. La figura 03 muestra la estructura de un pavimento adoquinado.

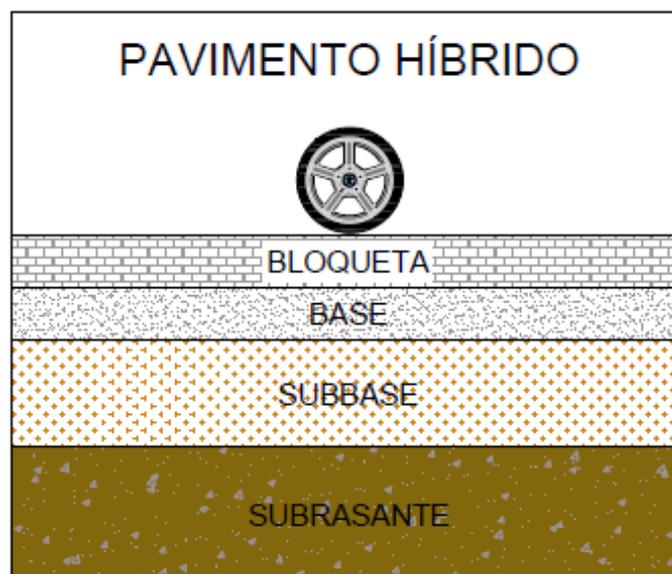


Figura 3. Paquete estructural de un pavimento adoquinado.

2.2.3 Índice de condición del pavimento (PCI)

2.2.3.1 Definición.

Es un índice que mide el grado de deterioro de un pavimento en el momento que se realiza la inspección, la escala puede variar desde un pavimento fallado hasta un pavimento en buenas condiciones pasando por las condiciones graves, muy malo, malo, regular y satisfactorio. Se sustenta sobre información recopilada a través de una inspección visual que identifica el tipo de daño, la severidad y el área o longitud que afecta según sea el caso.

Se debe mencionar que esta metodología no mide la capacidad estructural en la que se encuentra el pavimento como sí lo hace por ejemplo un estudio con Viga Benkelman. Lo que se busca con el método del índice de Condición del Pavimento es determinar las medidas de intervención que se necesitan, en base a calificación de deterioro obtenida.

2.2.3.2 Fallas del pavimento flexible consideradas por el método.

El método PCI permite evaluar de las tasas de deterioro de pavimentos flexibles como de pavimentos rígidos. En esta investigación definiremos las fallas referentes al pavimento flexible dado que es el que compone el tramo de la Av. Grau en estudio. La norma ASTM D6433 – 18 contempla 20 daños en los pavimentos flexibles a diferencia de su antecesora ASTM D6433 - 16 que contemplaba 19 fallas.

Para presentar estas fallas el autor ha decidido agruparlas, tomando como base sugerencias realizadas en tesis anteriores, las cuales están citadas al inicio de estudio. Cabe recordar que esta agrupación no aparece en la norma estándar original, solo se realiza para organizar adecuadamente la información.

2.2.3.2.1 Fisuras y grietas.

Piel de cocodrilo. El nombre de esta falla se debe al patrón que siguen las grietas, que se asemeja a la piel de este reptil. El causante de esta falla es las constantes cargas de tránsito, esto lo diferencia de la falla por agrietamiento en bloque que generalmente ocurre en zonas donde no hay cargas repetitivas de tránsito (ASTM D6433, 2018).

No se debe pensar que estas grietas solo están presentes en la superficie observable, al contrario, estas se generan en la parte profunda del pavimento y ascienden de forma paralela a la superficie donde se interconectarán para generar la llamativa forma.



Figura 4. Piel de cocodrilo de severidad alta.

Fuente: ASTM D6433, 2018

Fisura de borde. Estas grietas se forman de manera paralela al borde del pavimento y generalmente son causadas por acción del clima que debilita la base o subrasante. La condición de esta falla puede empeorar dependiendo del incremento vehicular de la vía.



Figura 5. Fisura de borde de severidad media.

Fuente: ASTM D6433, 2018

Fisura en bloque. En esta falla podemos apreciar la formación de figuras rectangulares de tamaño variable sobre la superficie del pavimento. Las áreas de afectación por lo general varían entre 900 cm² y los 9 m².

La diferencia entre esta falla y la piel de cocodrilo es que esta aparece en lugares donde no hay presencia de cargas vehiculares, ya que el problema radica en el endurecimiento que ha sufrido el pavimento por acción del tiempo o porque no fue diseñado para el clima al que está expuesto.



Figura 6. Fisura en bloque de severidad alta.

Fuente: Vásquez, 2018

Fisura de reflexión de juntas. Este daño no es provocado por las cargas vehiculares sino por el movimiento de las losas de concreto sobre las cuales está colocada la carpeta asfáltica. El movimiento de dichas losas es provocado por la dilatación o contracción de concreto por efecto del cambio de temperatura (Vásquez, 2018). Como ya se ha mencionado la falla no está relacionada con las cargas vehiculares, sin embargo, el tránsito puede empeorar el daño debido a que puede ir astillando el pavimento en las zonas cercanas a las grietas. Finalmente se debe agregar que esta falla no se considera para bases tratadas.



Figura 7. Fisura de reflexión de junta de severidad baja.

Fuente: Vásquez, 2018

Fisuras longitudinales y transversales. Estas grietas se ubican de manera paralela a la parte central del pavimento o de manera casi perpendicular a está. Al igual que fisuras en bloque, la falla no está asociada a las cargas del tráfico vehicular sino a otros factores como por ejemplo defectos de construcción.



Figura 8. Fisura longitudinal y transversal de severidad media.

Fuente: ASTM D6433, 2018

Fisuras por deslizamiento. Estas grietas están ubicadas de forma perpendicular al sentido del tráfico y son provocadas por los vehículos al hacer girar o frenar sus ruedas. Podemos observar que de este primer grupo solo dos daños son generados por la acción directa del tráfico (ASTM D6433, 2018).



Figura 9. Fisura por deslizamiento de severidad leve.

Fuente: ASTM D6433, 2018

2.2.3.2.2 Deformaciones superficiales.

Abultamientos y hundimientos. Los abultamientos se caracterizan por ser elevaciones puntuales de la superficie del pavimento ocasionadas por la filtración de material a través de grietas. Por otro lado, los hundimientos son pequeñas depresiones en la capa de rodadura, este daño se diferencia de la corrugación por la dirección y la distribución que presenta.



Figura 10. Abultamiento y hundimiento de severidad media.

Fuente: ASTM D6433, 2018

Corrugación. Tiene como característica la aparición de “picos” perpendiculares al sentido del tráfico y que están espaciados de forma constante en medidas menores a 3 m. Las causas de esta falla son una base indeficiente combinada con la acción del tráfico sobre la carpeta de asfalto (ASTM D6433, 2018).

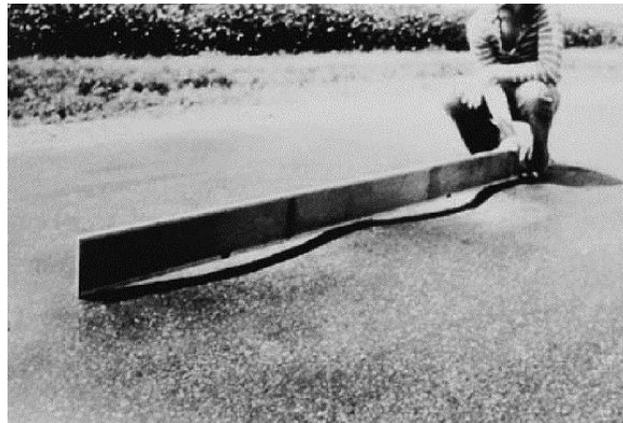


Figura 11. Corrugación de severidad alta.

Fuente: ASTM D6433, 2018

Depresión. Se definen como las zonas de un nivel más bajo con respecto al pavimento que se encuentra rodeándolas. Se pueden identificar por el agua empozada durante la lluvia o por la marca de la misma al secarse (Vásquez, 2018).



Figura 12. Depresión de severidad media.

Fuente: Vásquez, 2018

Ahuellamiento. A diferencia de las depresiones y hundimientos, la falla por ahuellamiento se ubica exactamente en la misma dirección de las llantas de los vehículos. Esto se produce porque algunas de las capas del paquete estructural a cedido por efecto de las cargas de tránsito (ASTM D6433, 2018).



Figura 13. Ahuellamiento de severidad alta.

Fuente: Vásquez, 2018

Desplazamiento. La carga vehicular origina desplazamientos del pavimento en dirección al tráfico, estas se pueden apreciar como una especie de ondas en una vista de perfil y por lo general su aparición se debe al uso de mezclas con asfalto encarecido o con emulsiones asfálticas (Suárez, 2019).



Figura 14. Desplazamiento de severidad media.

Fuente: ASTM D6433, 2018

Hinchamiento. Esta falla se caracteriza por la presencia de un alabeo cóncavo hacia arriba, de la superficie de pavimento. A diferencia del abultamiento que es un daño puntual, el hinchamiento es más prolongado y puede tener hasta una longitud de 3 m. Este daño se asocia a los movimientos de contracción y dilatación que sufre la subrasante (ASTM D6433, 2018).

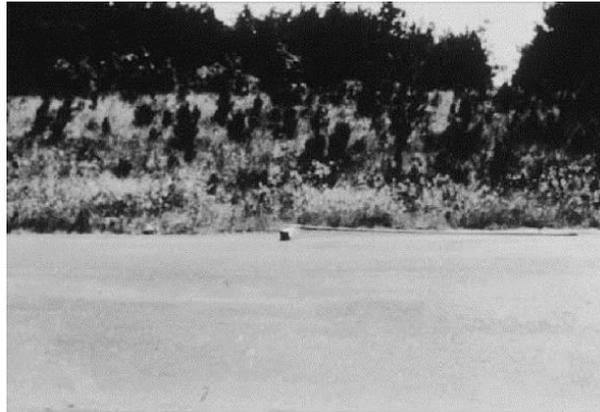


Figura 15. Hinchamiento.

Fuente: ASTM D6433, 2018

2.2.3.2.3 Desintegración de agregados.

Baches. Debido a una acelerada desintegración del pavimento debido a la mala calidad de material usado en la capa de rodadura o alguna falla en las capas que conforman el paquete estructural se forman huecos, cuyas medidas son menores a los 7.5 cm.

Durante las inspecciones visuales, las severidades estarán en función a la altura de la depresión y a la medida de sus diámetros, en el caso de tenerlos mayores a 7.5 cm se debe proceder al cálculo de huecos equivalentes siguiendo los pasos que indica la norma (ASTM D6433, 2018).



Figura 16. Hueco de severidad media.

Fuente: Vásquez, 2018

Desgaste por intemperismo. Este desgaste se puede identificar por el desprendimiento de dos elementos del pavimento, estos son: el ligante asfáltico y el agregado fino. Este daño se genera por varios factores como por ejemplo las lluvias, presencia excesiva de arena y el tránsito de la vía. La falla de desgaste por intemperismo depende mucho del clima donde se encuentre la vía, dependiendo de este la velocidad con que el daño aumente su severidad (Vásquez, 2018).



Figura 17. Meteorización de severidad media.

Fuente: ASTM D6433, 2018

Desprendimiento del agregado. Esta falla se caracteriza por el desprendimiento de agregado debido a la pérdida del ligante asfáltico. Como ya se mencionó anteriormente la pérdida de ligante asfáltico está asociado a

causas como radiación, precipitaciones o una mezcla pobremente preparada (ASTM D6433, 20180).



Figura 18. Desprendimiento de agregado de severidad alta.

Fuente: ASTM D6433, 2018

2.2.3.2.4 Afloramiento y otras fallas.

Exudación. Es una capa muy fina de material viscoso (bituminoso) que aparece sobre la superficie de pavimento debido a la presencia de una cantidad mayor de la necesaria de asfalto en mezcla o falta de vacíos de aire que impidan la saturación y posterior ascensión del material. Este daño genera una superficie con poca fricción y además reflectante de la luz solar lo que genera un peligro para los conductores (ASTM D6433, 2018).



Figura 19. Exudación de severidad media.

Fuente: Vásquez, 2018

Agregado pulido. Esta falla se identifica porque la cantidad de agregado que sobresale del pavimento es menor o en su defecto no se observa agregado áspero que genere un adecuado coeficiente de fricción entre el pavimento y las llantas de los vehículos (Vásquez, 2018).



Figura 20. Pulimiento de agregado

Fuente: Correa & Del Carpio

Desnivel carril – berma. Esta falla es la diferencia de alturas que se encuentra entre el pavimento y la berma. Algunas causas de este daño son el desgaste considerable de la berma y la construcción de sobrecapas sobre el pavimento sin nivelar la berma adyacente.



Figura 21. Desnivel carril – berma de severidad media

Fuente: Vásquez, 2018

Parches. Dado que un parche en la superficie del pavimento implica colocar material nuevo sobre una estructura que fue diseñada para trabajar en conjunto, la forma en la que esta trabaja no será igual como la que fue concebida inicialmente (ASTM D6433, 2018).



Figura 22. Parche de severidad baja

Fuente: ASTM D6433, 2018

Cruce de vía férrea. Esta falla tiene su ubicación exclusivamente en las zonas que rodean los rieles. La manera de medirla será por área afectada y su severidad dependerá del confort de viaje.



Figura 23. Cruce de vía férrea de severidad media

Fuente: ASTM D6433, 2018

2.2.3.3 Procedimiento de determinación.

Cálculo de secciones y unidades de muestra.

- Como primer paso debemos dividir cada sección de la vía en estudio en unidades de análisis o también llamados muestras. Dichas unidades de muestra tienen que estar correctamente identificadas para que su ubicación no genere complicaciones al personal de inspección, además de permitir futuras inspecciones.
- En segundo lugar, se debe determinar qué unidades de muestra se van a inspeccionar, presentándose dos escenarios: el primero sería inspeccionar todas las unidades de análisis y el segundo es trabajar solo con una parte de ellas, en cuyo caso tendríamos que obtener un nivel de confiabilidad del 95%.
- Para calcular la mínima cantidad de unidades de análisis que otorguen un nivel de confiabilidad del 95%, se hará uso de la ecuación uno, que se muestra a continuación (ASTM D6433, 2018):

$$n = \frac{Ns^2}{\left(\left(\frac{e^2}{4}\right)(N-1) + s^2\right)} \quad \dots \text{Ec. 1}$$

Donde:

n: Número mínimo de unidades de análisis.

N: Número total de muestras de la sección estudiada.

S: Desviación estándar. Para análisis iniciales en pavimentos flexibles se asume una desviación igual a 10.

e: error permitido en la obtención del PCI para una unidad de inspección.

Normalmente consideramos un error de +/- 5%.

No se debe considerar un número mínimo de unidades de análisis que sea menor cinco, si resultase este caso todas las unidades de análisis deben ser inspeccionadas.

- Finalmente, una vez obtenida la cantidad de unidades de análisis que serán evaluadas se procederá a calcular cada cuánto deben ser seleccionadas (intervalo), esto se hace a través de la ecuación dos (ASTM D6433, 2018).

$$i = \frac{N}{m} \quad \dots \text{Ec. 2}$$

Donde:

i: Intervalo de selección.

N: Número total de unidades de análisis que conforman la sección.

m: número de unidades de análisis a ser inspeccionadas.

Inspección del estado del pavimento flexible.

- Definidas cuántas y cuáles serán las unidades de análisis, se procede con la inspección visual de las mismas.
- Anotar en la hoja de registro, la información necesaria para la plena identificación de la unidad. Datos tales como el nombre de la vía, sección, número de unidad, personal encargado y el área correspondiente. El área se determinará a través de las dimensiones obtenidas por el odómetro manual (Suárez, 2019).
- El análisis de cada unidad de muestra se realizará a pie, identificando las fallas descritas en el apartado 4.3.2 de este trabajo. Cada falla tiene asociado un nivel de severidad que se fija en base a características descritas en la norma ASTM D6433 – 2018.
- En el caso de la densidad de los deterioros, cada falla posee una manera de cuantificarlo pudiendo estar en función del área deteriorada, longitud e incluso en función de la cantidad como por ejemplo el caso de los baches (huecos).

Obtención del Índice de condición del pavimento

- Sumar las cantidades de cada fila del recuadro y escribir estos totales en la columna correspondiente (ASTM D6433, 2018). En la tabla 01 podemos observar que la falla por piel de cocodrilo se muestra en dos niveles de

severidad, en el nivel de severidad alta con las áreas de 1.00 m²; 0.30 m²; 0.50 m² y 0.25 m², mientras que para la severidad baja tiene áreas de 0.60 m²; 0.20 m² y 0.40 m².

- Hallar la razón entre las cantidades totales y el área total de la unidad de inspección y finalmente el resultado es llevado a porcentaje, mediante este procedimiento se encontrará lo que se conoce como densidad de falla (ASTM D6433, 2018).
- Una vez obtenida la densidad de falla se procede a la determinación de los valores deducidos (Deduc Value) con ayuda de las curvas de valores deducidos que proporciona el procedimiento estándar ASTM D6433 en su versión 2018.
- Como cuarto paso es necesario encontrar los valores deducidos corregidos, en caso que se tenga solo un valor deducido mayor que dos o ninguno, se tomará la suma de estos como el deducido corregido (ASTM D6433, 2018).
- En caso contrario debemos ubicar los valores deducidos de mayor a menor. Los valores de la tabla 01 serían colocados de la forma que sigue: 29; 7; 10; 3 y 3.
- Hallar el número de valores deducidos que pueden ser admitidos (m) a través de la ecuación 03 (ASTM D6433, 2018).

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - HDV) \leq 10 \dots \text{Ec. 3}$$

Donde:

m : número de valores deducidos admisibles (menor o igual a 10)

HDV: mayor valor deducible individual

En el caso de análisis de la tabla 01, el número de valores admisibles serían los siguientes

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - 29) = 7.52$$

- La cantidad de valores deducidos se reduce a la cantidad de valores deducibles (m) incluso parte fraccionaria si es que la hubiera. Par los valores de la figura 21 todos serían admisibles dado que son 5 y el valor de “m” es igual a 7.52. Los valores seleccionados se muestran en la tabla 02.
- Los valores deducibles mayores que dos serán “q”, en el caso que estamos analizando el primer “q” será 5. La suma de los valores deducibles será el valor deducible total (ASTM D6433, 2018). Con esta información se encontrará el valor deducible corregido usando la curva de corrección del procedimiento estándar PCI para pavimentos flexibles.
- Seguidamente se reducirá el menor valor deducible a dos y se procederá de la misma forma anteriormente descrita, esto continuará hasta que el valor de “q” sea equivalente a 1. (ASTM D6433, 2018).
- El máximo valor deducible corregido será el mayor de todos los valores deducibles corregidos (ASTM D6433, 2018). En la tabla 02 se puede observar que este valor es 35.
- Para la obtención del Índice de condición del pavimento debemos restar de 100 el valor del máximo valor deducible corregido (ASTM D6433, 2018).

$$PCI = 100 - Máx CDV \dots Ec. 4$$

Para el ejemplo el valor del PCI es:

$$PCI = 100 - 35 = 65$$

Tabla 1. Hoja de registro de inspección visual

MÉTODO PCI					Esquema de vía:						
Hoja de registro de inspección											
Nombre de la vía:					Sección:			Unidad de muestra:			
Ejecutor:					Fecha:			Área: 231			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Desplazamiento								
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Fisura por deslizamiento								
3. Agrietamiento en bloque	8. Fisura de reflexión de juntas	13. Baches	18. Hinchamiento								
4. Abultamiento y hundimientos	9. Desnivel carril - berma	14. Cruce de vía férrea	19. Desprendimiento de agregado								
5. Corrugación	10. Fisuras	15. Ahuellamiento	20. Desgaste por intemperismo								
Falla	Cantidad					Total	Densidad	Valor deducido			
1 H	1.00	0.30	0.50	0.25		2.05	0.89	29.00			
1 L	0.60	0.20	0.40			1.20	0.52	7.00			
20 L	2.10	2.26				4.36	1.89	3.00			
9 L	3.10	2.00				5.10	2.21	3.00			
11 L	3.00	2.50	3.24	2.80		11.54	5.00	10.00			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. *Valores deducidos admitidos*

#	Valores deducidos					Total	q	CDV
1	29.00	7.00	10.00	3.00	3.00	52.00	5	24
2	29.00	7.00	10.00	3.00	2.00	51.00	4.00	26.00
3	29.00	7.00	10.00	2.00	2.00	50.00	3.00	31.00
4	29.00	7.00	2.00	2.00	2.00	42.00	2.00	30.50
5	29.00	2.00	2.00	2.00	2.00	37.00	1.00	35.00
6								
7								
8								
9								
10								

Fuente: Elaboración propia

Cálculo del Índice de condición del pavimento de la sección.

- Si las unidades de análisis (n) se tomaron de forma aleatoria, el índice ponderado (PCI_s) en función del índice de las unidades de inspección de la sección (PCI_r) se obtendrá de la forma que sigue (ASTM D6433, 2018):

$$PCI_s = \frac{\sum_{i=1}^n PCI_{ri} \times A_{ri}}{\sum_{i=1}^n A_{ri}} \dots \text{Ec.5}$$

Donde:

PCI_s = PCI ponderado de la sección

PCI_{ri} = PCI de la unidad de análisis i.

A_{ri} = Área de la unidad de análisis i.

- Considerando unidades de inspección adicionales, el PCI de estas será como se muestra (ASTM D6433, 2018):

$$PCI_a = \frac{\sum_{i=1}^m PCI_{ai} \times A_{ai}}{\sum_{i=1}^m A_{ai}} \dots \text{Ec.6}$$

Y el reajuste para la sección será (ASTM D6433, 2018):

$$PCI_s = \frac{PCI_r(A - \sum_{i=1}^m A_{ai}) + PCI_a(\sum_{i=1}^m A_{ai})}{A} \dots \text{Ec.7}$$

Donde:

PCI_a : PCI ponderado de las unidades de análisis.

A_{ai} : Área de la unidad de inspección adicional.

A: Área de la sección en estudio.

2.3 Marco conceptual

Base, es la capa que se encuentra debajo de la superficie de rodadura y su función es la de distribuir los esfuerzos ocasionados por el tráfico vehicular (Manual de carreteras, 2013).

Deformación en el pavimento, cambio de forma o tamaño de la superficie del pavimento flexible o rígido (Vásquez, 2018).

Desintegración de agregados, disgregación de la superficie de rodadura, exponiendo los materiales a la acción del tráfico vehicular (Vásquez, 2018).

Falla, falta o defecto en una superficie (RAE, 2014).

Fisura, grieta que se produce en algún objeto (RAE, 2014).

Material bituminoso, sustancia de origen petrolífero, generalmente es viscoso y maleable en contacto con el calor (Manual de carreteras, 2013).

Sub base, soporta a la superficie de rodadura y a la base, está compuesta por un espesor diseñado y con material seleccionado. En algunos casos esta capa no es utilizada (Manual de carreteras, 2013).

Superficie de rodadura, es la capa que recibe directamente la carga vehicular (Manual de carreteras, 2013).

Superficie, magnitud que expresa la extensión de un cuerpo en dos dimensiones (RAE, 2014).

2.4 Sistema de hipótesis

2.4.1 Hipótesis.

El estado de conservación vial del pavimento en la Av. Grau de Piura entre la Av. Chulucanas y la Av. Bellavista según la metodología PCI posiblemente es regular.

2.4.2 Variables.

➤ Variable única:

Estado de conservación del pavimento.

2.4.3 Operacionalización de variables.

Tabla 3. Operacionalización de la variable

Variable	Definición de la variable	Dimensiones	Indicadores	Escala	Instrumento
Estado superficial del pavimento	Condición en la que se encuentra la superficie de rodadura.	Tipos de fallas en el pavimento Severidad de las existentes	Forma, ubicación y estado del agregado Área, longitud, profundidad y calidad de viaje	20 fallas definidas Alta, media y baja	Manual de fallas del procedimiento estándar ASTM D6433 - 18

Fuente: Elaboración propia

III. Metodología empleada

3.1 Tipo y nivel de investigación

3.1.1 De acuerdo a la orientación o finalidad.

Aplicada, porque la investigación determinará el estado de deterioro en el que se encuentra el pavimento de la Av. Grau aplicando una metodología estándar elaborada en base a un sustento teórico.

3.1.2 De acuerdo a la técnica de contrastación.

Descriptiva, porque el estudio consiste en reunir y sistematizar información que mediante la metodología PCI permita categorizar el estado superficial de la vía, además de sugerir algunas acciones de rehabilitación.

3.2 Población y muestra de estudio

3.2.1 Población.

La Av. Grau se encuentra en el departamento de Piura, provincia de Piura, el distrito de 26 De Octubre.

3.2.2 Muestra.

El tramo de la Av. Grau en estudio se encuentra entre la Av. Chulucanas y la Av. Bellavita

3.3. Diseño de investigación

El diseño es no experimental y transversal del tipo descriptivo. No experimental porque no hay una manipulación deliberada de las variables. Transversal del tipo descriptivo porque la recolección de datos es una, además se hace en un momento determinado y lo que se busca es la descripción de las variables tal como se muestran en su ambiente.

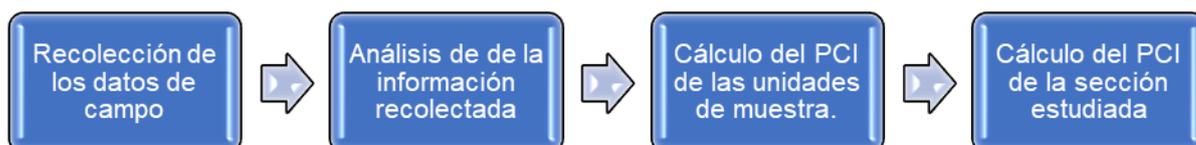


Figura 22. Estrategia para verificar la hipótesis

Fuente: Elaboración propia

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos haremos uso de la técnica de observación, ya que esta nos permitirá obtener la información necesaria sobre los tipos de fallas con su respectiva severidad, que existen en las unidades de muestra seleccionadas, teniendo como base las 20 fallas definidas en la metodología PCI.

Como segunda técnica tenemos la revisión documentaria puesto que es indispensable contar con antecedentes de estudios similares al nuestro que sirvan de guía en levantamiento de la información de campo y para una correcta interpretación de los resultados obtenidos en la parte final de la investigación.

Para la recolección de la información usaremos como instrumentos los formatos (ver figura 21) y el manual de daños en pavimentos asfálticos del estándar ASTM D6433 de la metodología PCI. Los formatos permiten sistematizar de manera adecuada la información acerca de las medidas, estado e incidencia de las fallas presentes en el pavimento, además de la ubicación de las secciones y las unidades de inspección estudiadas.

Por otro lado, después de dividir las secciones en unidades de inspección y seleccionar el número de unidades que se debe evaluar, el manual de daños en pavimentos asfálticos permitirá identificar frente a qué falla nos encontramos, cómo debe ser medida (por área, por longitud, etc.) y finalmente qué se debe tener en cuenta para asignar el grado de severidad (calidad de viaje, longitud de grietas, patrón de grietas, etc.).

3.5 Procesamiento y análisis de datos

La información recogida sobre las fallas en las unidades de inspección de la Av. Grau, en el tramo comprendido entre la Av. Chulucanas y la Av. Bellavista, puede ser procesada y analizada con algún programa, por ejemplo, el software EvalPav o con ayuda de hojas de cálculo de Excel. En este proyecto optaremos por la segunda forma.

Primero determinaremos la densidad y valor deducido de las fallas, luego de forma iterativa se calculará en PCI de las unidades de análisis, tal como se detalla en el punto 4.3.3 en su apartado “determinación del índice del pavimento” (ver figura 22). Para el cálculo del índice de la sección usaremos las ecuaciones 5; 6 y 7. Y finalmente con la escala que proporciona el ASTM 6433 podremos clasificar la condición superficial del pavimento.

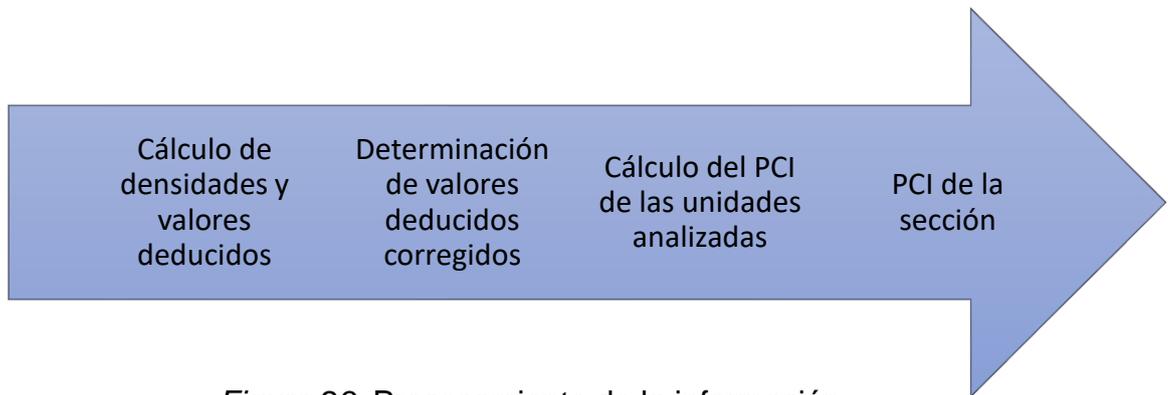


Figura 23. Procesamiento de la información

Fuente: Elaboración propia

IV Presentación de resultados

4.1 Ubicación

La Av. Grau se encuentra en el departamento de Piura, provincia de Piura y distrito de 26 de Octubre. El tramo estudiado, comprendido entre la Av. Chulucanas y la Av. Bellavista (ver figura 24), se encuentra totalmente asfaltado y tiene dos sentidos, el primer tramo tiene una longitud de 680.15 m y el segundo una longitud de 679.50 m (ver figura 25).

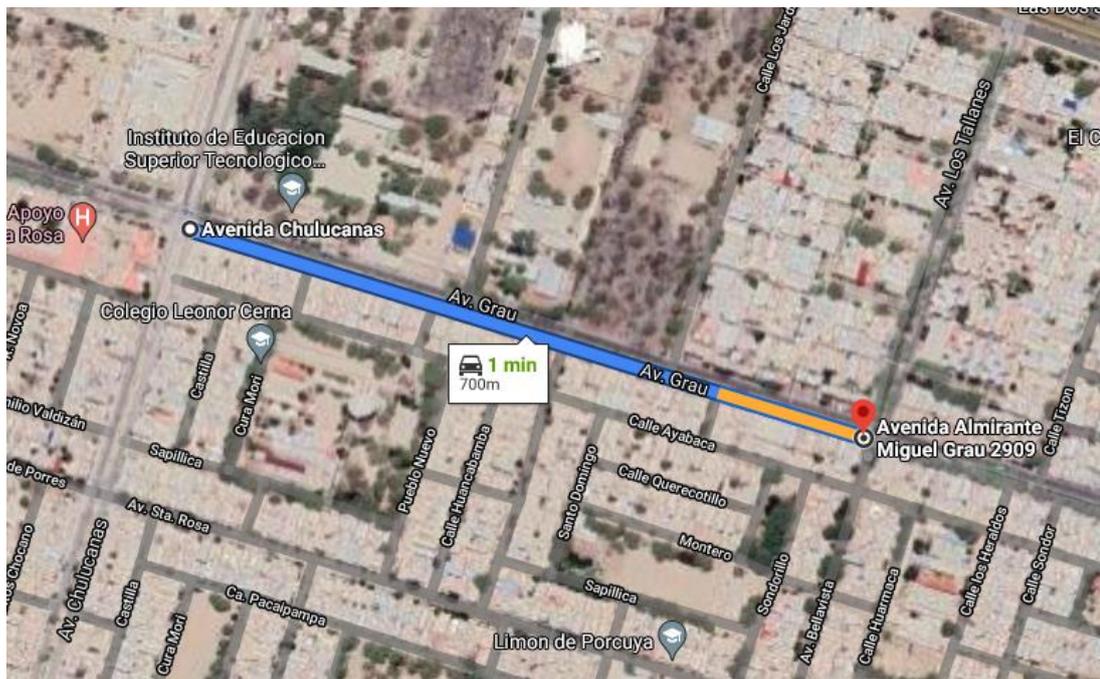


Figura 24. Tramo de la Av. Grau comprendido entre la Av. Chulucanas y la Av. Bellavista

Fuente: Imagen obtenida de Google Maps



Figura 25. Tramo 01 de color azul y tramo 02 de color rojo

Fuente: Imagen obtenida de Google Earth

4.2 Unidades de inspección

4.2.1 Total de muestras en cada tramo.

Siguiendo la metodología del procedimiento estándar ASTM D6433 el área de las unidades de muestra se debe encontrar en el rango de $225.0 \pm 90.0 \text{ m}^2$, debido a esto se optó por trabajar en cada tramo con unidades de inspección de largo igual a 39 m, de esta manera se calculó el número total de unidades de muestra por tramo.

Para el tramo 01:

$$N = \frac{680.15}{39} = 17.44 \sim 18 \text{ muestras}$$

Para el tramo 02:

$$N = \frac{679.50}{39} = 17.42 \sim 18 \text{ muestras}$$

4.2.2 Selección del número de muestras a evaluar.

Según la metodología PCI existen dos formas de evaluar un pavimento a nivel de proyecto: la primera es realizar el análisis de todas las unidades de muestra y la segunda es calcular un número mínimo de unidades a inspeccionar. En este trabajo hemos optado por la última opción. Como ya se ha señalado en la sección 2.2.3.3 de este estudio sobre el proceso de determinación, es la ecuación número 01 la que permite determinar este número mínimo.

$$n = \frac{Ns^2}{\left(\left(\frac{e^2}{4}\right)(N-1) + s^2\right)} \quad \dots \text{Ec. 1}$$

Donde:

n: Número mínimo de unidades de análisis.

N: Número total de muestras de la sección estudiada.

S: Desviación estándar. Para análisis iniciales en pavimentos flexibles se asume una desviación igual a 10.

e: Error permitido en la obtención del PCI para una unidad de inspección.

Normalmente consideramos un error de +/- 5%.

De esta manera, reemplazando los valores el cálculo es como sigue:

$$n = \frac{18(10)^2}{\left(\left(\frac{5^2}{4}\right)(18 - 1) + 10^2\right)}$$

$$n = 8.73 \sim 9 \text{ unidades}$$

Finalmente se concluye que deben ser 9 unidades a inspeccionar en cada tramo, lo que hace un total de 18 unidades en estudio y su aleatoriedad se determina con la ecuación 02.

$$i = \frac{N}{m} \quad \dots \text{Ec. 2}$$

Donde:

i: Intervalo de selección.

N: Número total de unidades de análisis que conforman la sección.

m: número de unidades de análisis a ser inspeccionadas.

$$i = \frac{18}{9} = 2$$

4.2.3 Unidades de muestras escogidas.

Como las muestras deben ser tomadas en un intervalo de dos, a continuación, se muestra un cuadro con las unidades seleccionadas para su inspección, además de su respectivo ancho y el área total de la unidad.

Tabla 4. Cuadro resumen de las unidades de inspección seleccionadas

TRAMO	UNIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	ÁREA (m ²)
TRAMO 01	UM01	39.00	6.80	265.20
	UM03	39.00	6.80	265.20
	UM05	39.00	6.80	265.20
	UM07	39.00	6.80	265.20
	UM09	39.00	6.83	266.37
	UM11	39.00	6.88	268.32
	UM13	39.00	6.85	267.15
	UM15	39.00	6.85	267.15
	UM17	30.00	6.82	204.60
TRAMO 02	UM19	39.00	6.68	260.52
	UM21	39.00	6.70	261.30
	UM23	39.00	6.65	259.35
	UM25	39.00	6.67	260.13
	UM27	39.00	6.65	259.35
	UM29	39.00	6.70	261.30
	UM31	39.00	6.72	262.08
	UM33	39.00	6.73	262.47
	UM35	30.00	6.70	201.00

Fuente: Elaboración propia

4.3 Cálculo del PCI de la unidad de la inspección UM23

Para presentar los pasos detallados que permiten calcular el PCI de una unidad, tomaremos como ejemplo la unidad UM23. Las demás muestras se analizarán de la misma forma.

4.3.1 Fallas presentes en la unidad de muestra.

UM 23 – Tramo 02 (Tipo de falla – Parche)



Figura 26. Parche de severidad baja

Fuente: Propia

En la figura 26 se puede observar un parche con largo igual a 2.83 m y un ancho de 1.30 m, lo que hace un área total de 3.73 m². La severidad es catalogada como baja debido a que el parche se encuentra en buenas condiciones. Para determinar las acciones correctivas nos basaremos el manual del Prof. Luis Ricardo Vásquez Varela en su versión 2018. Dicho manual nos especifica que en estos casos no es necesario realizar acción correctiva sobre la falla.

UM 23 – Tramo 02 (Tipo de falla – Parche)



Figura 27. Parche de severidad alta

Fuente: Propia

En la figura 27 se puede observar un parche con largo igual a 0.87 m y un ancho de 0.77 m, lo que hace un área total de 0.67 m². La severidad es catalogada como alta debido a que el parche se encuentra muy deteriorado. La acción correctiva para los parches deteriorados es la sustitución completa del mismo.

UM 23 – Tramo 02 (Tipo de falla – Parche)

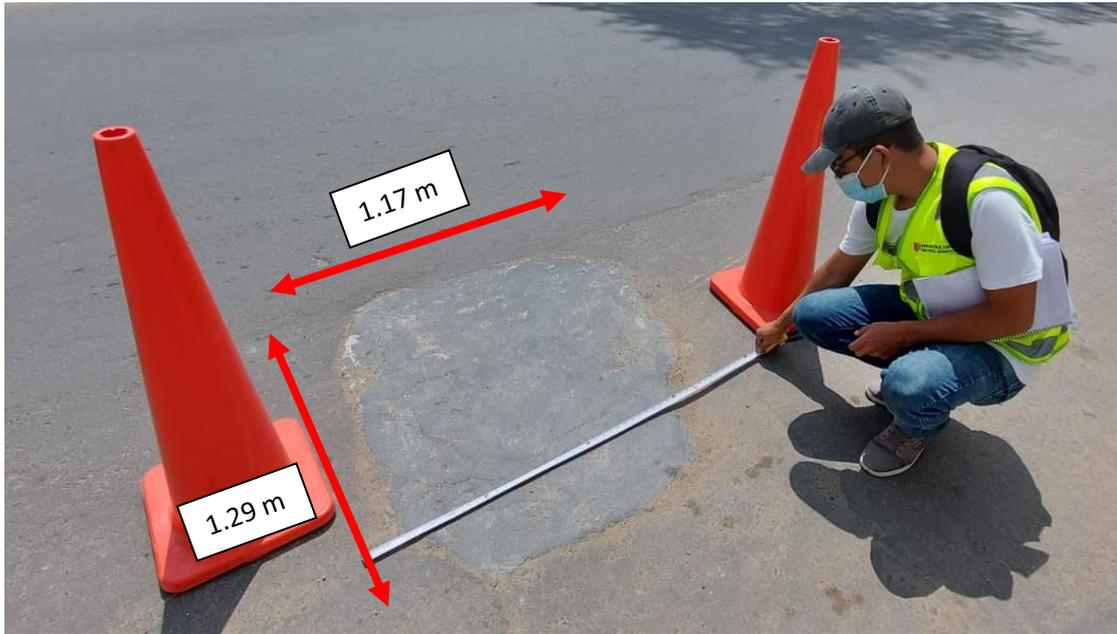


Figura 28. Parche de severidad alta

Fuente: Propia

En la figura 28 se puede observar un parche con largo igual a 1.17 m y un ancho de 1.10 m, lo que hace un área total de 1.29 m². La severidad es catalogada como alta debido a que es un parche de concreto sobre un pavimento asfáltico y en los bordes ha empezado a deteriorarse. La acción correctiva para los parches deteriorados es la sustitución completa del mismo.

UM 23 – Tramo 02 (Tipo de falla – abultamiento)



Figura 29. Abultamiento de severidad baja

Fuente: Propia

En la figura 29 se puede observar un abultamiento cerca al buzón con una longitud de 2.64 m . La severidad es catalogada como baja, debido a que el impacto sobre la calidad de viaje es leve. Al tratarse de un abultamiento leve no es necesaria una acción correctiva.

UM 23 – Tramo 02 (Tipo de falla – fisura)



Figura 30. Grieta de severidad baja

Fuente: Propia

En la figura 30 se puede observar una fisura con una longitud de 1.20 m . La severidad es catalogada como baja, debido a que ancho de la fisura no es mayor a 10 mm. En estos casos se recomienda como medida correctiva un sello de fisuras.

UM 23 – Tramo 02 (Tipo de falla – fisura)



Figura 31. Grieta de severidad baja

Fuente: Propia

En la figura 31 se puede observar una fisura con una longitud de 1.20 m . La severidad es catalogada como baja, debido a que ancho de la fisura no es mayor a 10 mm. En estos casos se recomienda como medida correctiva un sello de fisuras.

UM 23 – Tramo 02 (Tipo de falla – grieta)



Figura 32. Grieta de severidad baja

Fuente: Propia

En la figura 32 se puede observar una grieta con una longitud de 0.90 m . La severidad es catalogada como baja, debido a que ancho de la grieta no es mayor a 10 mm. En estos casos se recomienda como medida correctiva un sello de fisuras.

UM 23 – Tramo 02 (Tipo de falla – piel de cocodrilo)

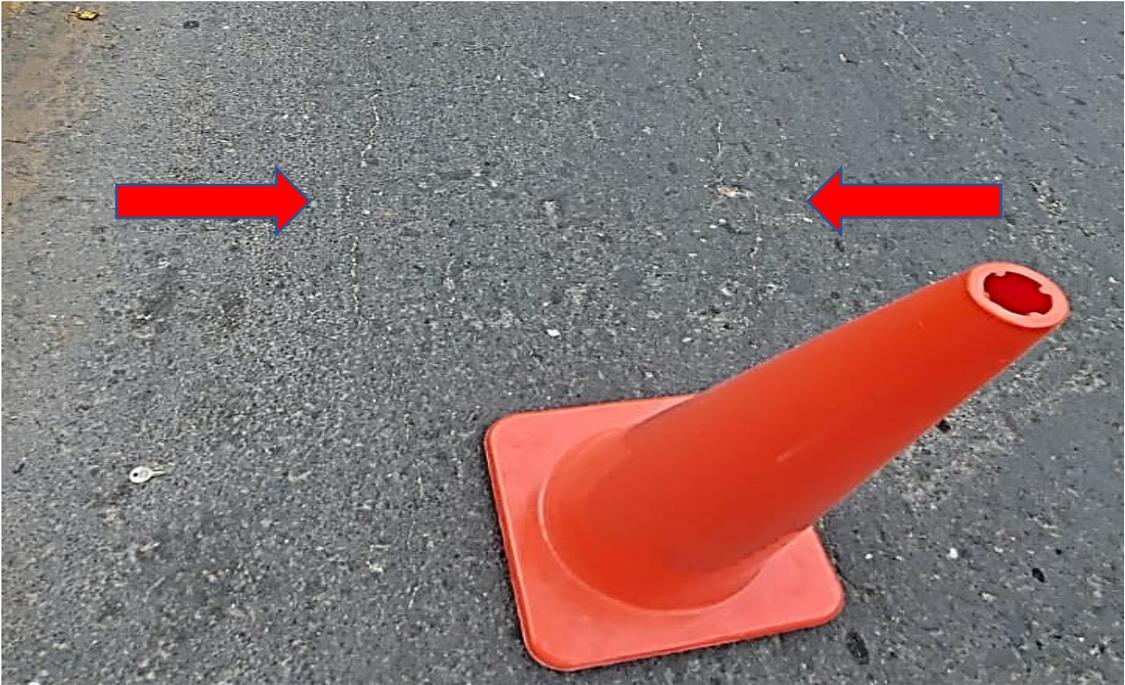


Figura 33. Piel de cocodrilo de severidad baja

Fuente: Propia

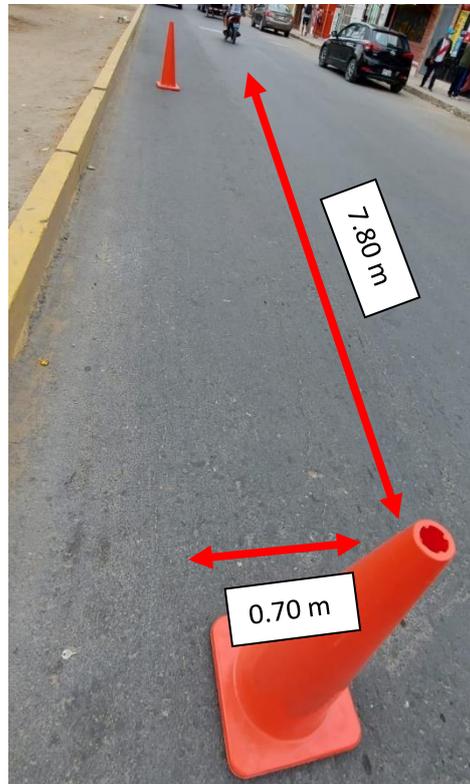


Figura 34. Extensión de la piel de cocodrilo

Fuente: Propia

En la figura 33 y 34 se puede observar la falla conocida como piel de cocodrilo, con un largo de 7.80 m y un ancho de 0.70 m. La severidad es catalogada como baja, debido está compuesta por gritas finas con poca interconexión entre ellas. Como medida correctiva se recomienda un sellado superficial para evitar que las gritas se ensanchen y se empiecen a descascarar.

4.3.2 Valores deducidos.

Para el cálculo de los valores deducidos se suma cada tipo y nivel de daño para registrarse como un valor total. Luego se divide cada total de daño entre el área de la unidad en estudio y finalmente el resultado debe ser expresado en porcentaje, este porcentaje es conocido como la densidad del daño. Con esta información y con la ayuda de las curvas llamadas “Valor Deducible de Daño” procederemos a calcular los valores deducibles de cada falla (ASTM D6433, 2018).

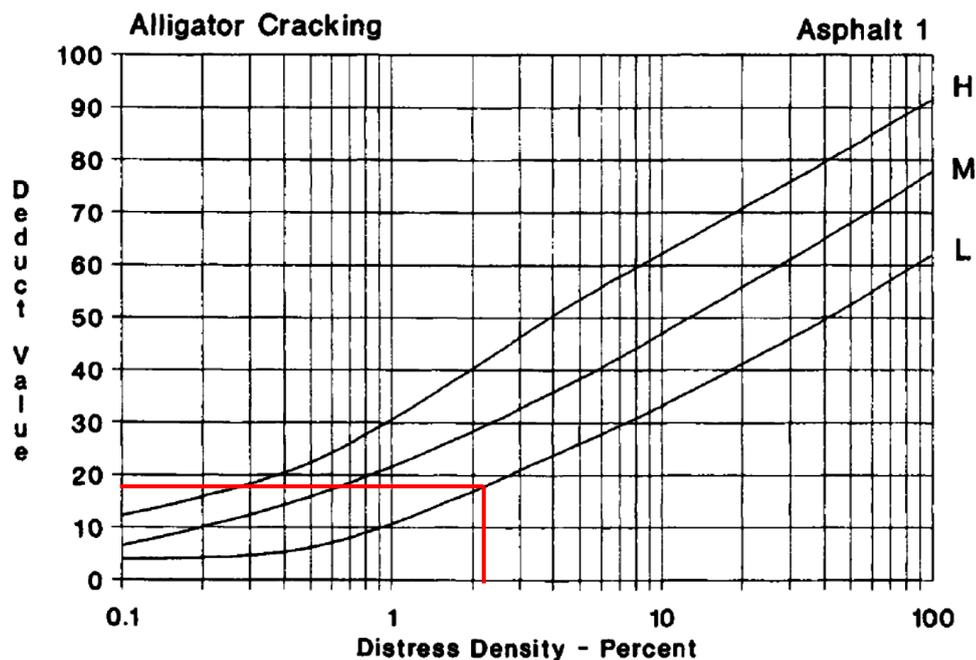


Figura 35. Curva de valores deducibles - Piel de cocodrilo

Fuente: Shahin, 2005

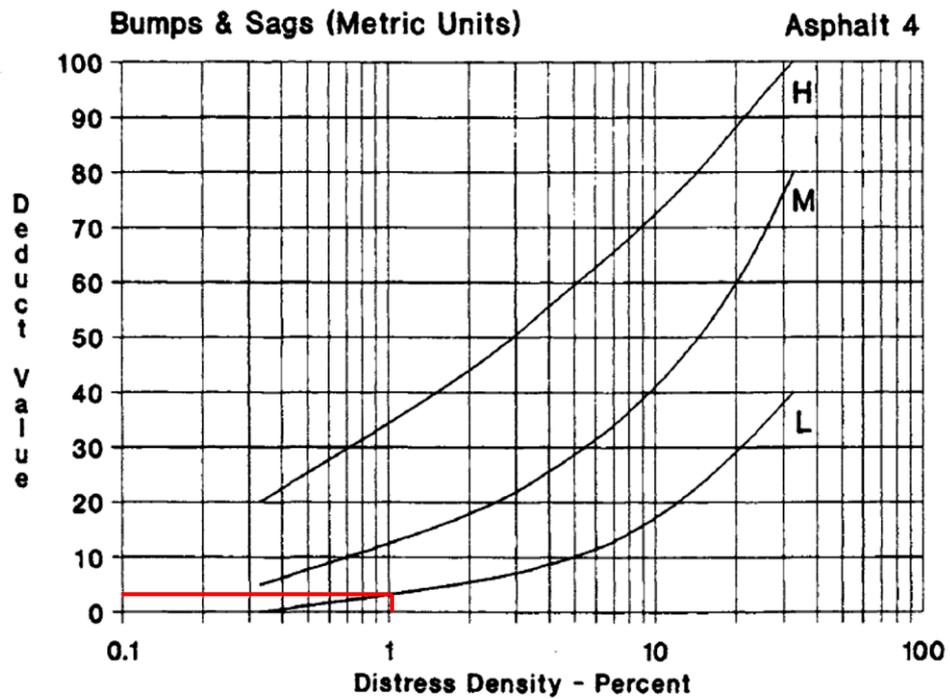


Figura 36. Curva de valores deducibles – Abultamientos y Hundimientos

Fuente: Shahin, 2005

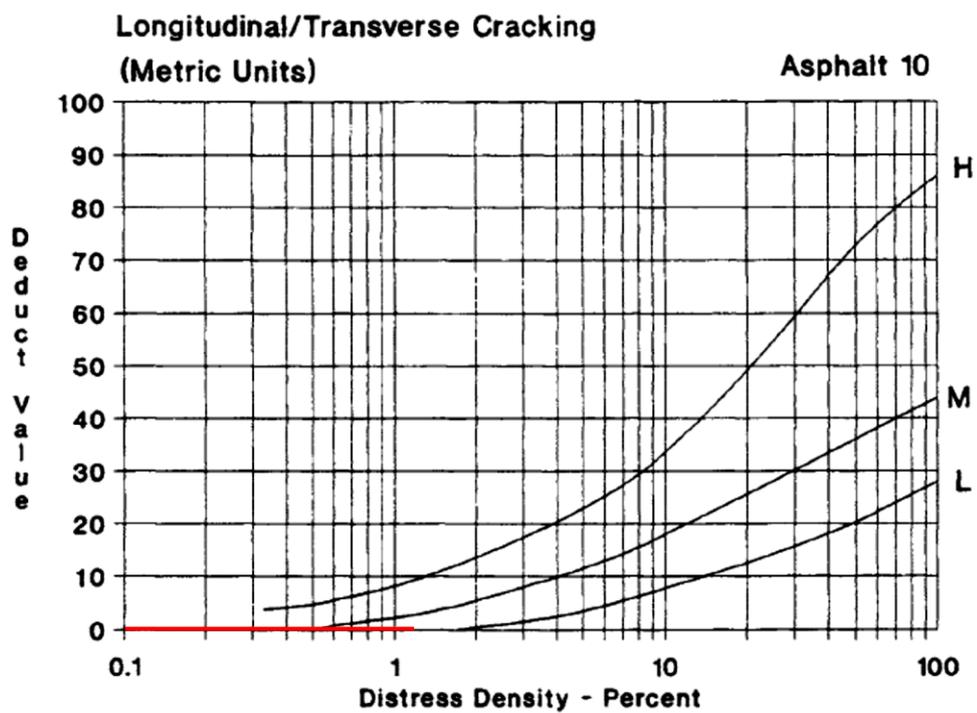


Figura 37. Curva de valores deducibles – Fisuras longitudinales y transversales

Fuente: Shahin, 2005

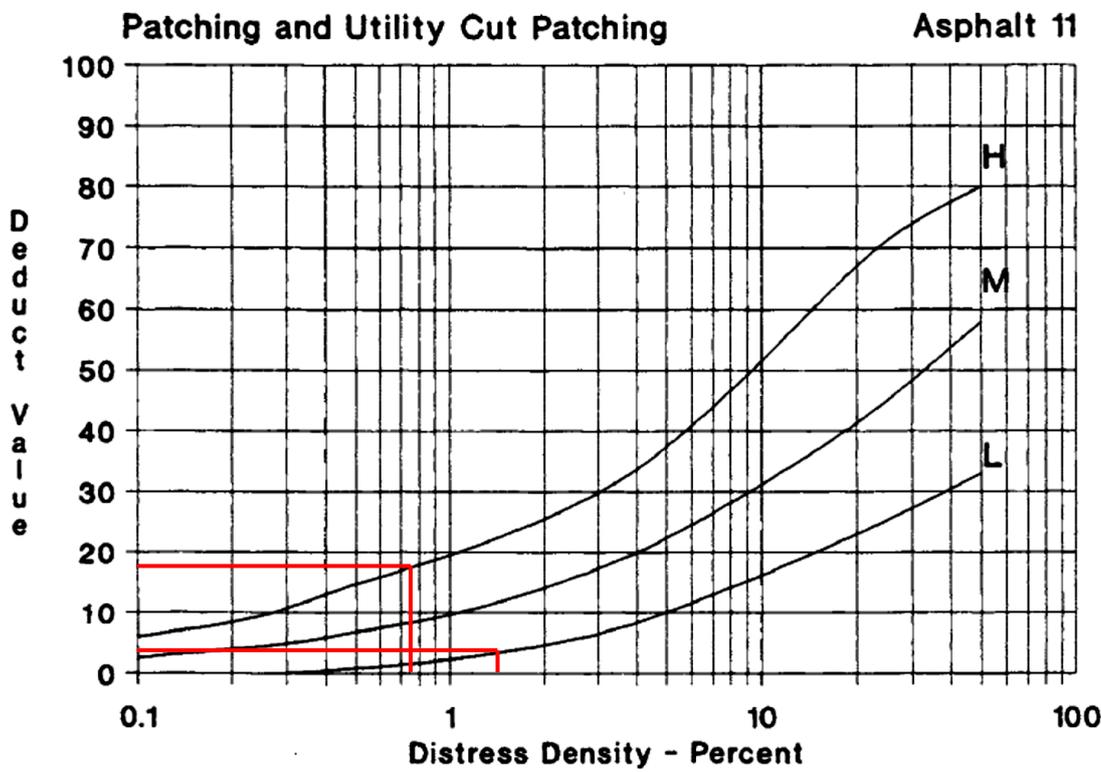


Figura 38. Curva de valores deducibles - Parches
 Fuente: Shahin, 2005

Tabla 5. Cuadro resumen de las densidades y valores deducidos de cada falla de la UM23

MÉTODO PCI								Esquema de vía:		
Hoja de registro de inspección										
Nombre de la vía: AV. GRAU				Tramo:02				Unidad de muestra: 23		
Ejecutor: Ángel Sánchez Huamán				Fecha: 21.08.21				Área: 259.35 m2		
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Desplazamiento							
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Fisura por deslizamiento							
3. Agrietamiento en bloque	8. Fisura de reflexión de juntas	13. Baches	18. Hinchamiento							
4. Abultamiento y hundiientos	9. Desnivel carril - berma	14. Cruce de vía férrea	19. Desprendimiento de agregado							
5. Corrugación	10. Fisuras	15. Ahuellamiento	20. Desgaste por intemperismo							
Falla	Cantidad							Total	Densidad	Valor deducido
1 L	5.46 m2							5.46	2.11	18.00
4 L	2.64 m							2.64	1.02	4.00
10 L	0.90 m	1.20 m	1.20 m					3.30	1.27	0.00
11 L	3.73 m2							3.73	1.44	5.00
11 H	0.67 m2	1.29 m2						1.96	0.75	18.00

Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Cálculo de número máximo admisible de valores deducibles.

Siguiendo el procedimiento descrito en el apartado 2.2.3.3 del presente estudio, los valores deducibles de la UM23 son ordenados de mayor a menor y seguidamente se utiliza la ecuación Ec.03.

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - HDV) \leq 10 \dots \text{Ec. 3}$$

Donde:

m : número de valores deducidos admisibles (menor o igual a 10)

HDV : mayor valor deducible individual

Al ordenar los valores deducibles, encontramos que el mayor es 18 y reemplazando en la ecuación anterior obtenemos los siguiente:

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - 18)$$

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times 82$$

$$m = 8.53$$

Debido a que la cantidad de valores deducibles de la UM23 es menor que el número máximo de valores admisibles ($m = 8.53$) se emplearán todos los valores deducibles de la unidad de inspección.

4.3.4 Cálculo del valor deducible corregido máximo (CDV).

Para el cálculo del CDV, primero es necesario sumar los valores deducibles para obtener un valor deducible total y en segundo lugar encontrar “ q ” que representa los valores deducibles mayores que 2. Con los datos anteriores y la curva de corrección para pavimentos asfálticos en vías (ver figura 39) podemos encontrar el CDV.

Después de encontrar el primer CDV, se reduce el menor valor mayor que 2 a 2 y se repite el procedimiento antes descrito. Esto se debe realizar hasta que el “q” se iguala a la unidad.

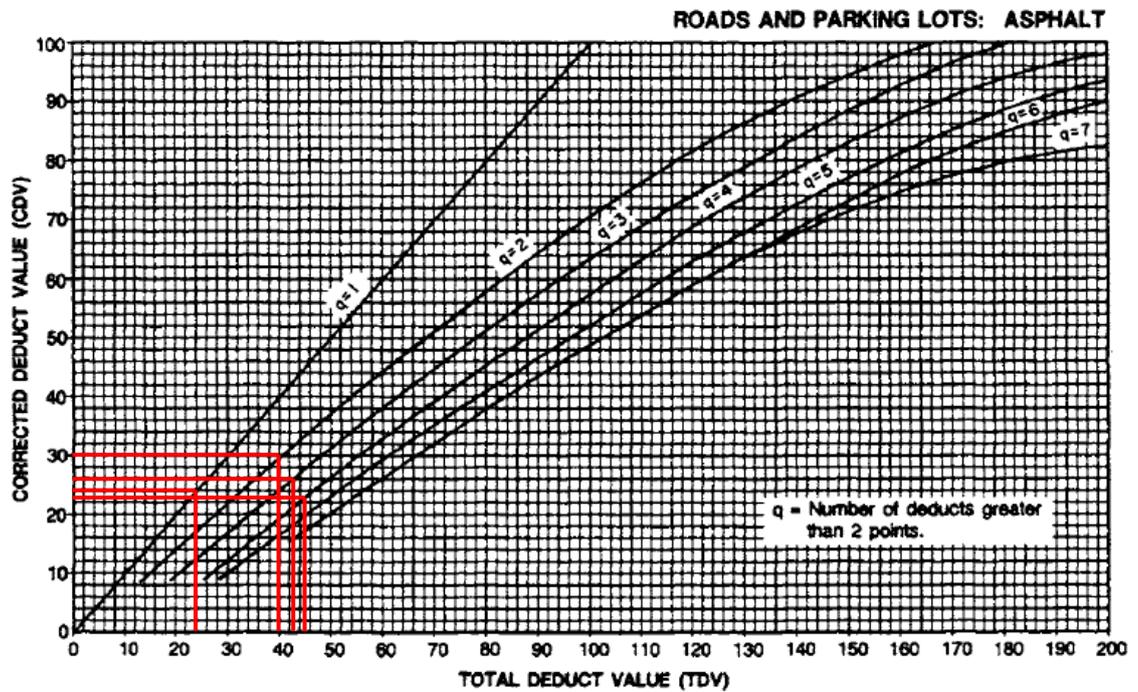


Figura 39. Curva de corrección del valor deducible total para pavimentos asfálticos en vías y estacionamientos.

Fuente: Shahin, 2005

Tabla 6. Cuadro resumen de los CDV de la UM23

#	Valores deducidos					Total	q	CDV
1	18.00	18.00	5.00	4.00	0.00	45.00	4	23.00
2	18.00	18.00	5.00	2.00	0.00	43.00	3	26.00
3	18.00	18.00	2.00	2.00	0.00	40.00	2	30.00
4	18.00	2.00	2.00	2.00	0.00	24.00	1	24.00

Fuente: Elaboración propia

4.3.4 Cálculo del PCI de la UM23.

Se identificará el mayor CDV obtenido y se restará de 100 para obtener el PCI de la muestra analizada. En la figura 40 podemos encontrar la escala de clasificación y colores sugeridos para el Índice de Condición del Pavimento.

	Escala de calificación del estándar PCI [®]
100	Bueno
85	Satisfactorio
70	Regular
55	Malo
40	Muy malo
25	Grave
10 0	Fallido

Figura 40. Escala de calificación y colores sugeridos para el PCI

Fuente: Vásquez, 2018

$$\text{MAX. CDV} = 30$$

$$\text{PCI} = 100 - 30 = 70$$

CLASIFICACIÓN = Regular

Todo el procedimiento explicado anteriormente con la UM23 se realizará para calcular cada uno de los PCI de las unidades de muestra escogidas aleatoriamente. Finalmente, usando la Ec.5, se obtendrá un Índice de Condición del Pavimento ponderado para cada tramo.

4.3.4 Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Ponderado (PCIs).

Si las unidades de análisis (n) se tomaron de forma aleatoria, el índice ponderado (PCIs) en función del índice de las unidades de inspección de la sección (PCI_r) se obtendrá de la forma que sigue (ASTM D6433, 2018):

$$PCI_S = \frac{\sum_{i=1}^n PCI_{ri} \times A_{ri}}{\sum_{i=1}^n A_{ri}} \dots \text{Ec.5}$$

Donde:

PCIs = PCI ponderado de la sección

PCI_{ri} = PCI de la unidad de análisis i.

A_{ri} = Área de la unidad de análisis i.

4.4 Análisis e interpretación de resultados

Terminado el análisis de cada una de las unidades de muestra, a continuación, se presente la tabla 06 que contiene un resumen de las dimensiones, área, PCI y clasificación de cada unidad, así como el PCI ponderado de cada tramo calculado con la Ec.5.

Tabla 7. Resumen de resultados de las unidades de muestra

Resumen de resultados PCI							
	Unidad de muestra	Largo	Ancho	Área	PCI	Clasificación	PCI Ponderado
TRAMO 01	UM01	39.00	6.80	265.20	87	Bueno	82
	UM03	39.00	6.80	265.20	86	Bueno	
	UM05	39.00	6.80	265.20	87	Bueno	
	UM07	39.00	6.80	265.20	74	Satisfactorio	
	UM09	39.00	6.83	266.37	61	Regular	
	UM11	39.00	6.88	268.32	92	Bueno	
	UM13	39.00	6.85	267.15	76	Satisfactorio	
	UM15	39.00	6.85	267.15	84	Satisfactorio	
UM17	30.00	6.82	204.60	98	Satisfactorio		
TRAMO 02	UM19	39.00	6.68	260.52	50	Malo	72
	UM21	39.00	6.70	261.30	70	Regular	
	UM23	39.00	6.65	259.35	70	Regular	
	UM25	39.00	6.67	260.13	68	Regular	
	UM27	39.00	6.65	259.35	47	Malo	
	UM29	39.00	6.70	261.30	82	Satisfactorio	
	UM31	39.00	6.72	262.08	90	Bueno	
	UM33	39.00	6.73	262.47	87	Bueno	
UM35	30.00	6.70	201.00	82	Satisfactorio		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 06 se observa que en el tramo 01 el menor PCI le corresponde a la UM 09 con un valor de 61 y el mayor PCI es el de la UM17 con un valor de 98. También se muestra que el PCI ponderado para el primer tramo es 82 lo que indica que se encuentra en una condición satisfactoria.

En el tramo 02 vemos que el menor PCI lo posee la UM 19 con un valor de 50 y el mayor PCI obtenido fue el de la unidad UM 31 con un valor de 90. El PCI ponderado para el tramo 02 es de 72 lo que es indicativo de que se encuentra en una condición satisfactoria.



Figura 41. Clasificación de las unidades de muestra estudiadas

Fuente: Propia

En la figura 41 se representa gráficamente cómo están distribuidas las unidades de muestras en función a su clasificación. La mayoría de las unidades (34%) se encuentra en un buen estado, seguidas de las que se encuentran en un estado satisfactorio (33%) y las que se encuentran en mala condición son el menor porcentaje (11%).

Tabla 8. Densidad y valores deducidos de las fallas en el tramo 01

Densidad y Valores deducidos por daño				
Unidad de Muestra	Fallas	Densidad	Valor deducido	
TRAMO 01	UM01	Abultamiento y Hundimientos (M)	0.38	7.00
		Fisura de borde (M)	1.12	5.00
		Fisuras Longitudinales y Transversales (L)	3.36	2.00
		Parqueo (L)	2.10	5.00
	UM03	Piel de Cocodrilo (L)	0.90	10.00
		Exudacion (L)	28.27	8.00
		Corrugacion (L)	0.90	2.00
		Fisuras Longitudinales y Transversales (L)	0.94	0.00
	UM05	Piel de Cocodrilo (L)	0.98	10.00
		Corrugacion (L)	0.75	1.00
		Fisuras Longitudinales y Transversales (L)	1.62	0.00
		Parqueo (L)	1.81	5.00
	UM07	Abultamiento y Hundimientos (L)	0.90	3.00
		Fisura de borde (L)	1.62	2.00
		Ahuellamiento (L)	6.41	22.00
		Desgaste por intemperismo (L)	5.65	0.50
	UM09	Piel de Cocodrilo (L)	1.31	11.00
		Baches (H)	0.38	34.00
		Desgaste por intemperismo (M)	6.31	2.00
	UM11	Abultamiento y Hundimientos (L)	1.02	4.00
Fisuras Longitudinales y Transversales (M)		1.79	5.00	
Desgaste por intemperismo (L)		7.67	1.00	
UM13	Corrugacion (M)	2.55	23.00	
	Desprendimiento de agregado (L)	0.33	1.00	
	Desgaste por intemperismo (L)	2.96	0.00	
UM15	Exudacion (L)	3.01	1.00	
	Fisura de borde (L)	1.42	1.00	
	Parqueo (M)	1.82	14.00	
	Desgaste por intemperismo (L)	3.88	0.00	
UM17	Desprendimiento de agregado (L)	2.79	2.00	
	Desgaste por intemperismo (M)	0.38	0.00	

Fuente: Elaboración propia

Como ya se ha señalado en este trabajo, la densidad representa la parte afectada por la falla con respecto al área de la unidad mientras que el valor deducido representa cuantitativamente el daño generado en el pavimento.

Por ello se ha elaborado el cuadro resumen de los valores deducido con el fin determinar qué fallas son las que causan el mayor daño.



Figura 42. Fallas con los mayores valores deducidos del tramo 01

Fuente: Propia

En la figura 42 tenemos las cinco fallas que tienen el más alto valor deducido. Con un valor deducido igual a 34, la falla de Baches o Huecos es la que más daño causa sobre el pavimento, seguido de la corrugación con 23, el ahuellamiento con 22, el parcheo con 14 y finalmente la piel de cocodrilo con un valor deducido de 11.

Tabla 9. Resumen de los daños con y acciones correctivas en el tramo 01

Resumen de daños y acciones correctivas			
Unidad de Muestra	Fallas	Acciones Correctivas	
TRAMO 01	UM01	Abultamiento y Hundimientos (M)	Parqueo parcial
		Fisura de borde (M)	Sello de grietas
		Fisuras Longitudinales y Transversales (L)	Sello de grietas
		Parqueo (L)	No se necesita
	UM03	Piel de Cocodrilo (L)	Sello superficial
		Exudacion (L)	No se necesita
		Corrugacion (L)	No se necesita
		Fisuras Longitudinales y Transversales (L)	Sello de grietas
	UM05	Piel de Cocodrilo (L)	Sello superficial
		Corrugacion (L)	No se necesita
		Fisuras Longitudinales y Transversales (L)	Sello de grietas
		Parqueo (L)	No se necesita
	UM07	Abultamiento y Hundimientos (L)	No se necesita
		Fisura de borde (L)	No se necesita
		Ahuellamiento (L)	No se necesita
		Desgaste por intemperismo (L)	Sello superficial
	UM09	Piel de Cocodrilo (L)	Sello superficial
		Baches (H)	Parqueo profundo
		Desgaste por intemperismo (M)	Sobrecarpeta
	UM11	Abultamiento y Hundimientos (L)	No se necesita
Fisuras Longitudinales y Transversales (M)		Sello de grietas	
Desgaste por intemperismo (L)		Sello superficial	
UM13	Corrugacion (M)	Reconstrucción	
	Desprendimiento de agregado (L)	Sello superficial	
	Desgaste por intemperismo (L)	Sello superficial	
UM15	Exudacion (L)	No se necesita	
	Fisura de borde (L)	No se necesita	
	Parqueo (M)	Sustitución del parche	
	Desgaste por intemperismo (L)	Sello superficial	
UM17	Desprendimiento de agregado (L)	Sello superficial	
	Desgaste por intemperismo (M)	Sobrecarpeta	

Fuente: Elaboración propia

La tabla 08 muestra detalladamente los daños con su nivel de severidad encontrados en las unidades de muestra del primer tramo. Las acciones correctivas que se proponen son en base al manual del Ing. Luis Ricardo Vásquez Varela en su versión 2018.



Figura 43. Distribución porcentual de las acciones correctivas para el tramo 1

Fuente: Propia

En la figura 43 se muestra la distribución porcentual de las acciones correctivas que necesitan las unidades de muestra en el tramo 01. En total se contabilizaron 31 fallas con su respectivo nivel de severidad y se determinó que la acción correctiva que aparece con mayor frecuencia es el sellado superficial (29%), mientras que las aparecen con menor frecuencia son el parqueo parcial (3%), sustitución parcial (3%) y la reconstrucción (3%).

Tabla 10. Densidad y valores deducidos de las fallas en el tramo 02

Densidad y Valores deducidos por daño				
Unidad de Muestra	Fallas	Densidad	Valor deducido	
TRAMO 02	UM19	Abultamiento y Hundimientos (L)	0.58	2.00
		Parqueo (M)	12.52	48.00
	UM21	Piel de Cocodrilo (L)	3.28	23.00
		Abultamiento y Hundimientos (M)	1.45	15.00
		Parqueo (L)	9.64	16.00
	UM23	Piel de Cocodrilo (L)	2.11	18.00
		Abultamiento y Hundimientos (L)	1.02	4.00
		Fisuras Longitudinales y Transversales (L)	1.27	0.00
		Parqueo (L)	1.44	5.00
		Parqueo (H)	0.75	18.00
	UM25	Fisuras Longitudinales y Transversales (L)	1.84	0.00
		Parqueo (L)	10.97	23.00
		Parqueo (H)	0.66	17.00
		Desgaste por intemperismo (L)	12.06	4.00
		Desgaste por intemperismo (H)	0.21	3.00
	UM27	Fisuras Longitudinales y Transversales (L)	0.88	0.00
		Parqueo (L)	9.33	16.00
		Parqueo (M)	4.76	22.00
		Parqueo (H)	1.22	21.00
		Desprendimiento de Agregado Grueso (M)	10.18	34.00
	UM29	Fisuras Longitudinales y Transversales (L)	1.22	4.00
		Parqueo (L)	10.08	16.00
		Desgaste por intemperismo (L)	4.19	0.00
	UM31	Fisuras Longitudinales y Transversales (L)	0.50	1.00
		Fisuras Longitudinales y Transversales (L)	3.05	1.00
		Fisuras Longitudinales y Transversales (M)	1.32	3.00
		Parqueo (M)	0.46	7.00
	UM33	Abultamiento y Hundimientos (L)	0.61	2.00
		Fisuras Longitudinales y Transversales (L)	0.64	0.00
		Fisuras Longitudinales y Transversales (M)	3.98	10.00
Desgaste por intemperismo (M)		1.09	1.00	
UM35	Fisuras Longitudinales y Transversales (L)	0.93	0.00	
	Fisuras Longitudinales y Transversales (M)	1.64	5.00	
	Parqueo (L)	7.51	14.00	
	Desgaste por intemperismo (L)	5.28	1.00	

Fuente: Elaboración propia

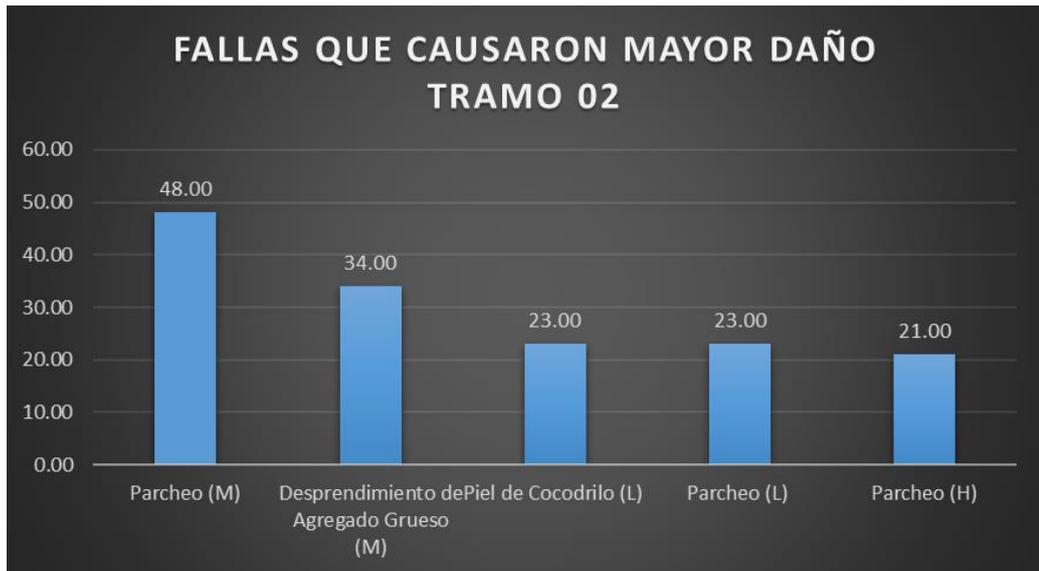


Figura 44. Fallas con los mayores valores deducidos del tramo 02

Fuente: Propia

En la figura 44 tenemos las cinco fallas que tienen el más alto valor deducido en el tramo 02. Con un valor deducido igual a 48, la falla parcheo (M) es la que más daño causa sobre el pavimento, seguido del desprendimiento de agregado grueso (M) con 34, la piel de cocodrilo (L) con 23, el parcheo (L) con 14 y finalmente la piel del parcheo (H) con un valor deducido de 21.

Tabla 11. Resumen de los daños con y acciones correctivas en el tramo 01

	Unidad de Muestra	Fallas	Acciones Correctivas
TRAMO 02	UM19	Abultamiento y Hundimientos (L)	No se necesita
		Parqueo (M)	Sustitución del parche
	UM21	Piel de Cocodrilo (L)	Sello superficial
		Abultamiento y Hundimientos (M)	Parqueo parcial
		Parqueo (L)	No se necesita
	UM23	Piel de Cocodrilo (L)	Sello superficial
		Abultamiento y Hundimientos (L)	No se necesita
		Fisuras Longitudinales y Transversales (L)	Sello de grietas
		Parqueo (L)	No se necesita
		Parqueo (H)	Sustitución del parche
	UM25	Fisuras Longitudinales y Transversales (L)	Sello de grietas
		Parqueo (L)	No se necesita
		Parqueo (H)	Sustitución del parche
		Desgaste por intemperismo (L)	Sello superficial
		Desgaste por intemperismo (H)	Sobrecarpeta
	UM27	Fisuras Longitudinales y Transversales (L)	Sello de grietas
		Parqueo (L)	No se necesita
		Parqueo (M)	Sustitución del parche
		Parqueo (H)	Sustitución del parche
		Desprendimiento de Agregado Grueso (M)	Sobrecarpeta
	UM29	Fisuras Longitudinales y Transversales (L)	Sello de grietas
		Parqueo (L)	No se necesita
		Desgaste por intemperismo (L)	Sello superficial
	UM31	Fisuras Longitudinales y Transversales (L)	Sello de grietas
		Fisuras Longitudinales y Transversales (L)	Sello de grietas
		Fisuras Longitudinales y Transversales (M)	Sello de grietas
		Parqueo (M)	Sustitución del parche
	UM33	Abultamiento y Hundimientos (L)	No se necesita
		Fisuras Longitudinales y Transversales (L)	Sello de grietas
		Fisuras Longitudinales y Transversales (M)	Sello de grietas
		Desgaste por intemperismo (M)	Sobrecarpeta
	UM35	Fisuras Longitudinales y Transversales (L)	Sello de grietas
Fisuras Longitudinales y Transversales (M)		Sello de grietas	
Parqueo (L)		No se necesita	
Desgaste por intemperismo (L)		Sello superficial	

Fuente: Elaboración propia



Figura 45. Distribución porcentual de las acciones correctivas para el tramo 1

Fuente: Propia

En la figura 44 se señala la distribución porcentual de las acciones correctivas que necesitan las unidades de muestra en el tramo 02. En este tramo contabilizaron 35 fallas con su respectivo nivel de severidad y se determinó que la acción correctiva que aparece con mayor frecuencia es el sello de grietas (31%), seguido de la sustitución de parche (17%), sello superficial (14%) y los que aparecen con menor frecuencia son la sobrecarpeta y el parcheo parcial con 9% y 3% respectivamente.

4.5 Docimasia de hipótesis

La hipótesis planteada al empezar el presente estudio fue que el estado de conservación del pavimento en la Av. Grau de Piura entre la Av. Chulucanas y la Av. Bellavista según la metodología PCI era **REGULAR**, sin embargo, efectuado el análisis de los datos se determinó que el PCI para el tramo 01 es de 82 y para el tramo 02 es de 72. Al promediar estos valores obtenemos que el valor PCI para esta sección de la AV. Grau de Piura es de 77, lo que es indicativo de un estado de conservación **SATISFACTORIO**.

V Discusión de resultados

Al evaluar el tramo de la Av. Grau, comprendido entre la Av. Chulucanas y la Av. Bellavista, obtuvimos un valor PCI de 77 con lo cual la hipótesis del estudio no fue confirmada ya que para que se encuentre en una condición regular, como se había previsto, el valor PCI debe encontrarse en el rango de 56 a 70. La metodología PCI también señala que el estado de conservación del pavimento será satisfactorio si se encuentra en el rango de 71 a 85, esto significa que, aunque el estado de conservación en ambos tramos analizados califique como satisfactorio, el pavimento del tramo 02 solo se encuentra a dos puntos de calificar regular.

Como se ha señalado en el capítulo IV, en el tramo 01 los deterioros que más daño causaron fueron los baches con un nivel de severidad alto y la corrugación con un nivel de severidad medio, sin embargo, las fallas que afectaron más área en su respectiva unidad fueron la exudación y el desgaste por intemperismo con porcentajes iguales a 28.27% y 7.67% respectivamente. En el caso del tramo 02 el deterioro que más daño causó sobre su unidad fue el parcheo de nivel severidad media y a su vez esta falla es la que más área afectó con respecto a su unidad, con un porcentaje equivalente al 12.52%, seguido del desgaste por intemperismo de severidad baja con 12.06% y el desprendimiento de agregado grueso de severidad media con 10.18%.

Se han propuesto diversas acciones correctivas, pero en algunos casos no resulta económicamente viable que se apliquen varias intervenciones en una unidad cuando una sola acción correctiva puede solucionar varias fallas. Por ejemplo, en ambos tramos existen unidades que requieren de un sellado de grietas y un sellado superficial, en este caso un sellado superficial corrige también una falla por fisuras.

CONCLUSIONES

- La metodología PCI es de fácil aplicación y una forma económica de evaluar el estado de conservación de un pavimento, identificando tipos de fallas y niveles de severidad mediante inspecciones visuales. Dicha metodología nos permite extender el periodo de vida de un pavimento ya que al conocer la situación en la que se encuentra el pavimento se puede realizar un mantenimiento preventivo.
- La condición actual del pavimento en la Av. Grau entre la Av. Chulucanas y Av. Bellavista de la ciudad de Piura, bajo la metodología PCI, es satisfactoria con un índice equivalente a 77. Además del total de unidades analizadas el 34% se encuentra en un buen estado, el 33% en estado satisfactorio, el 22% en una condición regular y el 11% en mal estado.
- Se concluye también que el Tramo 02 con un índice igual a 72 se encuentra en peores condiciones que el tramo 01 que posee un índice de 82. Asimismo, en el tramo 01 la falla que causó mayor daño sobre su unidad de inspección fueron los baches de severidad alta con un valor deducido de 34 y en el tramo 02 el deterioro que causó más daño fueron los parches de severidad media con un valor deducido de 48.
- En el Tramo 01 las fallas que causaron menor daño sobre el pavimento fueron el desgaste por intemperismo y el desprendimiento de agregado, llegando a tener como máximo un valor deducido igual a 2 en ambos casos. Para del Tramo 02, es el desgaste por intemperismo el que menor daño causó sobre el pavimento, llegando a tener como máximo un valor deducido equivalente a 4.
- El deterioro que afectó mayor área en el Tramo 01 fue la exudación de severidad baja ubicada en la UM03, con una presencia en el 28.27% de la unidad de inspección. Asimismo, fueron los parches de severidad media los que en el Tramo 02 afectaron más área sobre su unidad, ocupando en la UM19 el 12.52%.

- Las acciones correctivas que más predominan sobre el Tramo 01 son el sellado superficial (29%) y el sellado de grietas con (16%), mientras que la sustitución del parche y reconstrucción solo se necesita en el 3% de las fallas. En el caso del Tramo 02 las acciones correctivas que más se necesitan son el sellado de grietas (31%) con la sustitución de los parches (17%), y las que tienen menor porcentaje de incidencia son la sobrecarpeta (9%) y el parcheo parcial (3%).

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que las inspecciones visuales, a las unidades escogidas, sea realizado por un personal calificado y que cuente con los materiales adecuados para el levantamiento de la información. Asimismo, se debe contar con los implementos que aseguren la integridad física durante el desarrollo las labores y más aún si esta se lleva a cabo en avenidas principales como fue el caso de este estudio.
- Para lograr una buena condición del pavimento en el Tramo 01 se recomienda realizar el parcheo necesario en la UM01 y UM09, sustituir los parches de la UM15 y reconstruir la zona afectada por la corrugación en la UM13. Además, como desde la UM01 hasta la UM18 todas las unidades escogidas aleatoriamente necesitan algún tipo de sellado superficial, se puede aplicar el mortero asfáltico Slurry Seal en todo el tramo, como opción de reparación única y así tener, además, una homogeneidad en el pavimento del primer tramo.
- Se recomienda realizar una inmediata intervención sobre el Tramo 02 debido a que se encuentra a dos puntos de bajar su calificación a regular. Para lograr una buena condición se debe realizar el parcheo necesario en la UM21 y cambiar los parches de la UM19, UM23 y UM31. Finalmente, considerando que, en las UM25, UM27 y UM33 se requiere una sobrecarpeta y desde la UM21 hasta la UM35 todas las unidades analizadas requieren algún tipo de sellado superficial, aplicar el mortero asfáltico Slurry Seal en todo el tramo repararía los deterioros y lograría la homogeneidad del pavimento en el segundo tramo.
- Finalmente se recomienda hacer un monitoreo continuo de la condición del pavimento para poder detectar los deterioros a tiempo y efectuar las medidas correspondientes. Se puede mantener la misma metodología usada en este estudio u optar por alguna otra que se encuentre correctamente estandarizada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Society for Testing and Materials (2018). *Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos*. EE. UU.
- ComexPeru. (28 de febrero del 2020). Infraestructura vial: gobiernos subnacionales estancados. Recuperado de <https://www.comexperu.org.pe/articulo/infraestructura-vial-gobiernos-subnacionales-estancados>
- Correa, M. & Del Carpio, L. (2019). *Evaluación PCI y propuesta de intervención para el pavimento flexible del jirón Los Incas de Piura* (tesis de pregrado). Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Cruz, J. & Restrepo, G. (2017). *Evaluación del estado de pavimentos flexibles en la zona de la Calera* (tesis de grado). Universidad distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.
- Cubas, R. (2019). *Análisis del estado de conservación, aplicando el método del índice de condición del pavimento flexible en la carretera Kuntur Wasi – Jancos, San Pablo, región de Cajamarca* (tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- Garcés, D. (2017). *Evaluación vial y plan de rehabilitación y mantenimiento de la vía Azogues – Cojitambo – Deleg – La raya* (tesis de maestría). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Guevara, C. & Urcia, E. (2019). *Análisis de la conservación del pavimento flexible de la Av. César Vallejo – Trujillo, entre las cuadras 04 al 15, mediante el método del Índice de Condición del Pavimento* (tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.

- INDECI. (2017). *Compendio estadístico del INDECI 2017 – gestión reactiva*. Recuperado de <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/201802271714541.pdf>
- MTC. (31 de diciembre del 2018). MTC pavimento 1,058 kilómetro de vías en el 2018 para optimizar la transitabilidad de los peruanos. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/mtc/noticias/24214-mtc-pavimento-1-058-kilometros-de-vias-en-el-2018-para-optimizar-la-transitabilidad-de-los-peruanos>
- Puga, C. (2018). *Evaluación funcional del pavimento rígido tramo avenida Loja (Cuenca)* (tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Real Academia Española. *Diccionario de la lengua española*, 23.^a ed., [versión 23.3 en línea]. <<https://dle.rae.es>> [13/11/2020].
- Rondón, H. & Reyes, F. A. (2015). Pavimentos: materiales, construcción y diseño. Caldas, Colombia: ECOE ediciones.
- Sánchez, J. (2017). *Evaluación del estado del pavimento de la Av. Ramón Castilla, Chulucanas, mediante el método PCI* (tesis de pregrado). Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Suárez, C. (2019). *Determinación del estado de deterioro del tramo de la Av. Vice en Piura, aplicando el método PCI* (tesis de pregrado). Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Tacza, E. & Rodríguez, B. (2018). *Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado* (tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.

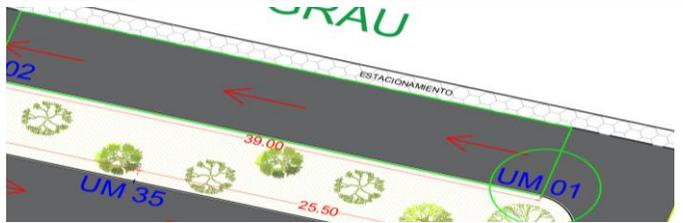
Vázquez, L. (2018). *Procedimiento de inspección y calificación de un pavimento*.
Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia.

Ministerio de Transportes y comunicaciones (2013). *Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos – sección suelos y pavimentos*. Lima, Perú.

ANEXOS

Anexo A. Fichas de recolección de datos y tabla de valores deducidos

Tabla A1. Hoja de registro de la unidad de muestra U 01, tramo 01, de la Av. Grau

MÉTODO PCI						Esquema de vía:					
Hoja de registro de inspección											
Nombre de la vía: AV. GRAU			Tramo: 01			Unidad de muestra: 1					
Ejecutor: Paola Pardo Pardo			Fecha: 15.08.21			Área: 265.20 m ²					
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Desplazamiento								
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Fisura por deslizamiento								
3. Agrietamiento en bloque	8. Fisura de reflexión de juntas	13. Baches	18. Hinchamiento								
4. Abultamiento y hundiientos	9. Desnivel carril - berma	14. Cruce de vía férrea	19. Desprendimiento de agregado								
5. Corrugación	10. Fisuras	15. Ahuellamiento	20. Desgaste por intemperismo								
Falla	Cantidad							Total	Densidad	Valor deducido	
4 M	1.00 m							1.00	0.38	7.00	
7 M	2.98 m							2.98	1.12	5.00	
10 L	6.80 m	2.10 m						8.90	3.36	2.00	
11 L	5.58 m ²							5.58	2.10	5.00	

Fuente: Elaboración propia

Tabla A2. Cálculo de valores deducidos de la Unidad de muestra U01

#	Valores deducidos					Total	q	CDV
1	7.00	5.00	5.00	2.00	0.00	19.00	3	9.00
2	7.00	5.00	2.00	2.00	0.00	16.00	2	10.50
3	7.00	2.00	2.00	2.00	0.00	13.00	1	13.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla A3. Hoja de registro de la unidad de muestra U 03, tramo 01, de la Av. Grau

MÉTODO PCI					Esquema de vía:						
Hoja de registro de inspección											
Nombre de la vía:		AV. GRAU		Tramo: 01			Unidad de muestra: 3				
Ejecutor: Paola Pardo Pardo				Fecha: 15.08.21			Área: 265.20 m2				
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Desplazamiento								
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Fisura por deslizamiento								
3. Agrietamiento en bloque	8. Fisura de reflexión de juntas	13. Baches	18. Hinchamiento								
4. Abultamiento y hundientos	9. Desnivel carril - berma	14. Cruce de vía férrea	19. Desprendimiento de agregado								
5. Corrugación	10. Fisuras	15. Ahuellamiento	20. Desgaste por intemperismo								
Falla	Cantidad							Total	Densidad	Valor deducido	
1 L	2.40 m2							2.40	0.90	10.00	
2 L	74.97 m2							74.97	28.27	8.00	
5 L	2.40 m2							2.40	0.90	2.00	
10 L	2.50 m							2.50	0.94	0.00	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A4. Cálculo de PCI de la Unidad de muestra U03

#	Valores deducidos					Total	q	CDV
1	10.00	8.00	2.00	0.00	0.00	20.00	2	14.00
2	10.00	2.00	2.00	0.00	0.00	14.00	1	14.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A5. Hoja de registro de la unidad de muestra U 05, tramo 01, de la Av. Grau

MÉTODO PCI				Esquema de vía:					
Hoja de registro de inspección									
Nombre de la vía: AV. GRAU		Tramo: 01		Unidad de muestra: 5					
Ejecutor: Paola Pardo Pardo		Fecha: 15.08.21		Área: 265.20 m ²					
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Desplazamiento						
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Fisura por deslizamiento						
3. Agrietamiento en bloque	8. Fisura de reflexión de juntas	13. Baches	18. Hinchamiento						
4. Abultamiento y hundientos	9. Desnivel carril - berma	14. Cruce de vía férrea	19. Desprendimiento de agregado						
5. Corrugación	10. Fisuras	15. Ahuellamiento	20. Desgaste por intemperismo						
Falla	Cantidad						Total	Densidad	Valor deducido
1 L	2.59 m ²						2.59	0.98	10.00
5 L	1.98 m ²						1.98	0.75	1.00
10 L	4.30 m						4.30	1.62	0.00
11 L	4.80 m ²						4.80	1.81	5.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A6. Cálculo de PCI de la Unidad de muestra U05

#	Valores deducidos					Total	q	CDV
1	10.00	5.00	1.00	0.00	0.00	16.00	2	11.00
2	10.00	2.00	1.00	0.00	0.00	13.00	1	13.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A6. Hoja de registro de la unidad de muestra U 07, tramo 01, de la Av. Grau

MÉTODO PCI				Esquema de vía:															
Hoja de registro de inspección																			
Nombre de la vía:		AV. GRAU		Tramo: 01			Unidad de muestra: 7												
Ejecutor: Paola Pardo Pardo				Fecha: 15.08.21			Área: 265.20 m2												
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Desplazamiento	2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Fisura por deslizamiento	3. Agrietamiento en bloque	8. Fisura de reflexión de juntas	13. Baches	18. Hinchamiento	4. Abultamiento y hundiientos	9. Desnivel carril - berma	14. Cruze de vía férrea	19. Desprendimiento de agregado	5. Corrugación	10. Fisuras	15. Ahuellamiento	20. Desgaste por intemperismo
Falla	Cantidad							Total	Densidad	Valor deducido									
4 L	2.40 m							2.40	0.90	3.00									
7 L	4.30 m							4.30	1.62	2.00									
15 L	17.00 m2							17.00	6.41	22.00									
20 L	4.48 m2	10.50 m2						14.98	5.65	0.50									

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A7. Cálculo de PCI de la Unidad de muestra U07

#	Valores deducidos					Total	q	CDV
1	22.00	3.00	2.00	0.50	0.00	27.50	2	20.00
2	22.00	2.00	2.00	0.50	0.00	26.50	1	26.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A8. Hoja de registro de la unidad de muestra U 09, tramo 01, de la Av. Grau

MÉTODO PCI				Esquema de vía:					
Hoja de registro de inspección									
Nombre de la vía: AV. GRAU		Tramo: 01		Unidad de muestra: 9					
Ejecutor: Paola Pardo Pardo		Fecha: 15.08.21		Área: 266.37 m2					
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Desplazamiento						
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Fisura por deslizamiento						
3. Agrietamiento en bloque	8. Fisura de reflexión de juntas	13. Baches	18. Hinchamiento						
4. Abultamiento y hundimientos	9. Desnivel carril - berma	14. Cruce de vía férrea	19. Desprendimiento de agregado						
5. Corrugación	10. Fisuras	15. Ahuellamiento	20. Desgaste por intemperismo						
Falla	Cantidad						Total	Densidad	Valor deducido
1 L	3.50 m2						3.50	1.31	11.00
13 H	1.00						1.00	0.38	34.00
20 M	16.80 m2						16.80	6.31	2.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A9. Cálculo de PCI de la Unidad de muestra U09

#	Valores deducidos					Total	q	CDV
1	34.00	11.00	2.00	0.00	0.00	47.00	2	35.00
2	35.00	2.00	2.00	0.00	0.00	39.00	1	39.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A10. Hoja de registro de la unidad de muestra U 11, tramo 01, de la Av. Grau

MÉTODO PCI					Esquema de vía:				
Hoja de registro de inspección									
Nombre de la vía: AV. GRAU			Tramo: 01		Unidad de muestra: 11				
Ejecutor: Paola Pardo Pardo			Fecha: 15.08.21		Área: 268.32 m2				
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Desplazamiento						
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Fisura por deslizamiento						
3. Agrietamiento en bloque	8. Fisura de reflexión de juntas	13. Baches	18. Hinchamiento						
4. Abultamiento y hundiientos	9. Desnivel carril - berma	14. Cruze de vía férrea	19. Desprendimiento de agregado						
5. Corrugación	10. Fisuras	15. Ahuellamiento	20. Desgaste por intemperismo						
Falla	Cantidad						Total	Densidad	Valor deducido
4 L	2.75 m						2.75	1.02	4.00
10 M	3.00 m	1.80 m					4.80	1.79	5.00
20 L	20.58 m2						20.58	7.67	1.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A11. Cálculo de PCI de la Unidad de muestra U11

#	Valores deducidos					Total	q	CDV
1	5.00	4.00	1.00	0.00	0.00	10.00	2	0.00
2	5.00	2.00	1.00	0.00	0.00	8.00	1	8.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A13. Hoja de registro de la unidad de muestra U 13, tramo 01, de la Av. Grau

MÉTODO PCI					Esquema de vía:				
Hoja de registro de inspección									
Nombre de la vía: AV. GRAU			Tramo: 01		Unidad de muestra: 13				
Ejecutor: Paola Pardo Pardo			Fecha: 15.08.21		Área: 267.15 m2				
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Desplazamiento						
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Fisura por deslizamiento						
3. Agrietamiento en bloque	8. Fisura de reflexión de juntas	13. Baches	18. Hinchamiento						
4. Abultamiento y hundimientos	9. Desnivel carril - berma	14. Cruce de vía férrea	19. Desprendimiento de agregado						
5. Corrugación	10. Fisuras	15. Ahuellamiento	20. Desgaste por intemperismo						
Falla	Cantidad						Total	Densidad	Valor deducido
5 M	6.80 m2						6.80	2.55	23.00
19 L	0.88 m2						0.88	0.33	1.00
20 L	7.91 m2						7.91	2.96	0.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A14. Cálculo de PCI de la Unidad de muestra U13

#	Valores deducidos					Total	q	CDV
1	23	1	0	0	0	24.00	1	24

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A15. Hoja de registro de la unidad de muestra U 15, tramo 01, de la Av. Grau

MÉTODO PCI				Esquema de vía:					
Hoja de registro de inspección									
Nombre de la vía: AV. GRAU		Tramo: 01		Unidad de muestra: 15					
Ejecutor: Paola Pardo Pardo		Fecha: 15.08.21		Área: 267.15 m ²					
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Desplazamiento						
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Fisura por deslizamiento						
3. Agrietamiento en bloque	8. Fisura de reflexión de juntas	13. Baches	18. Hinchamiento						
4. Abultamiento y hundiientos	9. Desnivel carril - berma	14. Cruce de vía férrea	19. Desprendimiento de agregado						
5. Corrugación	10. Fisuras	15. Ahuellamiento	20. Desgaste por intemperismo						
Falla	Cantidad						Total	Densidad	Valor deducido
2 L	8.05 m						8.05	3.01	1.00
7 L	3.80 m						3.80	1.42	1.00
11 M	4.87 m ²						4.87	1.82	14.00
20 L	10.36 m ²						10.36	3.88	0.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A16. Cálculo de PCI de la Unidad de muestra U13

#	Valores deducidos					Total	q	CDV
1	14.00	1.00	1.00	0.00	0.00	16.00	1	16.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A17. Hoja de registro de la unidad de muestra U 17, tramo 01, de la Av. Grau

MÉTODO PCI				Esquema de vía:					
Hoja de registro de inspección									
Nombre de la vía: AV. GRAU		Tramo: 01		Unidad de muestra: 17					
Ejecutor: Paola Pardo Pardo		Fecha: 15.08.21		Área: 204.60 m2					
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Desplazamiento						
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Fisura por deslizamiento						
3. Agrietamiento en bloque	8. Fisura de reflexión de juntas	13. Baches	18. Hinchamiento						
4. Abultamiento y hundiientos	9. Desnivel carril - berma	14. Cruce de vía férrea	19. Desprendimiento de agregado						
5. Corrugación	10. Fisuras	15. Ahuellamiento	20. Desgaste por intemperismo						
Falla	Cantidad						Total	Densidad	Valor deducido
19 L	5.70 m2						5.70	2.79	2.00
20 M	0.77 m2						0.77	0.38	0.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A18. Cálculo de PCI de la Unidad de muestra U17

#	Valores deducidos					Total	q	CDV
1	2	0	0	0	0	2.00	1	2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A19. Hoja de registro de la unidad de muestra U 19, tramo 02, de la Av. Grau

MÉTODO PCI					Esquema de vía:				
Hoja de registro de inspección									
Nombre de la vía: AV. GRAU			Tramo:02		Unidad de muestra: 19				
Ejecutor: Ángel Sánchez Huamán			Fecha: 21.08.21		Área: 260.52 m2				
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Desplazamiento						
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Fisura por deslizamiento						
3. Agrietamiento en bloque	8. Fisura de reflexión de juntas	13. Baches	18. Hinchamiento						
4. Abultamiento y hundimientos	9. Desnivel carril - berma	14. Cruce de vía férrea	19. Desprendimiento de agregado						
5. Corrugación	10. Fisuras	15. Ahuellamiento	20. Desgaste por intemperismo						
Falla	Cantidad						Total	Densidad	Valor deducido
4 L	1.50 m						1.50	0.58	2.00
11 M	2.44 m2	8.97 m2	10.59 m2	5.70 m2	4.93 m2		32.63	12.52	48.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A20. Cálculo de PCI de la Unidad de muestra U19

#	Valores deducidos				Total	q	CDV
1	48.00	2.00			50.00	1	50.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A21. Hoja de registro de la unidad de muestra U 21, tramo 02, de la Av. Grau

MÉTODO PCI				Esquema de vía:						
Hoja de registro de inspección										
Nombre de la vía: AV. GRAU		Tramo:02			Unidad de muestra: 21					
Ejecutor: Ángel Sánchez Huamán				Fecha: 21.08.21			Área: 261.30 m2			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Desplazamiento							
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Fisura por deslizamiento							
3. Agrietamiento en bloque	8. Fisura de reflexión de juntas	13. Baches	18. Hinchamiento							
4. Abultamiento y hundientos	9. Desnivel carril - berma	14. Cruze de vía férrea	19. Desprendimiento de agregado							
5. Corrugación	10. Fisuras	15. Ahuellamiento	20. Desgaste por intemperismo							
Falla	Cantidad							Total	Densidad	Valor deducido
1 L	8.58 m2							8.58	3.28	23.00
4 M	3.78 m							3.78	1.45	15.00
11 L	2.05 m2	10.35 m2	12.80 m2					25.20	9.64	16.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A22. Cálculo de PCI de la Unidad de muestra U21

#	Valores deducidos				Total	q	CDV
1	23.00	16.00	15.00		54.00	3	29.00
2	23.00	16.00	2.00		41.00	2	30.00
3	23.00	2.00	2.00		27.00	1	27.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A23. Hoja de registro de la unidad de muestra U 23, tramo 02, de la Av. Grau

MÉTODO PCI				Esquema de vía:					
Hoja de registro de inspección									
Nombre de la vía: AV. GRAU		Tramo:02		Unidad de muestra: 23					
Ejecutor: Ángel Sánchez Huamán			Fecha: 21.08.21			Área: 259.35 m2			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Desplazamiento						
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Fisura por deslizamiento						
3. Agrietamiento en bloque	8. Fisura de reflexión de juntas	13. Baches	18. Hinchamiento						
4. Abultamiento y hundientos	9. Desnivel carril - berma	14. Cruce de vía férrea	19. Desprendimiento de agregado						
5. Corrugación	10. Fisuras	15. Ahuellamiento	20. Desgaste por intemperismo						
Falla	Cantidad						Total	Densidad	Valor deducido
1 L	5.46 m2						5.46	2.11	18.00
4 L	2.64 m						2.64	1.02	4.00
10 L	0.90 m	1.20 m	1.20 m				3.30	1.27	0.00
11 L	3.73 m2						3.73	1.44	5.00
11 H	0.67 m2	1.29 m2					1.96	0.75	18.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A24. Cálculo de PCI de la Unidad de muestra U23

#	Valores deducidos					Total	q	CDV
1	18.00	18.00	5.00	4.00	0.00	45.00	4	23.00
2	18.00	18.00	5.00	2.00	0.00	43.00	3	26.00
3	18.00	18.00	2.00	2.00	0.00	40.00	2	30.00
4	18.00	2.00	2.00	2.00	0.00	24.00	1	24.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A25. Hoja de registro de la unidad de muestra U 25, tramo 02, de la Av. Grau

MÉTODO PCI				Esquema de vía:						
Hoja de registro de inspección										
Nombre de la vía: AV. GRAU		Tramo:02			Unidad de muestra: 25					
Ejecutor: Ángel Sánchez Huamán				Fecha: 21.08.21			Área: 260.13 m2			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Desplazamiento							
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Fisura por deslizamiento							
3. Agrietamiento en bloque	8. Fisura de reflexión de juntas	13. Baches	18. Hinchamiento							
4. Abultamiento y hundimientos	9. Desnivel carril - berma	14. Cruce de vía férrea	19. Desprendimiento de agregado							
5. Corrugación	10. Fisuras	15. Ahuellamiento	20. Desgaste por intemperismo							
Falla	Cantidad						Total	Densidad	Valor deducido	
10 L	1.33 m	2.36 m	1.10 m				4.79	1.84	0.00	
11 L	26.82 m2	1.73 m2					28.55	10.97	23.00	
11 H	1.71 m2						1.71	0.66	17.00	
20 L	31.36 m2						31.36	12.06	4.00	
20 H	0.54 m2						0.54	0.21	3.00	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A26. Cálculo de PCI de la Unidad de muestra U25

#	Valores deducidos					Total	q	CDV
1	23.00	17.00	4.00	3.00	0.00	47.00	4	24.00
2	23.00	17.00	4.00	2.00	0.00	46.00	3	28.00
3	23.00	17.00	2.00	2.00	0.00	44.00	2	32.00
4	23.00	2.00	2.00	2.00	0.00	29.00	1	28.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A27. Hoja de registro de la unidad de muestra U 27, tramo 02, de la Av. Grau.

MÉTODO PCI				Esquema de vía:						
Hoja de registro de inspección										
Nombre de la vía: AV. GRAU				Tramo:02			Unidad de muestra: 27			
Ejecutor: Ángel Sánchez Huamán				Fecha: 21.08.21			Área: 259.35 m2			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Desplazamiento							
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Fisura por deslizamiento							
3. Agrietamiento en bloque	8. Fisura de reflexión de juntas	13. Baches	18. Hinchamiento							
4. Abultamiento y hundimientos	9. Desnivel carril - berma	14. Cruce de vía férrea	19. Desprendimiento de agregado							
5. Corrugación	10. Fisuras	15. Ahuellamiento	20. Desgaste por intemperismo							
Falla	Cantidad						Total	Densidad	Valor deducido	
10 L	1.10 m	1.18 m					2.28	0.88	0.00	
11 L	24.20 m2						24.20	9.33	16.00	
11 M	9.96 m2	2.39 m2					12.35	4.76	22.00	
11 H	3.16 m2						3.16	1.22	21.00	
19 M	26.40 m2						26.40	10.18	34.00	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A28. Cálculo de PCI de la Unidad de muestra U27

#	Valores deducidos					Total	q	CDV
1	34.00	22.00	21.00	16.00	0.00	93.00	4	53.00
2	34.00	22.00	21.00	2.00	0.00	79.00	3	50.00
3	34.00	22.00	2.00	2.00	0.00	60.00	2	38.00
4	34.00	2.00	2.00	2.00	0.00	40.00	1	40.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A29. Hoja de registro de la unidad de muestra U 29, tramo 02, de la Av. Grau.

MÉTODO PCI				Esquema de vía:						
Hoja de registro de inspección										
Nombre de la vía:		AV. GRAU		Tramo:02			Unidad de muestra: 29			
Ejecutor: Ángel Sánchez Huamán				Fecha: 21.08.21			Área: 261.30 m2			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Desplazamiento							
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Fisura por deslizamiento							
3. Agrietamiento en bloque	8. Fisura de reflexión de juntas	13. Baches	18. Hinchamiento							
4. Abultamiento y hundimientos	9. Desnivel carril - berma	14. Cruce de vía férrea	19. Desprendimiento de agregado							
5. Corrugación	10. Fisuras	15. Ahuellamiento	20. Desgaste por intemperismo							
Falla	Cantidad							Total	Densidad	Valor deducido
4 L	3.20 m							3.20	1.22	4.00
11 L	11.25 m2	15.08 m2						26.33	10.08	16.00
20 L	10.94 m2							10.94	4.19	0.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A30. Cálculo de PCI de la Unidad de muestra U29

#	Valores deducidos					Total	q	CDV
1	16.00	4.00	0.00	0.00	0.00	20.00	2	14.00
2	16.00	2.00	0.00	0.00	0.00	18.00	1	18.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A31. Hoja de registro de la unidad de muestra U 31, tramo 02, de la Av. Grau.

MÉTODO PCI				Esquema de vía:						
Hoja de registro de inspección										
Nombre de la vía: AV. GRAU		Tramo:02			Unidad de muestra: 31					
Ejecutor: Ángel Sánchez Huamán				Fecha: 21.08.21			Área: 262.08 m2			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Desplazamiento							
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Fisura por deslizamiento							
3. Agrietamiento en bloque	8. Fisura de reflexión de juntas	13. Baches	18. Hinchamiento							
4. Abultamiento y hundientos	9. Desnivel carril - berma	14. Cruce de vía férrea	19. Desprendimiento de agregado							
5. Corrugación	10. Fisuras	15. Ahuellamiento	20. Desgaste por intemperismo							
Falla	Cantidad							Total	Densidad	Valor deducido
4 L	1.30 m							1.30	0.50	1.00
10 L	3.60 m	2.50 m	1.90 m					8.00	3.05	1.00
10 M	2.27 m	1.20 m						3.47	1.32	3.00
11 M	1.21 m2							1.21	0.46	7.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A32. Cálculo de PCI de la Unidad de muestra U31

#	Valores deducidos					Total	q	CDV
1	7.00	3.00	1.00	1.00	0.00	12.00	2	7.00
2	7.00	2.00	1.00	1.00	0.00	11.00	1	10.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A33. Hoja de registro de la unidad de muestra U 33, tramo 02, de la Av. Grau.

MÉTODO PCI					Esquema de vía:				
Hoja de registro de inspección									
Nombre de la vía: AV. GRAU		Tramo:02			Unidad de muestra: 33				
Ejecutor: Ángel Sánchez Huamán				Fecha: 21.08.21			Área: 262.47 m ²		
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Desplazamiento						
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Fisura por deslizamiento						
3. Agrietamiento en bloque	8. Fisura de reflexión de juntas	13. Baches	18. Hinchamiento						
4. Abultamiento y hundimientos	9. Desnivel carril - berma	14. Cruce de vía férrea	19. Desprendimiento de agregado						
5. Corrugación	10. Fisuras	15. Ahuellamiento	20. Desgaste por intemperismo						
Falla	Cantidad						Total	Densidad	Valor deducido
4 L	1.60 m						1.60	0.61	2.00
10 L	1.68 m						1.68	0.64	0.00
10 M	1.30 m	1.90 m	2.20 m	2.09 m	2.95 m		10.44	3.98	10.00
20 M	2.86 m ²						2.86	1.09	1.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A34. Cálculo de PCI de la Unidad de muestra U33

#	Valores deducidos					Total	q	CDV
1	10.00	2.00	1.00	0.00		13.00	1	13.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A35. Hoja de registro de la unidad de muestra U 35, tramo 02, de la Av. Grau.

MÉTODO PCI				Esquema de vía:					
Hoja de registro de inspección									
Nombre de la vía: AV. GRAU		Tramo:02		Unidad de muestra: 35					
Ejecutor: Ángel Sánchez Huamán		Fecha: 21.08.21		Área: 201.00 m2					
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Desplazamiento						
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Fisura por deslizamiento						
3. Agrietamiento en bloque	8. Fisura de reflexión de juntas	13. Baches	18. Hinchamiento						
4. Abultamiento y hundimientos	9. Desnivel carril - berma	14. Cruce de vía férrea	19. Desprendimiento de agregado						
5. Corrugación	10. Fisuras	15. Ahuellamiento	20. Desgaste por intemperismo						
Falla	Cantidad						Total	Densidad	Valor deducido
10 L	1.86 m						1.86	0.93	0.00
10 M	3.30 m						3.30	1.64	5.00
11 L	15.09 m2						15.09	7.51	14.00
20 L	10.62 m2						10.62	5.28	1.00

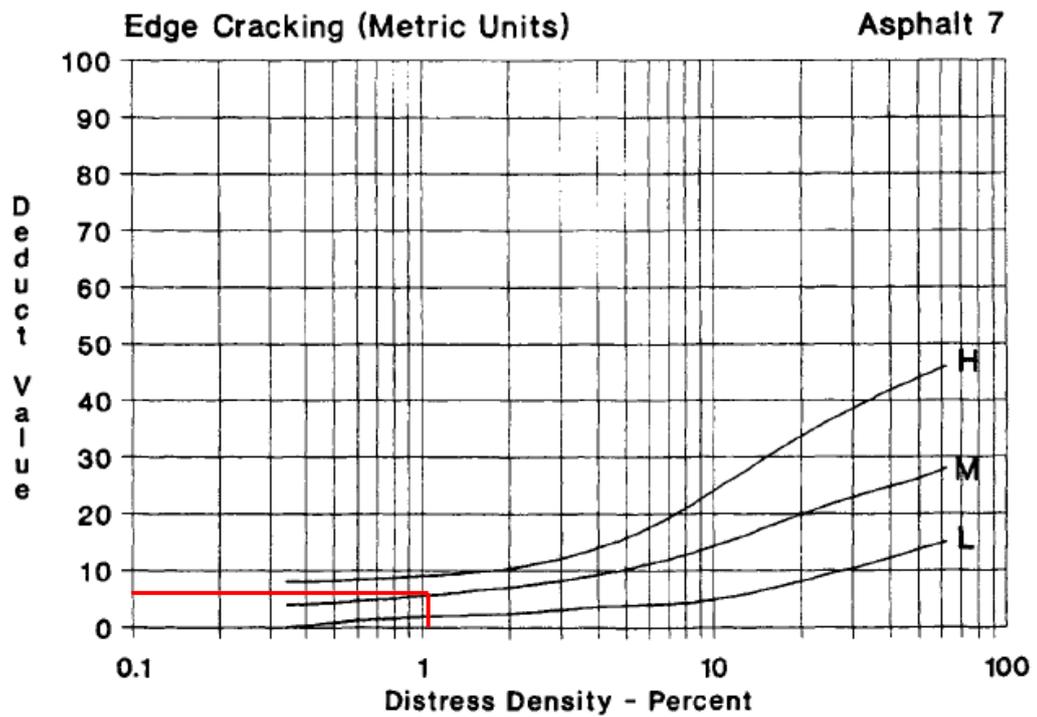
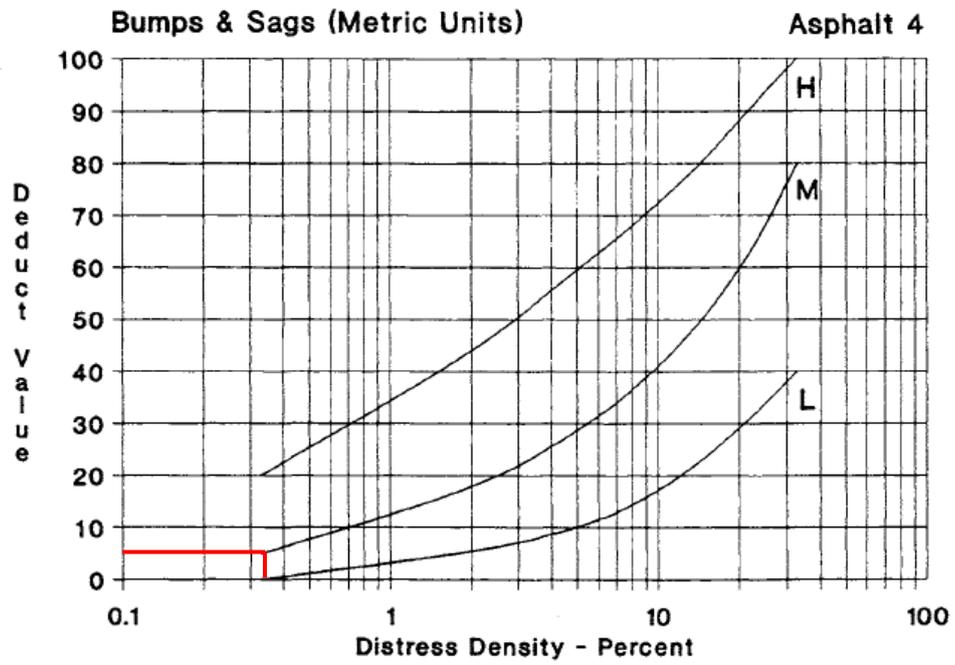
Fuente: Elaboración propia.

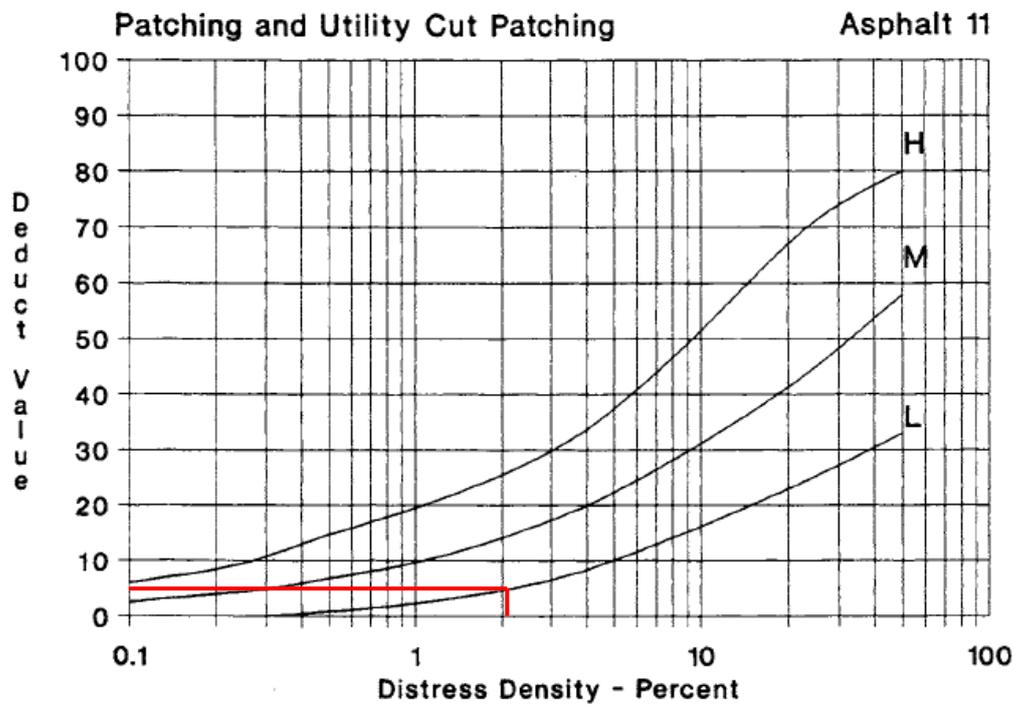
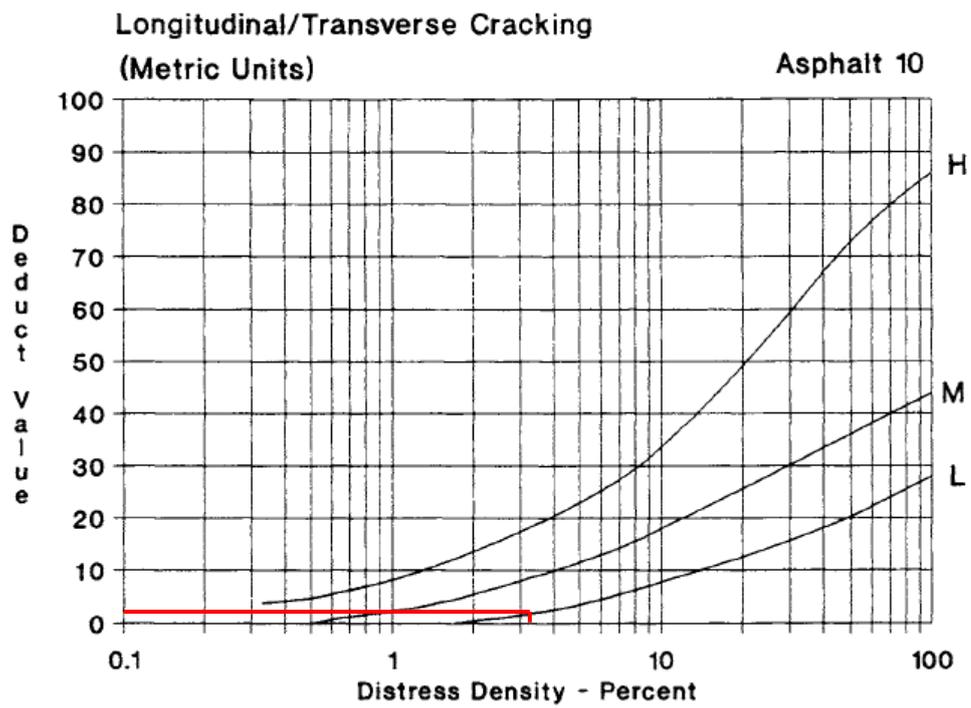
Tabla A36. Cálculo de PCI de la Unidad de muestra U35

#	Valores deducidos				Total	q	CDV
1	14.00	5.00	1.00	0.00	20.00	2	14.00
2	14.00	2.00	2.00	0.00	18.00	1	18.00

Anexo B. Gráficas de valores deducidos por unidad

Gráficas B1. Valores deducidos de la UM01





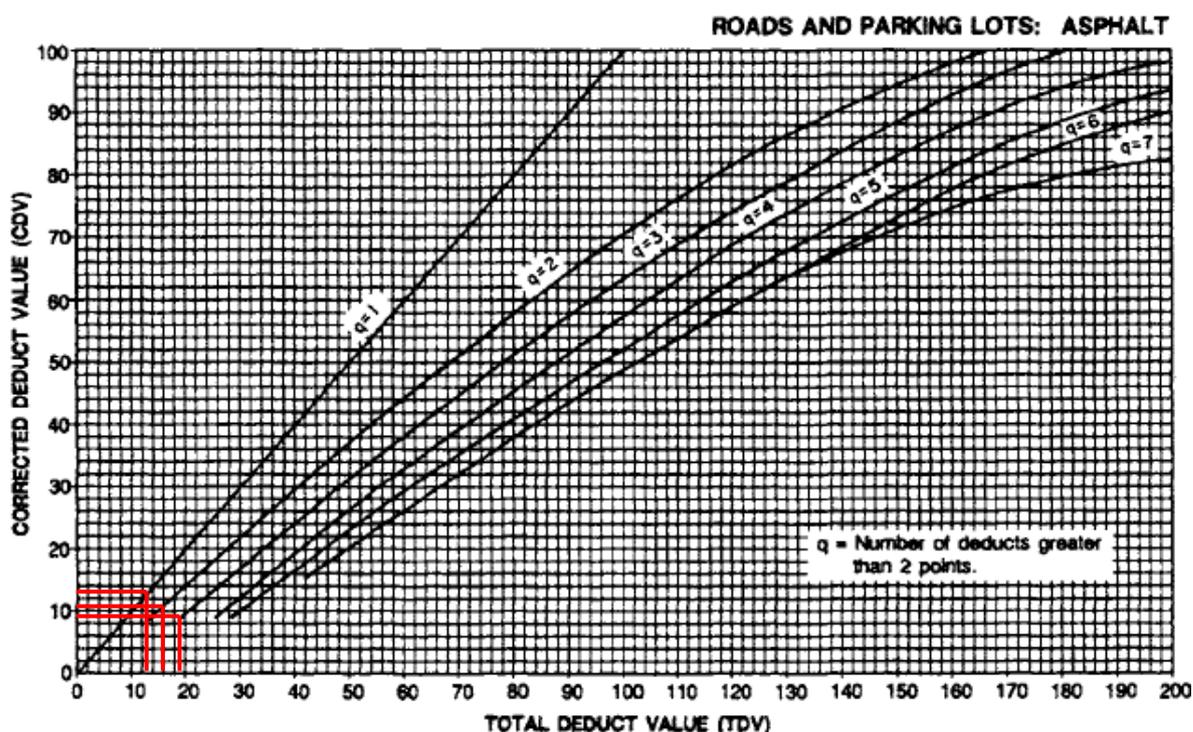
Máxima cantidad admisible de valores deducidos

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - 7)$$

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times 93$$

$$m = 9.54$$

Gráfica de valores deducibles corregidos

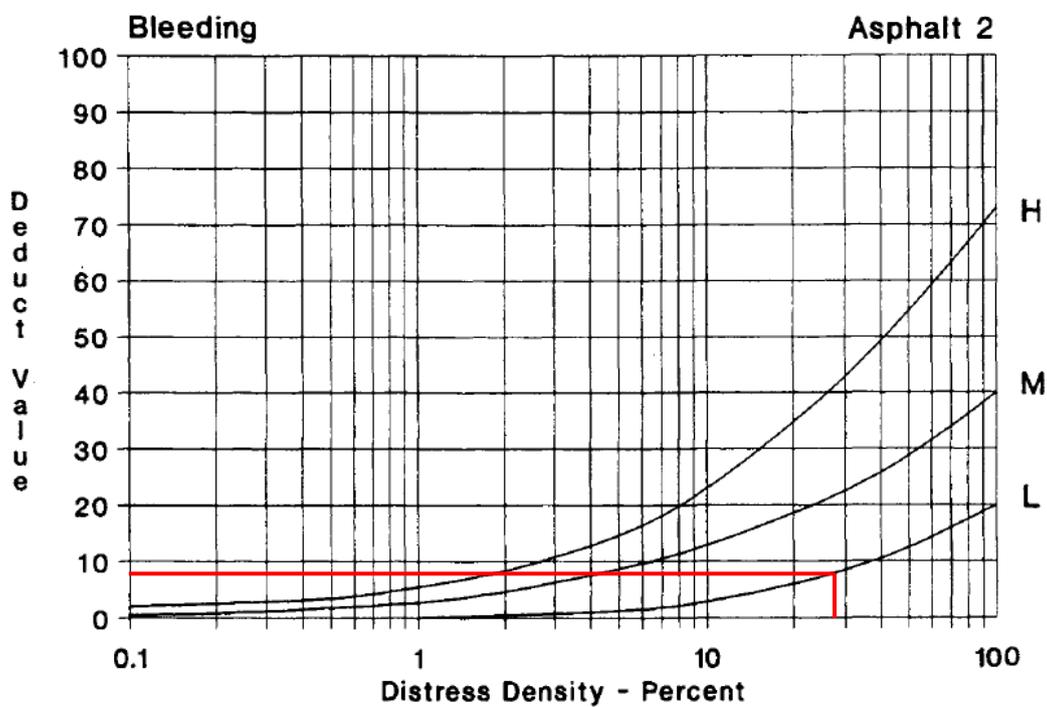
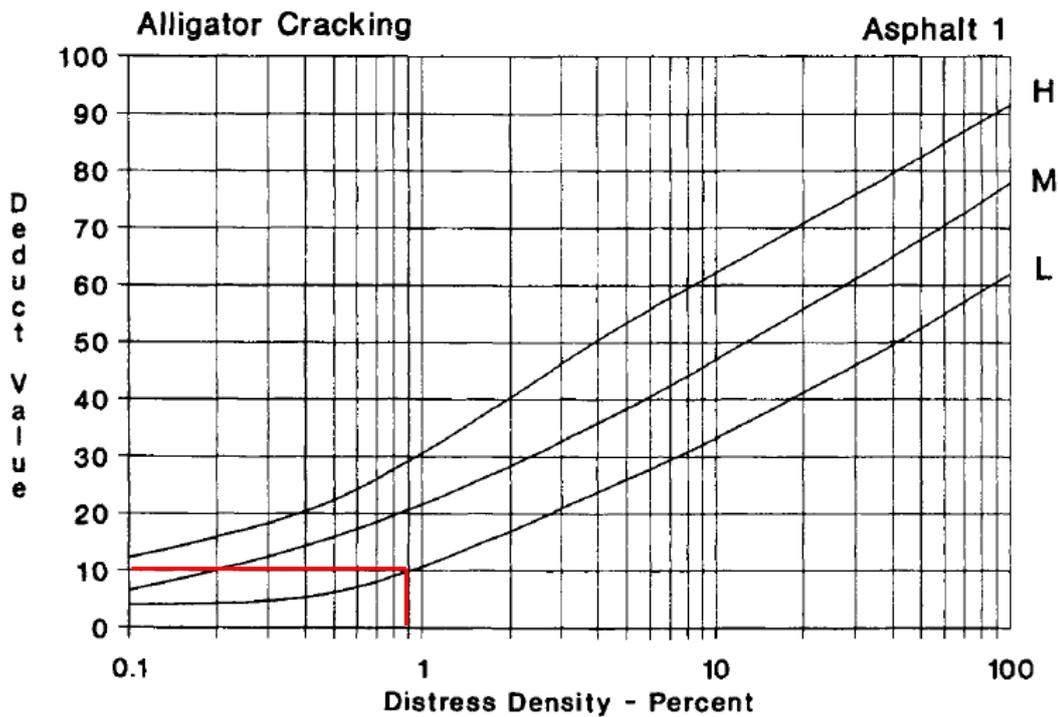


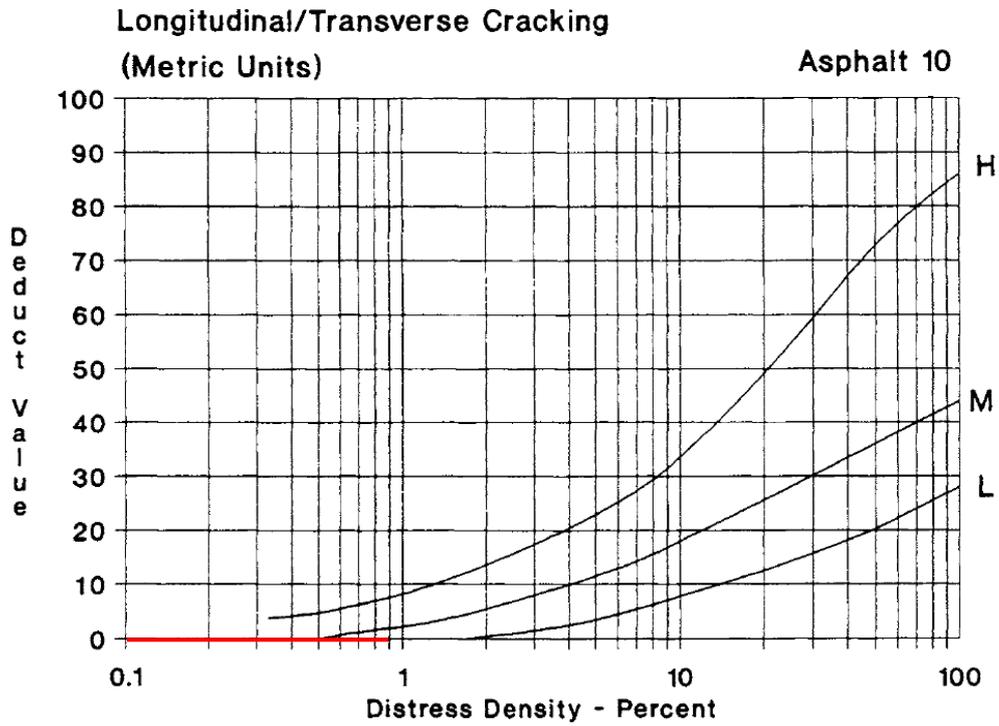
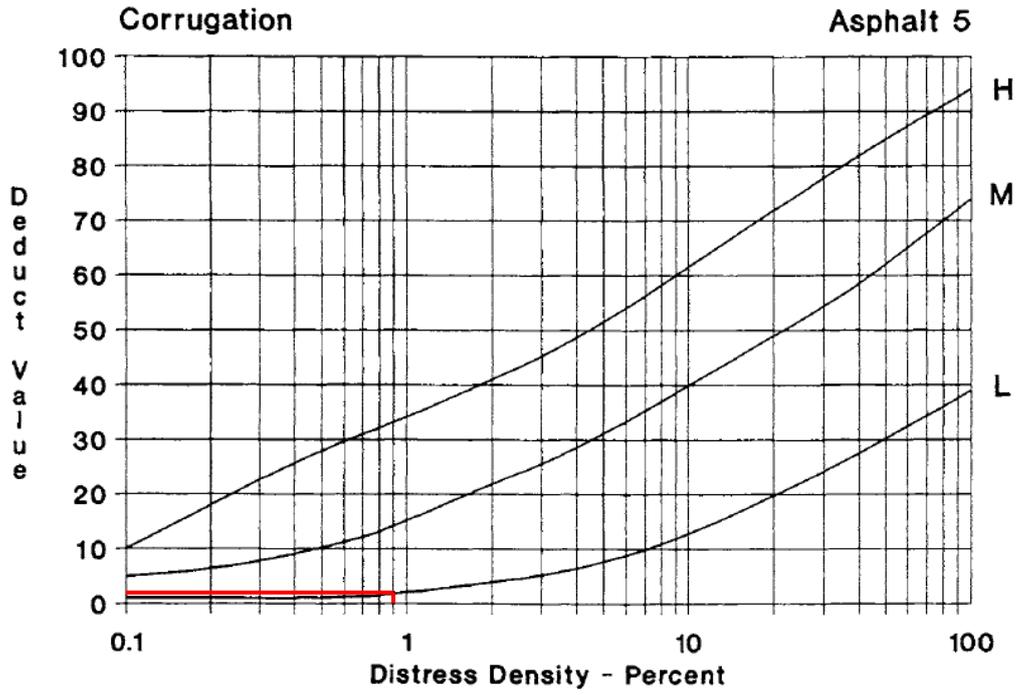
MAX. CDV = 13

PCI = 100 - 13 = 87

CLASIFICACIÓN = Bueno

Gráficas B2. Valores deducidos de la UM03



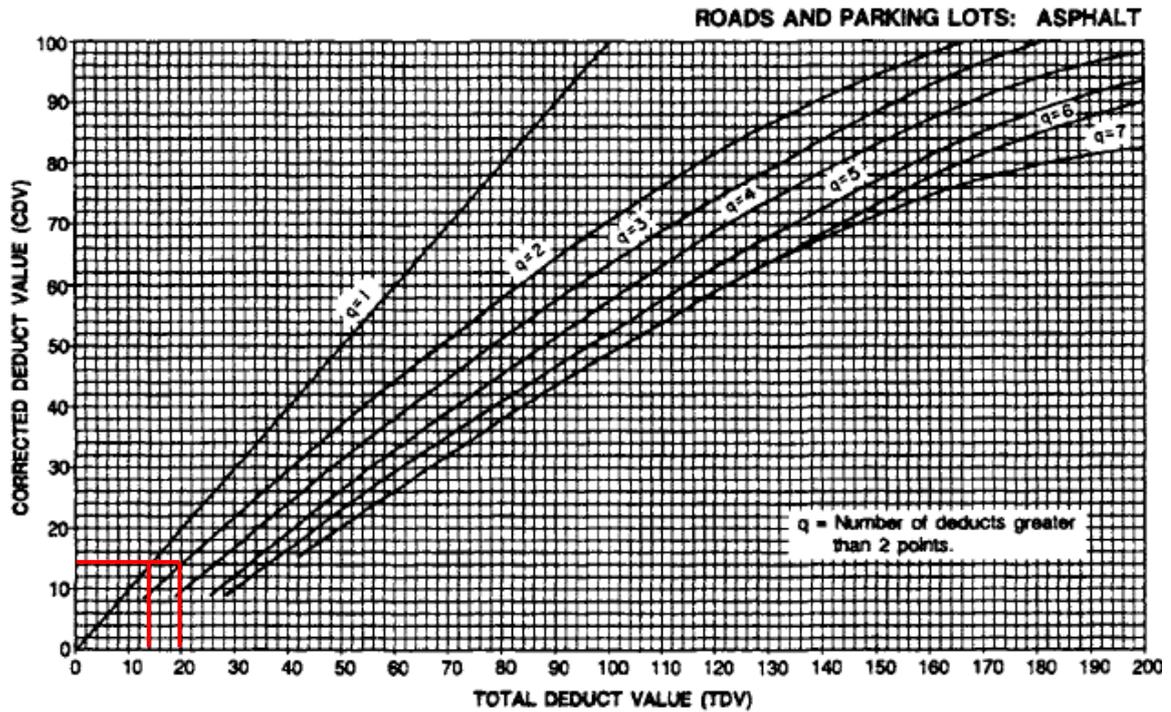


Máxima cantidad admisible de valores deducidos

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - 10)$$

$$m = 9.27$$

Gráfica de valores deducibles corregidos

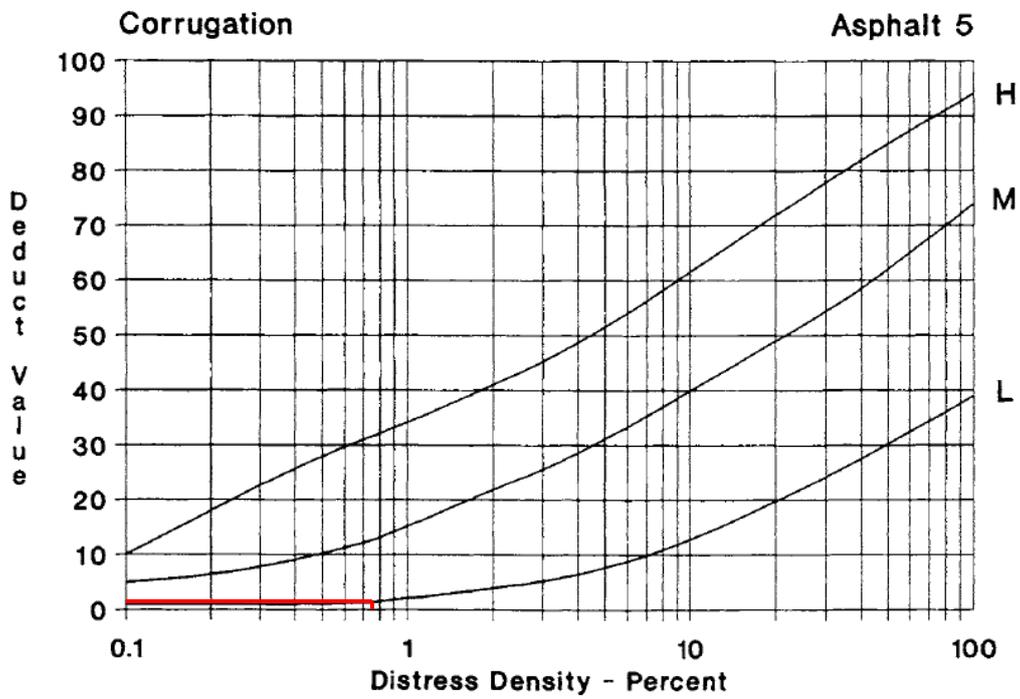
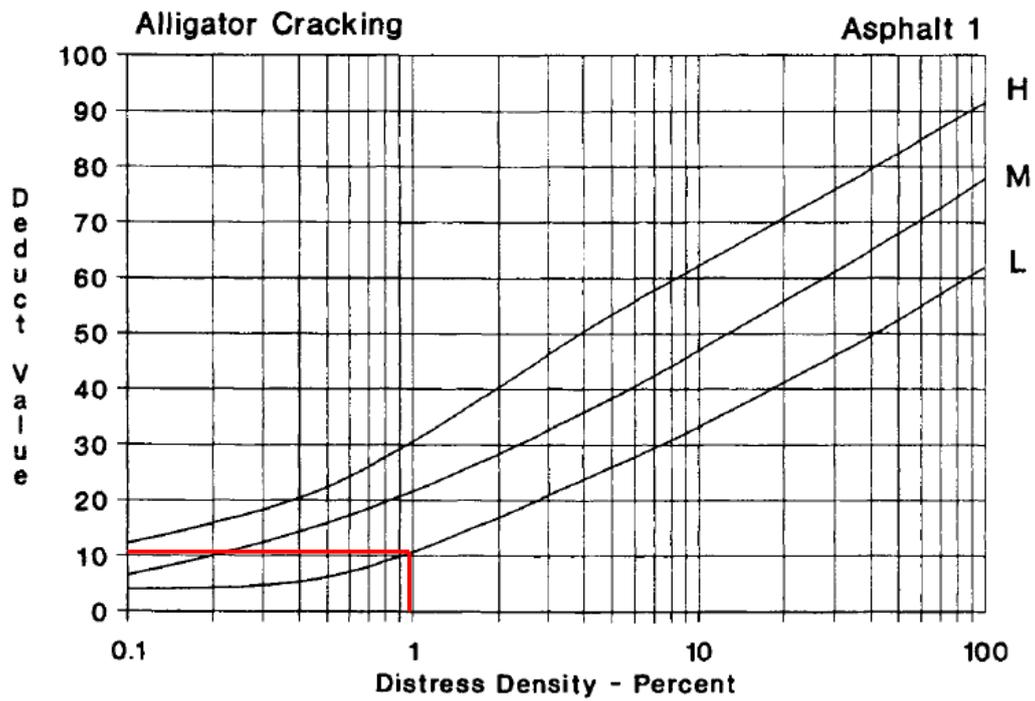


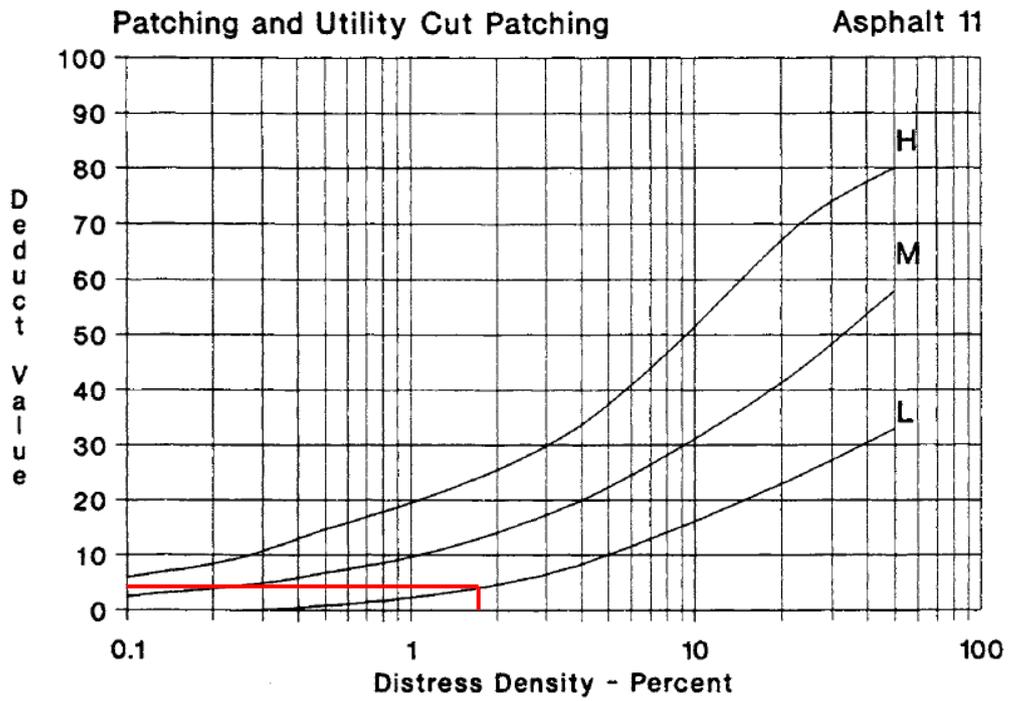
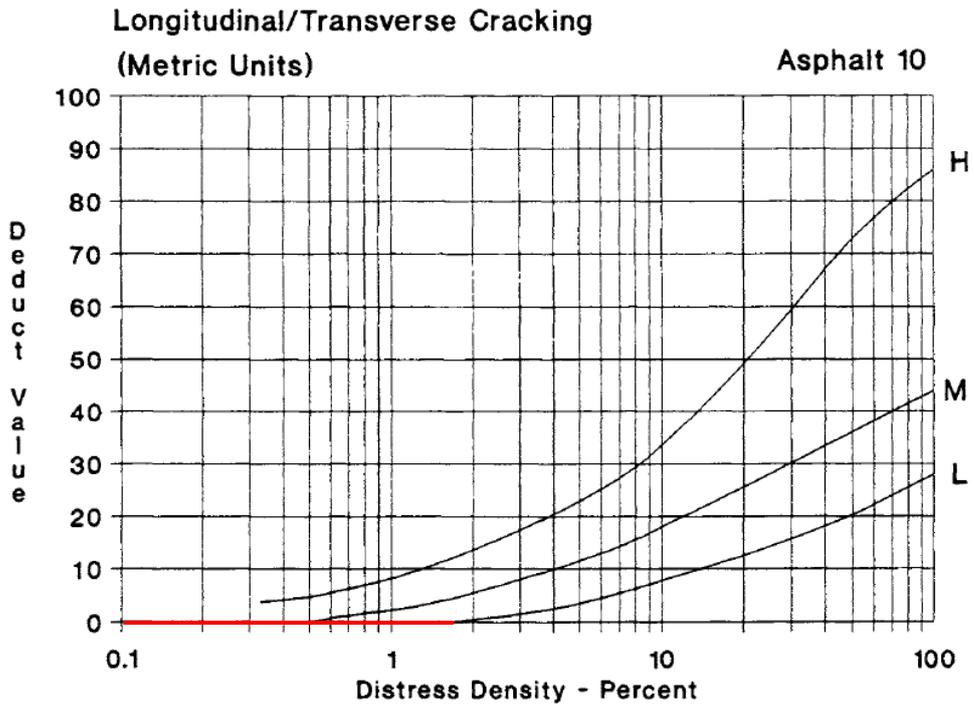
$$\text{MAX. CDV} = 14$$

$$\text{PCI} = 100 - 14 = 86$$

CLASIFICACIÓN = Bueno

Gráficas B3. Valores deducidos de la UM05





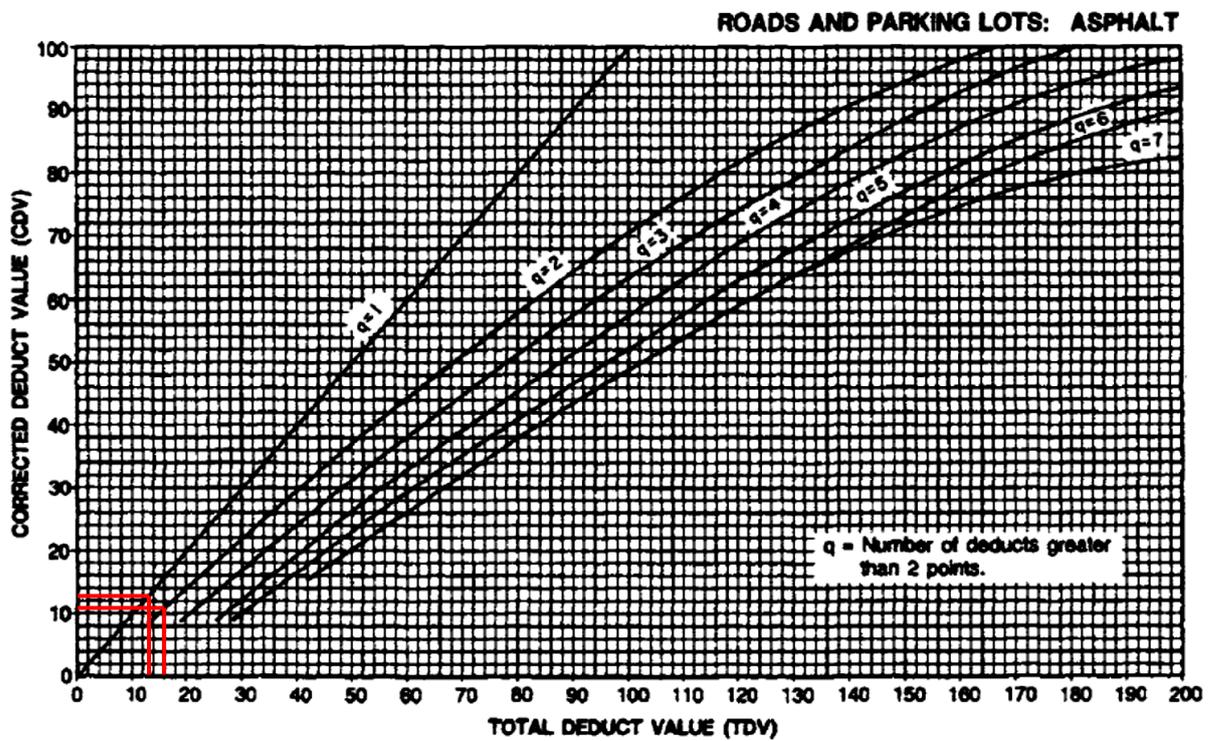
Máxima cantidad admisible de valores deducidos

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - 10)$$

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times 90$$

$$m = 9.27$$

Gráfica de valores deducibles corregidos

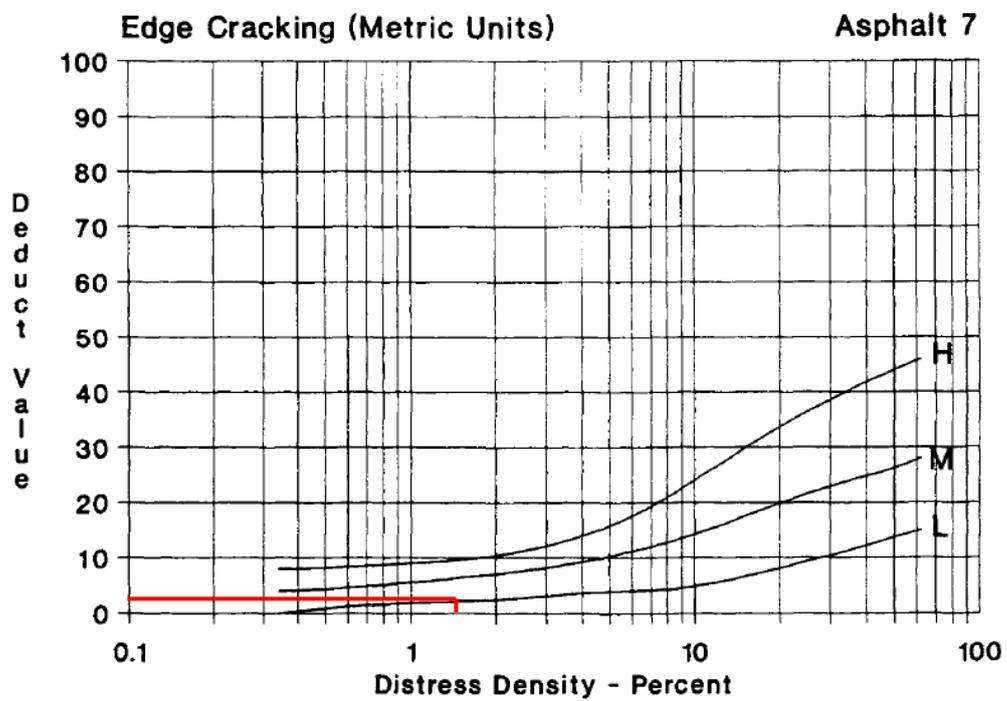
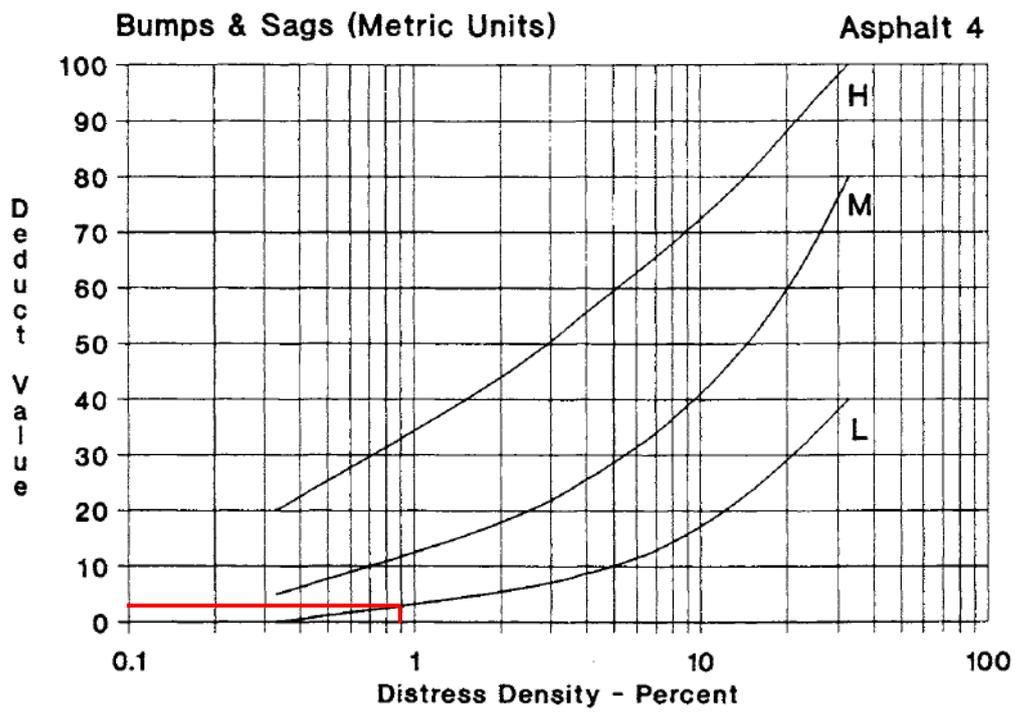


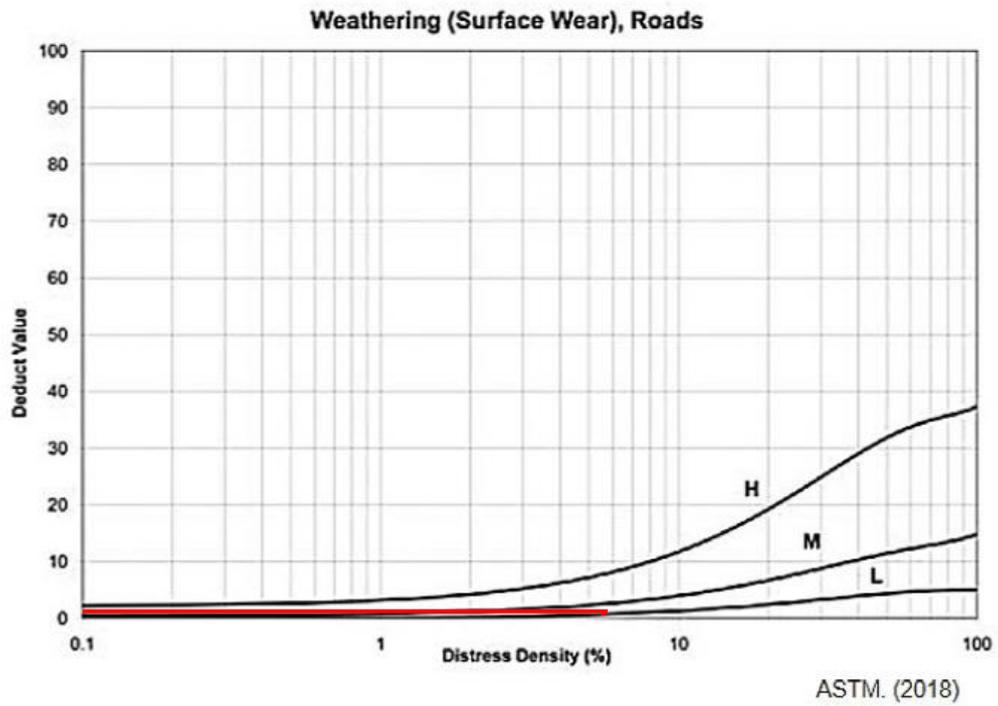
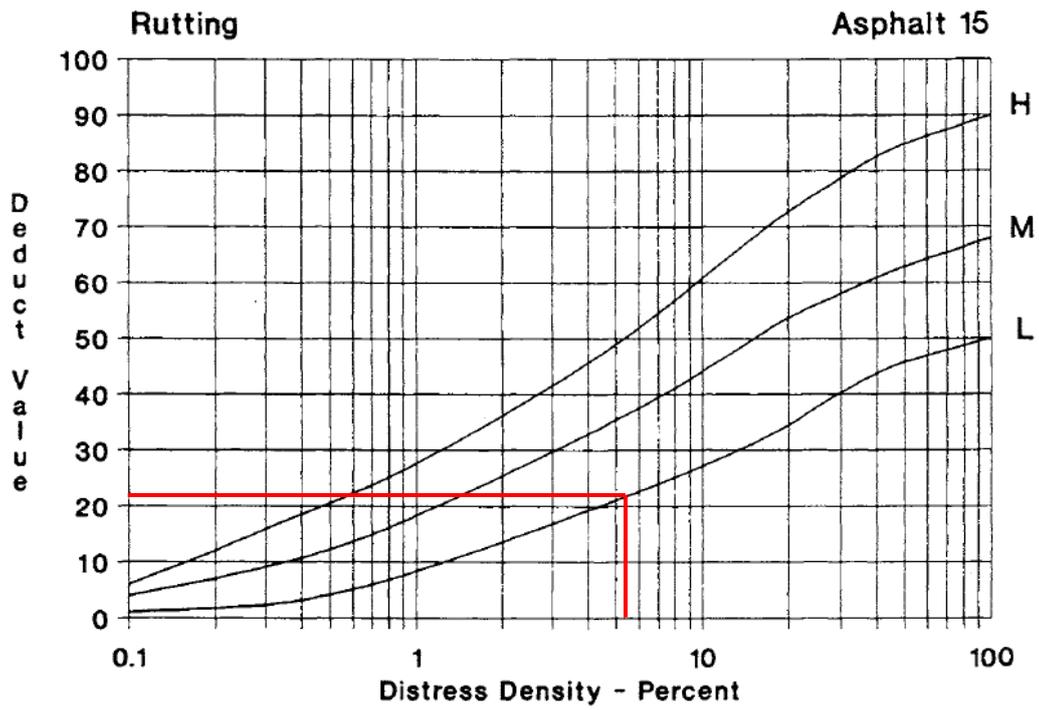
MAX. CDV = 13

PCI = 100 - 13 = 87

CLASIFICACIÓN = Bueno

Gráficas B4. Valores deducidos de la UM07





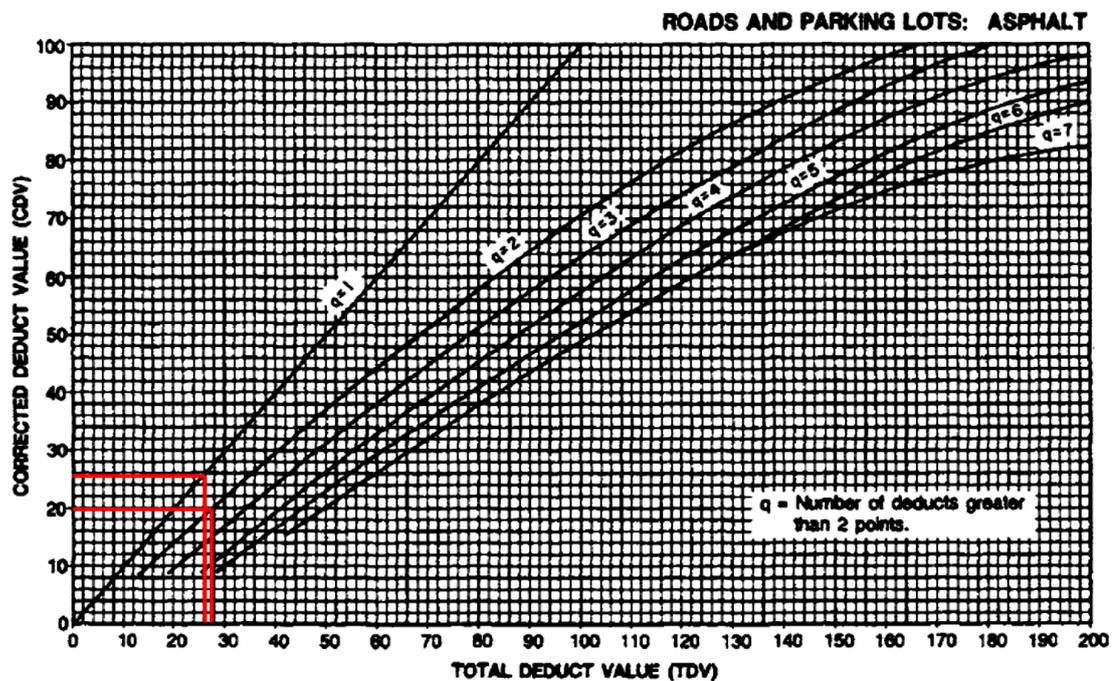
Máxima cantidad admisible de valores deducidos

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - 22)$$

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times 78$$

$$m = 8.16$$

Gráfica de valores deducibles corregidos

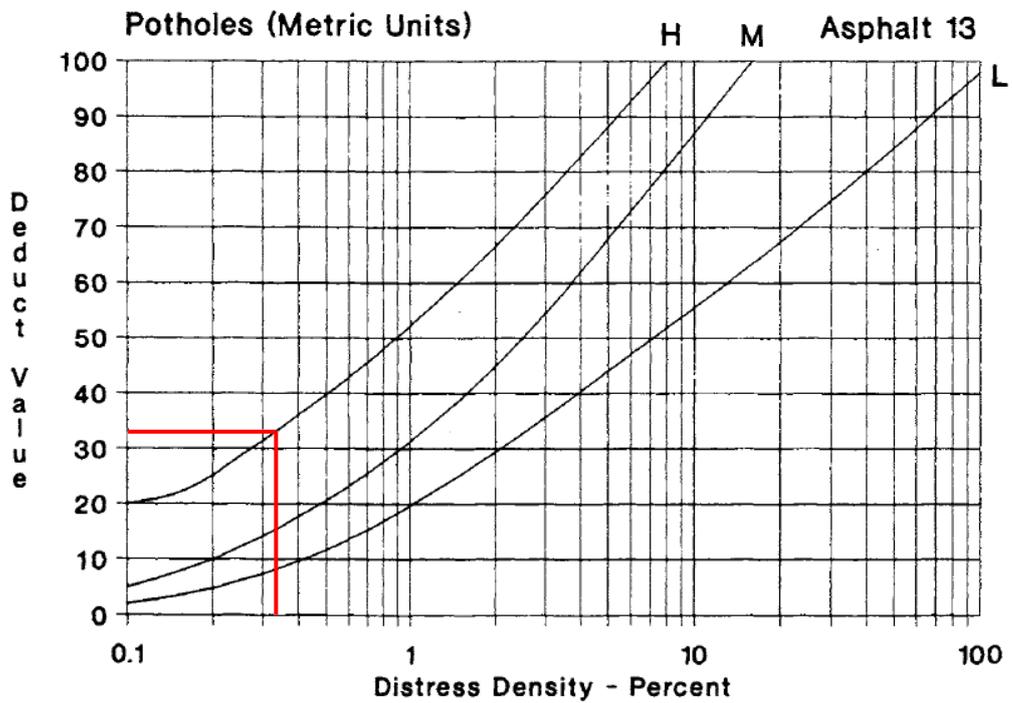
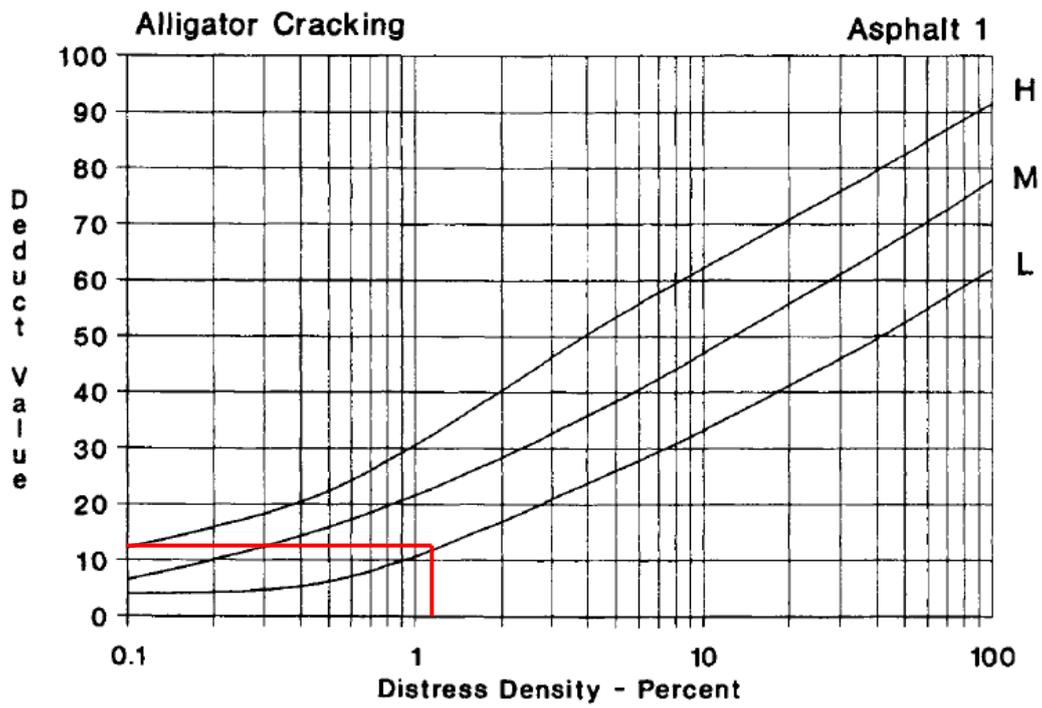


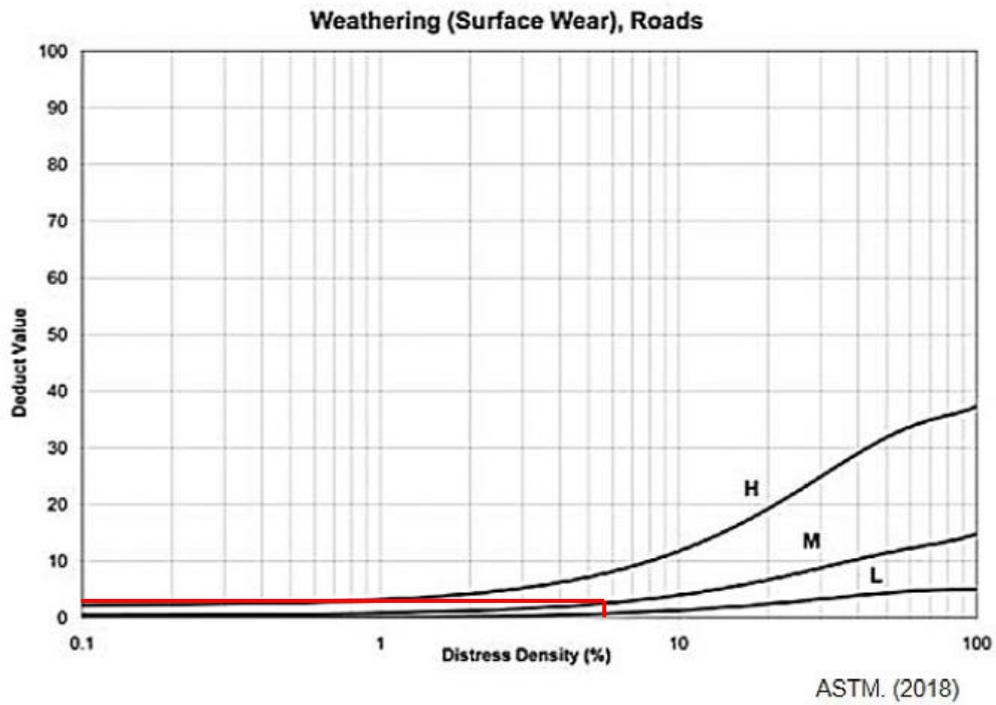
$$\text{UMAX. CDV} = 26$$

$$\text{PCI} = 100 - 26 = 74$$

CLASIFICACIÓN = SATISFACTORIO

Gráficas B5. Valores deducidos de la UM09





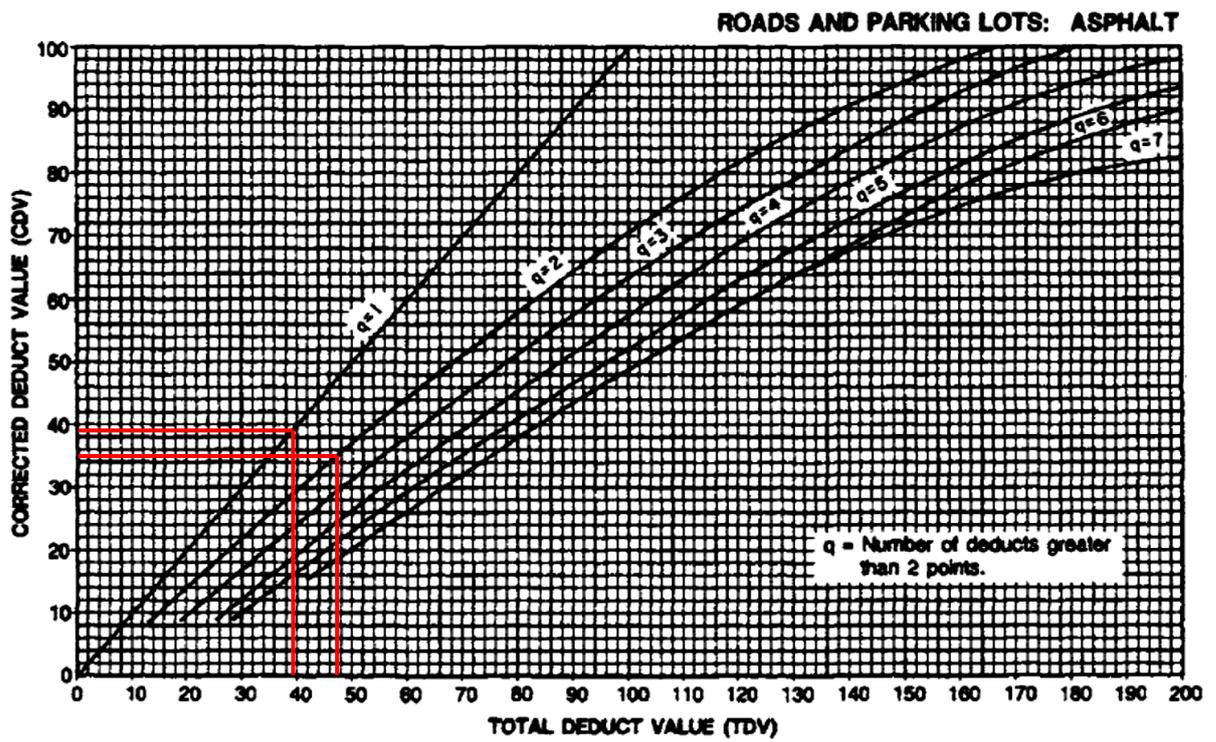
Máxima cantidad admisible de valores deducidos

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - 34)$$

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times 66$$

$$m = 7.01$$

Gráfica de valores deducibles corregidos

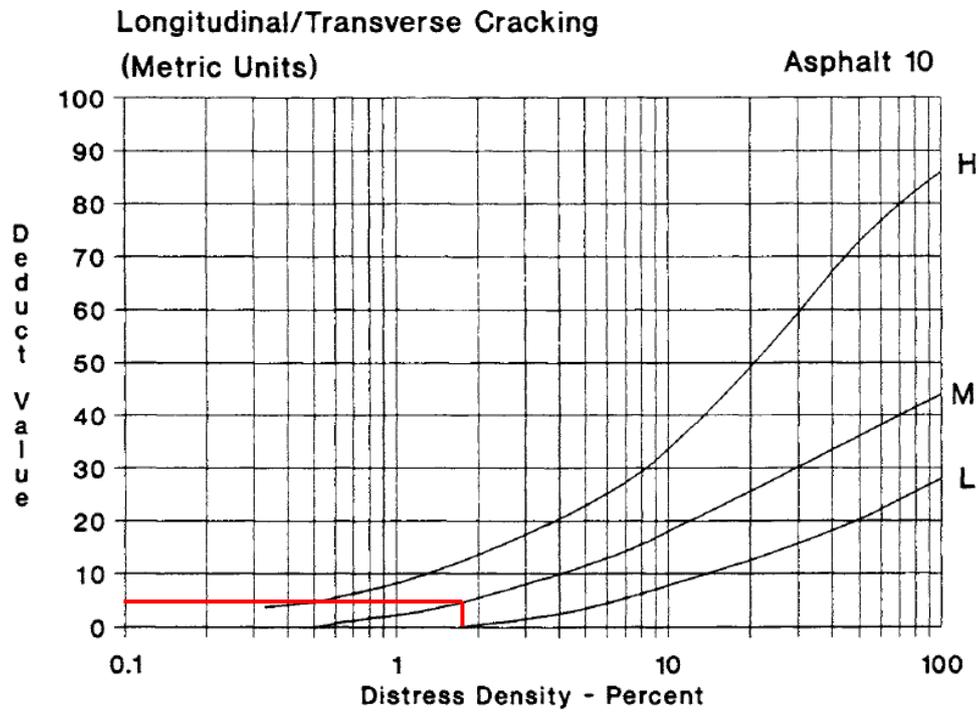
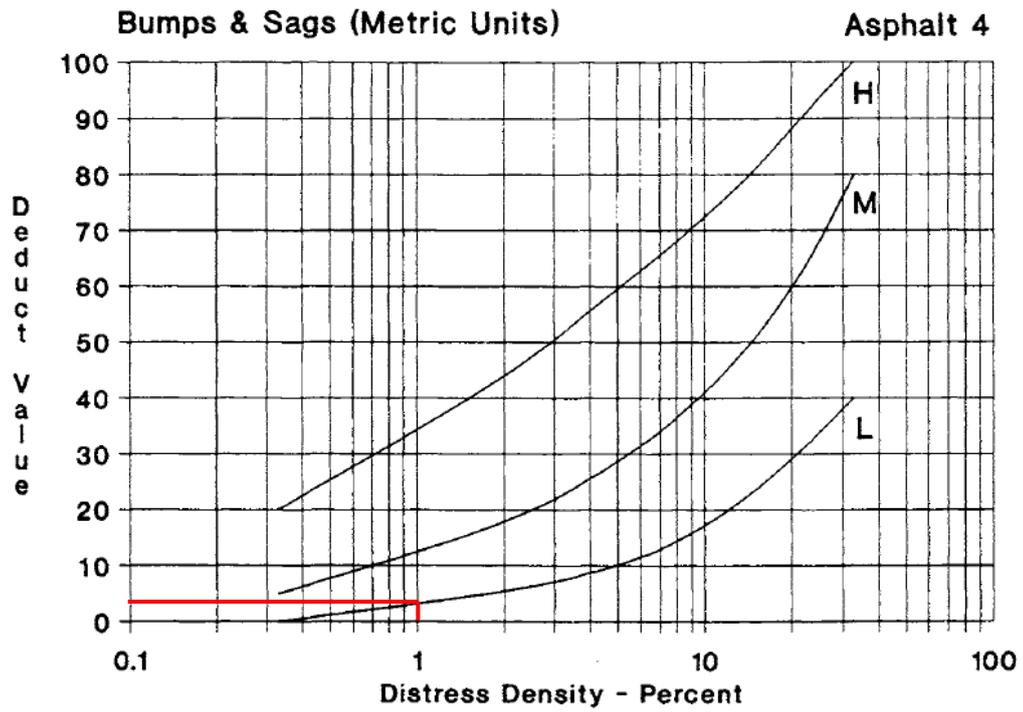


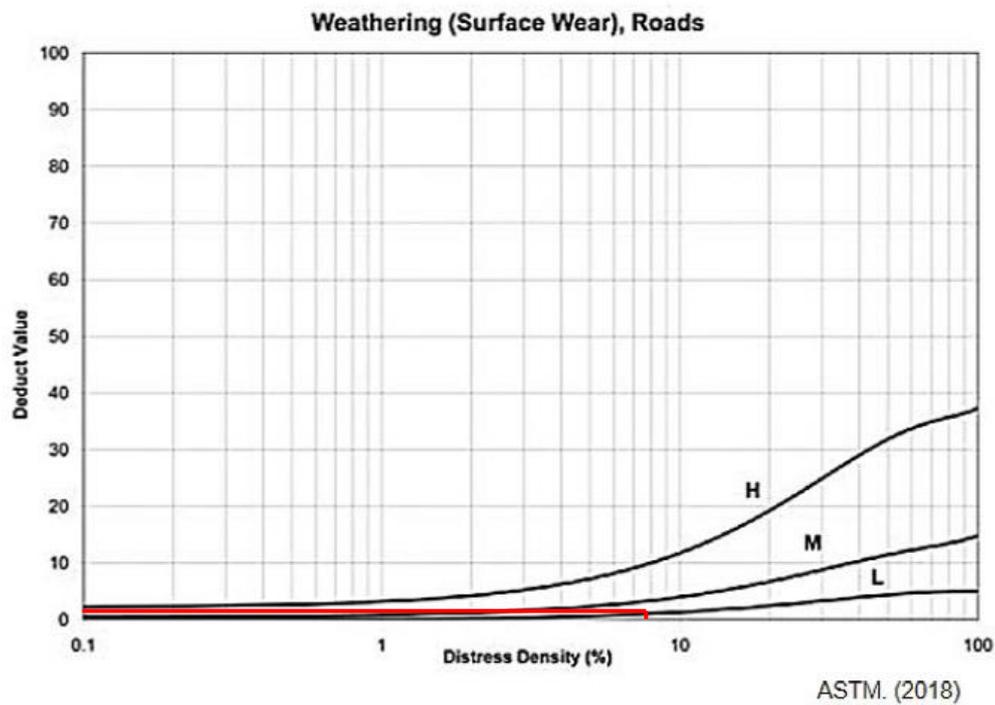
MAX. CDV = 39

PCI = 100 - 39 = 61

CLASIFICACIÓN = REGULAR

Gráficas B6. Valores deducidos de la UM011





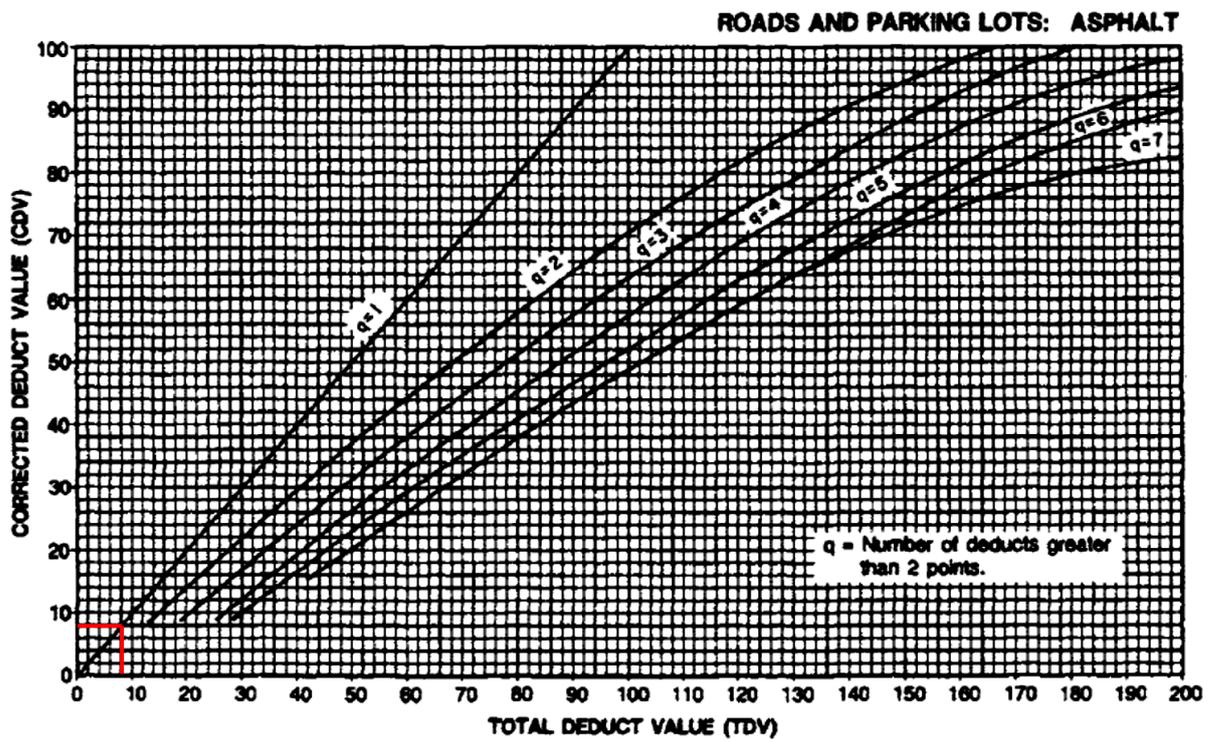
Máxima cantidad admisible de valores deducidos

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - 5)$$

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times 95$$

$$m = 9.72$$

Gráfica de valores deducibles corregidos

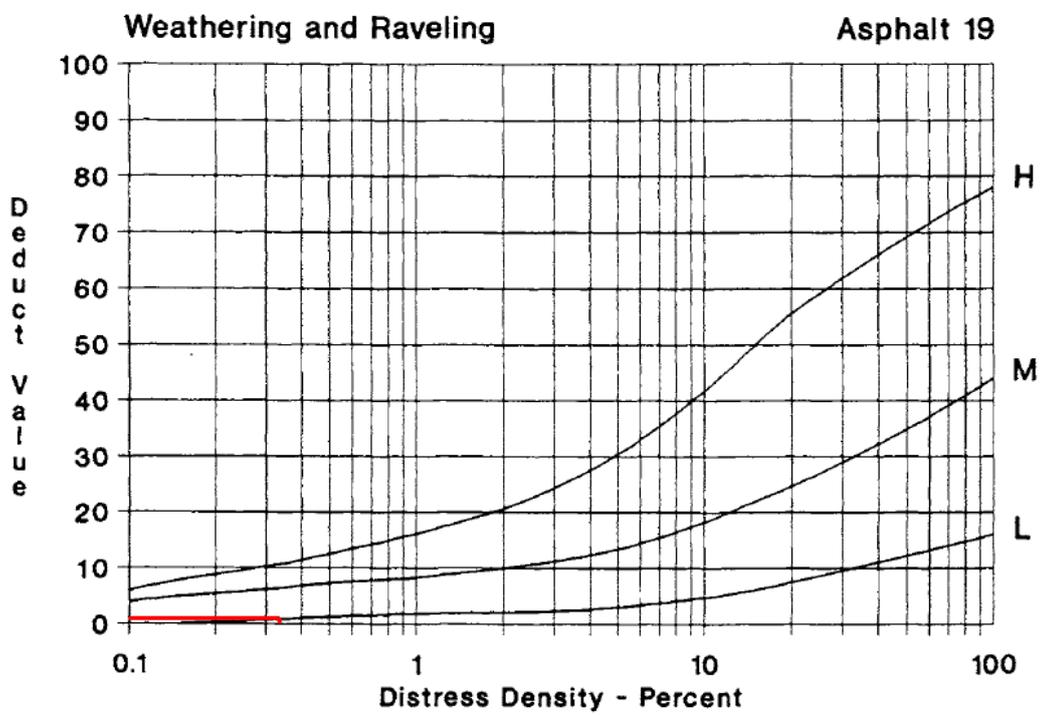
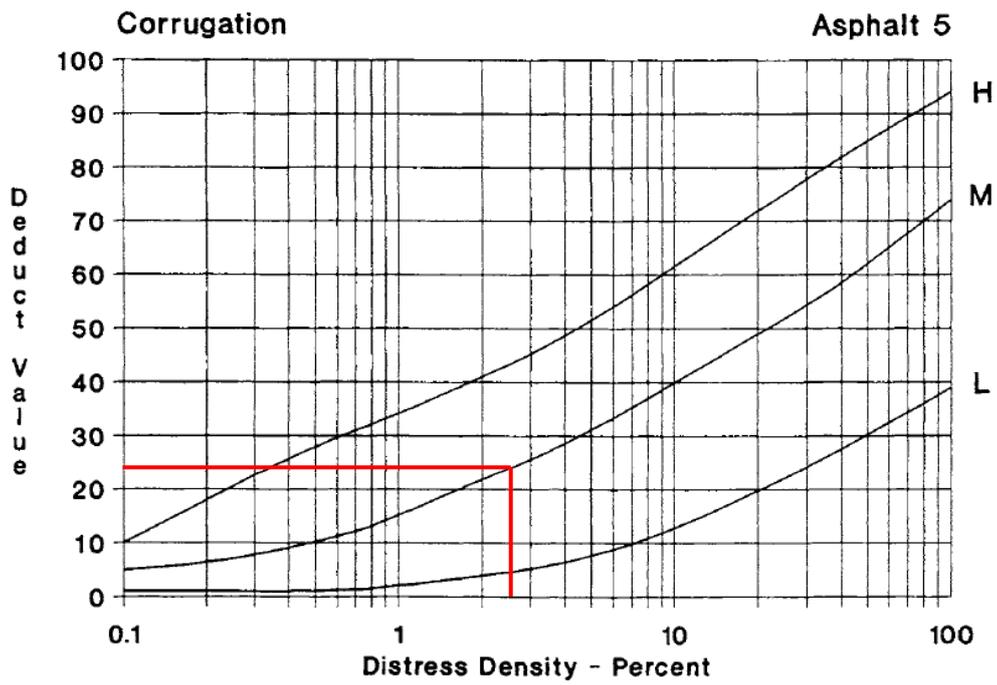


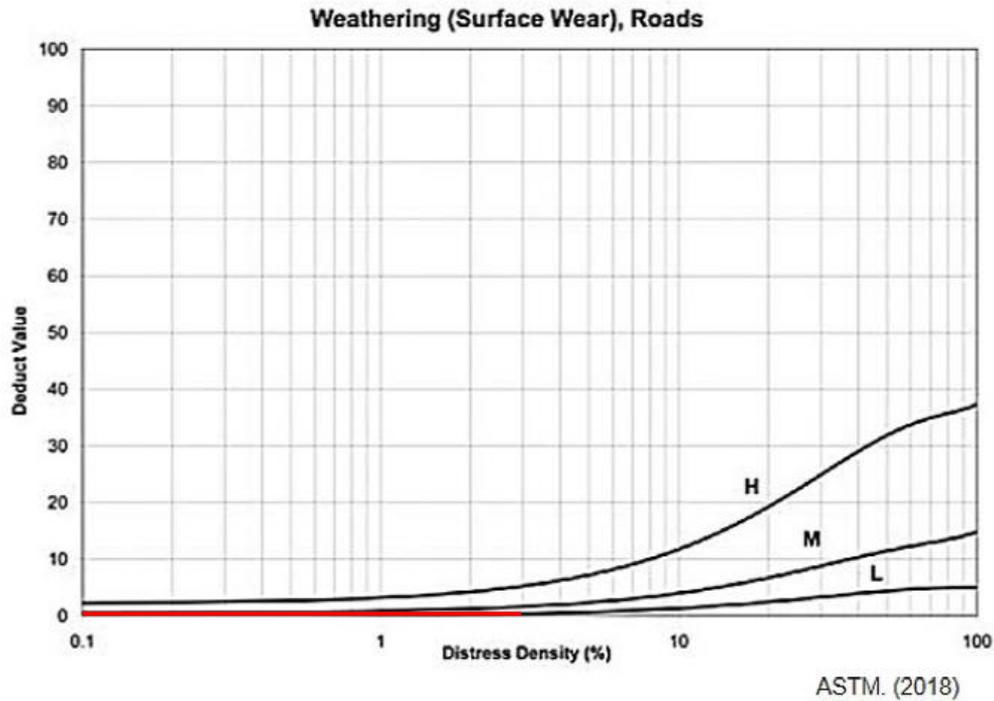
MAX. CDV = 08

PCI = 100 - 8 = 92

CLASIFICACIÓN = BUENO

Gráficas B6. Valores deducidos de la UM013





Máxima cantidad admisible de valores deducidos

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - 23)$$

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times 77$$

$$m = 8.07$$

Gráfica de valores deducibles corregidos

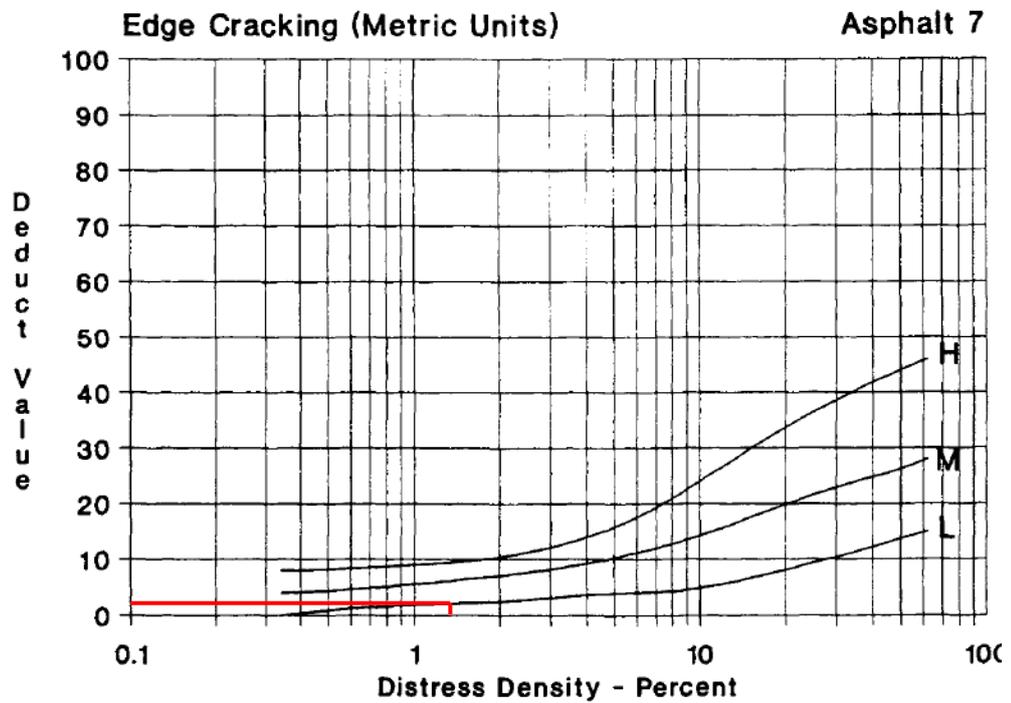
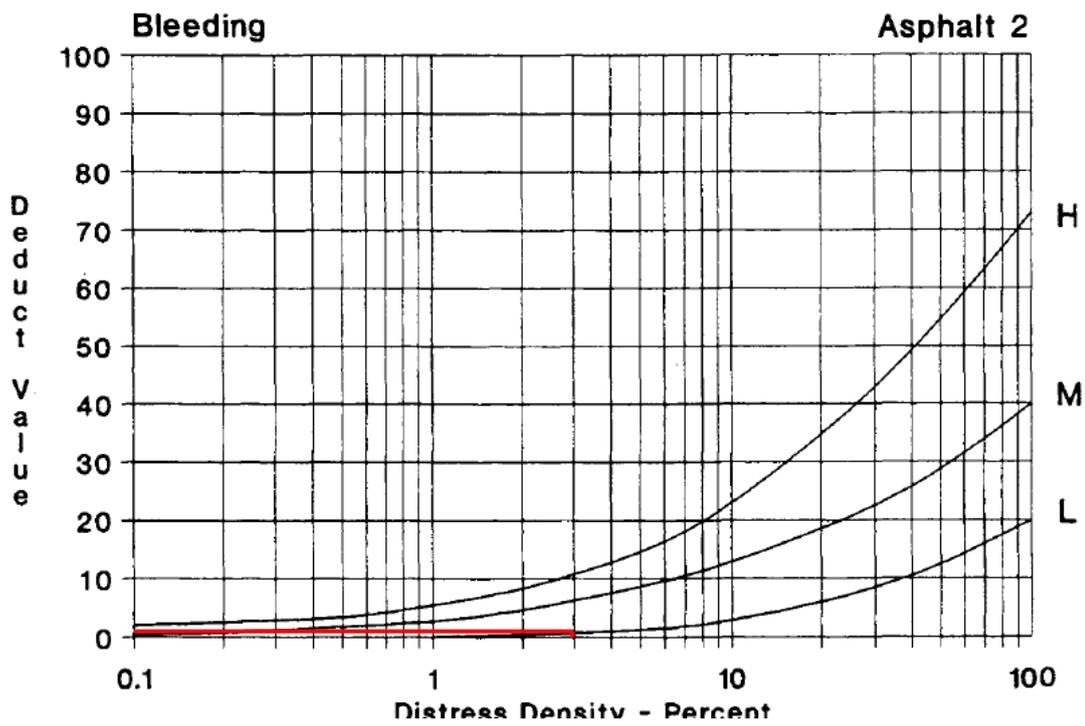
En este caso solo un valor deducible es mayor que 2, entonces se suman todos los valores deducibles y se restan de 100 para obtener el PCI de la unidad.

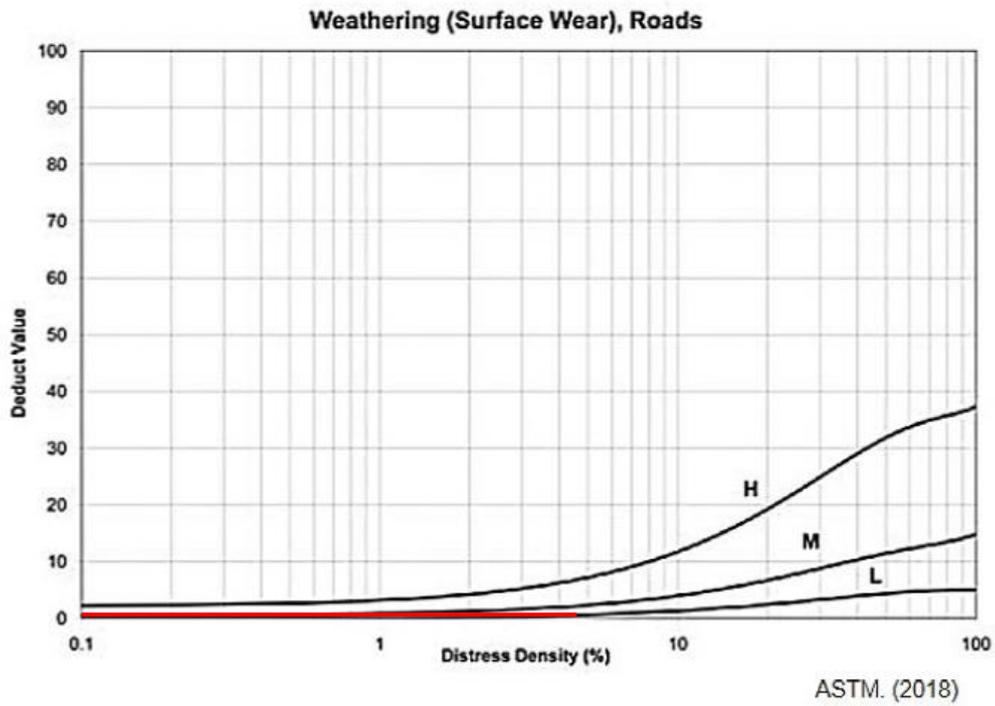
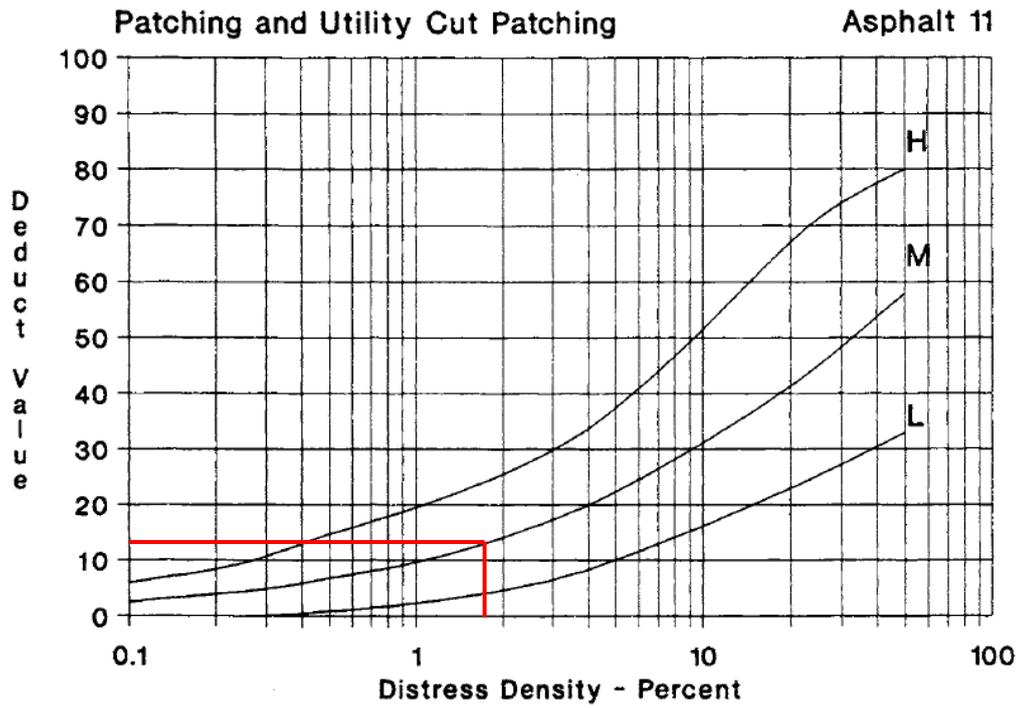
SUMA DE VALORES DEDUCIDOS= 24

PCI = 100 - 24 = 76

CLASIFICACIÓN = SATISFACTORIO

Gráficas B7. Valores deducidos de la UM15





Máxima cantidad admisible de valores deducidos

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - 14)$$

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times 86$$

$$m = 8.90$$

Gráfica de valores deducibles corregidos

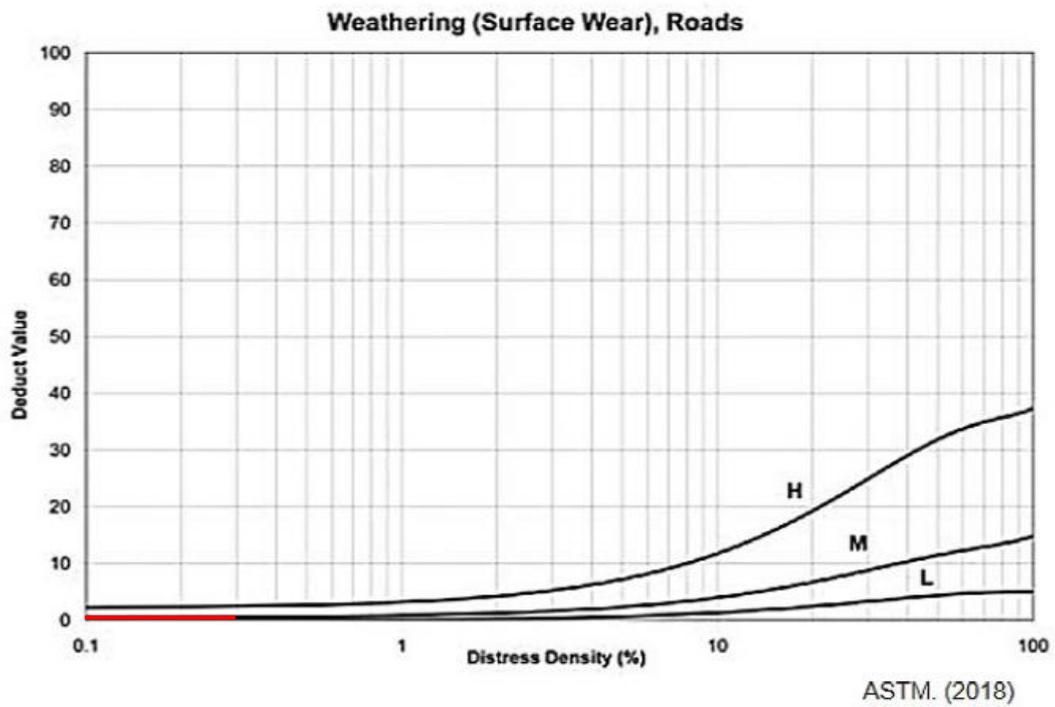
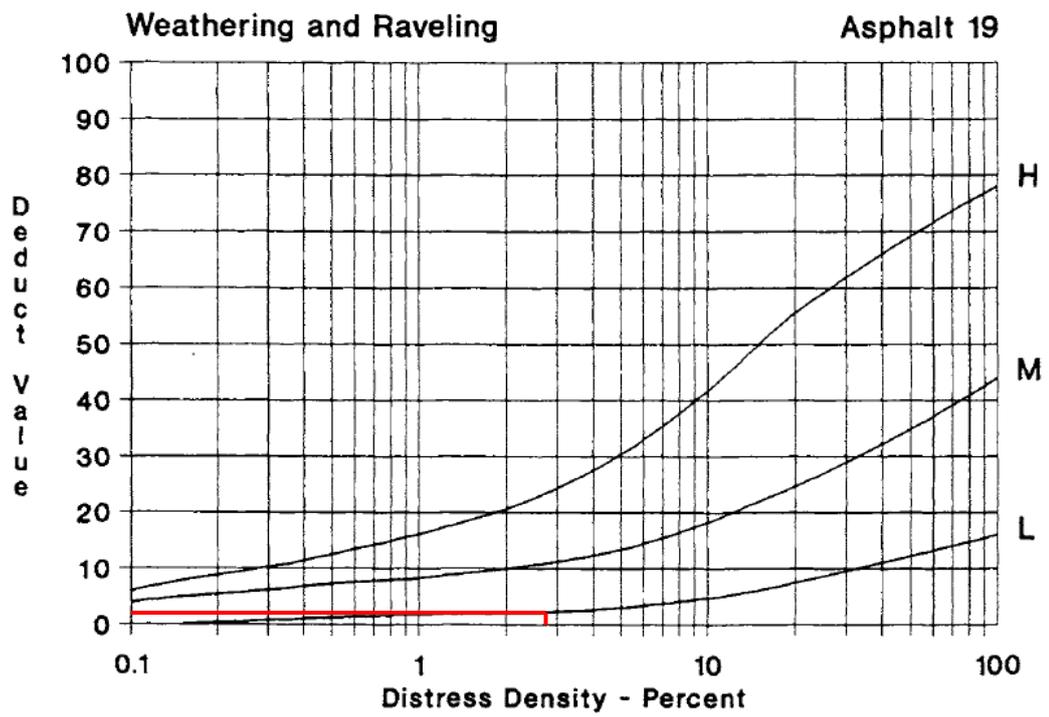
En este caso solo un valor deducible es mayor que 2, entonces se suman todos los valores deducibles y se restan de 100 para obtener el PCI de la unidad.

SUMA DE VALORES DEDUCIDOS= 16

$$\text{PCI} = 100 - 16 = 84$$

CLASIFICACIÓN = SATISFACTORIO

Gráficas B9. Valores deducidos de la UM17



Máxima cantidad admisible de valores deducidos

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - 2)$$

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times 98$$

$$m = 10$$

Gráfica de valores deducibles corregidos

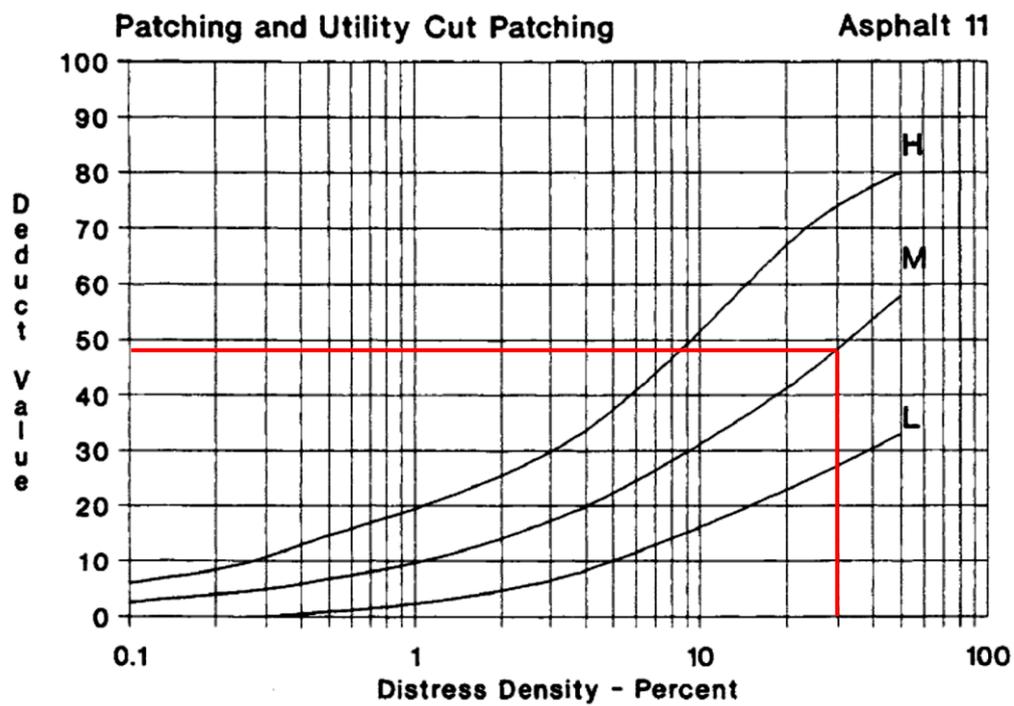
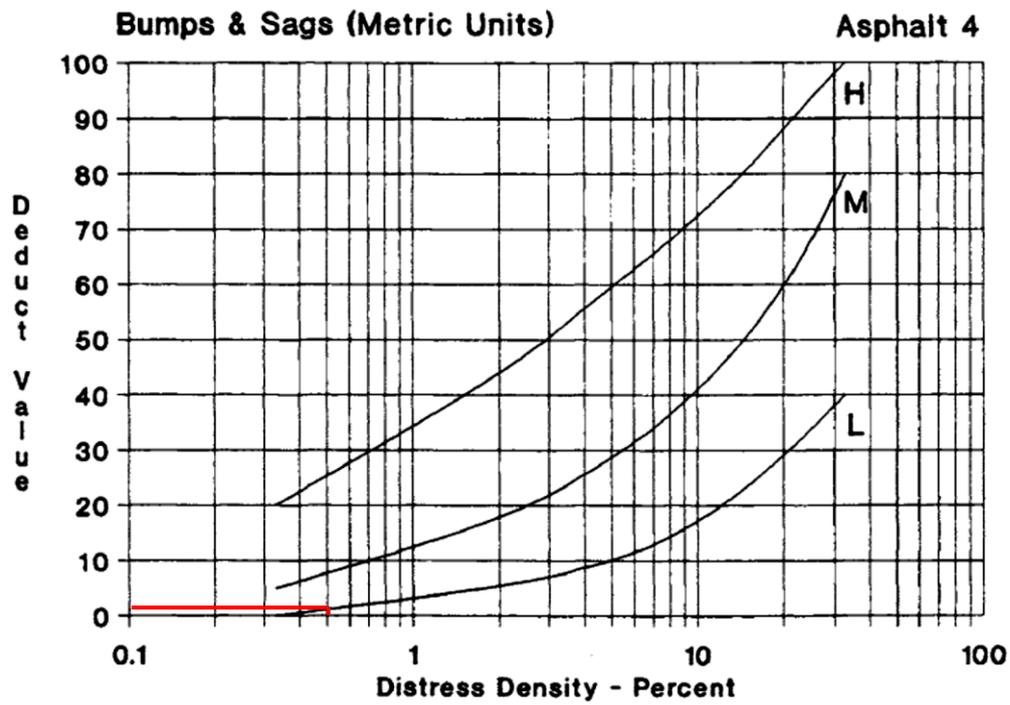
En este caso solo un valor deducible es mayor que 2, entonces se suman todos los valores deducibles y se restan de 100 para obtener el PCI de la unidad.

$$\text{MAX. CDV} = 2$$

$$\text{PCI} = 100 - 2 = 98$$

CLASIFICACIÓN = BUENO

Gráficas B10. Valores deducidos de la UM19



Máxima cantidad admisible de valores deducidos

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - 48)$$

$$m = 5.78$$

Gráfica de valores deducibles corregidos

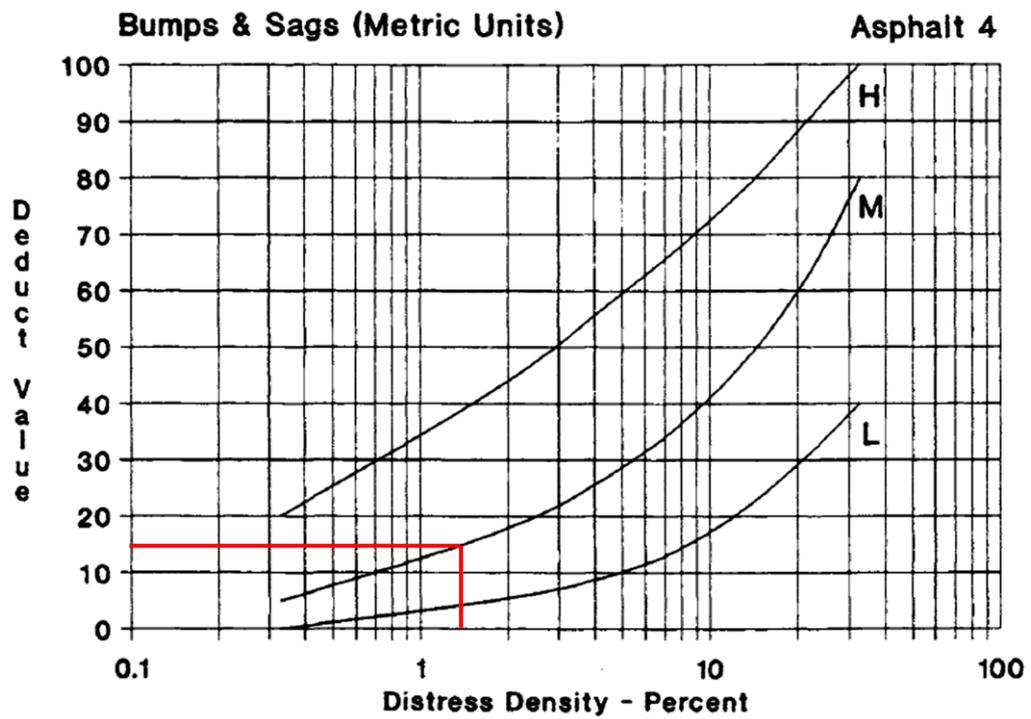
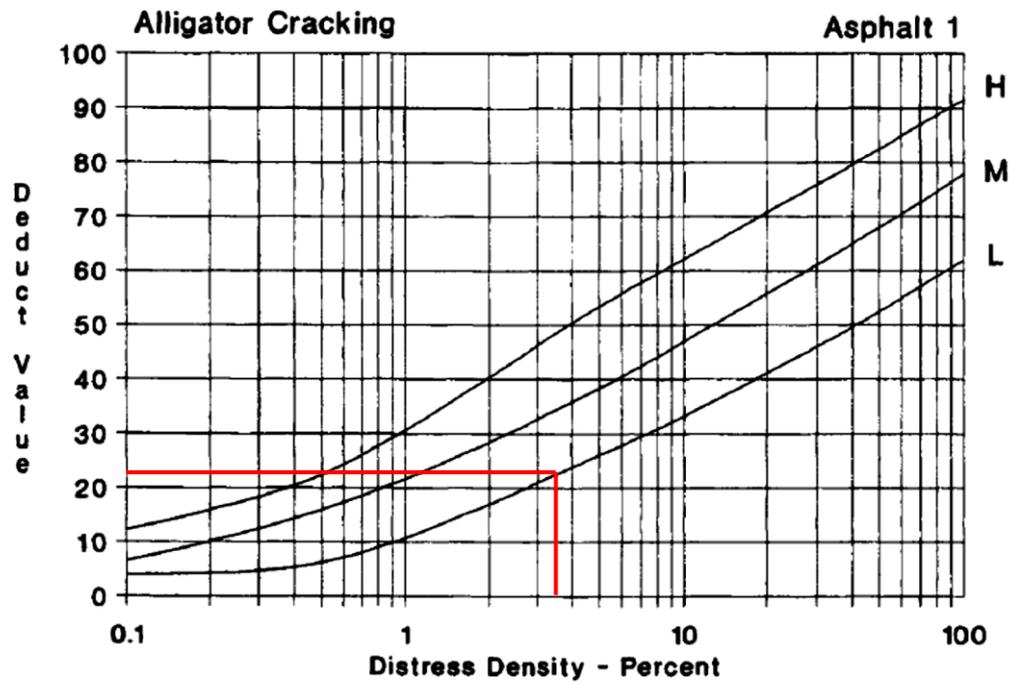
En este caso solo un valor deducible es mayor que 2, entonces se suman todos los valores deducibles y se restan de 100 para obtener el PCI de la unidad.

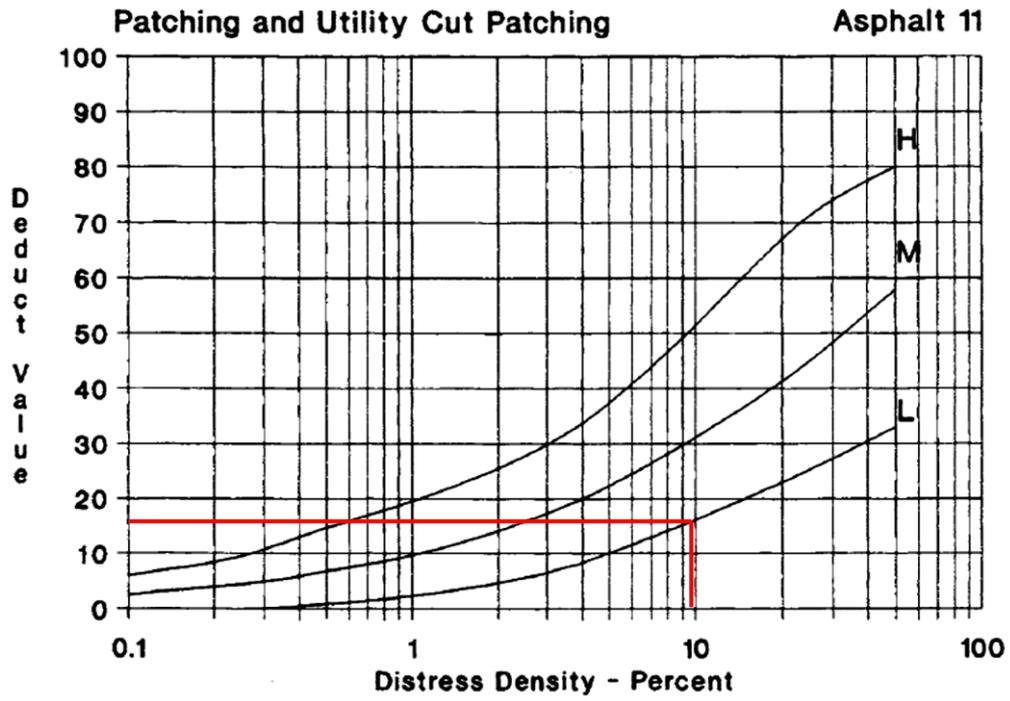
SUMA DE VALORES DEDUCIDOS= 50

$$\text{PCI} = 100 - 50 = 50$$

CLASIFICACIÓN = Malo

Gráficas B11. Valores deducidos de la UM21



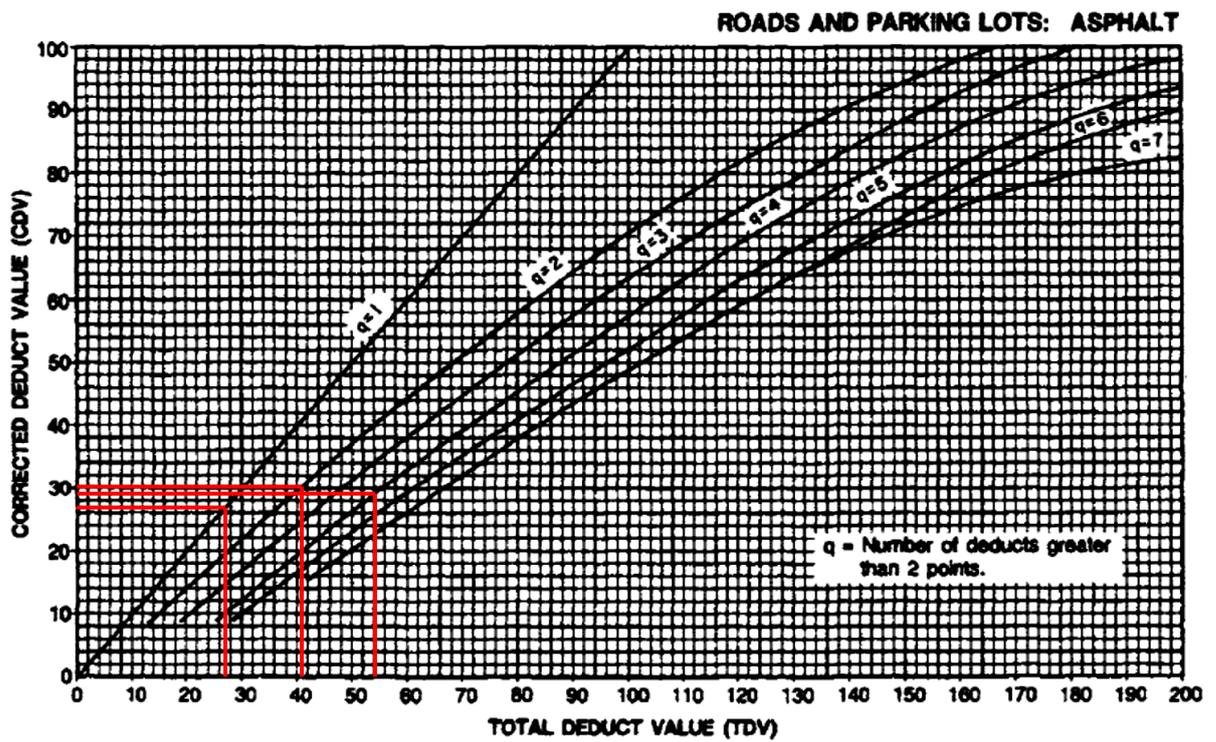


Máxima cantidad admisible de valores deducidos

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - 23)$$

$$m = 8.07$$

Gráfica de valores deducibles corregidos

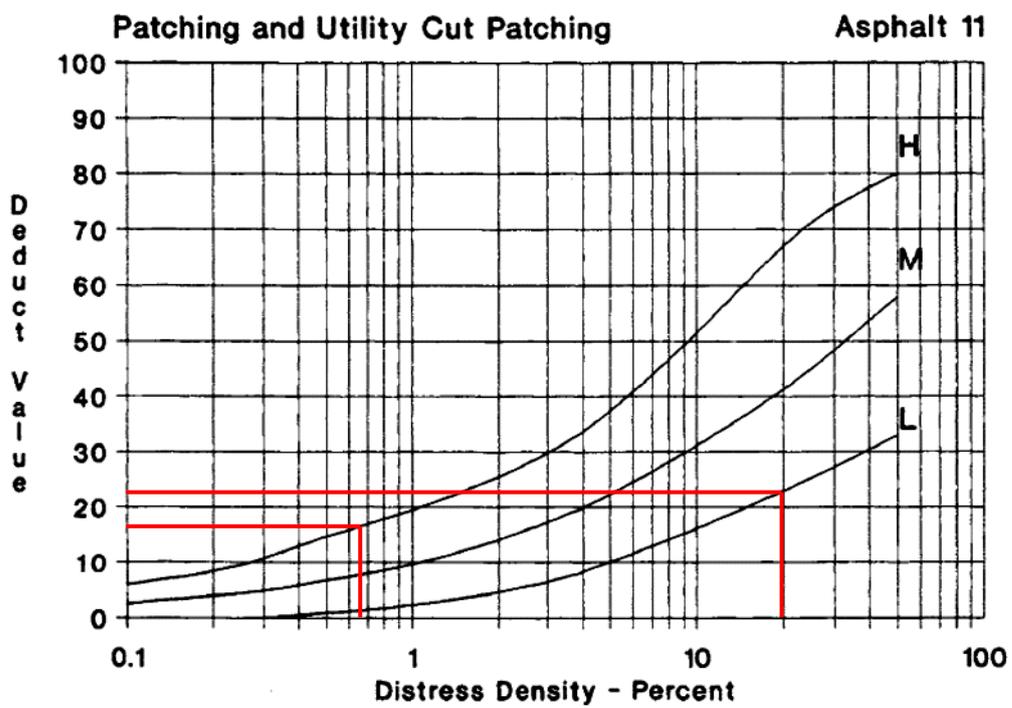
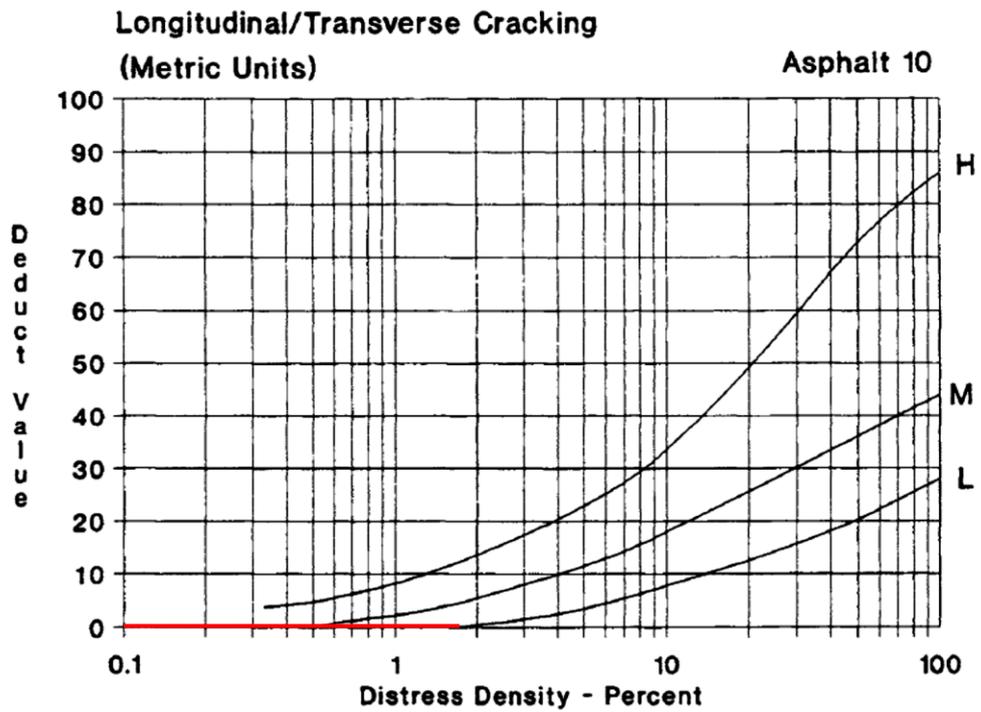


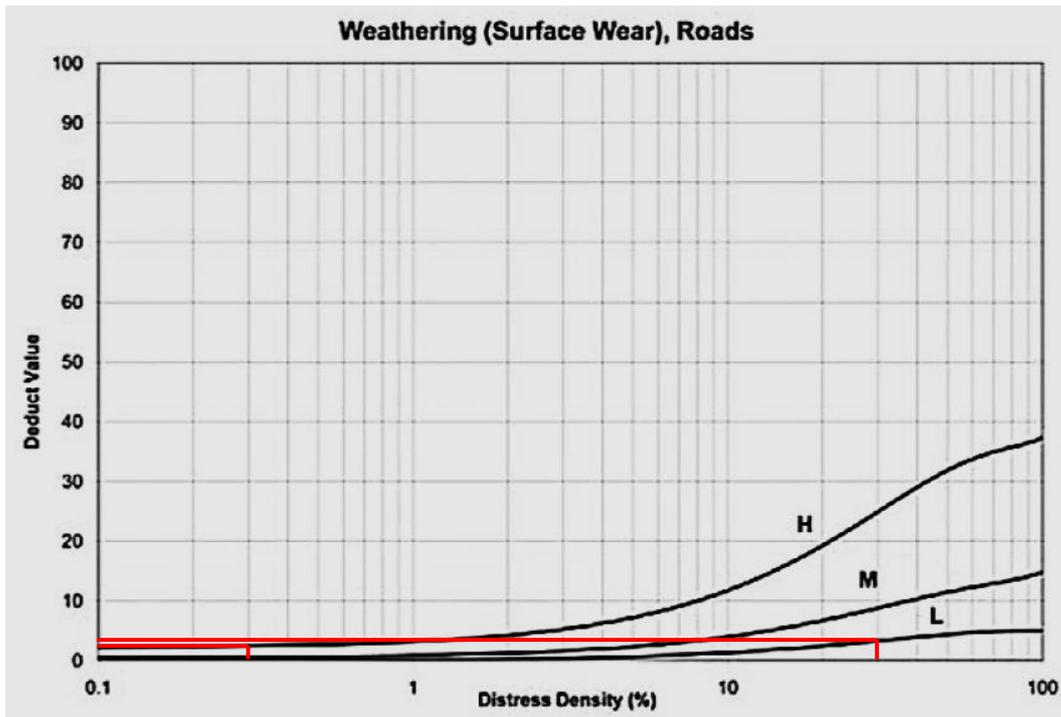
MAX. CDV = 30

PCI = 100 - 30 = 70

CLASIFICACIÓN = Regular

Gráficas B12. Valores deducidos de la UM23



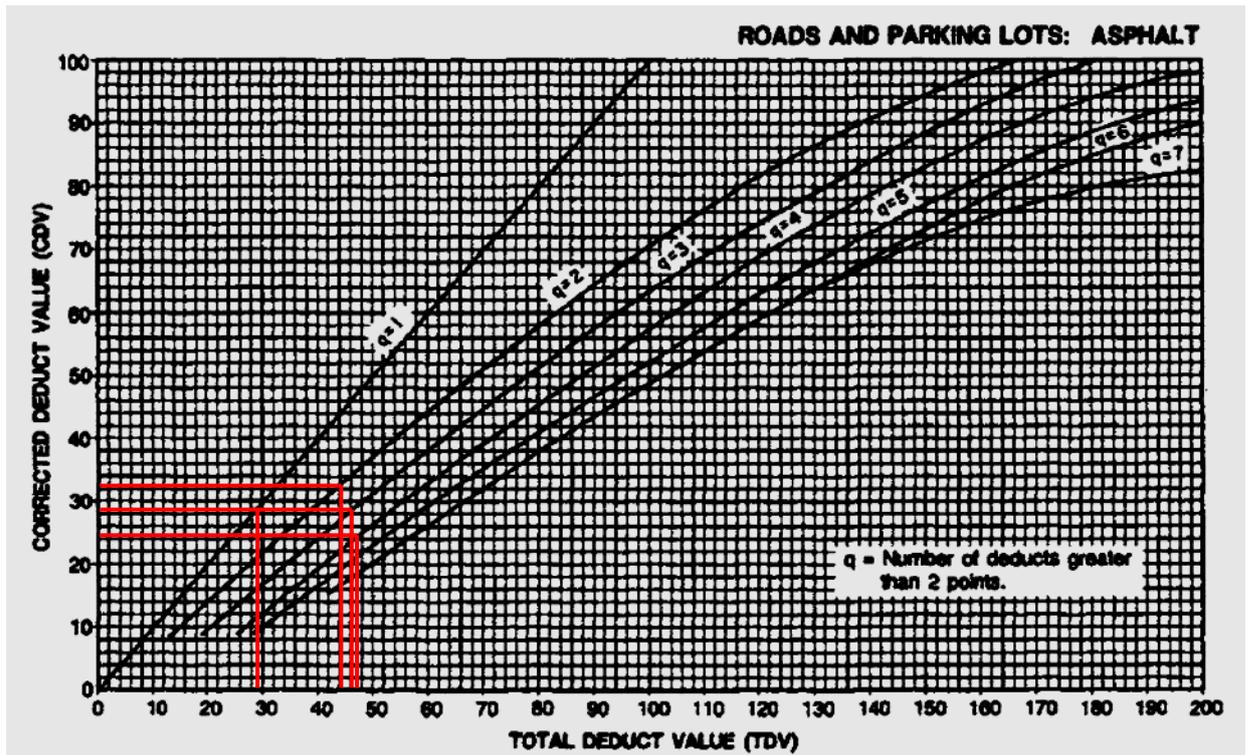


Máxima cantidad admisible de valores deducidos

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - 23)$$

$$m = 8.07$$

Gráfica de valores deducibles corregidos

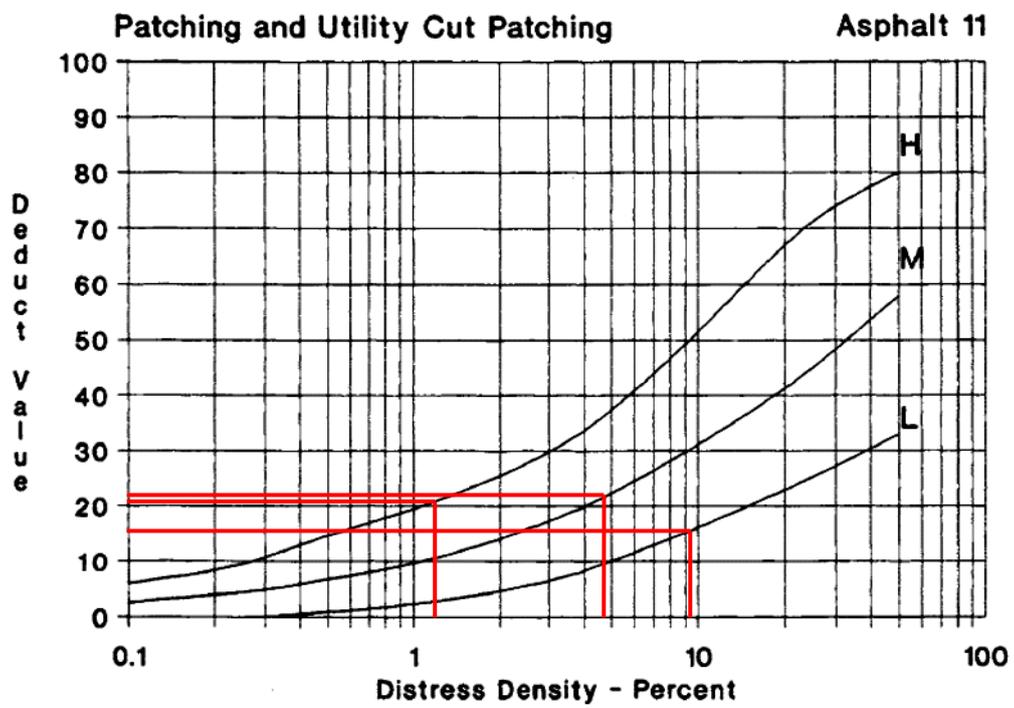
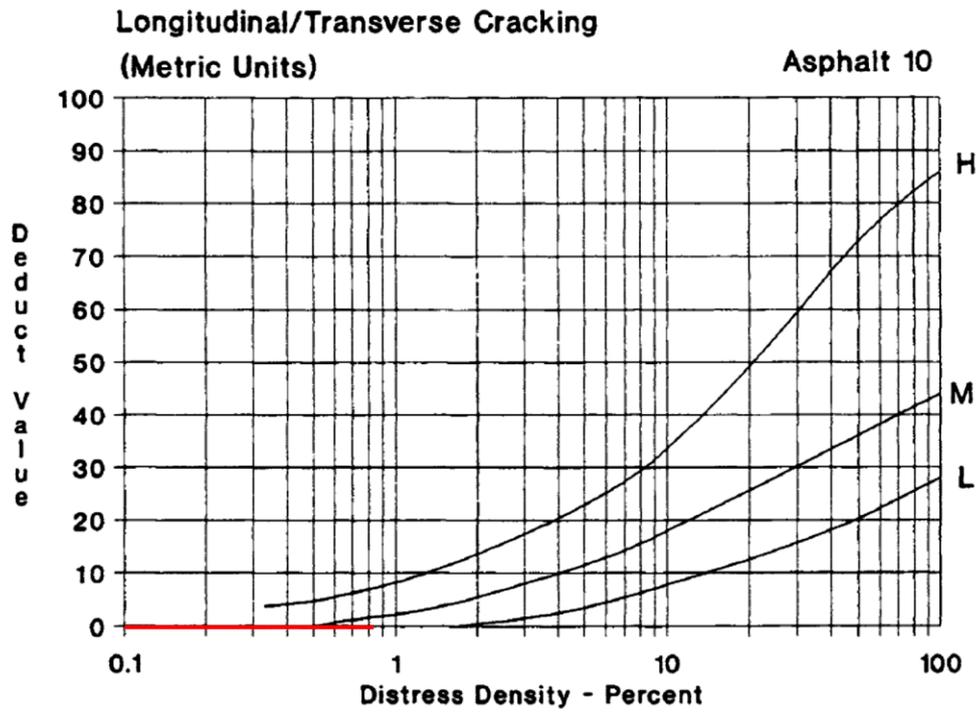


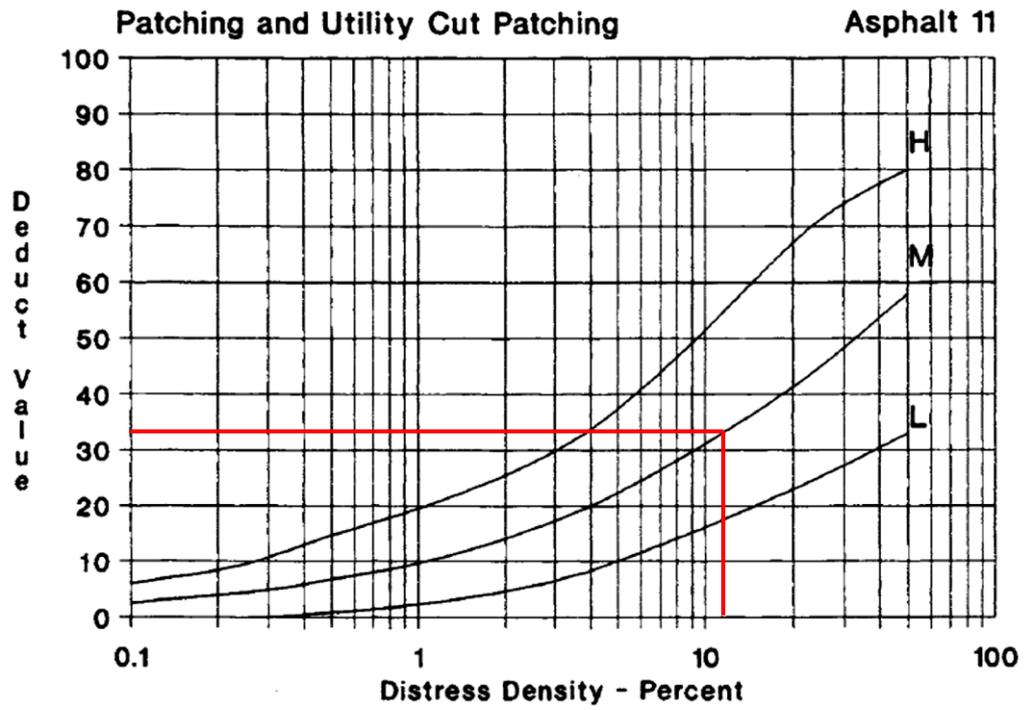
MAX. CDV = 32

PCI = 100 - 32 = 68

CLASIFICACIÓN = Regular

Gráficas B13. Valores deducidos de la UM25



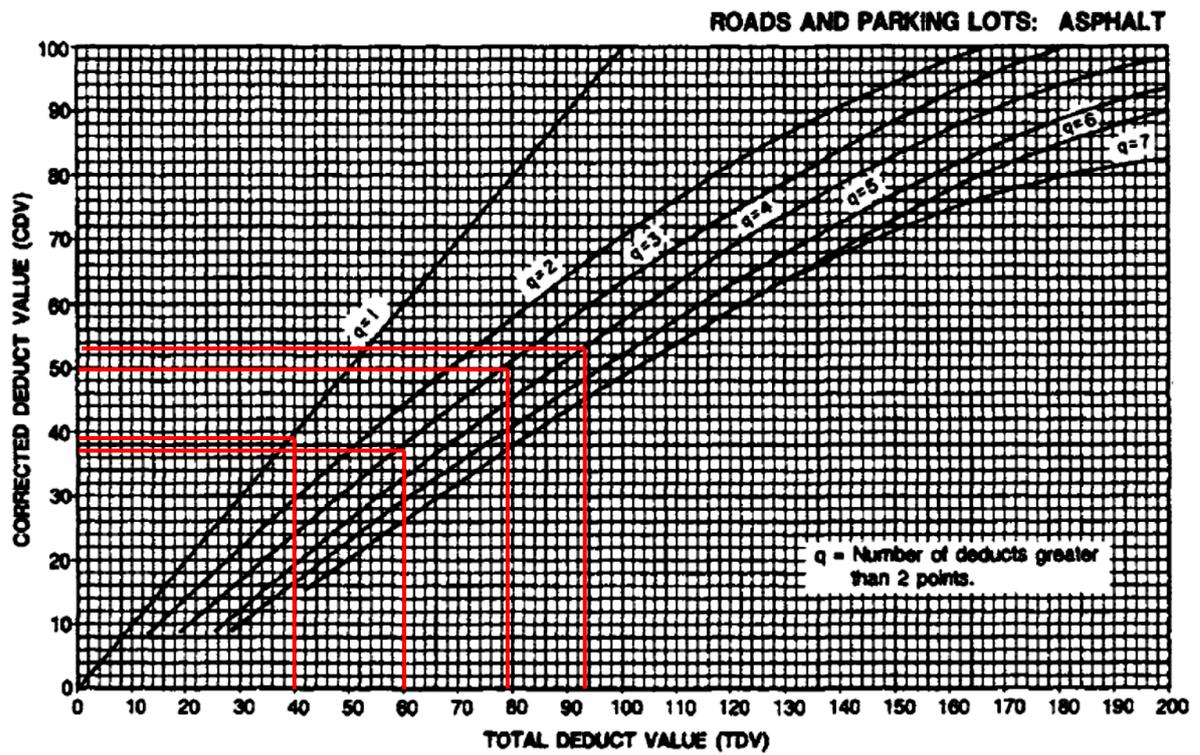


Máxima cantidad admisible de valores deducidos

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - 34)$$

$$m = 7.06$$

Gráfica de valores deducibles corregidos

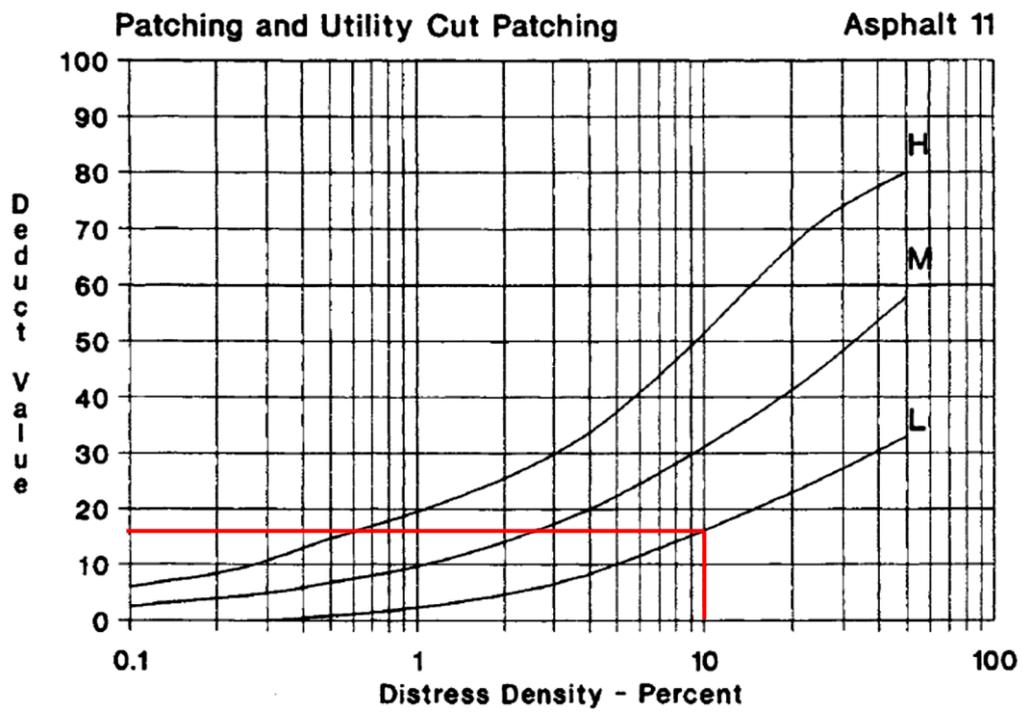
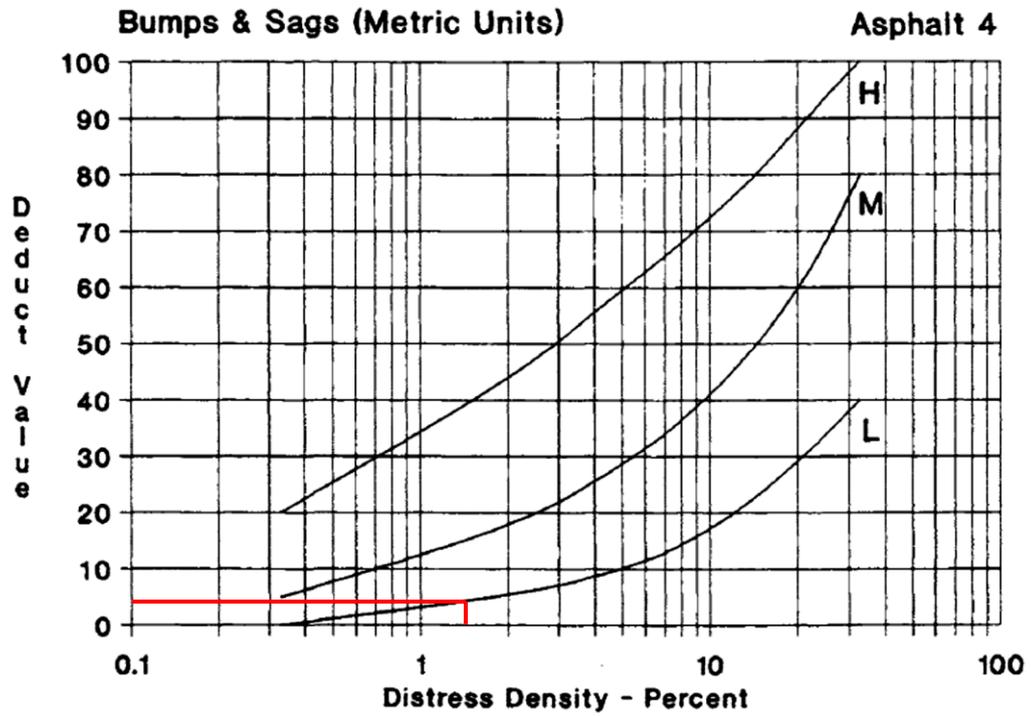


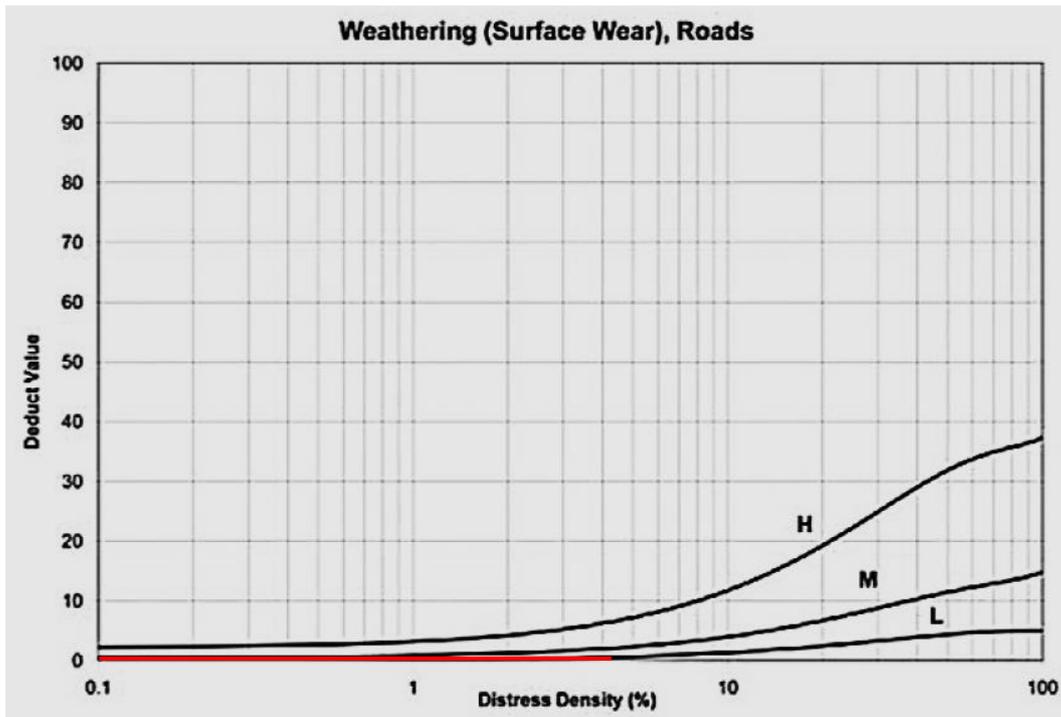
MAX. CDV = 53

PCI = $100 - 53 = 47$

CLASIFICACIÓN = Malo

Gráficas B14. Valores deducidos de la UM29



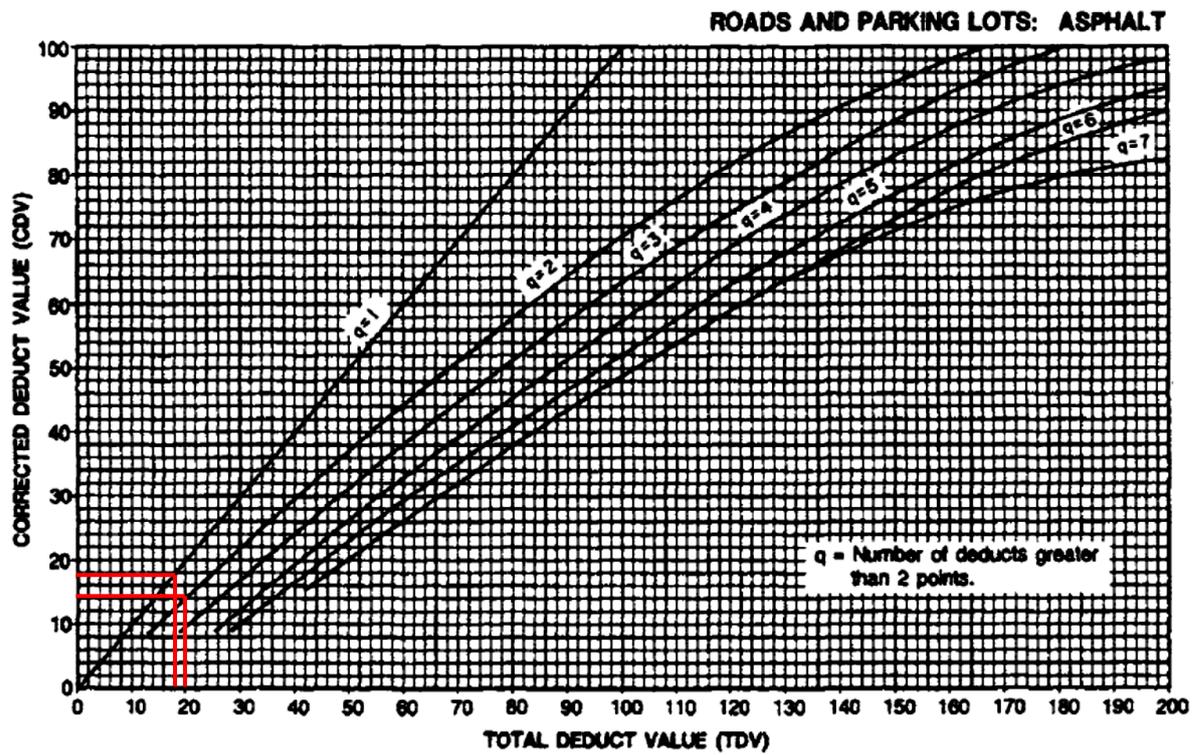


Máxima cantidad admisible de valores deducidos

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - 16)$$

$$m = 8.71$$

Gráfica de valores deducibles corregidos

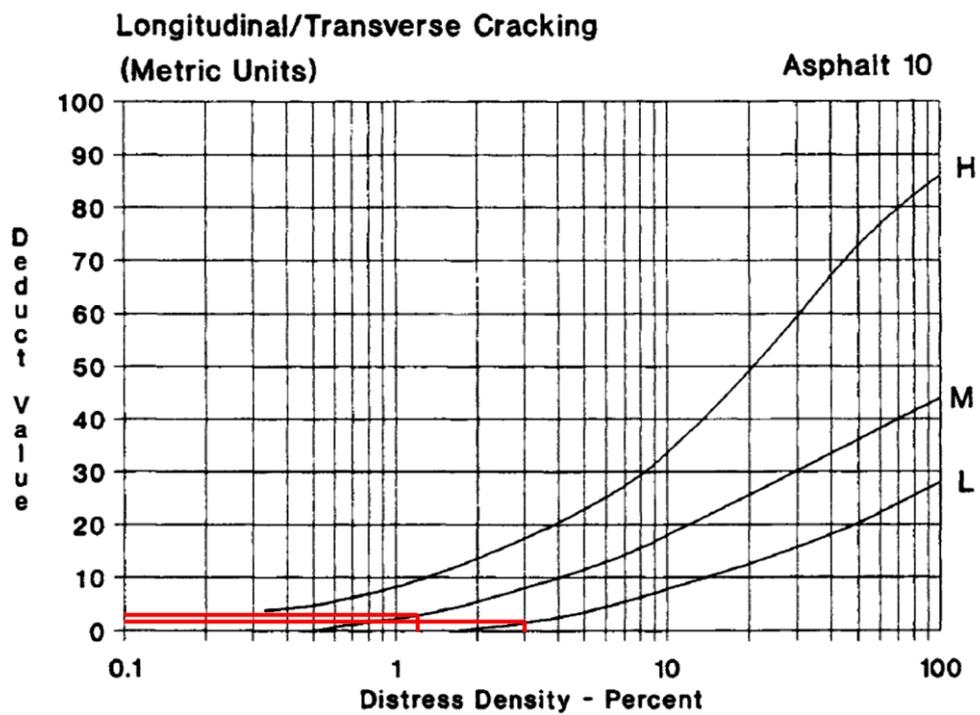
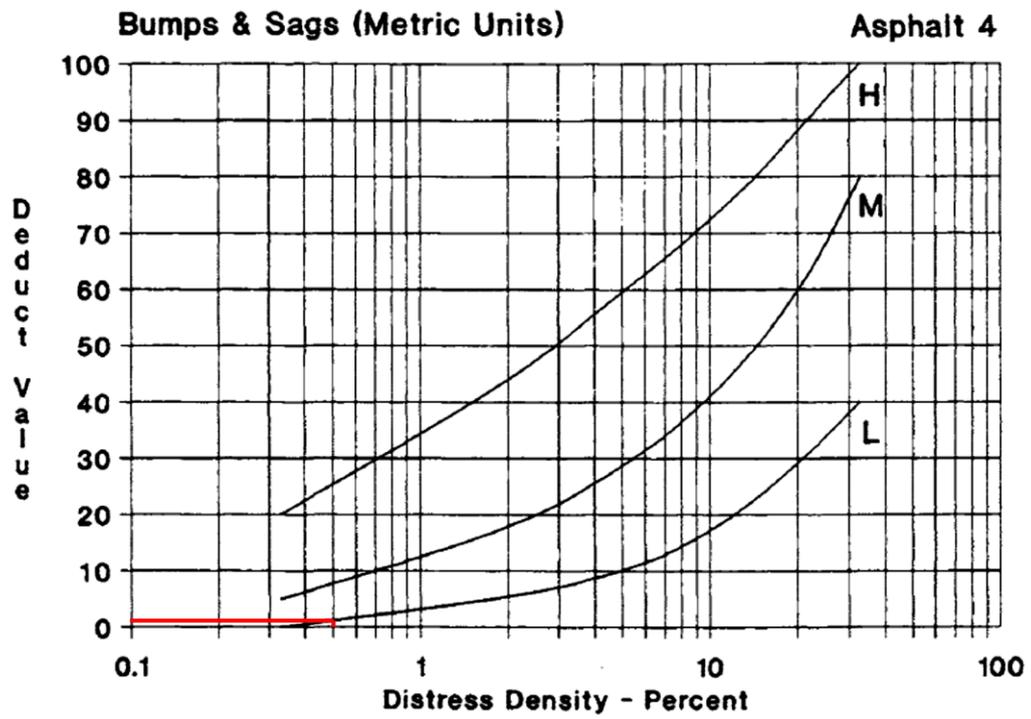


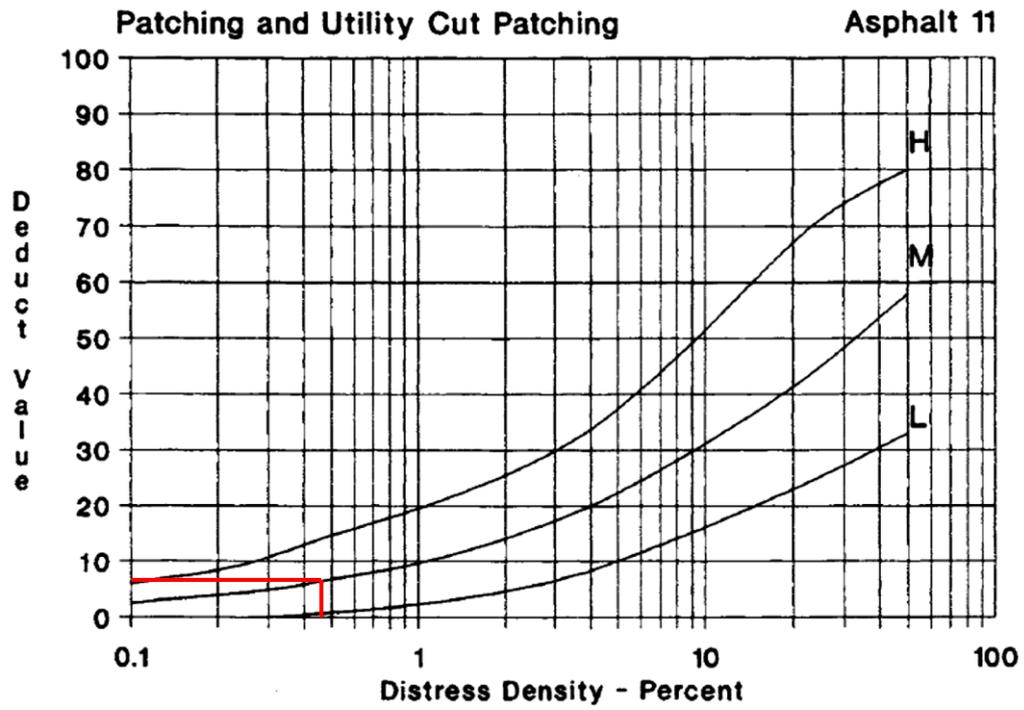
MAX. CDV = 18

PCI = 100 - 18 = 82

CLASIFICACIÓN = Satisfactorio

Gráficas B15. Valores deducidos de la UM31



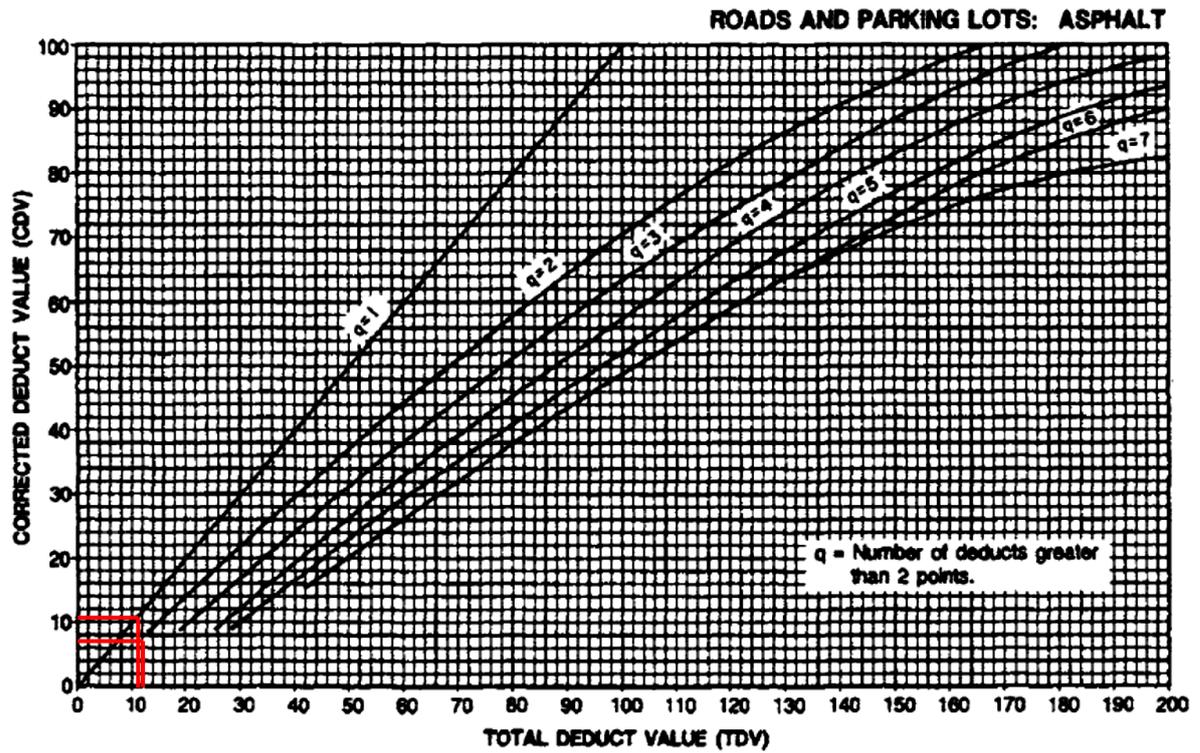


Máxima cantidad admisible de valores deducidos

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - 7)$$

$$m = 9.54$$

Gráfica de valores deducibles corregidos

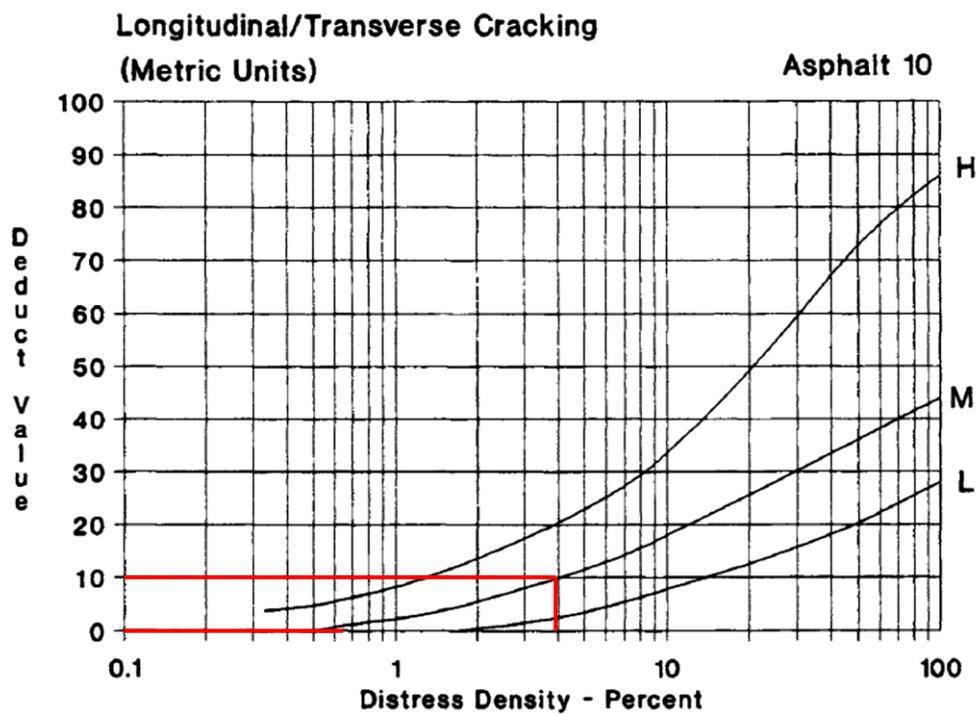
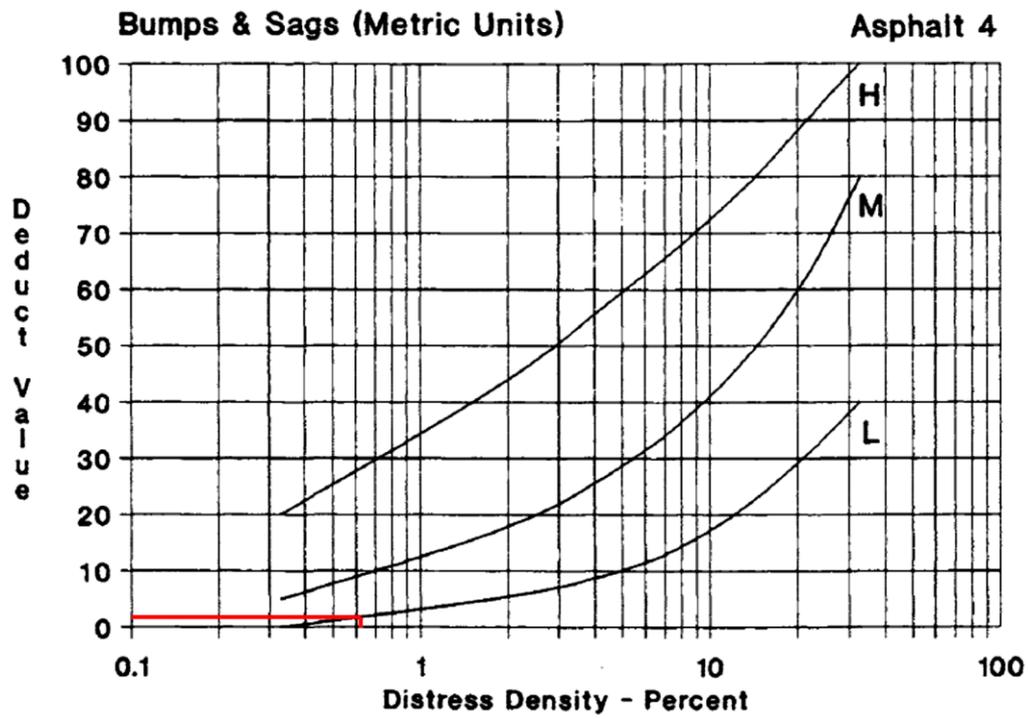


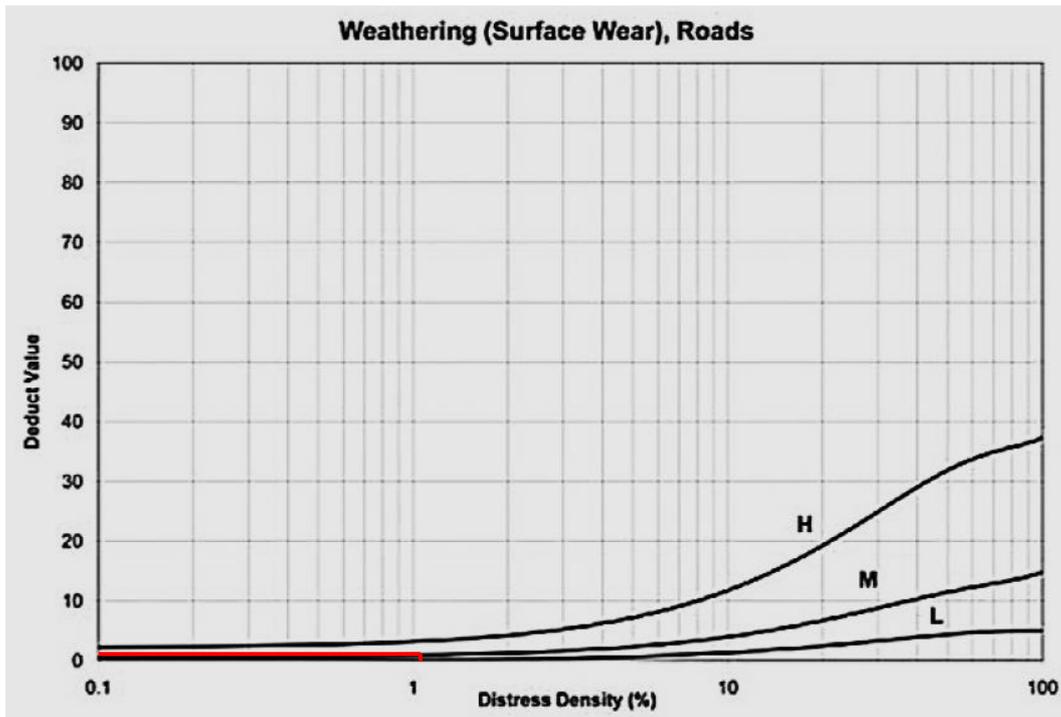
MAX. CDV = 10

PCI = 100 - 10 = 90

CLASIFICACIÓN = Bueno

Gráficas B16. Valores deducidos de la UM33





Máxima cantidad admisible de valores deducidos

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - 10)$$

$$m = 9.27$$

Gráfica de valores deducibles corregidos

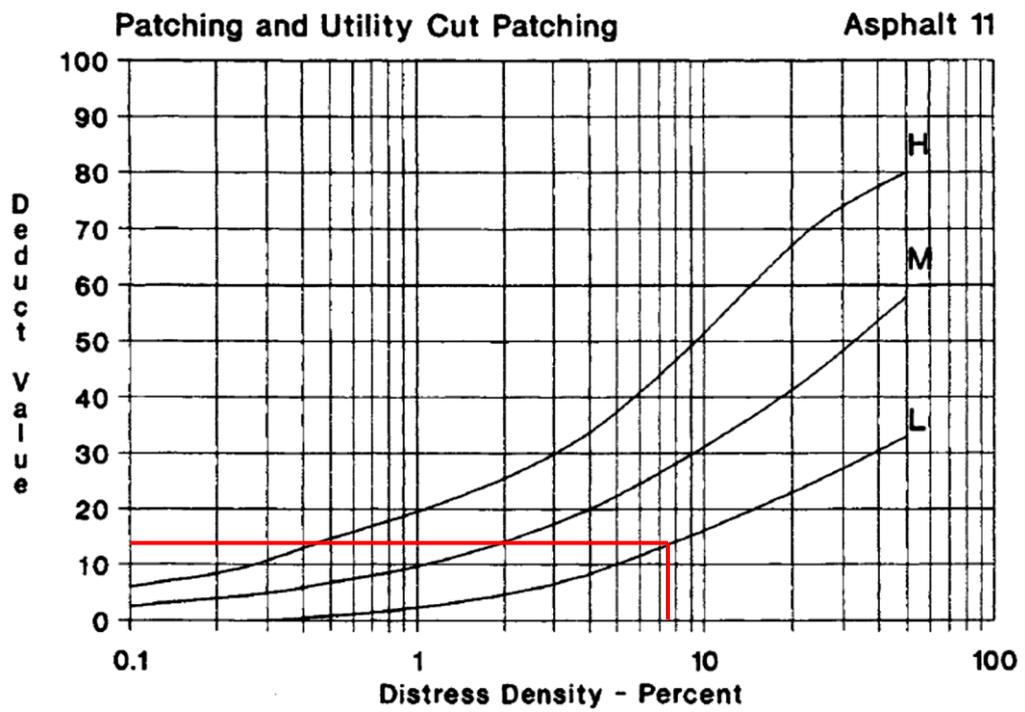
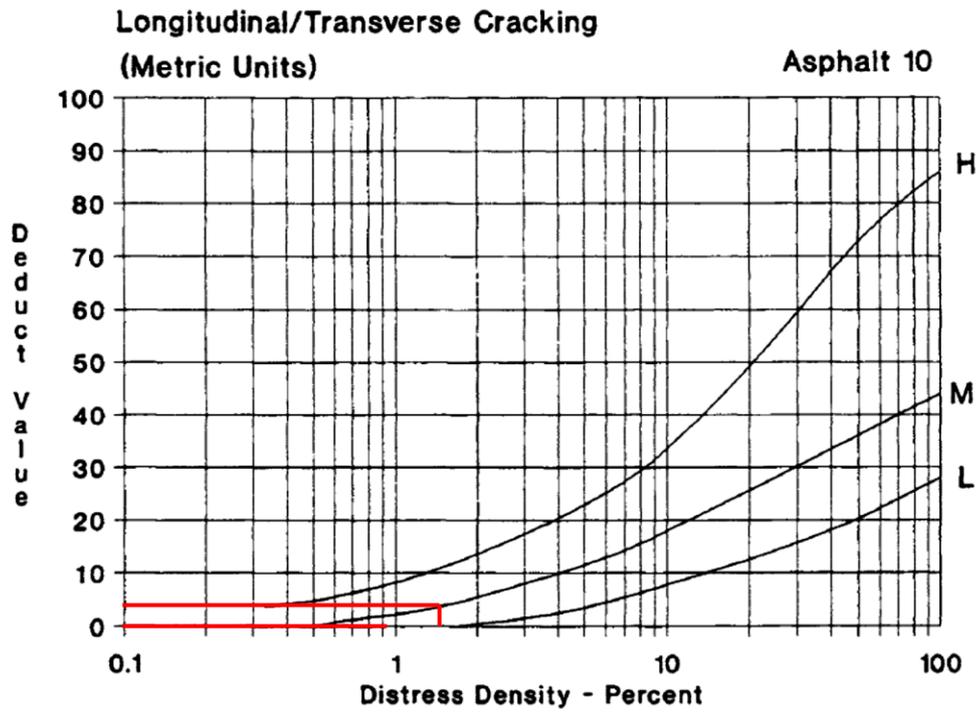
En este caso solo un valor deducible es mayor que 2, entonces se suman todos los valores deducibles y se restan de 100 para obtener el PCI de la unidad.

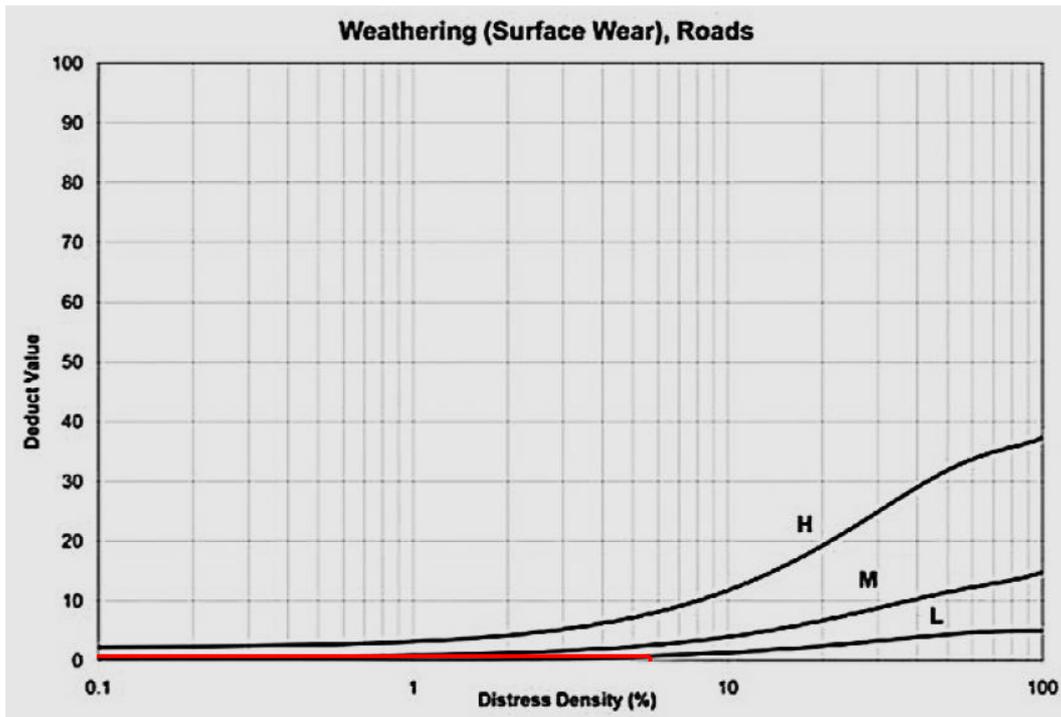
SUMA DE VALORES DEDUCIDOS= 13

$$\text{PCI} = 100 - 13 = 87$$

CLASIFICACIÓN = Bueno

Gráficas B17. Valores deducidos de la UM35



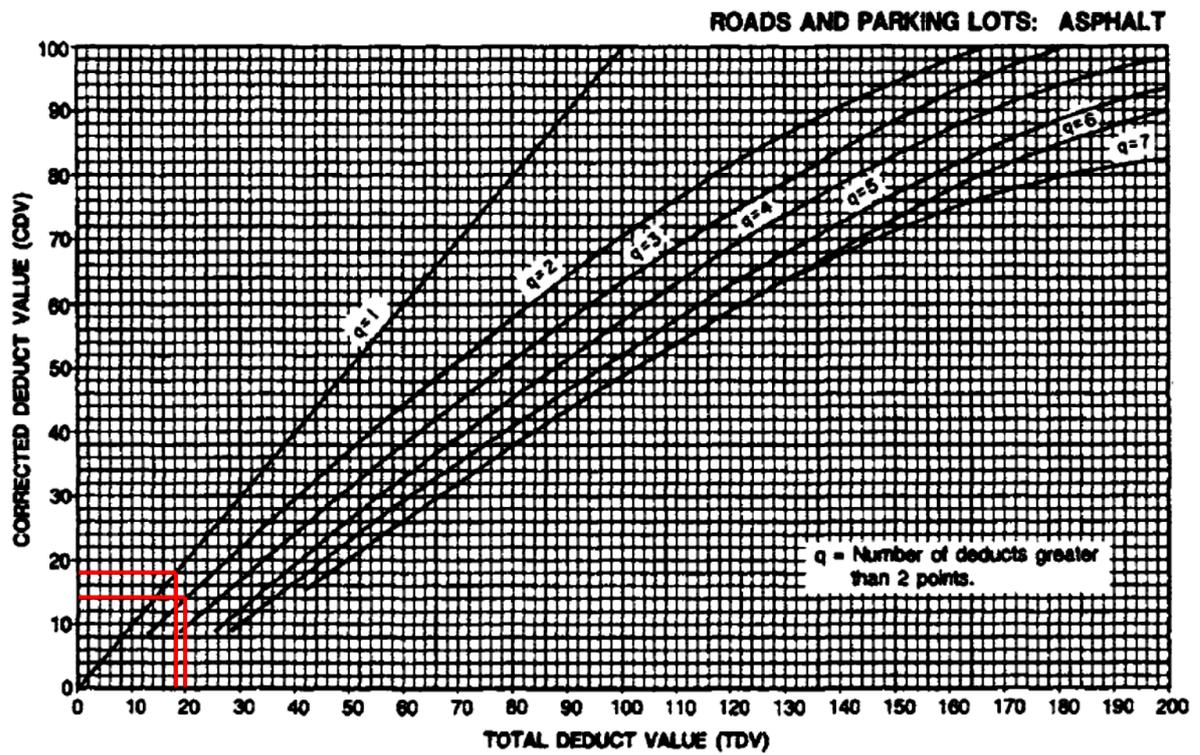


Máxima cantidad admisible de valores deducidos

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - 14)$$

$$m = 8.90$$

Gráfica de valores deducibles corregidos



MAX. CDV = 18

PCI = 100 - 18 = 82

CLASIFICACIÓN = Satisfactorio

Anexo C. Panel fotográfico



Figura C1. Fisura de borde de nivel de severidad media localizada en la unidad de muestra UM 01, tramo I

Fuente: Propia



Figura C2. Fisuras de nivel de severidad baja localizada en la unidad de muestra UM 01, tramo I

Fuente: Propia



Figura C3. Exudación de nivel de severidad baja localizada en la unidad de muestra UM 03, tramo I

Fuente: Propia



Figura C4. Piel de cocodrilo de nivel de severidad baja localizada en la unidad de muestra UM 05, tramo I

Fuente: Propia



Figura C5. Abultamiento y hundimientos de nivel de severidad baja localizada en la unidad de muestra UM 07, tramo I

Fuente: Propia



Figura C6. Baches de nivel de severidad alto localizada en la unidad de muestra UM 09, tramo I

Fuente: Propia



Figura C7. Desgaste por intemperismo de nivel de severidad media localizada en la unidad de muestra UM 09, tramo I

Fuente: Propia

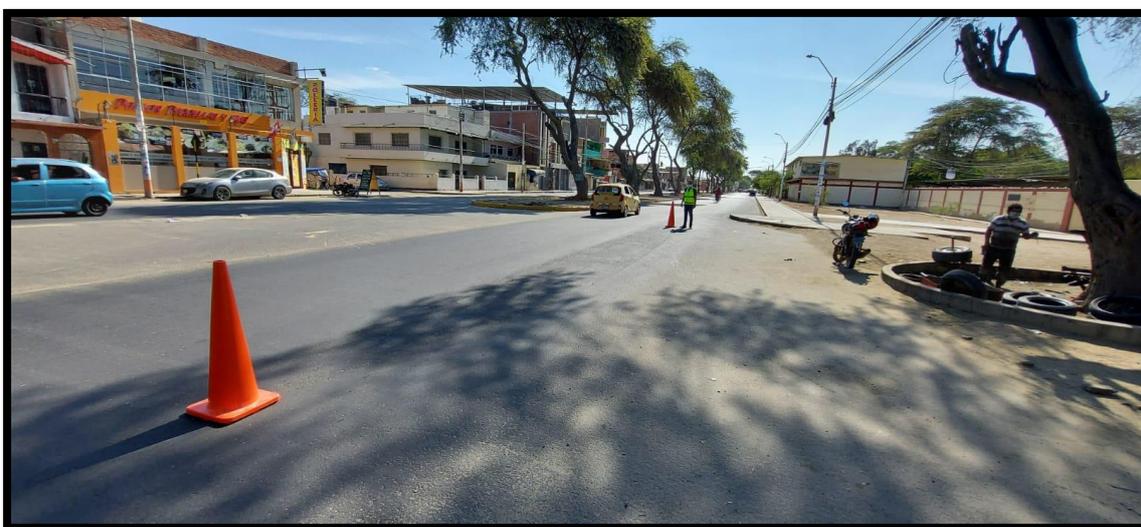


Figura C8. Desgaste por intemperismo de nivel de severidad baja localizada en la unidad de muestra UM 11, tramo I

Fuente: Propia

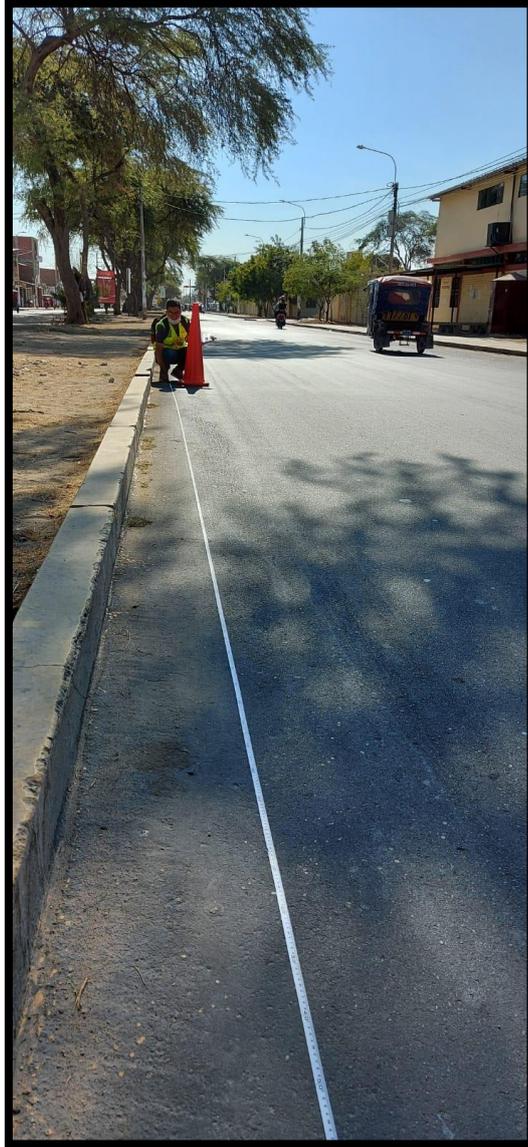


Figura C9. Corrugación de nivel de severidad baja localizada en la unidad de muestra UM 11, tramo I

Fuente: Propia



Figura C10. Exudación de nivel de severidad baja localizada en la unidad de muestra UM 15, tramo I

Fuente: Propia



Figura C11. Desprendimiento de agregado de nivel de severidad baja localizada en la unidad de muestra UM 17, tramo I

Fuente: Propia



Figura C12. Parches de nivel de severidad media localizada en la unidad de muestra UM 19, tramo II

Fuente: Propia



Figura C13. Parches de nivel de severidad media localizada en la unidad de muestra UM 19, tramo II

Fuente: Propia



Figura C14. Parches de nivel de severidad media localizada en la unidad de muestra UM 19, tramo II

Fuente: Propia



Figura C15. Abultamiento y hundimiento de nivel de severidad media localizada en la unidad de muestra UM 21, tramo II

Fuente: Propia

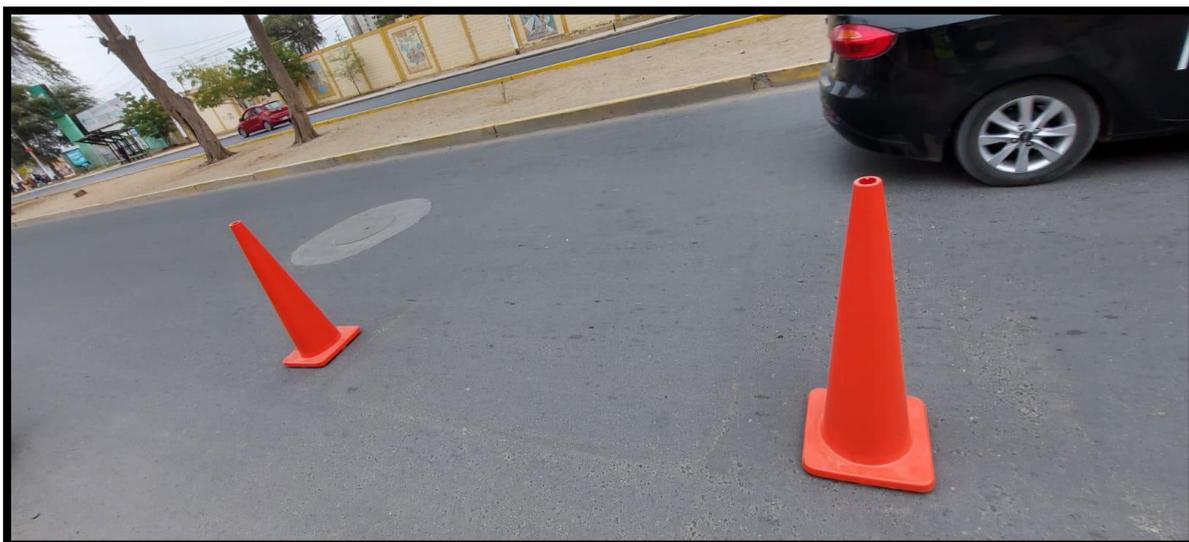


Figura C16. Parches de nivel de severidad baja localizada en la unidad de muestra UM 21, tramo II

Fuente: Propia



Figura C17. Parches de nivel de severidad baja localizada en la unidad de muestra UM 21, tramo II

Fuente: Propia



Figura C18. Parches de nivel de severidad baja localizada en la unidad de muestra UM 23, tramo II

Fuente: Propia



Figura C19. Fisuras de nivel de severidad baja localizada en la unidad de muestra
UM 23, tramo II
Fuente: Propia



Figura C20. Fisuras de nivel de severidad baja localizada en la unidad de muestra
UM 23, tramo II
Fuente: Propia



Figura C21. Abultamiento y hundimiento de nivel de severidad baja localizada en la unidad de muestra UM 23, tramo II

Fuente: Propia



Figura C22. Parches de nivel de severidad alto localizada en la unidad de muestra UM 25, tramo II

Fuente: Propia



Figura C23. Parches de nivel de severidad baja localizada en la unidad de muestra UM 25, tramo II

Fuente: Propia



Figura C24. Fisuras de nivel de severidad baja localizada en la unidad de muestra

UM 27, tramo II

Fuente: Propia



Figura C25. Fisuras de nivel de severidad alta localizada en la unidad de muestra UM 27, tramo II
Fuente: Propia



Figura C26. Parches de nivel de severidad baja localizada en la unidad de muestra UM 29, tramo II
Fuente: Propia



Figura C27. Parches de nivel de severidad baja localizada en la unidad de muestra UM 29, tramo II

Fuente: Propia



Figura C28. Parches de nivel de severidad baja localizada en la unidad de muestra UM 31, tramo II

Fuente: Propia



Figura C29. Abultamiento y hundimiento de nivel de severidad baja localizada en la unidad de muestra UM 31, tramo II

Fuente: Propia



Figura C30. Fisuras de nivel de severidad baja localizada en la unidad de muestra
UM 31 tramo II
Fuente: Propia



Figura C31. Fisuras de nivel de severidad baja localizada en la unidad de muestra
UM 31 tramo II
Fuente: Propia



Figura C32. Abultamiento y hundimiento de nivel de severidad baja localizada en la unidad de muestra UM 33 tramo II

Fuente: Propia



Figura C33. Fisuras de nivel de severidad media localizada en la unidad de muestra UM 33 tramo II

Fuente: Propia



Figura C34. Desgaste por intemperismo de nivel de severidad baja localizada en la unidad de muestra UM 35 tramo II

Fuente: Propia



Figura C35. Fisuras de nivel de severidad media localizada en la unidad de muestra UM 35 tramo II

Fuente: Propia