



Universidad Científica del Perú - UCP
*Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000318, Personas Jurídicas de Iquitos,
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP*

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**Medición del índice de rugosidad internacional con
perfilómetro estático merlín y nivel de severidad en
avenida guardia civil Iquitos 2021**

Autor:

Vásquez Álava, María del Mar

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ASESOR:

Ing. Erlin Guillermo Cabanillas Oliva, Dr.

Erlin Guillermo Cabanillas Oliva
INGENIERO CIVIL - Reg. CIP 44807

Loreto, Maynas, San Juan Bautista

Marzo 2022

DEDICATORIA

Dedico esta Tesis a mi
mamacita Gladys Alava
Odicio, por ser mi apoyo y
darme las fuerzas para ser
constante con mis sueños
de crecimiento personal y
profesional.

La autora

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por ser nuestro guía y darnos las fuerzas para seguir adelante en cada desafío; en segundo lugar, a mis familiares por ser quienes han hecho posible la ejecución de esta investigación, asimismo a la Universidad Científica del Perú y haber permitido ampliar y profundizar mi formación profesional.

La autora

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

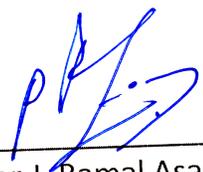
La Tesis titulada:

**“MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL CON PERFILÓMETRO
ESTÁTICO MERLÍN Y NIVEL DE SEVERIDAD EN AVENIDA GUARDIA CIVIL
IQUITOS 2021”**

De los alumnos: **VÁSQUEZ ÁLAVA MARÍA DEL MAR**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **10% de plagio**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 07 de Noviembre del 2022.



Dr. César J. Ramal Asayag
Presidente del Comité de Ética – UCP

Document Information

Analyzed document	UCP_INGENIERIA_2022_TESIS_MARIAVASQUEZ_V1.pdf (D146812835)
Submitted	10/18/2022 6:41:00 PM
Submitted by	Comisión Antiplagio
Submitter email	revision.antiplagio@ucp.edu.pe
Similarity	10%
Analysis address	revision.antiplagio.ucp@analysis.arkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/339/Guzman-Navarro-Marco-Antonio-Christian.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 12/17/2021 7:38:54 PM		3
W	URL: https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/2857/Shirley_Nelly_Tesis_bachiller_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 12/7/2021 10:30:41 AM		15
W	URL: http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/3351/3/CIVIL%20-%20Fernando%20Paredes%20Vela%20%20%26%20Jorge%20Jersson%20Delgado%20Mego.pdf.txt Fetched: 7/17/2021 2:40:17 AM		10
SA	Anderson Flores Díaz-PT-IC.pdf Document Anderson Flores Díaz-PT-IC.pdf (D141585258)		1
SA	Huaccha Montenegro Cristhian Jhon.pdf Document Huaccha Montenegro Cristhian Jhon.pdf (D140095724)		21
W	URL: https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/3466/Wilder_Arnold_Tesis_bachiller_2019.pdf?sequence=1 Fetched: 5/30/2022 4:13:26 AM		5
SA	COD-F-REC-VAC-5.15_6 TESIS - Saldarriaga Rodriguez.pdf Document COD-F-REC-VAC-5.15_6 TESIS - Saldarriaga Rodriguez.pdf (D143018799)		1
SA	ALVARADO FREILE TESIS2.docx Document ALVARADO FREILE TESIS2.docx (D15879979)		1
SA	TESIS 2 FINALIZADO JORDY VIRGILIO REYNA CURIHUAMAN PDF.pdf Document TESIS 2 FINALIZADO JORDY VIRGILIO REYNA CURIHUAMAN PDF.pdf (D141768247)		8

Entire Document

i FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL TESIS Medición del índice de rugosidad internacional con perfilómetro estático merlín y nivel de severidad en avenida guardia civil Iquitos 2021 Autor: Vásquez Álava, María del Mar PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL ASESOR: Ing. Erlin Guillermo Cabanillas Oliva, Dr. Loreto, Maynas, San Juan Bautista Marzo 2022

ii DEDICATORIA Dedico esta Tesis a mi mamacita Gladys Alava Odicio, por ser mi apoyo y darme las fuerzas para ser constante con mis sueños de crecimiento personal y profesional. La autora

iii AGRADECIMIENTO Agradezco en primer lugar a Dios por ser nuestro guía y darnos las fuerzas para seguir adelante en cada desafío; en segundo lugar, a mis familiares por ser quienes han hecho posible la ejecución de esta investigación, asimismo a la Universidad Científica del Perú y haber permitido ampliar y profundizar mi formación profesional. La autora

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

**FACULTAD DE
CIENCIAS E
INGENIERÍA**

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal **Nº236-2020-UCP-FCEI** de fecha 17 de Agosto de 2020, La FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- | | |
|--|------------|
| • Ing. Félix Wong Ramírez, M. Sc. | Presidente |
| • Ing. Keuson Saldaña Ferreyra, Mg. | Miembro |
| • Ing. Juan Jesús Ocaña Aponte, M. Sc. | Miembro |

Como Asesor: **Ing. Erlin Guillermo Cabanillas Oliva, Dr.**

En la ciudad de Iquitos, siendo las 11:00 horas del día 06 de Diciembre del 2022, a través de la plataforma ZOOM supervisado en línea por el secretario académico del programa académico de Ingeniería civil de la facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Científica del Perú, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: **“MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL CON PERFILÓMETRO ESTÁTICO MERLÍN Y NIVEL DE SEVERIDAD EN AVENIDA GUARDIA CIVIL IQUITOS 2021”**.

Presentado por la sustentante:

MARÍA DEL MAR VÁSQUEZ ÁLAVA

Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: **ABSUELTAS**

El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **APROBADA POR MAYORÍA**

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.



Presidente



Miembro



Miembro

HOJA DE APROBACIÓN PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL

BACHILLER: MARIA DEL MAR VÁSQUEZ ÁLAVA

La Tesis sustentada en acto público el día 06 de diciembre de 2022, a las 11: 00 horas, en las instalaciones de la UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ.



ING. FELIX WONG RAMIREZ, M. SC
PRESIDENTE DE JURADO



ING. KEUSON SALDAÑA FERREYRA, MG
MIEMBRO DE JURADO



ING. JUAN JESUS OCAÑA APONTE, M. SC
MIEMBRO DE JURADO



ING. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA, DR
ASESOR

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido

Medición del índice de rugosidad internacional con perfilómetro estático merlín y nivel de severidad en avenida guardia civil lquitos 2021.....	i
AGRADECIMIENTO.....	iii
ACTA DE SUSTENTACIÓN.....	iv
HOJA DE APROBACIÓN.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE CUADROS O TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
1.0. Capítulo. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes del estudio.....	1
1.1.1. Antecedente internacional.....	1
1.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	2
1.1.3. ANTECEDENTE REGIONAL.....	8
1.2. Bases teóricas.....	10
1.2.1. Pavimentos (Montejo Fonseca, 2006).....	10
1.2.2. Las Funciones de la estructura de un pavimento.....	11
1.2.3. Pavimentos Asfálticos.....	12
1.2.4. El Pavimento Flexible.....	14
1.2.4.1. Resistencia estructural del pavimento.....	15
1.2.4.2. Durabilidad.....	15
1.2.4.3. Requerimientos de conservación.....	16
1.2.4.4. Comodidad.....	16
1.2.4.5. La sub - base.....	16
1.2.4.6. Base.....	17
1.2.4.7. Terracería.....	18
1.2.5. Proceso de modelación y diseño de pavimentos flexibles.....	19
1.2.6. Factores de Diseño.....	19
1.2.6.1. Transito.....	19
1.2.6.2. Subrasante.....	19
1.2.6.3. Clima.....	21
1.2.6.4. Materiales.....	21
1.2.7. Evaluación de Pavimentos.....	22
1.2.7.1. Tipos de Fallas en un Pavimento Flexible.....	23
1.2.7.2. Falla por insuficiencia estructural.....	23
1.2.7.3. Falla por defectos constructivos.....	24
1.2.7.4. Falla por fatiga.....	24
1.3. Índice de condición del pavimento, PCI.....	24
1.3.1.1. Unidades de Muestreo:.....	26
1.3.1.2. Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación:.....	27
1.3.1.3. Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección:.....	28
1.3.1.4. Selección de Unidades de Muestreo Adicionales:.....	28
1.3.1.5. Evaluación de la Condición:.....	29
1.3.1.6. Cálculo del pci de las unidades de muestreo.....	30
1.3.1.7. Cálculo para Carreteras con Capa de Rodadura Asfáltica:.....	30
1.3.2. Manual de daños para índice de condición de pavimentos.....	32
1.3.2.1. Calidad de tránsito (Ride Quality).....	32
1.3.3. Curvas para pavimentos asfálticos. (Ábacos para determinar los valores deducidos).....	35
1.4. Índice de Serviciabilidad o Calificación (PSI).....	41
1.4.1. Relaciones entre PSI e IRI.....	44
1.5. Metodología para la determinación de la rugosidad.....	46
1.5.1.1. Perfilómetro Estático Rugosímetro MERLIN.....	46
1.5.2. Fundamentos Teóricos.....	46
1.5.2.1. Correlaciones D versus IRI.....	48
1.5.2.2. Análisis de medición.....	49
1.5.2.3. Ejecución del método Merlín.....	52
1.6. Definición de Términos Básicos.....	53
2.0. Capítulo II. Planteamiento del Problema.....	56

2.1.	Descripción del Problema.....	56
2.2.	Formulación del Problema.....	57
2.2.1.	Problema general	57
2.2.2.	Problemas específicos	57
2.3.	Objetivos	57
2.3.1.	Objetivo general	57
2.3.2.	Objetivos específicos.....	58
3.0.	Capitulo III: METODOLOGÍA.....	58
3.1.	Tipo y Diseño de investigación	58
3.1.1	Tipo de investigación.....	58
3.1.2.	Diseño de investigación.....	58
3.2.	Población y muestra	59
3.2.1.	Población.....	59
3.2.2.	Muestra	59
3.3.	Técnicas, instrumentos y procedimiento de recolección de dato.....	59
3.3.1.	Técnicas de Recolección de datos	59
3.3.2.	Instrumentos de recolección de datos.	59
3.3.3.	Procedimientos de Recolección de datos.....	63
3.3.3.1.	cálculo de la rugosidad.....	63
3.3.3.2.	Cálculo del rango "D".....	64
3.3.3.3.	Cálculo del factor de corrección.	65
3.3.3.4.	Cálculo del rango "D" corregido.....	65
3.3.3.5.	Cálculo del IRI.	66
3.3.3.6.	Cálculo del IRI Característico.	66
3.3.3.7.	Cálculo del nivel de servicio.	67
3.3.3.8.	Cálculo del PCI de las unidades de muestreo	74
3.4.	Procesamiento y análisis de datos.	85
3.4.1.	Procesamiento y análisis de datos de la medición de la rugosidad método Merlín.....	85
3.4.2.	Procesamiento y análisis de datos de la Metodología PCI (PavementConditionÍndex).....	93
4.0.	Capitulo IV. RESULTADOS.....	141
4.1.	Resultados obtenidos con perfilómetro estático MERLIN.....	141
4.2.	Resultados de los niveles de severidad presente de la severidad (PCI) (Pavement Condition Índex). del pavimento flexible.....	142
5.0.	Capitulo V. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	145
5.1.	Discusión	145
5.2.	Conclusiones.....	145
5.3.	Recomendaciones.....	146
6.0.	Referencias Bibliográficas.	147
ANEXOS	150
Anexo 1.	Matriz de Consistencia	150
Anexo 2.	Panel fotográfico las progresivas 0+000 a 1+200 de lado derecho y del izquierdo.....	152

ÍNDICE DE CUADROS O TABLAS.

Tabla 1.	Materiales de Sub-Base.....	17
Tabla 2.	Materiales de Base.....	18
Tabla 3.	Tipos de fallas o Daños en vías con superficie asfáltico.....	33
Tabla 3.	Escala de severidad.....	42
Tabla 5.	Relaciones entre PSI e IRI	45
Tabla 6.	Clasificación de equipos para la medición del IRI	50
Tabla 7	Formato para recolección de datos progresiva lado derecha 0+000 a 0+400.....	68
Tabla 8.	Formato para recolección de datos progresiva lado izquierda 0+000 a 0+400.....	69
Tabla 9.	Formato para recolección de datos progresiva lado derecha 0+400 a 0+800.....	70
Tabla 10.	Formato para recolección de datos progresiva lado izquierda 0+400 a 0+800.....	71
Tabla 11.	Formato para recolección de datos progresiva lado derecha 0+800 a 1+200.....	72
Tabla 12.	Formato para recolección de datos progresiva lado izquierda 0+800 a 1+200.....	73
Tabla 13.	Tipos de fallas o Daños en vías con superficie de concreto asfáltico.	77
Tabla 14.	Formato para recolección de datos progresiva 0-000 a 0+400 UM01.....	77
Tabla 15.	Formato para recolección de datos progresiva 0-000 a 0+400 UM02.....	78
Tabla 16.	Formato para recolección de datos progresiva 0-000 a 0+400 UM03.....	78
Tabla 17.	Formato para recolección de datos progresiva 0-000 a 0+400 UM04.....	79
Tabla 18.	Formato para recolección de datos progresiva 0-000 a 0+400 UM05.....	79
Tabla 19.	Formato para recolección de datos progresiva 0-400 a 0+800 UM06.....	80

Tabla 20.	Formato para recolección de datos progresiva 0-400 a 0+800 UM07.....	80
Tabla 21.	Formato para recolección de datos progresiva 0-400 a 0+800 UM08.....	81
Tabla 22.	Formato para recolección de datos progresiva 0-400 a 0+800 UM09.....	81
Tabla 23.	Formato para recolección de datos progresiva 0-400 a 0+800 UM10.....	82
Tabla 24.	Formato para recolección de datos progresiva 0-800 a 1+200 UM11.....	82
Tabla 25.	Formato para recolección de datos progresiva 0-400 a 0+800 UM07.....	83
Tabla 26.	Formato para recolección de datos progresiva 0-400 a 0+800 UM07.....	83
Tabla 27.	Formato para recolección de datos progresiva 0-400 a 0+800 UM07.....	84
Tabla 28.	Formato para recolección de datos progresiva 0-400 a 0+800 UM07.....	84
Tabla 29.	IRI y la Serviciabilidad.....	86
Tabla 30.	Determinación de rugosidad por el método MERLIN Progresiva 0+000 – 0+400 – Lado Izquierdo.....	87
Tabla 31.	Determinación de rugosidad por el método MERLIN Progresiva 0+000 – 0+400 – Lado derecho	88
Tabla 32.	Determinación de rugosidad por el método MERLIN Progresiva 0+400 – 0+800 – Lado Izquierdo.....	89
Tabla 33.	Determinación de rugosidad por el método MERLIN Progresiva 0+400 – 0+800 – Lado derecho.....	90
Tabla 34.	Determinación de rugosidad por el método MERLIN Progresiva 0+800 – 1+200 – Lado Izquierdo.....	91
Tabla 35.	Determinación de rugosidad por el método MERLIN Progresiva 0+800 – 1+200 – Lado derecho.....	92
Tabla 36.	Muestra UM1 - Progresiva 0+000 – 0+400 PCI	93
Tabla 37.	Muestra UM2 - Progresiva 0+000 – 0+400 PCI	97
Tabla 38.	Muestra UM3 - Progresiva 0+000 – 0+400 PCI	100
Tabla 39.	Muestra UM4 - Progresiva 0+000 – 0+400 PCI	103
Tabla 40.	Muestra UM5 - Progresiva 0+000 – 0+400 PCI	107
Tabla 41.	Muestra UM6 - Progresiva 0+000 – 0+400 PCI	110
Tabla 42.	Muestra UM7 - Progresiva 0+000 – 0+400 PCI	113

Tabla 43.	Muestra UM8 - Progresiva 0+000 – 0+400 PCI	116
Tabla 44.	Muestra UM9 - Progresiva 0+000 – 0+400 PCI	119
Tabla 45.	Muestra UM10 - Progresiva 0+000 – 0+400 PCI	122
Tabla 46.	Muestra UM11 - Progresiva 0+000 – 0+400 PCI	125
Tabla 47.	Muestra UM12 - Progresiva 0+000 – 0+400 PCI	129
Tabla 48.	Muestra UM13 - Progresiva 0+000 – 0+400 PCI	132
Tabla 49.	Muestra UM14 - Progresiva 0+000 – 0+400 PCI	135
Tabla 50.	Muestra UM15 - Progresiva 0+000 – 0+400 PCI	138

ÍNDICE DE IMÁGENES.

Figura 1.	Corte transversal de secciones de pavimento asfáltico.....	12
Figura 2.	Pavimentos flexibles	14
Figura 3.	Sección de pavimentos flexibles.	15
Figura 4.	Rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.....	25
Figura6.	Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica.....	26
Figura 5.	Longitud de unidades de muestreo asfálticas.....	26
Figura 7.	Estado vial según la rugosidad. Especificaciones técnicas generales para la conservación de carreteras MTC.....	41
Figura 8.	Escala de Rugosidad IRI (m/Km). Para diferentes tipos de vías.....	43
Figura 9.	Perfil - Medición de las desviaciones	46
Figura 10.	Histograma de la distribución de frecuencias	47
Figura 11.	Esquema del rugosímetro Merlin	51
Figura 12.	Esquema del rugosímetro Merlin en cortes A-A y B-B.....	51
Figura 13.	Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto del nivel de referencia o cuerda promedio (mid-cord-deviations).....	52
Figura 14.	Muestra de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica	53
Figura 15.	Formato de recolección de datos de campo para medición de la rugosidad método Merlín.....	39
Figura 22.	Ubicación de proyecto. 19 de julio / Av.Guardia Civil.....	143
Figura 23.	Ubicación de proyecto. Av. Guardia Civil /Av. Quiñonez	144
Figura 24.	Ubicación de proyecto. Av. Guardia Civil	134

RESUMEN

Mediante el uso de la metodología del rugosímetro de MERLIN, se puede calcular el índice de rugosidad internacional (IRI), por consiguiente, el índice de serviciabilidad presente (PSI), al aplicar este procedimiento a nuestras muestras de estudio del pavimento flexible de la Av. Guardia Civil, se obtuvo un resultado que determina que la vía en estudio tiene un nivel de servicio REGULAR, ya que tiene un Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) de 2.45 y un Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de 3.935 estado MALO. Y un nivel de severidad promedio (PCI) = 32.2 se encuentra en un estado POBRE

El estado Regular es debido a que no cuenta con un mantenimiento respectivo. y el estado Pobre y Muy pobre es debido a que cuenta con tipos de fallas específicas, que tiene el pavimento de la Av. Guardia Civil, siendo preocupante debido a lo importante que es esta vía.

Se recomienda generar un antecedente del estudio de la vía, la Av. Guardia Civil, correspondiente al análisis del valor del índice de rugosidad internacional del pavimento de la avenida Guardia Civil. de los niveles, de servicio, y serviciabilidad en los tramos que corresponde a la escala de valores de estado Regular es recomendable mantenimiento Preventivo- Correctivo. Y en la de Muy Pobre, Pobre y Malo, se recomienda la rehabilitación y reconstrucción.

De la hipótesis El valor del índice de rugosidad internacional del pavimento de la avenida Guardia Civil en Iquitos 2021, es 3.935. corresponde a un nivel Malo.

PALABRAS CLAVE:

Perfilómetro, Rugosidad, índice de rugosidad internacional, serviciabilidad Y severidad.

ABSTRACT

By using the MERLIN roughness meter methodology, the international roughness index (IRI) can be calculated, therefore, the present serviceability index (PSI), when applying this procedure to our study samples of the flexible pavement of the Civil Guard Avenue, a result was obtained that determines that the road under study has a REGULAR level of service, as it has a Present Serviceability Index (PSI) of 2.45 and an International Roughness Index (IRI) of 3,935 BAD status. And an average severity level (PCI) = 32.2 is in a POOR state.

The Regular status is due to the fact that it does not have a respective maintenance. and the Poor and Very poor state is due to the fact that it has specific types of faults, which has the pavement of Av. Guardia Civil, being worrying due to how important this road is.

It is recommended to generate an antecedent of the study of the road, av. Guardia Civil, corresponding to the analysis of the value of the index of international roughness of the pavement of the Guardia Civil avenue. of the levels, service, and serviceability in the sections that correspond to the scale of values of Status Regular is recommended Preventive-Corrective maintenance. And in the very poor, poor and bad, rehabilitation and reconstruction are recommended.

From the hypothesis The value of the international roughness index of the pavement of the Guardia Civil Avenue in Iquitos 2021, is 3,935. corresponds to a Bad level.

KEYWORDS:

Profilometer, Roughness, International Roughness Index, Serviceability AND Severity.

1.0. Capítulo. MARCO TEÓRICO.

1.1. Antecedentes del estudio.

1.1.1. Antecedente internacional.

“DETERIOROS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS”. Realizado por Ricardo Javier Miranda Rebolledo, de la Universidad Austral De Chile, ciudad de Valdivia en el año 2010.

Aún no se toma verdadera conciencia de que hacer mantención o conservación de pavimentación es mucho más barato que reparar el mismo pavimento, además de ahorrarnos millones de pesos, se puede ofrecer más Serviciabilidad y Confortabilidad a los conductores.

La conservación de pavimentos requiere de personal capacitado, es decir, que dominen ampliamente el tema. Para que los fondos destinados a mantención sean ocupados en forma eficiente, es necesario inspeccionar los pavimentos frecuente y minuciosamente, Tan pronto ha sido determinada la necesidad de hacer reparaciones, éstos deben hacerse inmediatamente, ya que los pavimentos continúan deteriorándose día a día, produciendo así una conducción peligrosa.

Es necesario determinar primero la causa que produjo el daño en el pavimento, para poder realizar una reparación correcta, pudiendo así evitar una recurrencia. Un mantenimiento oportuno y continuo es necesario para preservar la inversión y mantener el pavimento en completo servicio al público.

Con respecto a los trabajos realizados en los sectores 1 y 2 de Valdivia alguna de las técnicas empleadas en la reparación de pavimentos no fue la adecuada ya que no emplearon los criterios adecuados al tipo de falla con su solución respectiva, y los trabajos efectuados tienen que tener mayor inspección por parte del mandante.

Corresponde definir legalmente un único organismo público responsable de la reparación, conservación y reposición de pavimentos, que tenga asignados recursos para ello en forma directa, para lo cual se requiere con urgencia actualizar la antigua legislación sobre pavimentación urbana.

1.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.

“Estudio del ahuellamiento en la carretera IIRSA NORTE, tramo 6, Sector Óvalo Cáceres - Dv. Sullana” Realizado por Giomar Erick Romero Rojas, de la Universidad de Piura, ciudad de Piura en el año 2012.

La aparición de ahuellamientos en pavimentos asfálticos es un fenómeno normal en la mezcla asfáltica. Durante el análisis del ahuellamiento en el tramo de estudio se ha comprobado que el ahuellamiento, dentro del margen estimado, se ha producido de manera gradual, mientras no tuvo desencadenantes que lo elevaran.

Con respecto a los resultados del Estudio de Mecánica de Suelos, se ha encontrado que la variabilidad en los espesores de los estratos es mínima, así como en sus principales propiedades a lo largo de todo el tramo en estudio. Las propiedades de los estratos como la densidad, el contenido de humedad, los índices de plasticidad y el CBR de los materiales que conforman la estructura del pavimento, cumplen con los requerimientos de una subestructura para un pavimento con estas características. Tampoco se han registrado deformaciones en los estratos inferiores (base, subbase o sub-rasante). No se ha registrado el nivel freático a la profundidad excavada durante los trabajos. Por tanto, se concluye que la deformación permanente en el pavimento no es consecuencia de un problema en los materiales de fundación.

Se ha encontrado que el tráfico real (número de ejes equivalentes, EAL's) es mayor al tráfico de diseño. Esto se ha obtenido como resultado de evaluar los sobrepesos de los ejes de distintos tipos de camiones y la presión de inflado de ellos. Asimismo, se ha comprobó que, en las zonas de tráfico pesado, el ahuellamiento era mayor que en las zonas de vehículos ligero. Por lo tanto, se puede concluir que uno de los factores que incrementa el ahuellamiento es la sobrecarga de los vehículos, principalmente de los pesados.

Por otro lado, respecto a las velocidades del flujo vehicular, los valores de mayor deformación permanente, son aquellos que coinciden con las zonas que contienen reductores de velocidad “no normalizados”, zona de parada/estacionamiento, entre otros. Los valores de deformación

permanente plástica y el proceso rápido de evolución en dichos puntos, evidencia que la presencia de estos elementos de control de velocidad, son un factor muy importante en la aparición y desarrollo del ahuellamiento.

El cemento asfáltico (PEN 60/70) utilizado en la rehabilitación y construcción en la Carretera IIRSA Norte Tramo 6, Sector Óvalo Cáceres – Dv. Sullana, tiene un punto de ablandamiento menor a la temperatura crítica en el asfalto en este proyecto, lo cual representa otro factor que acelera el proceso del ahuellamiento y hace concluir que es indispensable evaluar este parámetro en el diseño de un pavimento asfáltico principalmente en zonas cálidas como el norte del Perú.

En referencia a lo antes mencionado, se podría decir que específicamente en este proyecto, los factores que incrementan el ahuellamiento son tres: sobrecargas en los ejes de vehículos pesados (EAL's mayor al de diseño), velocidades bajas por elementos de control de tránsito y el cemento asfáltico que no satisface las condiciones climáticas de la zona de proyecto.

Estos factores son determinantes en la performance del pavimento, por lo que deberían tomarse en cuenta para un futuro diseño.

Además, como parte del estudio realizado, se puede concluir que debido a la realidad del tráfico en las carreteras del Perú y sobre todo en vías de primer orden que cruzan zonas urbanas, utilizar la metodología AASHTO 93 para el diseño del pavimento asfáltico no garantiza una buena performance del pavimento puesto que no considera factores importantes en el diseño, como son: la velocidad de flujo vehicular, la temperatura de la zona del proyecto (por ende la temperatura a la que será expuesto el pavimento) y las cargas pesadas lentas sobre el pavimento. Por lo antes mencionado, según la realidad de nuestro país, no es lo mismo realizar un diseño de pavimento asfáltico con el Método AASHTO 93 ó 97 que con el Método SUPERPAVE, el cual sí considera los factores antes mencionados e inclusive otros criterios más (tráfico elevado, pendientes pronunciadas, entre otros),

Evaluación del modelo “QUARTER CAR” para la estimación del índice de rugosidad internacional (IRI) del tramo Huancavelica - Santa Inés”. Realizado por Almanza Mendoza Diego Arthur, de la Universidad Nacional del Altiplano, ciudad de Puno en el año 2014.

Al realizar la medición del IRI con los equipos seleccionados para la presente investigación, se corrobora el planteamiento hipotético “existe una diferencia en los resultados”, obteniéndose resultados de rugosidad mayores al medir con el equipo Roughometer III en comparación con el Rugosímetro Merlín.

Los equipos de la Clase 3 como el Roughometer III, ofrecen menos confiabilidad en cuanto a resultados. Como por ejemplo para la recepción de tramos de pavimentación. Para salvar esta diferencia de resultados y considerando que el Merlín es más confiable, se puede hacer tramos de evaluación para encontrar ecuaciones que correlacionen los valores de diferentes equipos. Para hacer una comparación de estos resultados, se tuvo como base la recomendación del banco mundial, donde indica que los equipos de la Clase 1 son más exactos que los de Clase 3.

El tratamiento superficial Otta seal, es un método económico para 122 proteger la estructura del pavimento, pero no cumple ninguna función estructural de distribución de esfuerzos, en ese sentido la rugosidad de la vía dependerá de la calidad de las capas inferiores y del sistema de drenaje del pavimento.

La gran ventaja que posee este tipo de tratamiento superficial es en cuanto a la economía, ya que no es necesario gran cantidad de equipo mecánico, se puede trabajar con agregado disponible en la zona y su aplicación es sencilla y rápida.

Las desventajas más considerables en la utilización del Otta Seal son en cuanto a la seguridad (control de emisión de polvos) y el aspecto de una brigada encargada exclusiva para mantenimiento rutinario del mismo.

Existen una gran variedad de equipos para la evaluación de la rugosidad de los pavimentos, la elección depende del usuario y sus fines ya que en la actualidad los equipos existentes ofrecen muchas ventajas sobre otras y no necesariamente un equipo costoso ofrece resultados más exactos

que uno de menor precio. La elección del equipo a usar depende de dos aspectos muy importantes como son: la exactitud de los resultados obtenidos y el rendimiento del equipo.

Los equipos del tipo Mira y Nivel y Perfilómetros Estáticos y sus derivados son los que mejores resultados ofrecen, pero su rendimiento es bajo, cuando se compara con equipos de tipo respuesta los cuales poseen su mayor ventaja en el rendimiento.

El Rugosímetro MERLIN es un equipo de la Clase 1 derivado del 123 Perfilómetro estático es por esta razón que los resultados obtenidos son muy exactos, solo superados por el método de Mira y Nivel.

El cálculo del IRI a partir de los datos obtenidos en campo con el Equipo MERLIN es mediante ecuaciones de correlación.

El equipo MERLIN por su exactitud puede ser usado inclusive para la calibración de otro equipo como los de tipo respuesta.

La solución matemática del modelo "Cuarto de Carro", es de suma importancia para el análisis del comportamiento físico y la generación de nuevas tecnologías para la medición del IRI.

En la presente investigación la solución obtenida de las ecuaciones dinámicas que gobiernan el modelo cuarto de carro es mediante una aproximación numérica.

Para el análisis y cálculo del IRI usando el modelo Cuarto de Carro es necesario la implementación en un lenguaje de programación puesto que las ecuaciones que lo representan son un sistema de ecuaciones diferenciales.

El Roughometer III, es un equipo de la clase 3, de tipo respuesta lo cual indica que los resultados obtenidos son de forma indirecta, mediante sensores que miden los desplazamientos verticales de la masa suspendida y no suspendida del vehículo.

El Roughometer III como todos los equipos de tipo respuesta poseen su gran ventaja en el rendimiento del equipo y son ideales para la evaluación de grandes distancias de carretera.

Al comparar los resultados de evaluación del IRI, se encuentra una diferencia entre estos lo cual indica que uno de los resultados debe ser corregido, considerando que los equipos de la Clase 1 (MERLIN) ofrecen mejores resultados concluimos que los resultados del Roughometer III deben ser corregidos.

Mediante ecuaciones de correlación se puede aproximar los resultados obtenidos con el Roughometer III a los que deberían obtenerse con un rugosímetro MERLIN.

En la presente investigación se obtuvo como la ecuación que mejor correlaciona los datos de ambos equipos: la ecuación logarítmica, lo cual no indica que la ecuación obtenida sea válida para todos los casos, por el contrario, se debería hacer mediciones y obtener ecuaciones de correlación para cada tramo en cuestión y para cada tipo de pavimento.

“Propuesta de gestión para mantener la rugosidad dentro de los niveles de servicio de contrato de concesión”. Realizado por Lluncor Gallo Robert Alexander y Salcedo Barrios Richard Gerardo de la Universidad de Ricardo Palma, ciudad de Lima en el año 2015.

Es posible formular una propuesta de gestión vial que permita optimizar el presupuesto de mantenimiento en los años proyectados conservando los niveles de servicio que corresponden a la calidad del pavimento. Analizando la posibilidad y conveniencia de postergar el mantenimiento periódico considerando que los valores de rugosidad, estén dentro de los niveles admisibles reemplazándolo por intervenciones de micro pavimento con ruteo y sellado de fisuras de menor costo.

Se concluye que las actividades de mantenimiento rutinario y periódico ayudan a mantener y/o disminuir la rugosidad del pavimento. En el procesamiento de resultados se aprecia que el mantenimiento rutinario mantiene o ayuda a que la rugosidad no aumente considerablemente, mientras que el mantenimiento periódico permite que la rugosidad disminuya.

Se concluye que la variación o aumento del IMD (volumen vehicular) afecta directamente cada año a la calidad del pavimento. Con respecto a las cargas extraordinarias que transitan por el subtramo evaluado, se

controla el peso de los vehículos mediante una balanza o pesaje que se encuentra dentro de la concesionaria y si éste peso sobrepasa el admisible se le coloca una amonestación y el vehículo debe de bajar el exceso de carga. Esta medida se hace con la finalidad de no sobrepasar la carga de diseño del pavimento.

Se concluye que el análisis del presupuesto invertido para los trabajos de conservación del pavimento sirvió de base para lograr elaborar una propuesta de gestión de conservación vial que conlleva la programación y definición de actividades que logren mantener el IRI y reducir el costo en los próximos años a intervenir.

“Evaluación del nivel de servicio mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) utilizando el rugosímetro MERLIN en el pavimento flexible de la carretera cerro de Pasco – ciudad de Yanahuanca 2019. Realizado por Jimmy Henry Carhuapoma Carlos, de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, ciudad de cerro de Pasco, en el año 2019.

Mediante el uso de la metodología del rugosímetro de MERLIN que establece el ASTM E950, se puede calcular el índice de rugosidad internacional (IRI), por consiguiente, el índice de Serviciabilidad presente (PSI), al aplicar este procedimiento a nuestras muestras de estudio del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca, se obtuvo un resultado que determina que la vía en estudio tiene un nivel de servicio regular, ya que tiene un Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) de 2.65 y un Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de 3.78.

La carretera presenta tramos con un PSI de hasta 0.87 y con IRI de 9.60 m/km y que manifiesta una condición severa de daño y que según la clasificación normada tienen un nivel de servicio muy malo, así mismo también se llega a tener PSI de 3.84 con IRI de 1.45, que según la clasificación tienen un nivel de servicio bueno.

Se identificó que los porcentajes de clasificación de serviciabilidad son los siguientes: muy malo 5.36%, malo 17.86%, regular 30.36%, bueno 46.43%.

El carril izquierdo con un Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) de 2.73 tiene una mejor serviciabilidad que el carril derecho que cuenta con un Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) de 2.58.

El estudio de tráfico arroja que la clasificación de la vía según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) es de tercera clase siendo el IMDA de 342 vehículos, siendo vehículos de categoría M 86.69%.

El Índice de Rugosidad Internacional Característico (IRIc) para el pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca es de 5.44 m/km, el cual supera los límites de calidad establecidos en el manual de Carreteras - Conservación Vial para una carretera de tercera clase y en servicio (3.9m/km).

El nivel de servicio del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco - Yanahuanca a la fecha de la ejecución de los ensayos es regular, debido al poco o inexistente mantenimiento, siendo preocupante debido a lo importante que es esta carretera.

1.1.3. ANTECEDENTE REGIONAL.

“Evaluación del pavimento flexible de la avenida la marina entre avenidas 28 de julio y los rosales en Punchana 2018”. Realizado por Arones Tuesta, Manuel Alejandro Canchanya Inga, Paulo César, de la Universidad Científica del Perú, ciudad de Iquitos, en el año 2019.

Es preciso concluir que, independientemente de la zona de aplicación, es posible resumir el proceso de evaluación de pavimentos en siete pasos:

1. Recopilar información previa sobre el tramo en evaluación.
2. Realizar inspección visual.
3. Efectuar relevamiento con georadar.
4. Hacer deflectometría.
5. Analizar resultados obtenidos de los pasos 1 al 4. Si el propósito de la evaluación de pavimentos es analizar un tramo con problemas, los resultados serán útiles para esbozar una hipótesis sobre las posibles causas de falla.
6. Realizar prospecciones en campo para tomar muestras de los materiales, y hacer ensayos de laboratorio según se requiera. De tratarse de un tramo con problemas, los resultados confirmarían o descartarían la hipótesis formulada en el paso 5 sobre las posibles

causas de falla.

7. Definir las acciones a tomar a partir del análisis de los resultados obtenidos en los pasos anteriores.

Es importante destacar que, si bien es cierto que actualmente se cuenta con una amplia gama de equipos y herramientas de análisis para la evaluación de pavimentos, nada puede reemplazar la experiencia de un ingeniero experto en el tema. Su criterio es irremplazable al momento de interpretar la información recolectada y decidir qué acciones tomar para rehabilitar o preservar los pavimentos. (Chang Albitres, 2019)

Se concluye que para la evaluación de un pavimento flexible se tiene varios métodos de los cuales se ha utilizado el Índice de Condición del Pavimento PCI, que ha arrojado un valor de 45, que califica al pavimento como Regular. Por otro lado, se ha aplicado el rugosímetro MERLIN, del cual ha resultado con 3.76, esto es que, a nivel de rugosidad, el pavimento se califica como Malo.

los deterioros que más se han dado son piel de cocodrilo, con 43 unidades y parcheo sólo con 10.

los otros daños son grietas longitudinales y transversales con 30; ahuellamiento 26, abultamientos y hundimientos, con 21; huecos con 21; agrietamiento en bloque con 20 unidades.

Es preciso colegir diciendo que la Falla Estructural es una deficiencia del pavimento que ocasiona, de inmediato o posteriormente, una reducción en la capacidad de carga de éste. Una vez detectada la falla, debe corregirse de manera permanente, es decir más que un mantenimiento correctivo de emergencia, debe aplicarse también un mantenimiento correctivo programado.

La operatividad de todos los tipos de pavimentos debe estar enfocada a detectar el tipo de falla a partir de exploraciones de campo, toma de muestras, ensayos en sitio y de laboratorio. El mantenimiento general de una vía debe dirigirse al objeto para el cual fue diseñada, o en caso extremo devolverla al nivel inicial, o por lo menos a uno aceptable.

En lo tocante a Niveles de Severidad, se concluye que, para las fallas

predominantes en pavimentos flexibles, se tiene: Severidad Baja: Fisuras Finas, Longitudinales, paralelas entre sí, con ninguna o pocas intersecciones. No hay desmembramiento de material a los lados; Severidad Media: Desarrollo mayor de las fisuras formando una red o mosaico. Algunas fisuras pueden estar moderadamente desmembradas y Severidad Alta: Amplio desarrollo de la red de fisuras con significativo desmembramiento. Algunas piezas pueden moverse bajo el tráfico.

En el caso específico del tramo evaluado, se tiene un PCI equivalente a 45, clasificado como Regular, correspondiendo a una severidad media, con lo que se afirma que la evaluación del pavimento flexible influye significativamente en los niveles de severidad.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Pavimentos (Montejo Fonseca, 2006)

Se llama pavimento al conjunto de capas, superpuestas, relativamente paralelas; de varios centímetros de espesor, de material seleccionado de diversas características y adecuadamente compactados que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente.

Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aun en condiciones húmedas. Deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua.

Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor calidad los que se colocan en las terracerías además de que son los materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan los más económicos.

La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando determinamos el espesor de una capa, el objetivo es darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata

inferior. La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; siendo dos factores importantes la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes.

Es posible clasificar los tipos de pavimentos en cuatro categorías principales:

Pavimentos flexibles: Pavimentos conformados por una carpeta bituminosa la cual se apoya, generalmente, en dos capas no rígidas, la base y la subbase, dependiendo de cada caso en particular el sí se puede prescindir de una capa u otra.

Pavimentos semi-rígidos: Este pavimento tiene similar estructura a un pavimento flexible. La diferencia recae en la rigidización artificial de la carpeta con un aditivo (asfalto, emulsión, cemento, entre otros). El uso de estos aditivos corrige o modifica las propiedades mecánicas de los materiales locales que pueden no ser aptos para la confección de las capas del pavimento.

Pavimentos rígidos: Están constituidos por una losa de hormigón apoyada sobre la subrasante o sobre una subbase del pavimento rígido, de material seleccionado. Al ser un material muy rígido y de alto módulo de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. La resistencia de las losas es la propiedad que le da capacidad estructural al pavimento, por lo que el apoyo de las capas inferiores no influye significativamente en el diseño del espesor del pavimento.

Pavimentos articulados: Estos pavimentos están compuestos por una capa de rodadura confeccionada con bloques de hormigón prefabricados (adoquines), de espesor uniforme y de iguales dimensiones. La capa de rodadura puede ir apoyada sobre una capa delgada de arena, y ésta a su vez sobre una capa de base granular o directamente sobre la subrasante.

1.2.2. Las Funciones de la estructura de un pavimento.

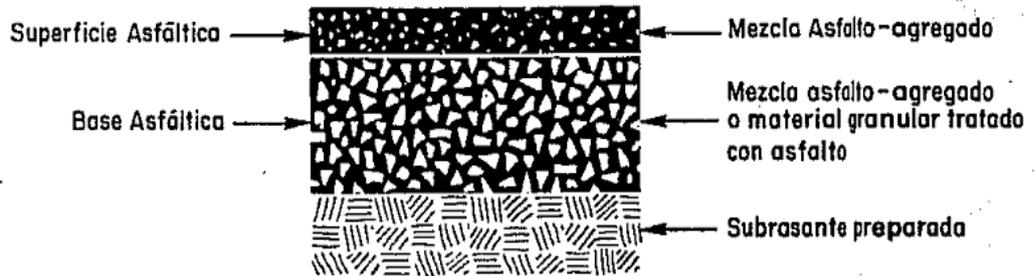
- ✓ Reducir y distribuir los esfuerzos producidos por las cargas de tránsito de manera que no cause daño a la subrasante.
- ✓ Proporcionar comunicación vehicular entre dos puntos a todo tiempo.
- ✓ Proporcionar una superficie de rodamiento, segura, lisa y confortable

sin excesivo desgaste.

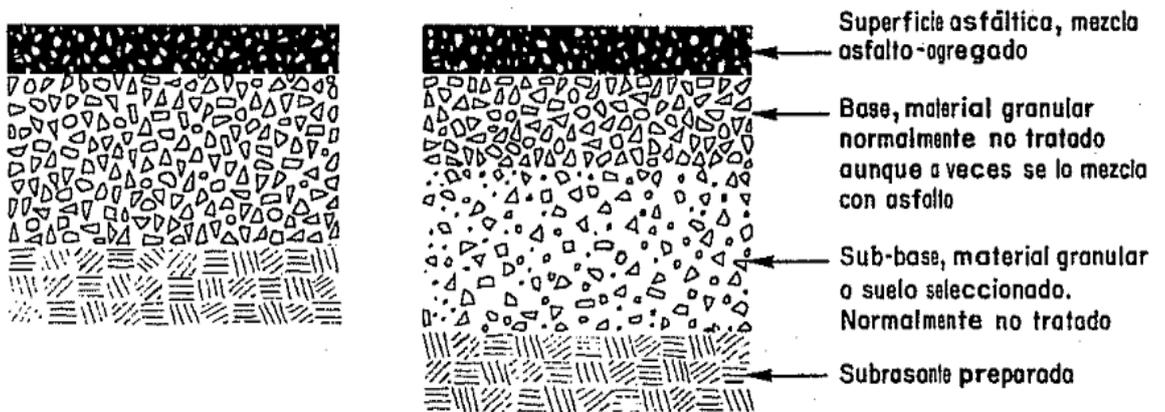
- ✓ Satisfacer los requerimientos ambientales y estéticos.
- ✓ Limitar el ruido y la contaminación del aire.
- ✓ Proporcionar una razonable economía.

1.2.3. Pavimentos Asfálticos.

Figura 1. Corte transversal de secciones de pavimento asfáltico comunes. Tecnología del asfalto y prácticas de construcción, Instituto Chileno del Asfalto (1985)



PAVIMENTO ASFALTICO INTEGRAL (FULL DEPTH)



PAVIMENTO ASFALTICO CON BASE NO TRATADA (Y SUB-BASE)

Materialidad

Los asfaltos para pavimentación se obtienen principalmente de la destilación industrial del petróleo crudo, proceso que se realiza por vapor o por aire. El más utilizado es la destilación por vapor, pues produce asfaltos de excelente calidad en comparación a la destilación por aire que produce los llamados asfaltos oxidados.

El asfalto es usado en combinación con agregados pétreos para formar

mezclas bituminosas o asfálticas y tiene como fin unir las partículas y protegerlas de la humedad.

Cementos asfálticos

El cemento asfáltico es un ligante denso de color oscuro que es obtenido de la destilación por vapor de los residuos más pesados del crudo. Es un material flexible, impermeable y duradero. A temperatura ambiente es semisólido debido a que su consistencia varía con la temperatura, por esto es aplicado en caliente. Es usado tanto en subbases, bases y carpetas de rodadura. Comercialmente se encuentran dos tipos de cementos asfálticos.

Estos se dividen según su viscosidad absoluta a 60°C.

CA-14: cemento asfáltico con viscosidad entre 1400 y 2400 poises.

CA-24: cemento asfáltico con viscosidad mayor a 2400 poises.

Asfaltos líquidos

Los asfaltos líquidos son cementos asfálticos diluidos en algún solvente de petróleo. Por su consistencia líquida su aplicación es en frío. Se utilizan en riegos de imprimación (MC), capas base y carpetas de rodado (RC).

Dependiendo de la volatilidad del solvente, este se puede evaporar más rápido si es muy volátil, o más lento si su volatilidad es baja. A este proceso de evaporación del solvente se le conoce como curado del asfalto líquido y se definen tres tipos:

- Asfaltos líquidos de curado lento (SC): con solventes poco volátiles del tipo Fuel-oil.
- Asfaltos líquidos de curado medio (MC): con solventes como kerosene.
- Asfaltos líquidos de curado rápido (RC): con solventes muy volátiles como nafta o gasolina.

Estos asfaltos se designan con las letras SC, MC y RC seguidas de un número que corresponde a la viscosidad cinemática a 60°C en centistokes.

Los asfaltos líquidos pueden ser utilizados en la estabilización de bases. Al aplicarlos en caliente sobre agregados pétreos fríos y húmedos, éstos reaccionan con el agua formando espuma, la cual reduce su viscosidad y

aumenta las propiedades adherentes.

Emulsiones asfálticas

Se le llama emulsión a la dispersión de un sólido o un líquido (fase dispersa) en forma de glóbulos minúsculos en un líquido no mezclable con el elemento disperso (fase continua). Por ende, las emulsiones asfálticas son micro dispersiones de glóbulos asfálticos en agua. Para evitar que la mezcla se aglomere o sedimente se utiliza un agente emulsificador (ácidos grasos, resinas o ácidos minerales) como estabilizador. Éste, además, le confiere a la mezcla una polaridad, por lo que se reconocen mezclas catiónicas y aniónicas.

Cuando las dos fases de la mezcla se separan completamente se dice que ocurre el quiebre de la mezcla. A partir de esta definición se clasifican las mezclas de acuerdo al tiempo de quiebre, y se tienen para cada una los siguientes usos:

Emulsiones de quiebre lento: riegos de liga y riegos de neblina.

Emulsiones de quiebre medio: mezclas abiertas.

Emulsiones de quiebre rápido: sellos y tratamientos superficiales

Emulsiones de quiebre controlado: lechadas asfálticas y micro aglomeraciones en frío.

El objetivo de las emulsiones asfálticas es obtener un material con mejor trabajabilidad y reducir gastos energéticos al poder trabajarlo en frío.

1.2.4. El Pavimento Flexible.

Figura 2. Pavimento flexible.



Resulta más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil. Este tipo de pavimento está compuesto principalmente de una carpeta asfáltica, de la base y de la subbase.

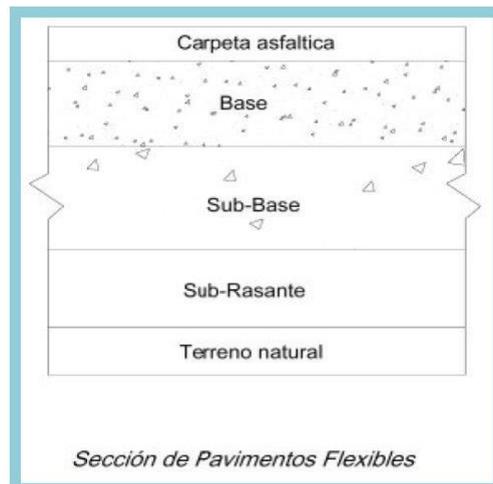


Figura 3. Sección de pavimentos flexibles

Sobre la capa subrasante se construye el pavimento flexible, que está compuesto por sub - base, base y carpeta asfáltica. El pavimento flexible debe proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir a las terracerías los esfuerzos por las cargas del tránsito.

1.2.4.1. Resistencia estructural del pavimento

Debe soportar las cargas impuestas por el tránsito que producen esfuerzos normales y cortantes en la estructura. En los pavimentos flexibles se consideran los esfuerzos cortantes como la principal causa de falla desde el punto de vista estructural. Además de los esfuerzos cortantes también se tienen los producidos por la aceleración, frenaje de los vehículos y esfuerzos de tensión en los niveles superiores de la estructura.

1.2.4.2. Durabilidad

La durabilidad está ligada a factores económicos y sociales. La durabilidad que se le desee dar al camino, depende de la importancia de este.

Hay veces que es más fácil hacer reconstrucciones para no tener que gastar tanto en el costo inicial de un pavimento.

1.2.4.3. Requerimientos de conservación

Los factores climáticos influyen de gran manera en la vida de un pavimento. Otro factor es la intensidad del tránsito, ya que se tiene que prever el crecimiento futuro. Se debe de tomar en cuenta el comportamiento futuro de las terracerías, deformaciones y derrumbes. La degradación estructural de los materiales por carga repetida es otro aspecto que no se puede dejar de lado. La falta de conservación sistemática hace que la vida de un pavimento se acorte.

1.2.4.4. Comodidad

Para grandes autopistas y caminos, los métodos de diseño se ven afectados por la comodidad que el usuario requiere para transitar a la velocidad de proyecto. La seguridad es muy importante al igual que la estética.

1.2.4.5. La sub - base

La sub - base es la capa de material que se construye directamente sobre la terracería y su función es:

- Reducir el costo de pavimento disminuyendo el espesor de la base.
- Proteger a la base aislándola de la terracería, ya que, si el material de la terracería se introduce en la base, puede sufrir cambios volumétricos generados al cambiar las condiciones de humedad dando como resultado una disminución en la resistencia de la base.
- Proteger a la base impidiendo que el agua suba por capilaridad.
- Transmitir y distribuir las cargas a las terracerías.

Aunque las bases y las sub - bases tienen características semejantes, las sub - bases son de menor calidad.

Las características de calidad que se buscan en los materiales de sub – base, se muestran en la siguiente tabla:}

Tabla N° 1 Materiales de Sub-Base.

MATERIALES DE SUB-BASE	
Características	Zonas en que se clasifica el material de acuerdo con su granulometría
Limite liquido máximo	25%
Limite plástico máximo	6%
Compactación mínima	100%
Valor relativo de soporte estándar saturado, en porcentaje	50 mín.
Equivalente de arena, en porcentaje	30 mín.

1.2.4.6. Base

La base es la capa de material que se construye sobre la sub - base. Los materiales con los que se construye deben de ser de mejor calidad que los de la sub – base, la función de la base son:

- Tener la resistencia estructural para soportar las presiones transmitidas por los vehículos.
- Tener el espesor suficiente para que pueda resistir las presiones transmitidas a la sub - base.
- Aunque exista humedad la base no debe de presentar cambios volumétricos perjudiciales.

Las características de calidad que se buscan en los materiales para base, se muestran a continuación:

Tabla N° 2 Materiales de Base

Materiales de Base	
Características	Zonas en que se clasifica el material de acuerdo con su granulometría
Limite líquido, en porcentaje (máx.)	25%
Índice plástico máximo	6%
Partículas alargadas máximo	35%
Compactación	100%
Valor relativo de soporte estándar saturado, en porcentaje	100 min
Equivalente de arena, en porcentaje	50 min
Índice de durabilidad en porcentaje	40min

1.2.4.7. Terracería

Se llama terracería al conjunto de obras compuestas de cortes y terraplenes, formadas principalmente por la sub rasante y el cuerpo del terraplén, constituida generalmente por materiales no seleccionados y se dice que es la subestructura del pavimento. Cuando se va a construir un camino que presente un TPDA (Tránsito Promedio Diario Anual) mayor a 5000 vehículos, es necesario que se construya bajo la sub-rasante una capa conocida como sub-yacente; la cual deberá tener un espesor mínimo de 50 cm.

1.2.5. Diseño de Pavimentos.

En el diseño de pavimentos abarca tres etapas:

- Diseño Geométrico donde se obtiene selección de rutas, alineamiento, etc.
- Diseño de capacidad donde se determina el número de carril necesarios para satisfacer la demanda.
- Diseño estructural para soportar la acción de las cargas y del medio ambiente, y se tiene en cuenta,

selección del tipo del pavimento, determinación de los espesores de las capas y las dosificaciones de los materiales.

1.2.5. Proceso de modelación y diseño de pavimentos flexibles

existen criterios subjetivos sobre algunos de los parámetros. Se observa una tendencia a la aplicación de fórmulas empíricas por parte de los diseñadores, derivadas de algunas experiencias particulares, sin tener en cuenta patrones establecidos por entidades como por ejemplo la SHELL, AASTHO y otras que desarrollaron métodos de cálculo de uso común en el medio.

El diseño de un pavimento consiste en establecer una estructura para una duración dada, bajo las sollicitaciones del tránsito y las características de la subrasante.

Para determinar los espesores de las capas de la estructura del pavimento se utilizan tres clases de metodologías las cuales se enuncian a continuación:

1.2.6. Factores de Diseño

1.2.6.1. Tránsito

Interesan para el dimensionamiento de los pavimentos las cargas más pesadas por eje (simple, tándem), esperadas en el carril de diseño el más sollicitado, que determinara la estructura del pavimento de la carretera) durante el periodo de diseño adoptado. La repetición de las cargas de tránsito y la consecuente acumulación de deformaciones sobre el pavimento (fatiga) son fundamentales para el cálculo. Además, se deben tener en cuenta las máximas presiones de contacto, las sollicitaciones tangenciales en tramos especiales (curvas, zona de frenado y aceleración, etc.), las velocidades de operación de los vehículos (en especial las lentas en zonas de estacionamiento de vehículos pesados), la canalización del tránsito, etc.

1.2.6.2. Subrasante

Es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierra (corte y relleno), sobre la cual se coloca la estructura del

pavimento o afirmado.

La subrasante es el asiento directo de la estructura del pavimento y forma parte del prisma de la carretera, que se construye entre el terreno natural o explanada y la estructura del pavimento.

La subrasante es la capa superior del terraplén o el fondo de las excavaciones del terreno natural, que soporta la estructura del pavimento, está conformada por suelos seleccionados de características aceptables y compactados por capa para constituir un cuerpo estable en óptimo estado, de tal manera que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito, su capacidad de soporte en condiciones de servicio, juntos con el tránsito y las características de los materiales de construcción de la superficie de rodadura, constituyen las variables básicas para el diseño de la estructura del pavimento que se colocara encima. En la etapa constructiva, en los últimos 0.30m del suelo debajo del nivel superior de la subrasante, deberá ser compactada al 95% de la máxima densidad seca obtenida del ensaño Proctor modificado (MTC E 115).

De la calidad de esta capa depende, en gran parte, el espesor que debe tener un pavimento, sea este flexible o rígido. Como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas de tránsito.

Los suelos por debajo del nivel superior de la subrasante en una profundidad no menor de 0.60m, deberán ser suelos adecuados y estables con $CBR \geq 6\%$. En caso de que el suelo, se encuentre debajo del nivel superior de la subrasante y tenga un $CBR > 6\%$ (subrasante pobre o subrasante inadecuada). Es necesario tener en cuenta la sensibilidad del suelo con la humedad, tanto en lo que se refiere a la resistencia como a las eventuales variaciones de volumen (hinchamiento-retracción). Los cambios de volumen de un suelo de subrasante de tipo expansivo pueden ocasionar grandes daños en las estructuras que se apoyen sobre éste, por esta razón cuando se construya un pavimento sobre este tipo de suelos deberá tomarse la

precaución de impedir las variaciones de humedad del suelo para lo cual habrá que pensar en la impermeabilización de la estructura.

Otra forma de enfrentar este problema es mediante la estabilización de este tipo de suelo con algún aditivo, en nuestro medio los mejores resultados se han logrado mediante la estabilización de suelos con cal. alternativas de solución, como la estabilización mecánica, el remplazo del suelo de cimentación, estabilización química de suelos, estabilización con geo sintéticos, elevación de la rasante, cambiar el trazo vial, eligiendo la más conveniente técnica y economía.

1.2.6.3. Clima

Los factores que en nuestro medio más afectan a un pavimento son las lluvias y los cambios de temperatura.

Las lluvias por su acción directa en la elevación del nivel freático influyen en la resistencia, la compresibilidad y los cambios volumétricos de los suelos de subrasante especialmente. Este parámetro también influye en algunas actividades de construcción tales como el movimiento de tierras y la colocación y compactación de capas granulares y asfálticas.

En los pavimentos flexibles y dado que el asfalto tiene una alta susceptibilidad térmica, el aumento o la disminución de temperatura puede ocasionar una modificación sustancial en el módulo de elasticidad de las capas asfálticas, ocasionando en ellas y bajo condiciones especiales, deformaciones o agrietamientos que influirían en el nivel de servicio de la vía.

1.2.6.4. Materiales

Los materiales disponibles son determinantes para la selección de la estructura de pavimento más adecuada técnica y económicamente. Por una parte, se consideran los agregados disponibles en canteras y depósitos aluviales del área. Además de la calidad requerida, en la que se incluye la deseada homogeneidad, hay que atender al volumen disponible aprovechable, a las facilidades de explotación y al precio, condicionado en buena medida por la distancia de acarreo. Por otra parte, se deberá considerar los materiales básicos de mayor costo:

ligantes y conglomerantes especialmente.

El análisis de los costos de construcción debe complementarse con una prevención del comportamiento del pavimento durante el periodo de diseño, la conservación necesaria y su costo actualizado y, finalmente, una estimación de futuros refuerzos estructurales, renovaciones superficiales o reconstrucciones.

Deberá tenerse en cuenta, además, los costos del usuario relacionados con su seguridad y con las demoras que se originan en carreteras relativamente congestionadas por los trabajos de conservación y repavimentación.

1.2.7. Evaluación de Pavimentos

La incidencia de factores de diversos orígenes determina alteraciones de la superficie de rodamiento de los pavimentos que afectan la seguridad, comodidad y velocidad con que debe circular el tránsito vehicular presente y futuro.

La finalidad fundamental de todo proceso de mantenimiento o refuerzo de los pavimentos en servicio, es corregir los defectos mencionados para alcanzar un grado de transitabilidad adecuado durante un periodo de tiempo suficientemente prolongado que justifique la inversión necesaria. Las causas de los defectos mencionados son de distinto origen y naturaleza; entre las que cabe destacar las siguientes:

- Elevado incremento de las cargas circulares y de su frecuencia con respecto a las previstas en el diseño original,
- Deficiencias durante el proceso constructivo en la calidad real de los materiales en espesores o en las operaciones de construcción, particularmente en la densificación de las capas.
- Diseños deficientes (ejemplos: empleo de métodos de diseño que resultan inadecuados en la actualidad: incorrecta valoración de las características de los materiales empleados, incorrecta evaluación del tránsito existente y previsto durante el periodo de diseño del pavimento).
- Factores climáticos regionales desfavorables (ejemplos. Elevación del nivel freático, inundaciones, lluvias prolongadas,

insuficiencia de drenaje superficial o profundidad prevista)

- Deficiente mantenimiento por escasez de recursos económicos disponibles, equipos, maquinaria especializada y personal capacitado.
- Problemas de aprovisionamiento en algunas zonas del país, por agotamiento de materiales adecuados en las proximidades de los puntos de empleo, obligando a mayores distancias de acarreo. A veces la limitante es legal, por razones urbanísticas y aun ambientales.
- Existe una necesidad perentoria de optimizar el empleo de materiales (agregados pétreos y ligantes), maquinaria, mano de obra especializada y recursos económicos en las tareas de construcción y conservación de la red de carreteras, poniendo énfasis, además no tanto en construir nuevos tramos como si en conservar la red existente.

1.2.7.1. Tipos de Fallas en un Pavimento Flexible

La tecnología que se ha desarrollado para pavimentos, tiene como meta evitar deterioros y fallas. Se han logrado establecer relaciones de causa - efecto, para desarrollar normas de criterio de proyecto y conservación. En pavimentos, la palabra falla se utiliza tanto para verdaderos colapsos como deterioros simples. El concepto de deterioro o falla está asociado al nivel de servicio que depende de la exigencia del consumidor.

Una falla es algo que se aparta de lo que se consideró perfecto. Las fallas de los pavimentos pueden dividirse en tres grupos:

1.2.7.2. Falla por insuficiencia estructural

Es una deficiencia del pavimento que ocasiona, de inmediato o posteriormente, una reducción en la capacidad de carga de éste. Las fallas por insuficiencia estructural se dan en pavimentos construidos con material inapropiado en cuanto a resistencia. Se pueden utilizar materiales con buena calidad, pero espesores insuficientes. Esta falla se produce por la combinación de la resistencia al esfuerzo cortante de cada capa y sus espesores.

En su etapa más avanzada, la falla estructural se manifiesta en la obstrucción generalizada del pavimento, a la que se asocia precisamente el índice de servicio, no necesariamente implica una falla estructural inmediata, ya que lo primero es consecuencia de su incapacidad para soportar las cargas del proyecto.

1.2.7.3. Falla por defectos constructivos

Este tipo de falla se da en pavimentos bien proporcionados y con materiales de buena calidad pero que en su construcción se cometieron errores, como es la baja compactación de la sub rasante, no cumplir con el espesor establecido, falta de afinidad del material pétreo, etc.

1.2.7.4. Falla por fatiga

Pavimentos que originalmente estuvieron bien proporcionados y contruidos, con el paso del tiempo y la continua repetición de cargas sufren efectos de fatiga, degradación estructural, pérdida de resistencia y acumulan deformaciones.

Aparte de estos tres grupos, también se agrupan por su origen, es decir por el modo en que suceden y se manifiestan. Se separan en tres nuevos grupos que son: por fracturamiento, por deformación y por desintegración. Se relacionan con el efecto del tránsito, las características y estructuración del pavimento y el apoyo que proporciona la terracería. Las fallas por insuficiencia estructural, defecto constructivo o fatiga pueden ser a fin de cuentas causadas por el fracturamiento, la deformación y la desintegración.

1.3. Índice de condición del pavimento, PCI

El Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su sigla en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema y las cuales se presentan a continuación.

El deterioro de la estructura de pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones.

Para superar esta dificultad se introdujeron los “valores deducidos”, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento.

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado.

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

figura 4. Rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD de cada daño presenta. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
PCI-01. CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA.

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO			ESQUEMA
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO	
<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m ²)	
<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	
INSPECCIONADA POR		FECHA	<input style="width: 90%;" type="text"/>
<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>
No.	Daño	No.	Daño
1	Piel de cocodrilo.	11	Parcheo.
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.
6	Depresión.	16	Desplazamiento.
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados.
10	Grietas long y transversal.		

Daño	Severidad	Cantidades parciales	Total	Densidad (%)	Valor deducido

Figura 1. Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica.

figura 5. Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica

1.3.1. Unidades de Muestreo:

Se divide la vía en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura: a. Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$. En el Cuadro 2 se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada

Ancho de Calzada (m)	Longitud de la Unidad de Muestreo (m)
5.0 (o menos)	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Fuente: (Vásquez Varela, 2002)

figura 6. Longitud de unidades de muestreo asfálticas.

1.3.2. Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación:

En la “Evaluación De Una Red” vial puede tenerse un número muy grande de unidades de muestreo cuya inspección demandará tiempo y recursos considerables; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de muestreo.

En la “Evaluación de un Proyecto” se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la Ecuación 1, la cual produce un estimado del PCI ± 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2} \quad \text{Ecuación 1.}$$

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e = 5%)

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar (σ) del PCI de 10 para pavimento asfáltico (rango PCI de 25) y de 15 para pavimento de concreto (rango PCI de 35) En inspecciones subsecuentes se usará la desviación estándar real (o el rango PCI) de la inspección previa en la determinación del número mínimo de unidades que deben evaluarse.

Cuando el número mínimo de unidades a evaluar es menor que cinco (n < 5), todas las unidades deberán evaluarse.

1.3.3. Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección:

Se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar (aleatoriedad sistemática) de la siguiente manera:

- a. El intervalo de muestreo (i) se expresa mediante la Ecuación 2:

$$i = \frac{N}{n} \text{ Ecuación 2.}$$

Donde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

i: Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior (por ejemplo, 3.7 se redondea a 3)

- b. El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo i.

Así, si $i = 3$, la unidad inicial de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3. Las unidades de muestreo para evaluación se identifican como (S), (S + 1), (S + 2), etc.

Siguiendo con el ejemplo, si la unidad inicial de muestreo para inspección seleccionada es 2 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 3, las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían 5, 8, 11, 14, etc.

Sin embargo, si se requieren cantidades de daño exactas para pliegos de licitación (rehabilitación), todas y cada una de las unidades de muestreo deberán ser inspeccionadas.

1.3.4. Selección de Unidades de Muestreo Adicionales:

Uno de los mayores inconvenientes del método aleatorio es la exclusión del proceso de inspección y evaluación de algunas unidades de muestreo en muy mal estado. También puede suceder que unidades de muestreo que tienen daños que sólo se presentan una vez (por ejemplo, "cruce de línea férrea") queden incluidas de forma inapropiada en un muestreo aleatorio.

Para evitar lo anterior, la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una “unidad adicional” en lugar de una “unidad representativa” o aleatoria. Cuando se incluyen unidades de muestreo adicionales, el cálculo del PCI es ligeramente modificado para prevenir la extrapolación de las condiciones inusuales en toda la sección.

1.3.5. Evaluación de la Condición:

El procedimiento varía de acuerdo con el tipo de superficie del pavimento que se inspecciona. Debe seguirse estrictamente la definición de los daños de este manual para obtener un valor del PCI confiable.

La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:

a. Equipo.

- manual para medir las longitudes y las áreas de los daños.
- Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.
- Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.

b. Procedimiento.

Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el Manual de Daños, y se registra la información en el formato correspondiente. Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida los daños. Se usa un formulario u “hoja de información de exploración de la condición” para cada unidad muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

- c. El equipo de inspección** deberá implementar todas las medidas de seguridad para su desplazamiento en la vía inspeccionada, tales como dispositivos de señalización y advertencia para el vehículo acompañante y para el personal en la vía.

1.3.6. Cálculo del PCI de las unidades de muestreo

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

1.3.6.1. Cálculo para Carreteras con Capa de Rodadura Asfáltica:

Etapa 1. Cálculo de los Valores Deducidos:

1. a. Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna TOTAL del formato PCI-01. El daño puede medirse en área, longitud ó por número según su tipo.

1. b. Divida la CANTIDAD de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el ÁREA TOTAL de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Esta es la DENSIDAD del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.

1. c. Determine el VALOR DEDUCIDO para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño” que se adjuntan al final de este documento, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

Etapa 2. Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m)

2. a. Si ninguno ó tan sólo uno de los “Valores Deducidos” es mayor que 2, se usa el “Valor Deducido Total” en lugar del mayor “Valor Deducido Corregido”, CDV, obtenido en la Etapa 4. De lo contrario, deben seguirse los pasos 2.b. y 2.c.

2. b. Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.

2. c. Determine el “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m), utilizando la Ecuación 3:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i) \text{ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas.}$$

Donde:

m_i: Número máximo admisible de “valores deducidos”, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i.

HDV_i: El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.

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

Etap 3. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

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

3. b. Determine el “Valor Deducido Total” sumando TODOS los valores deducidos individuales. **3. c.** Determine el CDV con q y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.

3. d. Reduzca a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas 3.a. a 3.c. hasta que q sea igual a 1.

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

Etap 4. Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en la Etapa 3.

1.3.7. Manual de daños para índice de condición de pavimentos.

1.3.7.1. Calidad de tránsito (Ride Quality)

Cuando se realiza la inspección de daños, debe evaluarse la calidad de tránsito (o calidad del viaje) para determinar el nivel de severidad de daños tales como las corrugaciones y el cruce de vía férrea. A continuación, se presenta una guía general de ayuda para establecer el grado de severidad de la calidad de tránsito.

L: (Low: Bajo). Se perciben las vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones) pero no es necesaria una reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un ligero rebote del vehículo, pero creando poca incomodidad.

M: (Medium: Medio): Las vibraciones en el vehículo son significativas y se requiere alguna reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un rebote significativo, creando incomodidad.

H: (High: Alto): Las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable en aras de la comodidad y la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un excesivo rebote del vehículo, creando una incomodidad importante o un alto potencial de peligro o daño severo al vehículo.

La calidad de tránsito se determina recorriendo la sección de pavimento en un automóvil de tamaño estándar a la velocidad establecida por el límite legal. Las secciones de pavimento cercanas a señales de detención deben calificarse a la velocidad de desaceleración normal de aproximación a la señal.

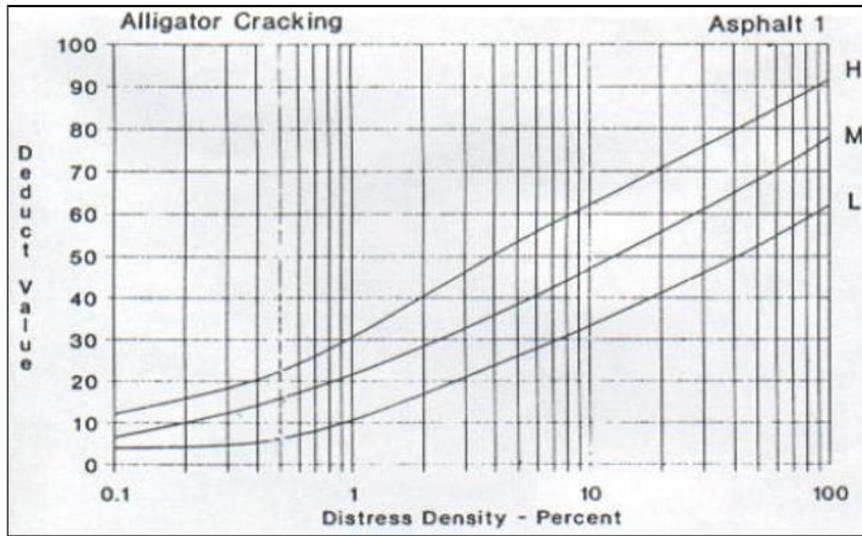
Tabla N°3 Tipos de fallas o Daños en vías con superficie asfáltico.

N°	TIPO DE FALLAS	UNIDAD	NIVEL DE SEVERIDAD		ALTERNATIVAS DE SOLUCION
1	Piel de cocodrilo.	(m2)	L	(Low: Bajo): Grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con unas pocas o ninguna interconectadas. Las grietas no están descascaradas, es decir, no presentan rotura del material a lo largo de los lados de la grieta.	sello superficial. Sobrecarpeta.
			M	(Medium: Medio): Desarrollo posterior de grietas piel de cocodrilo del nivel L, en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente descascaradas	Parcheo parcial o en toda la profundidad (Full Depth). Sobrecarpeta. Reconstrucción.
			H	(High: Alto): Red o patrón de grietas que ha evolucionado de tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y descascarados los bordes. Algunos pedazos pueden moverse bajo el tránsito.	Parcheo parcial o Full Depth. Sobrecarpeta. Reconstrucción.
2	Exudación	(m2)	L	L: La exudación ha ocurrido solamente en un grado muy ligero y es detectable únicamente durante unos pocos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o a los vehículos	
			M	M: La exudación ha ocurrido hasta un punto en el cual el asfalto se pega a los zapatos y vehículos únicamente durante unas pocas semanas del año.	Se aplica arena / agregados y cilindrado.
			H	H: La exudación ha ocurrido de forma extensa y gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos al menos durante varias semanas al año.	Se aplica arena / agregados y cilindrado (precalentando si fuera necesario)
3	Agrietamiento en Bloque	(m2)	L	Bloques definidos por grietas de baja severidad, como se define para grietas longitudinales y transversales	Sellado de grietas con ancho mayor a 3.0 mm. Riego de sello.
			M	Bloques definidos por grietas de severidad media	Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.
			H	Bloques definidos por grietas de alta severidad.	Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta
4	Abultamientos y Hundimientos	(m)	L	Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de baja severidad.	
			M	Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad media.	Reciclado en frío. Parcheo profundo o parcial.
			H	Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad alta.	Reciclado (fresado) en frío. Parcheo profundo o parcial. Sobrecarpeta
5	Corrugación	(m2)	L	Corrugaciones producen una calidad de tránsito de baja severidad.	
			M	Corrugaciones producen una calidad de tránsito de mediana severidad	Reconstrucción
			H	Corrugaciones producen una calidad de tránsito de alta severidad.	Reconstrucción
6	Depresión	(m2)	L	Máxima profundidad de la depresión 13.0 a 25.0 mm.	
			M	Máxima profundidad de la depresión 25.0 a 51.0 mm.	Parcheo superficial, parcial o profundo.
			H	Máxima profundidad de la depresión Más de 51.0 mm	Parcheo superficial, parcial o profundo.
7	Grieta de Borde	(m)	L	Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.	Sellado de grietas con ancho mayor a 3 mm.
			M	Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento	Sellado de grietas. Parcheo parcial - profundo.
			H	Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde	Parcheo parcial – profundo
8	Grieta de reflexión de junta(DE LOSAS DE CONCRETO DE CEMENTO PÓRTLAND)	(m)	L	Existe una de las siguientes condiciones: 1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm, o 2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).	Sellado para anchos superiores a 3.00 mm.
			M	Existe una de las siguientes condiciones: 1. Grieta sin relleno con ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm. 2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio. 3. Grieta rellena de cualquier ancho rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio.	Sellado de grietas. Parcheo de profundidad parcial.
			H	Existe una de las siguientes condiciones: 1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de un agrietamiento aleatorio de media o alta severidad. 2. Grietas sin relleno de más de 76.0 mm. 3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas (la grieta está severamente fracturada)	Parcheo de profundidad parcial. Reconstrucción de la junta
9	Desnivel carril/berma	(m)	L	La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma está entre 25.0 y 51.0 mm.	Renivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.
			M	La diferencia está entre 51.0 mm y 102.0 mm	Renivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.
			H	La diferencia en elevación es mayor que 102.00 mm. Medida	Renivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.
10	Grietas longitudinales y transversales(NO SON DE REFLEXIÓN DE LOSAS DE CONCRETO DE CEMENTO PÓRTLAND).	(m)	L	Existe una de las siguientes condiciones: 1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm. 2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).	No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor que 3.0 mm.
			M	Existe una de las siguientes condiciones: 1. Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm. 2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm, rodeada grietas aleatorias pequeñas. 3. Grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas aleatorias pequeñas.	Sellado de grietas
			H	Existe una de las siguientes condiciones: 1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas aleatorias pequeñas de severidad media o alta. 2. Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho. 3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas.	Sellado de grietas. Parcheo parcial

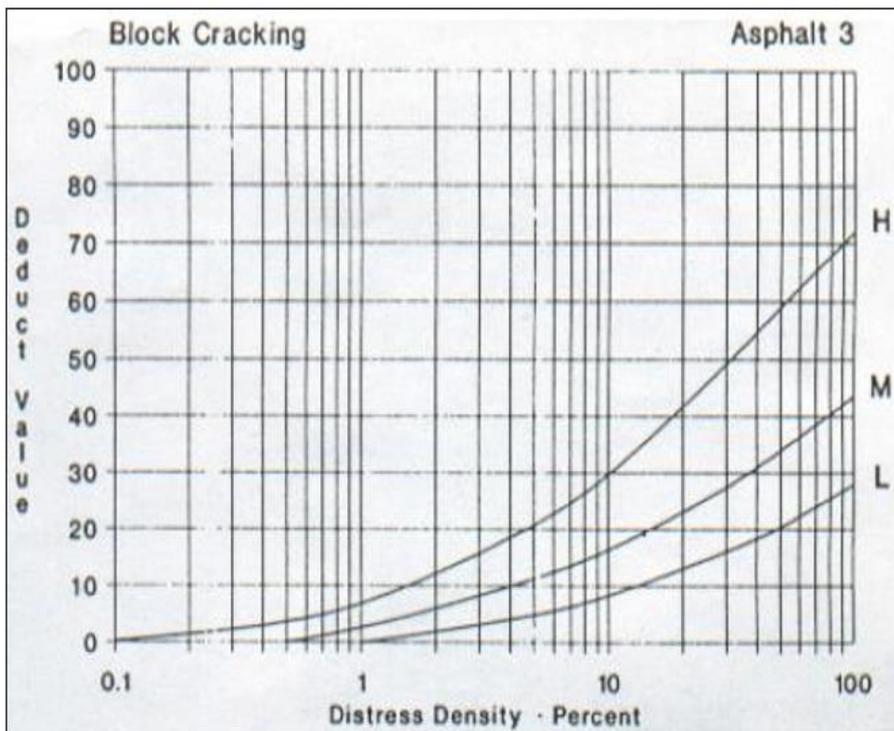
N°	TIPO DE FALLAS	UNIDAD	NIVEL DE SEVERIDAD		ALTERNATIVAS DE SOLUCION
11	Parches	(m2)	L	El parche está en buena condición buena y es satisfactorio. La calidad del tránsito se califica como de baja severidad o mejor.	Sustitución del parche.
			M	El parche está moderadamente deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de severidad media.	
			H	El parche está muy deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de alta severidad. Requiere pronta sustitución.	
12	Pulimientos de agregados	(m2)	L	No se define ningún nivel de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de ser incluido en una evaluación de la condición y contabilizado como defecto.	Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Fresado y sobrecarpeta.
			M		
			H		
13	Baches	(N°)	L	Si el diámetro del hueco es mayor que 762 mm, debe medirse el área en pies cuadrados (o metros Cuadrados) y dividirla entre 5 pies ² (0.47 m ²) para hallar el número de huecos equivalentes. Si la profundidad es menor o igual que 25.0 mm, los huecos se consideran como de severidad media. Si la profundidad es mayor que 25.0 mm la severidad se considera como alta.	Parqueo parcial o profundo.
			M		Parqueo parcial o profundo.
			H		Parqueo profundo.
14	Cruce de vía Férrea	(m2)	L	El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad	aproximación. Reconstrucción del cruce.
			M	El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media	
			H	El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad alta	
15	Ahuellamiento	(m2)	L	Profundidad media del ahuellamiento 6.0 a 13.0 mm.	Fresado y sobrecarpeta.
			M	Profundidad media del ahuellamiento 13.0 mm a 25.0 mm	Parqueo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta.
			H	Profundidad media del ahuellamiento 25.0 mm.	Parqueo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta
16	Desplazamientos	(m2)	L	El desplazamiento causa calidad de tránsito de baja severidad.	Fresado.
			M	El desplazamiento causa calidad de tránsito de severidad media	Fresado. Parqueo parcial o profundo.
			H	El desplazamiento causa calidad de tránsito de alta severidad	Fresado. Parqueo parcial o profundo.
17	Grietas parabólicas	(m2)	L	Ancho promedio de la grieta menor que 10.0 mm	Parqueo parcial
			M	Existe una de las siguientes condiciones: 1. Ancho promedio de la grieta entre 10.0 mm y 38.0 mm. 2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pequeños pedazos ajustados	
			H	Existe una de las siguientes condiciones: 1. Ancho promedio de la grieta mayor que 38.0 mm. 2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pedazos fácilmente removibles	
18	Hincharamiento	(m2)	L	El hincharamiento causa calidad de tránsito de baja severidad. El hincharamiento de baja severidad no es siempre fácil de ver, pero puede ser detectado conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección de pavimento. Si existe un hincharamiento se producirá un movimiento hacia arriba.	Reconstrucción.
			M	El hincharamiento causa calidad de tránsito de severidad media.	
			H	El hincharamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.	
19	Desprendimiento de agregados	(m2)	L	Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. En el caso de derramamiento de aceite, puede verse la mancha del mismo, pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda.	Sello superficial. Tratamiento superficial
			M	Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda.	Sello superficial. Tratamiento superficial
			H	Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores que 10.0 mm y profundidades menores que 13.0 mm; áreas ahuecadas mayores se consideran huecos. En el caso de derramamiento de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto ligante y el agregado está suelto.	Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción.

1.3.8. Curvas para pavimentos asfálticos. (Ábacos para determinar los valores deducidos)

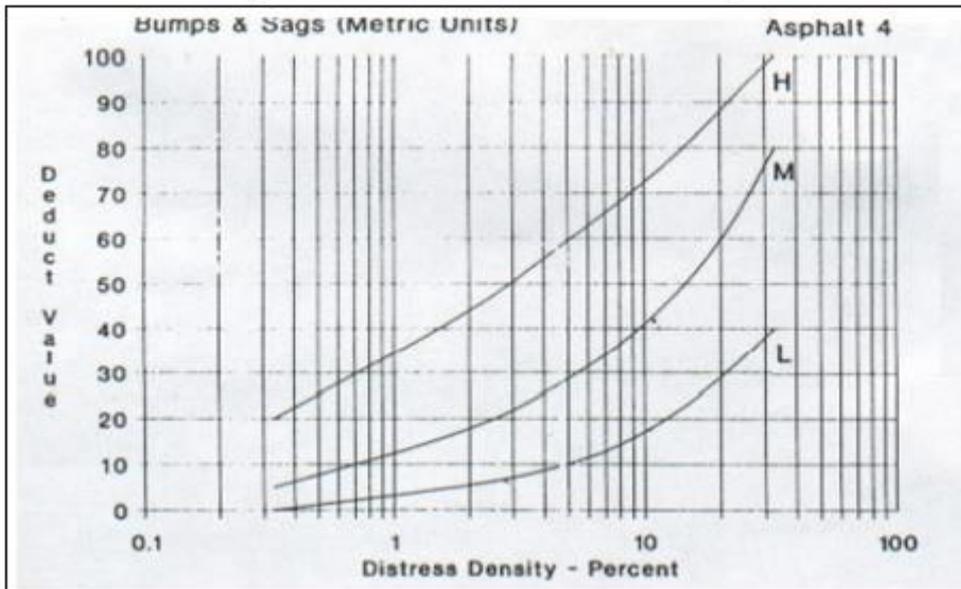
Piel de cocodrilo



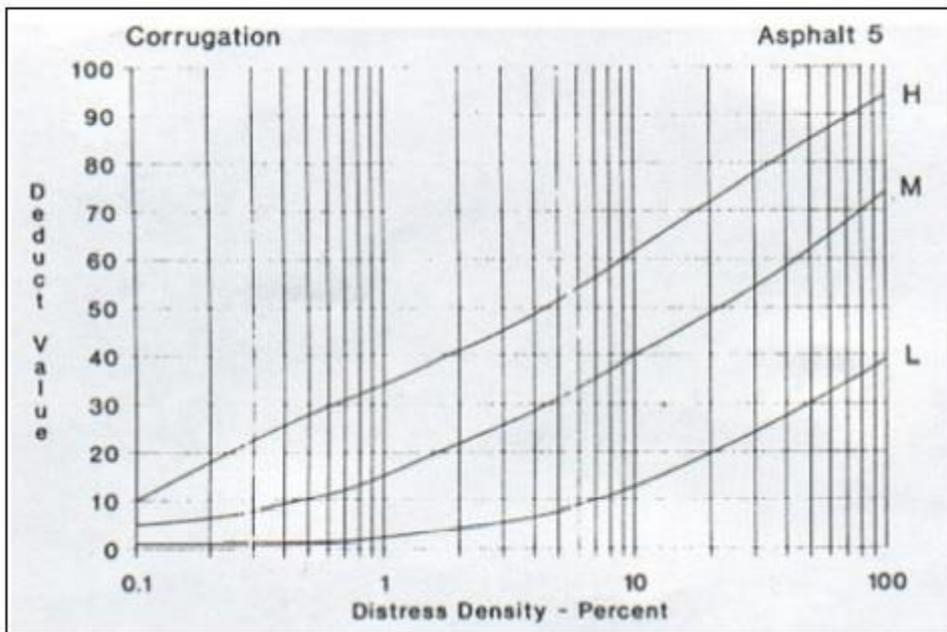
Agrietamiento en bloque



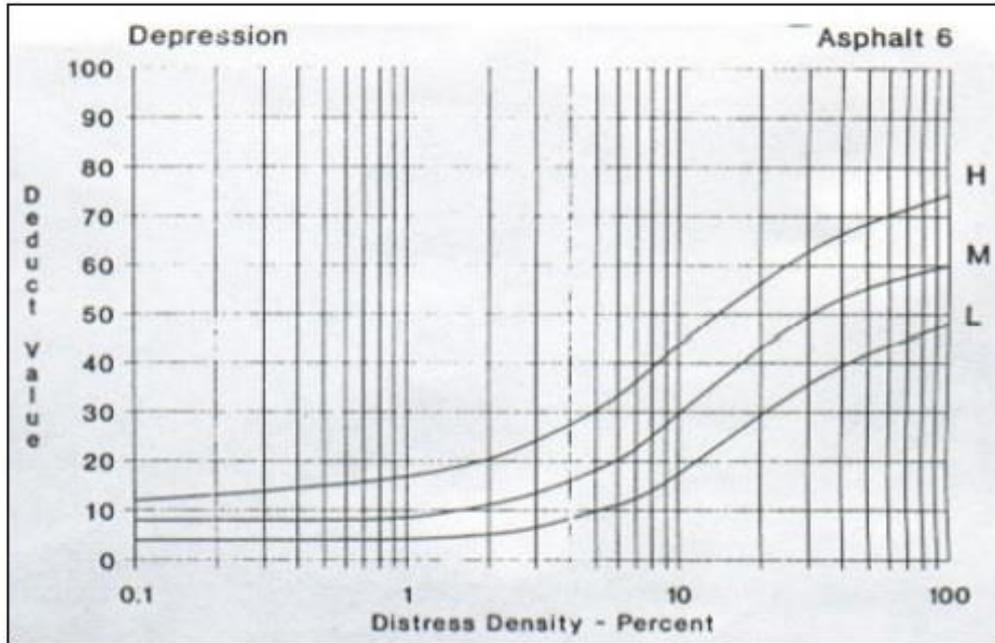
Abultamientos y hundimientos



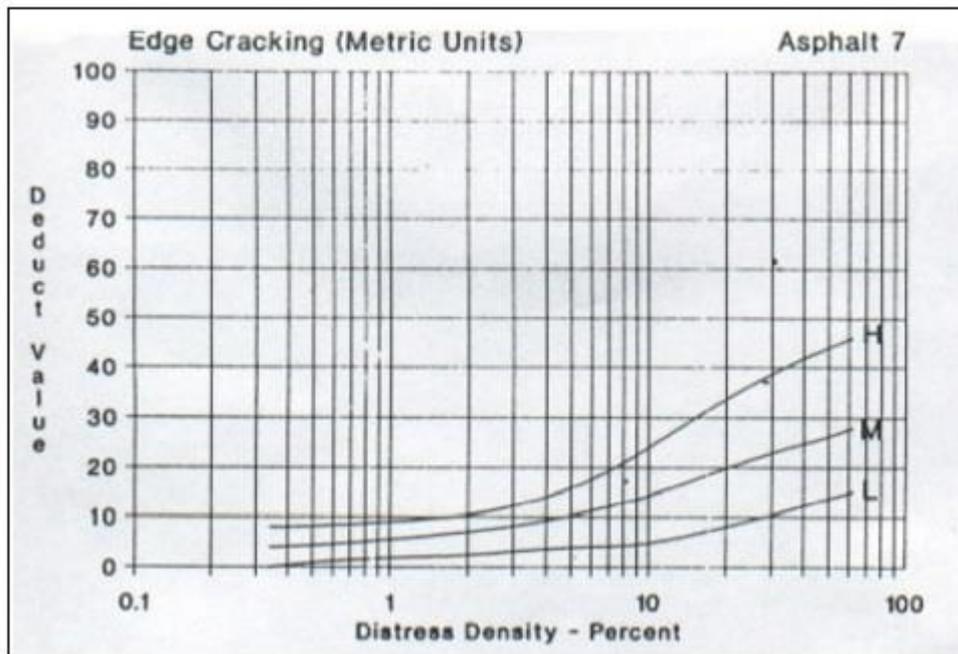
Corrugación



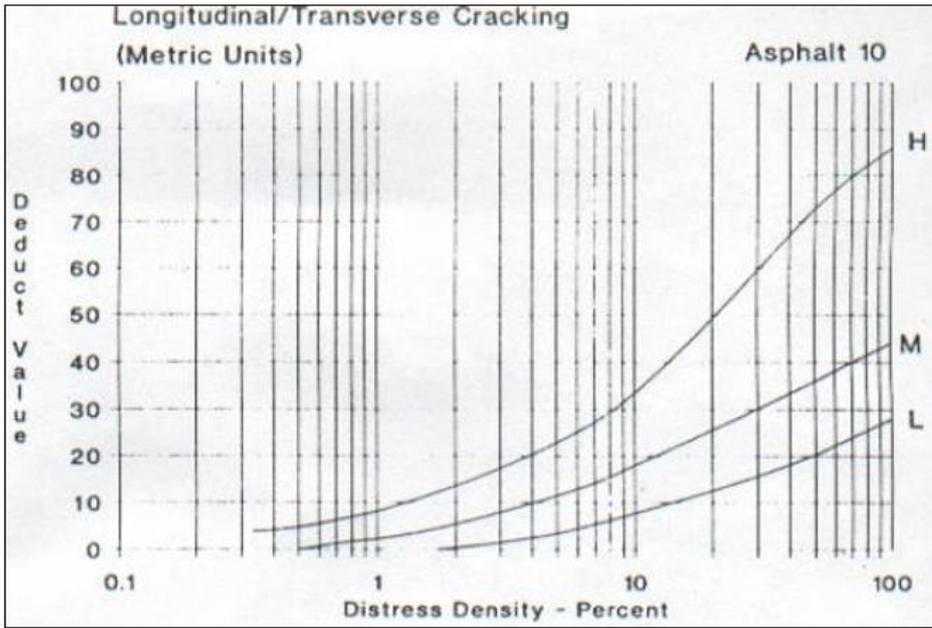
Depresión



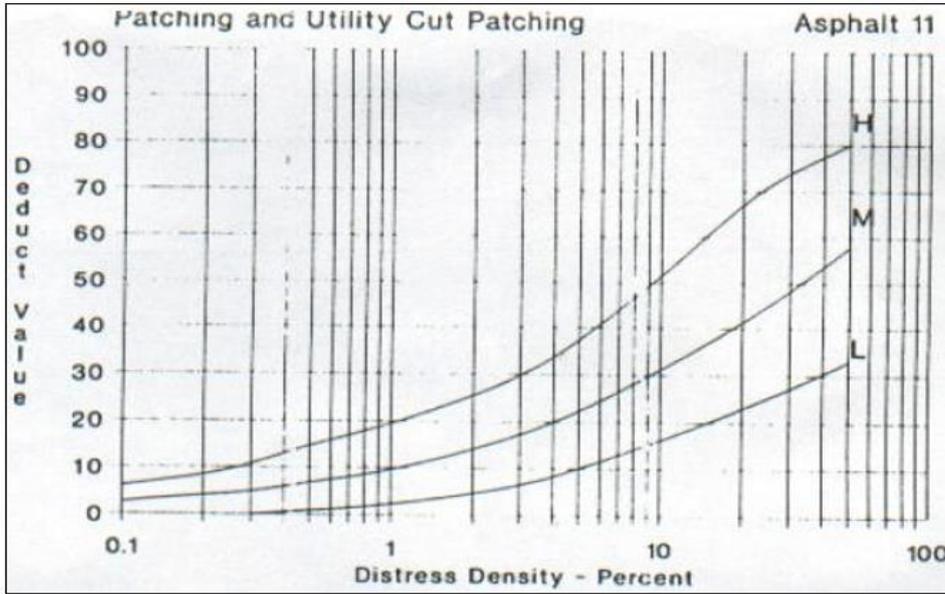
Grieta de borde



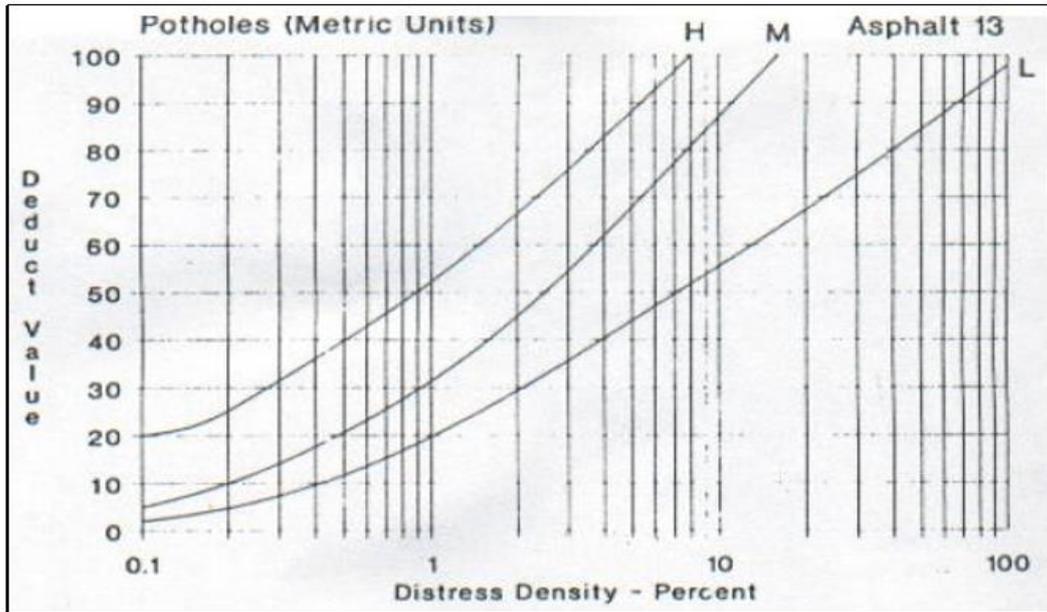
Grietas Longitudinales y Transversales



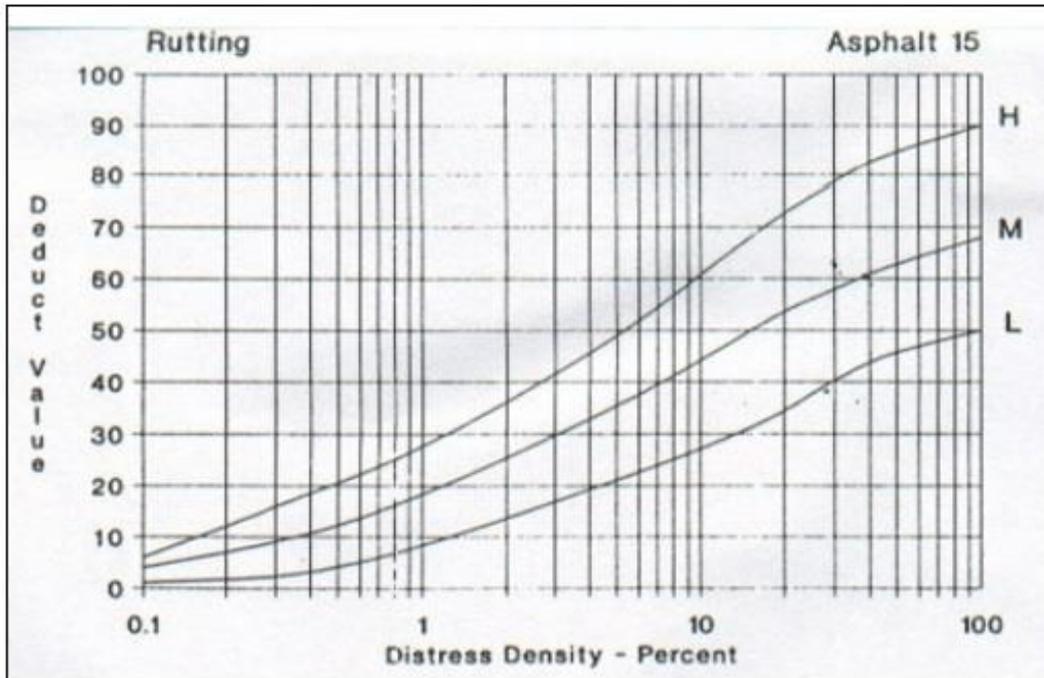
Parches



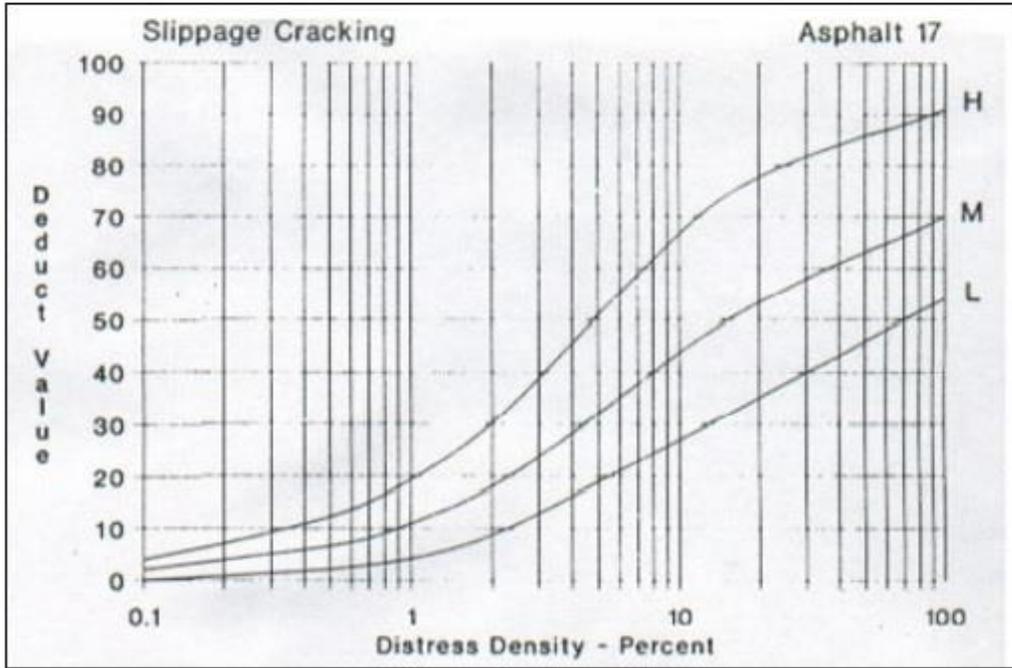
Baches



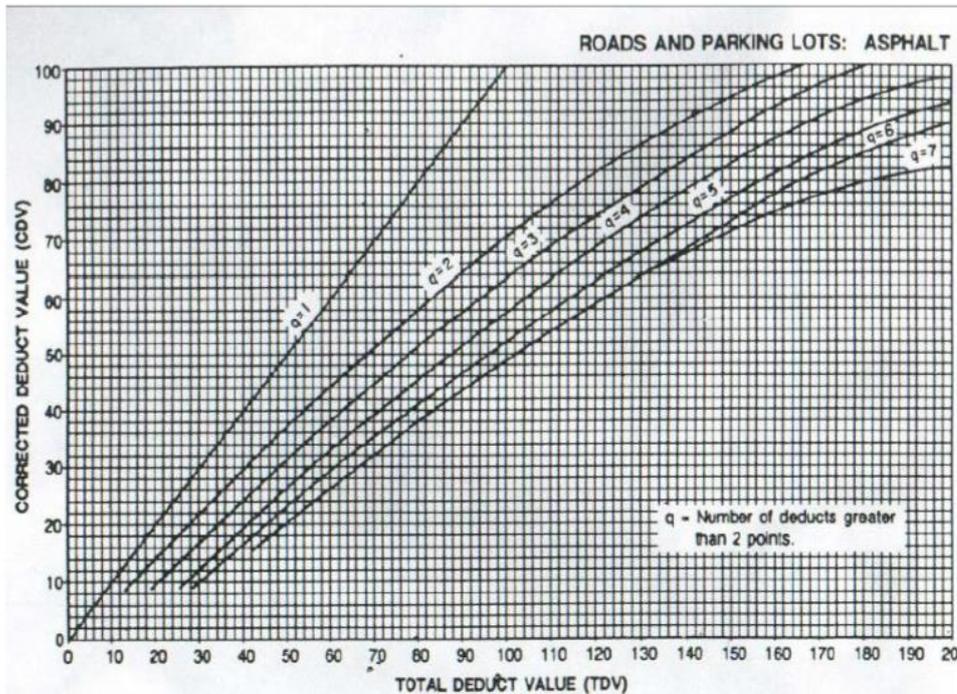
Ahuellamiento



Grietas Parabólicas



Anexo 4: Curvas de Valor Deducido corregido (CDV)



1.4. Índice de Serviciabilidad o Calificación (PSI)

Sus siglas en inglés (Present Serviciability Index) de un pavimento, es el valor que indica el grado de servicio que tiene la superficie para el desplazamiento confortable de un vehículo; valor de serviciabilidad inicial que depende del diseño del pavimento.

Correspondiente a las normas peruanas los manuales que nos proporciona el MTC podemos encontrar información referente al Índice de Rugosidad Internacional. Aprobación de la Resolución Directoral N°10-2014- MTC/14. Especificaciones técnicas generales para la conservación de carreteras, refuerzos de pavimentos flexibles nos muestra la siguiente:

ESTADO	Pavimentadas	No pavimentadas
	Rugosidad	Rugosidad
Bueno	$0 < IRI \leq 2.8$	$IRI \leq 6.0$
Regular	$2.8 < IRI \leq 4.0$	$6 < IRI \leq 8.0$
Malo	$4.0 < IRI \leq 5.0$	$8 < IRI \leq 10$
Muy Malo	$5 < IRI$	$10 \leq IRI$

**Figura 7. ESTADO VIAL SEGÚN LA RUGOSIDAD.
Especificaciones técnicas generales para la conservación de
carreteras MTC.**

Los siguientes cuadros muestran la escala de evaluación:

Tabla N°04. Escala de índice de serviciabilidad

Índice de Serviaviilidad	Calidad
5	Muy Buena
4	
3	Buena
2	Regular
1	Mala
0	Pésima

Modelo AASHTO (1993): se llevan a cabo correlaciones entre la Calificación de Servicio Actual (PSR) y las determinaciones de la extensión de áreas agrietadas y parchadas, así como la rugosidad, empleando para esta última un dispositivo, denominado perfilómetro, que determinaba las variaciones de la pendiente del perfil longitudinal del pavimento.

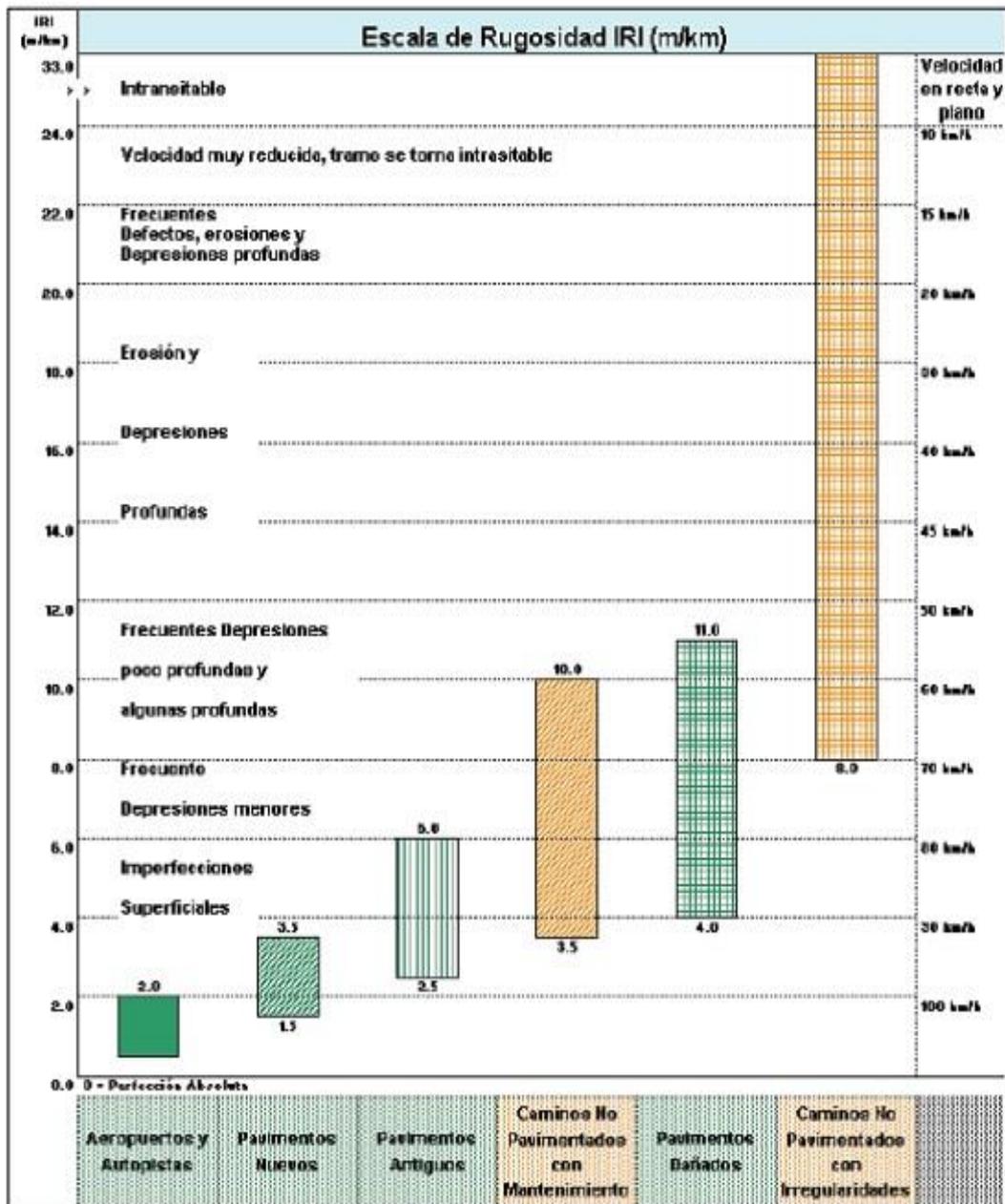
La calificación del estado de un pavimento a través del PSI o el índice de serviciabilidad es el resultado de una apreciación visual de la condición del pavimento.

A partir del estudio Brasil (GEIPOT, 1982; Paterson 1987), se evaluaron y moldearon los efectos físicos de deterioro y mantenimiento del pavimento, defendiéndose un deterioro nuevo indicador que se denominó Índice de Rugosidad internacional o IRI, y la regularidad superficial internacional o IRI, que representa la regularidad superficial de un pavimento y afecta la operación vehicular; en cuanto a la seguridad, confort, velocidad de viaje y desgaste de partes de vehículos.

Los estudios del banco mundial permiten determinar la rugosidad tanto en equipos debidamente calibrados, como a partir de evaluaciones visuales que relacionan el tipo y estado general del pavimento con la velocidad de operación de los vehículos.

Se presenta el grafico (traducido y adaptado de "Guidelines for conducting and calibrating road rough Ness measurements". Sayers M.W: Gillespie T.D. Paterson W.D: World Bank Technical Paper Number N°46, 1986) donde se muestra una escala de rugosidad para distintos tipos de pavimentos y condiciones.

Figura 8. Escala de Rugosidad IRI (m/Km). Para diferentes tipos de vías.



1.4.1. Relaciones entre PSI e IRI

Para evaluar la serviciabilidad del pavimento se emplea el parámetro denominado Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), el cual establece la condición funcional o capacidad de servicio actual del pavimento, conceptos que fueron desarrollados por el cuerpo técnico del Ensayo Vial AASHO, en 1957.

Los valores del PSI se evalúan mediante una escala que va de 0 a 5, en donde la condición óptima corresponde al máximo valor. En el Perú, la determinación analítica del PSI se efectúa utilizando la expresión establecida por Sayers, que relaciona la Rugosidad con el Índice de Serviciabilidad. La expresión, es una correlación desarrollada con la base de datos establecida en el Ensayo Internacional sobre Rugosidad de Caminos, realizado en Brasil en 1982. Relaciones entre PSI e IRI Para evaluar la serviciabilidad del pavimento se emplea el parámetro denominado Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), el cual establece la condición funcional o capacidad de servicio actual del pavimento, conceptos que fueron desarrollados por el cuerpo técnico del Ensayo Vial AASHO, en 1957. Los valores del PSI se evalúan mediante una escala que va de 0 a 5, en donde la condición óptima corresponde al máximo valor. En el Perú, la determinación analítica del PSI se efectúa utilizando la expresión establecida por Sayers, que relaciona la Rugosidad con el Índice de Serviciabilidad. La expresión, es una correlación desarrollada con la base de datos establecida en el Ensayo Internacional sobre Rugosidad de Caminos, realizado en Brasil en 1982.

Donde:

Ecuación

$$IRI = 5.5 \ln \left(\frac{5.0}{PSI} \right)$$

Se despeja PSI:

$$PSI = \frac{5}{e^{\left(\frac{IRI}{5.5}\right)}}$$

IRI: Rugosidad, IRI (International Roughness Index).

PSI: Índice de Serviciabilidad Presente.

La Transitabilidad de la vía, es decir, la adjetivación de la calidad de servicio que brinda en un momento determinado el pavimento, se evalúa en función de los valores de PSI calculados, de acuerdo a los siguientes rangos: (Del Águila Rodríguez, 1999)

Se pueden establecer rangos para el IRI, cuyos límites van a estar determinados por los correspondientes valores del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), los cuales ya fueron definidos por la AASHO en 1962. (Barrantes Jiménez, 2011)

Tabla N° 5. Relaciones entre PSI e IRI

Pavimentos Flesibles			Clasificación
(modelo de AASHO)			
valores de PSI	Valores de IRI	Rango de IRI	
5.0	0.0	0-1.0	Muy Buena
4.2	0.8		
4.0	1.0		
3.0	1.9	1.0-1.9	Buena
2.5	2.6	1.9-3.6	Regular
2.00	3.6		
1.50	4.9	3.6-6.4	Malo
1.0	6.4		
0.0	4.5	> 6.4	Muy Malo

1.5. Metodología para la determinación de la rugosidad.

1.5.1. Perfilómetro Estático Rugosímetro MERLIN

El Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (TRRL) desarrolló el Rugosímetro MERLIN (acrónimo de la terminología inglesa Machine for Evaluación Rough Ness using low-cost Instrumentation), basándose en el principio del perfilómetro estático, con el objetivo de obtener un equipo de bajo costo, fácil manejo y un método de análisis simple con resultados confiables. (Laura Hirpahuanca, 2016)

1.5.2. Fundamentos Teóricos

La determinación de la rugosidad de un pavimento se basa en el concepto de usar la distribución de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio. La Figura siguiente; ilustra cómo el MERLIN mide el desplazamiento vertical entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante. EL desplazamiento es conocido como “la desviación respecto a la cuerda promedio”. La determinación de la rugosidad de un pavimento se basa en el concepto de usar la distribución de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio. La Figura N.º 1 ilustra como el MERLIN mide el desplazamiento vertical entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante. El desplazamiento es conocido como “la desviación respecto a la cuerda promedio”.

Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio

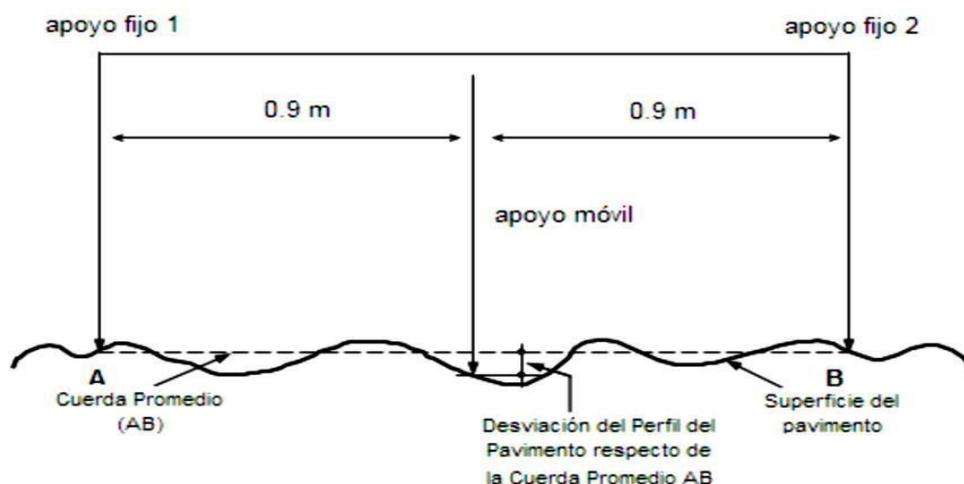


Figura N° 9 Fuente: Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999

La longitud de la cuerda promedio es 1.80m, por ser la distancia que proporciona los mejores resultados en las correlaciones. Asimismo, se ha definido que es necesario medir 200 desviaciones respecto de la cuerda promedio, en forma consecutiva a lo largo de la vía y considerar un intervalo constante entre cada medición. Para dichas condiciones se tiene que, a mayor rugosidad de la superficie mayor es la variabilidad de los desplazamientos. Si se define el histograma de la distribución de frecuencias de las 200 mediciones, es posible medir la dispersión de las desviaciones y correlacionarla con la escala estándar de la rugosidad (Figura N° 02). El parámetro estadístico que establece la magnitud de la dispersión es el Rango de la muestra (D), determinado luego de efectuar una depuración del 10% de observaciones (10 datos en cada cola del histograma). El valor D es la rugosidad del pavimento en “unidades MERLIN”.

Histograma de la distribución de frecuencias de una Muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva.

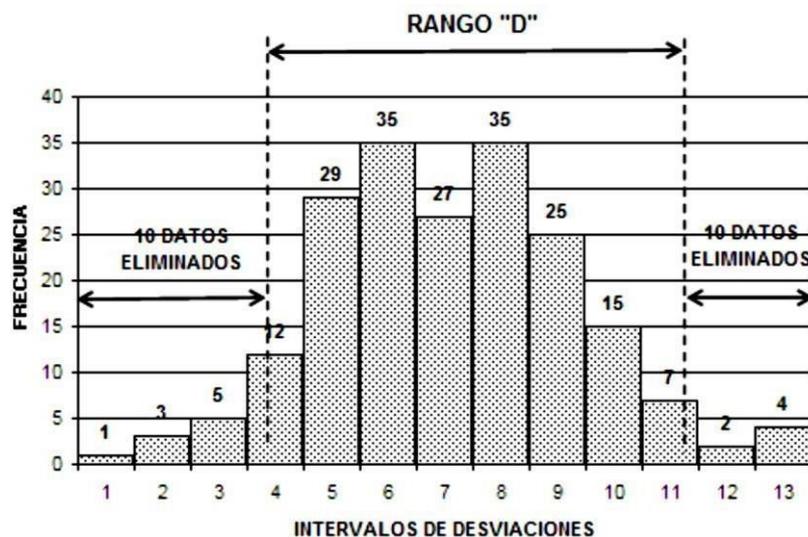


Figura N°10. Fuente: Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999.

El concepto de usar la dispersión de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio, como una forma para evaluar la rugosidad de un pavimento no es nuevo ni original del TRRL. Varios parámetros de rugosidad precedentes, tal como el conocido Quarter-car Índice (QI), han sido propuestos por otros investigadores basándose en el

mismo concepto, los que son analizados en la referencia. (Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999).

1.5.2.1. Correlaciones D versus IRI

Para relacionar la rugosidad determinada con el MERLIN con el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), que es el parámetro utilizado para uniformizar los resultados provenientes de la gran diversidad de equipos que existen en la actualidad, se utilizan las siguientes expresiones:

a) Cuando $2.4 < IRI < 15.9$, entonces $IRI = 0.593 + 0.0471 D$ (1)

b) Cuando $IRI < 2.4$, entonces $IRI = 0.0485 D$ (2)

La expresión 1 es la ecuación original establecida por el TRRL mediante simulaciones computarizadas, utilizando una base de datos proveniente del Ensayo Internacional sobre Rugosidad realizado en Brasil en 1982. La ecuación de correlación establecida es empleada para la evaluación de pavimentos en servicio, con superficie de rodadura asfáltica, granular o de tierra, siempre y cuando su rugosidad se encuentre comprendida en el intervalo indicado.

La expresión 2 es la ecuación de correlación establecida de acuerdo a la experiencia peruana y luego de comprobarse, después de ser evaluados más de 3,000 km de pavimentos, que la ecuación original del TRRL no era aplicable para el caso de pavimentos asfálticos nuevos o poco deformados. Se desarrolló entonces, siguiendo la misma metodología que la utilizada por el laboratorio británico, una ecuación que se emplea para el control de calidad de pavimentos recién construidos.

1.5.2.2. Análisis de medición

El Rugosímetro MERLIN, es un instrumento versátil, sencillo y económico, pensado especialmente para uso en países en vías de desarrollo. Fue introducido en el Perú por el Ing. Pablo del Águila en 1993, existiendo en la fecha (junio 1999) más de 15 unidades pertenecientes a otras tantas empresas constructoras y consultoras.

De acuerdo con la clasificación del Banco Mundial los métodos para la medición de la rugosidad **se agrupan en 4 clases**, siendo los de **Clase 1 los más exactos (Mira y Nivel, TRRL Beam, perfilómetros estáticos)**. **La Clase 2** agrupa a los métodos que utilizan los perfilómetros estáticos y dinámicos, pero que no cumplen con los niveles de exactitud que son exigidos para la Clase 1.

Los métodos Clase 3 utilizan ecuaciones de correlación para derivar sus resultados a la escala del IRI (Bump integrator, Mays meter). **Los métodos Clase 4** permiten obtener resultados meramente referenciales y se emplean cuando se requieren únicamente estimaciones gruesas de la rugosidad.

El método de medición que utiliza el MERLIN, por haber sido diseñado este equipo como **una variación de un perfilómetro estático y debido a la gran exactitud de sus resultados, califica como un método Clase 1**. La correlación de los resultados obtenidos con el MERLIN, con la escala del IRI, tiene un coeficiente de determinación prácticamente igual a la unidad ($R^2=0.98$). Por su gran exactitud, sólo superado por el método topográfico (mira y nivel), algunos fabricantes de equipos tipo respuesta (Bump Integrator, Mays Meter, etc.) lo recomiendan para la calibración de sus rugosímetros.

Tabla N°06. Clasificación de equipos para la medición del IRI

Fuente: (Almanza ,2014)

Clasificación del equipo	Clasificación según el Banco Mundial Documento técnico N°46 (Sayers et al., 1986)	Clasificación según ASTM E950-98	
		Intervalos de almacenamiento	Resolución de las medidas verticales
CLASE 1	Perfilómetros de precisión. Requiere que el perfil longitudinal sea medido como una serie de puntos de elevación equidistantes a través de la huella de la vía para calcular el IRI. Esta medida no debe sobrepasar los 0.25 m y la resolución de medición de la elevación debe ser superior 0.5 mm para pavimentos con IRI entre 1 y 3 m/km y de 3 mm para valores del IRI entre 10 y 20 m/km	Menor o igual a 25 mm	Menor o igual a 0.1 mm
CLASE 2	Otros métodos. Requieren una frecuencia de puntos del perfil no superior a 0.5 m y una precisión en la medida de elevación de 1 mm para IRI entre 1 y 3 m/km y 6 mm para valores de IRI entre 10 y 20 m/km	Mayor que 150 mm hasta 300 mm	Mayor que 0.1 mm hasta 0.2 mm
CLASE 3	IRI estimado mediante ecuaciones de correlación. La obtención del perfil longitudinal se hace mediante equipo tipo respuesta (RTRRM), los cuales han sido previamente calibrados con perfilómetros de precisión mediante ecuaciones de correlación	Mayor que 25 mm hasta 150 mm	Mayor que 0.2 mm hasta 0.5 mm
CLASE 4	Estimaciones subjetivas y mediciones no calibradas. Incluyen mediciones realizadas con equipos no calibrados, estimaciones subjetivas con base en la experiencia en la calidad del viaje o inspecciones visuales a las vías	Mayor que 300	Mayor que 0.5 mm

El MERLIN es un equipo de diseño simple. Consta de un marco formado por dos elementos verticales y uno horizontal. Para facilidad de desplazamiento y operación el elemento vertical delantero es una rueda, mientras que el trasero tiene adosados lateralmente dos soportes inclinados, uno en el lado derecho para fijar el equipo sobre el suelo durante los ensayos y otro en el lado izquierdo para descansar el equipo. El elemento horizontal se proyecta, hacia la parte trasera, con 2 manijas que permiten levantar y movilizar el

equipo, haciéndolo rodar sobre la rueda en forma similar a una carretilla.

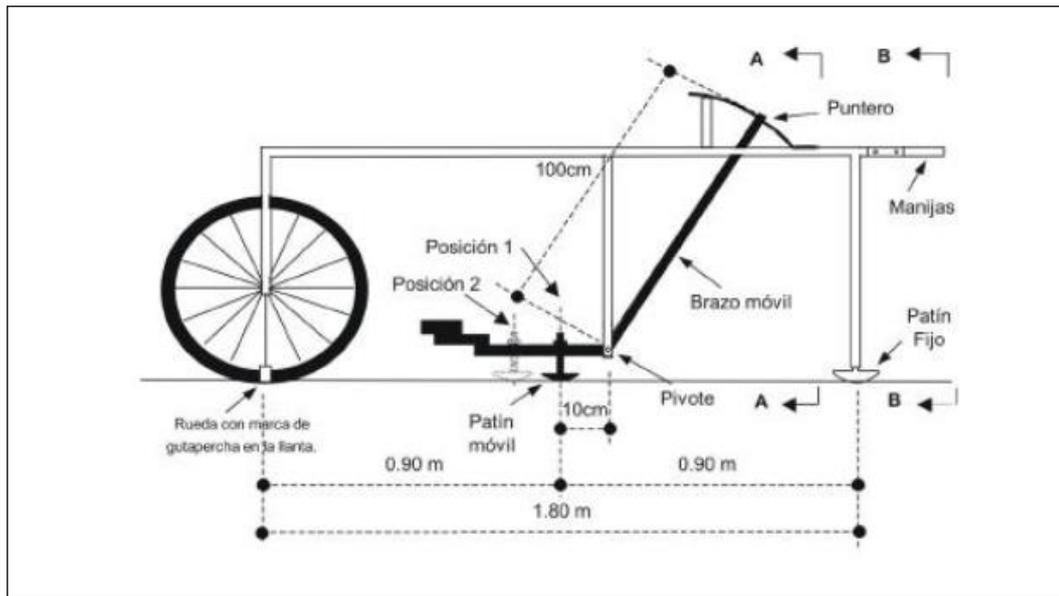
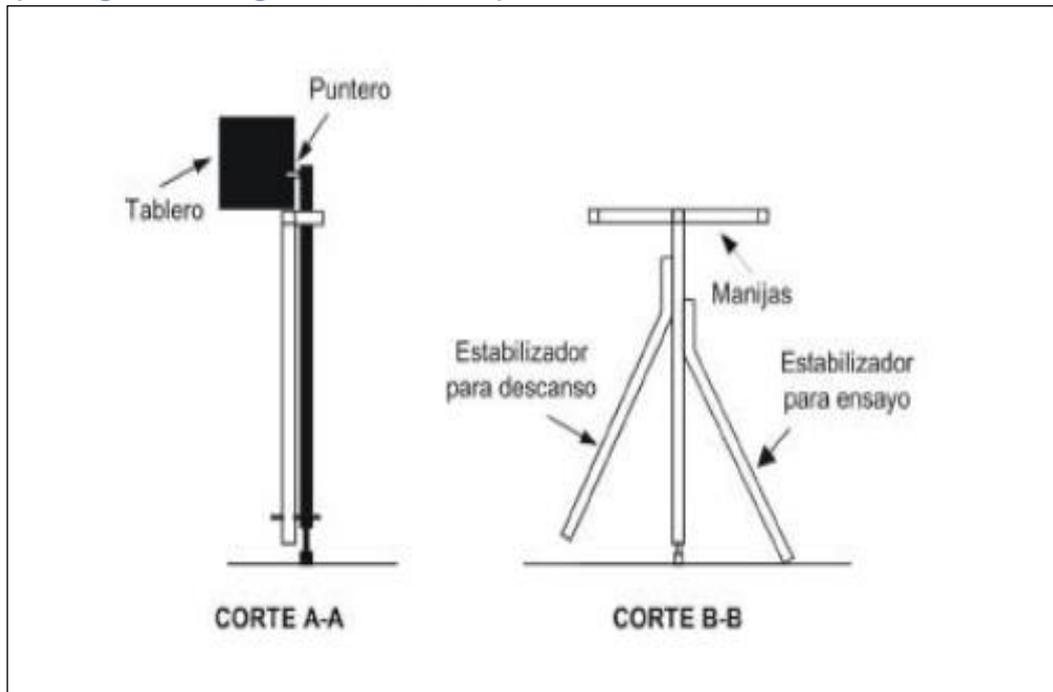


Figura N°11. ESQUEMA DEL RUGOSIMETRO DE MERLIN (Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999).



ESQUEMA DEL RUGOSIMETRO DE MERLIN (CORTES)

Figura N°12. Fuente: Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999.

1.5.2.3. Ejecución del método Merlín.

Para la realización de los ensayos se requiere de tres personas que trabajan conjuntamente, un operador que conduce el equipo y realiza las lecturas, un auxiliar que las anota. Y una persona encargada de apoyo en la seguridad con prevención de accidentes mientras ejecuta la recolección del ensayo. Asimismo, debe seleccionarse un trecho de aproximadamente 400 m de longitud, sobre un determinado carril de una vía. Las mediciones se efectúan siguiendo la huella exterior del tráfico. Para determinar un valor de rugosidad se deben efectuar 200 observaciones de las “irregularidades que presenta el pavimento” (desviaciones relativas a la cuerda promedio), cada una de las cuáles son detectadas por el patín móvil del MERLIN, y que a su vez son indicadas por la posición que adopta el puntero sobre la escala graduada del tablero, generándose de esa manera las lecturas.

Las observaciones deben realizarse estacionando el equipo a intervalos regulares, generalmente cada 2m de distancia; en la práctica esto se resuelve tomando como referencia la circunferencia de la rueda del MERLIN, que es aproximadamente esa dimensión, es decir, cada ensayo se realiza al cabo de una vuelta de la rueda.

En cada observación el instrumento debe descansar sobre el camino apoyado en tres o dos puntos fijos e invariables dependiendo del modelo del equipo, la rueda, el apoyo fijo trasero y según sea el caso el estabilizador para ensayo (Ilustración Nº 11, Corte B-B). La posición que adopta el puntero corresponderá a una lectura entre 1 y 50, la que se anotará en un formato de campo, El formato consta de una cuadrícula compuesta por 20 filas y 10 columnas; empezando por 32 el casillero (1,1), los datos se llenan de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, o de izquierda a derecha y de arriba abajo. El proceso de medición es continuo y se realiza a una velocidad promedio de 2 km/h. La prueba empieza estacionando el equipo al inicio del trecho de ensayo, el operador espera que el puntero se estabilice y observa la posición que adopta respecto de la escala colocada sobre el tablero, realizando así la lectura que es anotada por el auxiliar.

Paso seguido, el operador toma el instrumento por las manijas, elevándolo y desplazándolo la distancia constante seleccionada para usarse entre un ensayo y otro (una vuelta de la rueda). En la nueva ubicación se repite la operación explicada y así sucesivamente hasta completar las 200 lecturas. El espaciado

entre los ensayos no es un factor crítico, pero es recomendable que las lecturas se realicen siempre estacionando la rueda en una misma posición, para lo cual se pone una señal o marca llamativa sobre la llanta (con gutapercha fosforescente, por ejemplo), la que debe quedar siempre en contacto con el piso. Ello facilita la labor del operador quién, una vez hecha la lectura, levanta el equipo y controla que la llanta gire una vuelta haciendo coincidir nuevamente la marca sobre el piso. (Manual del usuario MERLINER por, Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999)

1.6. Definición de Términos Básicos.

Características de la subrasante: El Cálculo para el diseño se basa en el módulo elástico-dinámico del suelo. Como su medición por medio de los métodos vibratorios resulta engorrosa en consecuencia no apto para el trabajo de rutina, se utilizan las correlaciones obtenidas para el CBR y para el ensayo de carga. Por las razones apuntadas anteriormente se aconseja utilizar el ensayo de CBR.

Como consecuencia de su rigidez, el pavimento de hormigón tiene considerable resistencia de flexión denominada también de viga y alta capacidad para distribuir las cargas. Las presiones sobre el suelo o material debajo del pavimento, son muy pequeñas por la distribución de las cargas sobre una amplia superficie. Se deduce en consecuencia que los pavimentos de hormigón no requieren subrasantes resistentes.

Suelos estabilizados: Son suelos pobres o inadecuados de baja estabilidad a los cuales es necesario adecuarles un estabilizador como cal, cemento o un aditivo químico o iónico.

Drenaje: Merece una consideración especial el drenaje adecuado del pavimento, tanto superficial como subterráneo. El agua superficial debe ser evacuada a través de cunetas o desagües pluviales. Con respecto al drenaje subterráneo hay que tomar precauciones necesarias para que el nivel de la napa se encuentre suficientemente alejado del pavimento y en caso contrario, utilizar capas drenantes que resulten menos susceptibles a la presencia de agua. Con este objeto, en algunos casos resulta aconsejable la colocación de capas relativamente gruesas de arena; o capas alternativas drenantes de arena e impermeables de suelo para cortar la capilaridad y facilitar la compactación. En Cambio, si trabajan en forma diferente, terminan produciéndose fisuras.

Factores que intervienen en el cálculo de espesores: Los pavimentos son diseñados para obtener en forma económica un buen comportamiento durante una larga vida de servicio. Diversos factores deben analizarse para obtener el diseño del más bajo costo anual. Estos factores son:

- Tránsito considerando las cargas por eje o rueda y su frecuencia
- Resistencia de los materiales
- Subrasante
- Drenaje
- Acción de las heladas
- Vida útil para el diseño.

Fatiga: Cuando las continuas aplicaciones de las cargas producen tensiones que no exceden del 50% del módulo de rotura (coeficiente de seguridad igual o mayor a 2) el hormigón soportará un número ilimitado de tales tensiones sin que ocurran fallas por fatiga. Cuando las tensiones producidas exceden el 50% del módulo de rotura (coeficiente de seguridad comprendido entre 1 y 2) queda limitado el número de repeticiones de las tensiones para que el hormigón no experimente fallas por fatiga.

Fisuras: son aperturas longitudinales que afectan la capa exterior del elemento constructivo. En cambio, las grietas son aperturas más anchas y profundas, que afectan todo el espesor del paramento u otro elemento constructivo. Aparecen por movimientos de los materiales; éstos pueden deberse a causas mecánicas, químicas o higrotérmicas. Si los materiales que componen un elemento constructivo, tienen movimientos equivalentes en cuanto a tipo y magnitud, no hay incidencia que afecte al conjunto que afecte al conjunto, en cambio, si trabajan en forma diferente, terminan produciéndose fisuras.

Índice de rugosidad internacional (IRI): El índice de rugosidad internacional es un parámetro que se utiliza para determinar su regularidad y la comodidad en la conducción.

Índice de serviciabilidad presente (PSI): Se define el Índice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento.

Índice condición de pavimentos (PCI): es el índice numérico que varía desde cero (0). Para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100)

Pavimentos flexibles: es el pavimento que tienen en su parte superior una carpeta bituminosa, apoyada sobre dos capas granulares, denominadas base y sub base.

Índice de rugosidad internacional (IRI): El índice de rugosidad internacional es un parámetro que se utiliza para determinar su regularidad y la comodidad en la conducción.

Índice de serviciabilidad presente (PSI): Se define el Índice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento.

Índice de condición de pavimentos (PCI): es el índice numérico que varía desde cero (0). Para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado.

Vida útil para el diseño: Conociendo las condiciones del tránsito, el pavimento puede ser diseñado para la vida de servicio que se desee. Debe establecerse el volumen y peso del tránsito futuro previsible.

Rango: Representa una categoría que ocupa una cosa dentro de una clasificación según su importancia, grado o nivel jerárquico.

2.0. Capítulo II. Planteamiento del Problema

2.1. Descripción del Problema

La Ingeniería de pavimentos representa retos importantes para el diseño de una carretera de tal manera durante el diseño debemos ser capaces de cumplir los procesos, etapas y funciones; por lo cual los componentes estructurales (superficie, rodadura, base, subbase, relleno, subrasante, etc.) en un tramo de una carretera o vía son determinados para que se logre un comportamiento adecuado, a diferencias con otros problemas de diseño, las estructuras fallan de forma progresiva y no súbitamente; es decir por fatiga o por acumulación de deformaciones de la estructura y la subrasante, el comportamiento de los pavimentos varía a lo largo del tiempo. En consecuencia. Una de las claves del funcionamiento de un sistema de gestión de pavimentos es la evaluación objetiva del pavimento y es importante identificar la relación de los diferentes factores; como las modificaciones en las propiedades de los materiales, el efecto ambiental y el cambio en las condiciones de carga del tráfico. Donde el objetivo es Conseguir la funcionalidad del pavimento durante el periodo de vida útil, de tal forma que sea posible o en su defecto prever las actividades de mantenimiento

tal medida para analizar los indicadores de deterioro de las vías más utilizados para la evaluación de la regularidad del pavimento es el Índice de Regularidad Internacional (IRI), el cual muestra el nivel de rugosidad, que conlleva a determinar la comodidad, confort y seguridad al transitar. Para la medición del Índice de Regularidad Internacional (IRI), La información de deterioro, rugosidad, capacidad estructural, textura; se pueden recolectar por varios medios una de las cuales es de inspección visual y/o dinámica. Métodos que se utilizan para estudiar y medir la regularidad superficial, índices y escalas existentes y establecer los criterios de aceptación de la funcionalidad de una carretera. En 1982, el Banco Mundial inició un experimento en Brasil para establecer correlaciones y un estándar de calibración para las mediciones de rugosidad. Se observó que los valores de los equipos de medición de la rugosidad superficial existentes eran correlacionables.

Y el problema a estudiar referente a la presente investigación, nace ante la situación del mal estado actual en el que se encuentran los pavimentos en la ciudad de Iquitos, la cual se vuelve dificultoso para el libre tránsito y se observa en sus principales calles y jirones, un deterioro inevitable de sus vías. La av. guardia civil tiene un inadecuado programa de mantenimiento y mejoramiento respecto a sus años de vida útil, requisito fundamental para prever el estado de conservación aspectos suficientes que lo hicieron candidato de estudio para desarrollar un tema de investigación.

2.2. Formulación del Problema

2.2.1. Problema general

¿Cuál es el nivel de servicio mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) utilizando el rugosímetro MERLIN en el pavimento flexible y severidad en la Avenida Guardia Civil en Iquitos 2021?

2.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) del pavimento flexible de la avenida Guardia Civil en Iquitos?
- ¿Cuál es el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) máximo y mínimo del pavimento flexible de la avenida Guardia Civil en Iquitos?
- ¿Cuál es el Índice de serviciabilidad presente (PSI) del pavimento flexible de la avenida Guardia Civil en Iquitos?
- ¿Cuáles son los niveles de severidad presente (PCI) del pavimento flexible de la avenida Guardia Civil en Iquitos?

2.3. Objetivos

2.3.1. Objetivo general

Determinar el nivel de servicio mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) utilizando el rugosímetro MERLIN en el pavimento flexible y severidad de la Avenida Guardia Civil en Iquitos 2021.

2.3.2. Objetivos específicos.

- Determinar Índice de Rugosidad Internacional (IRI) del pavimento flexible de la avenida Guardia Civil en Iquitos 2021.
- Identificar Índice de Rugosidad Internacional (IRI) máximo y mínimo del pavimento flexible de la avenida Guardia Civil en Iquitos 2021.
- Identificar el índice de serviciabilidad presente (PSI) del pavimento flexible de la avenida Guardia Civil en Iquitos 2021.
- Determinar los niveles de severidad presente (PCI) del pavimento flexible de la avenida Guardia Civil en Iquitos 2021.

3.0. Capítulo III: METODOLOGÍA.

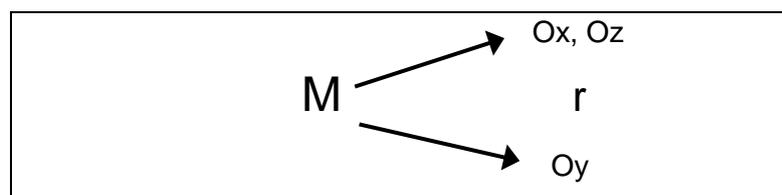
3.1. Tipo y Diseño de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

La investigación pertenece a un diseño racional porque se determinó los resultados en campo en forma sistemática, metódica, evaluando así el propósito del análisis obtenido con el perfilómetro estático Merlín y la severidad del pavimento, enfocada a encontrar la relación de las variables de los niveles de servicio.

3.1.2. Diseño de investigación

El diagrama del diseño es de una investigación no experimental:



Donde:

M = Muestra en estudio

Ox, Oy, Oz...= Observación cada variable

r.....= Relación entre las variables observadas

(Díaz Cerrón & Huayhua Achircana, 2014).

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población.

Para la presente investigación la población está conformada por la avenida Guardia Civil (calle 19 de julio /Av. José Abelardo quiñones).

3.2.2. Muestra

La muestra es el tramo de la avenida guardia civil que corresponde a las progresivas 0+000 a 1+200 de lado derecho y del izquierdo. Un total de 2.4 km.

3.3. Técnicas, instrumentos y procedimiento de recolección de datos

3.3.1. Técnicas de Recolección de datos

Se realizó una recopilación de los temas teóricos y normativos, adjuntando los datos, para poder analizar e implementar el método perfilómetro estático MERLIN con el propósito de obtener la información de los ensayos para determinar la relación de las variables de IRI y serviciabilidad en el pavimento flexible. Y se realizó una supervisión del lugar para poder hacer una evaluación y medición, de la severidad verificando sus características existentes del pavimento de la Avenida Guardia Civil. La técnica utilizada es la observación.

3.3.2. Instrumentos de recolección de datos.

La toma de datos, con el rugosímetro MERLIN se debe llevar a cabo siguiendo el procedimiento correcto para la obtención de resultados confiables, y tomando las medidas adecuadas de seguridad, en este caso se contó con conos de seguridad y vigías durante todos los ensayos de campo

Los instrumentos de recolección de datos acorde con las técnicas son la ficha de observación y el registro anecdótico.

Se utilizó el Rugosímetro MERLIN y utilizamos los datos del formato correspondiente al manual del usuario MELINER, en donde se realiza la anotación de las correspondientes del estudio. Y se utiliza el formato correspondiente a la figura 14 Muestra de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica para el análisis del PCI.

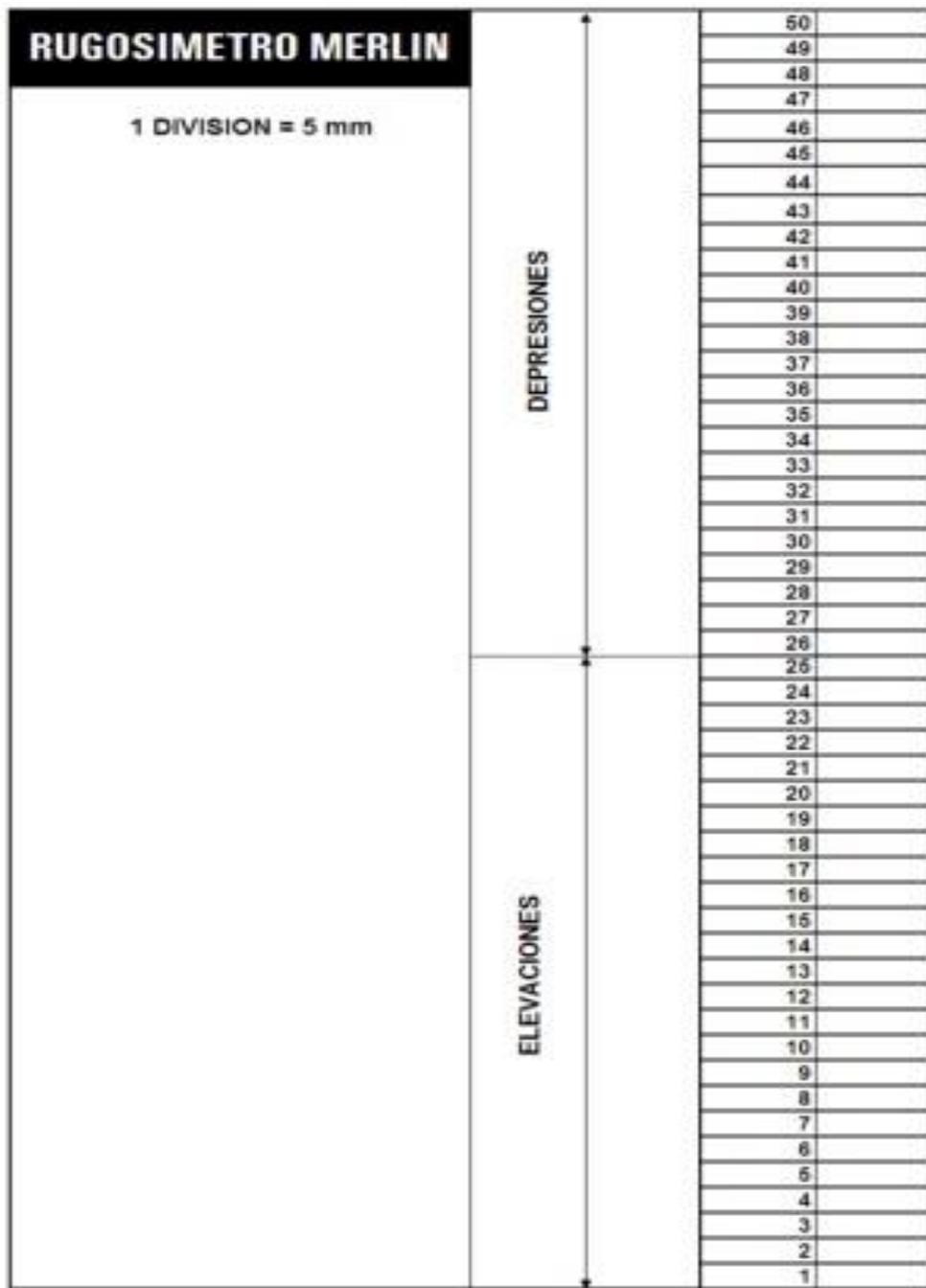


Figura N°13. ESCALA PARA DETERMINAR LA DISPERSION DE LAS DESVIACIONES DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO RESPECTO DEL NIVEL DE REFERENCIA O CUERDA PROMEDIO (MID-CORD-DEVIATIONS)

ENSAYOS PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD METODO MERLIN												
TESISTA			SECTOR									
ASESOR			PROGRESIVA	0+400								
CARRIL			TECNICO									
ENSAYO N°		KM	0+000	0+400		HORA						
TITULO	"MEDICIÓN DEL ÍNDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD CON PERFILÓMETRO ESTÁTICO MERLIN Y NIVEL DE SEVERIDAD EN AVENIDA GUARDIA CIVIL IQUITOS 2021"											
	TIPOS DE PAVIMENTOS	N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	AFIRMADO	1										
		2										
	BASE GRANULAR	3										
		4										
	BASE IMPRIMADA	5										
		6										
	TRATAMIENTO BICAPA	7										
		8										
	CARPETA EN FRIO	9										
		10										
x	CARPETA EN CALIENTE	11										
		12										
	RECAPEO ASFALTICO	13										
		14										
	SELLO	15										
		16										
		17										
		18										
		19										
		20										
OBSERVACIONES												

Figura N°14. FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD METODO MERLIN

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
PCI-01. CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA.

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

FIGURA N°15. Muestra de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica

3.3.3. Procedimientos de Recolección de datos.

3.3.3.1. cálculo de la rugosidad

La determinación de la rugosidad de un pavimento se basa en el concepto de usar la distribución de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio. La figura N°9 muestra como el MERLIN mide el desplazamiento vertical entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante. El desplazamiento es conocido como “la desviación respecto a la cuerda promedio”. (Carhuapoma, 2019)

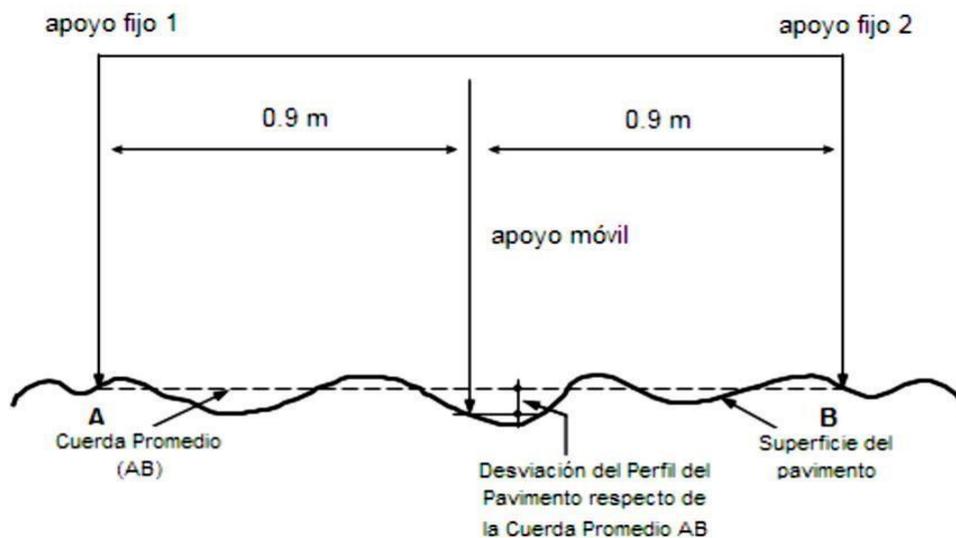


Figura N°09. Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio. Fuente: Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999.

3.3.3.2. Cálculo del rango "D"

Los datos de las irregularidades del pavimento obtenidos con MERLIN se analizarán calculando la distribución de frecuencias de las lecturas o posiciones adoptadas por el puntero la cual puede expresarse en forma de histograma para ello se establece el Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D), luego de descartarse el 10% de datos que correspondan a posiciones del puntero poco representativas o erráticas. En la práctica se elimina 5% (10 datos) del extremo inferior del histograma y 5% (10 datos) del extremo superior. (figura 10). Con el descarte de los datos se puede calcular mediante fracciones al inicio y al final del histograma el rango D expresado en milímetros el cual será multiplicado por el número de unidades calculado por el valor que tiene cada unidad en milímetros. (Carhuapoma, 2019)

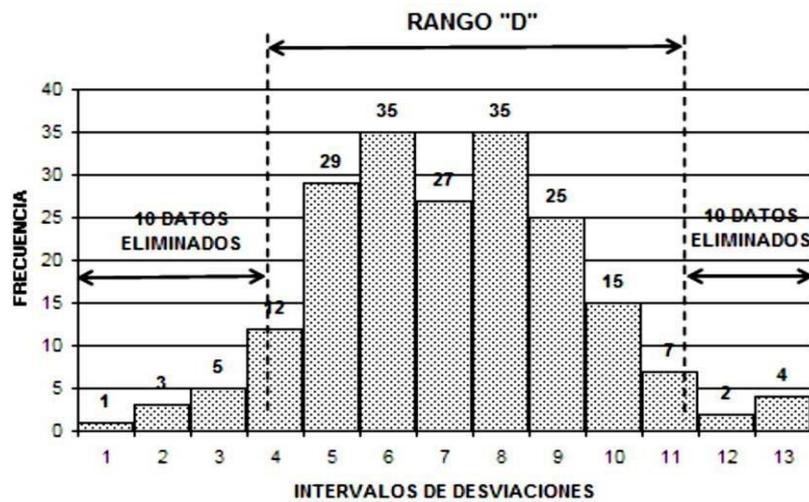


Figura N° 10 Histograma de la distribución de frecuencias de una Muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva. Fuente: Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999

3.3.3.3. Cálculo del factor de corrección.

Seguidamente se obtiene un factor de corrección para ajuste para el rango D con los datos apuntados de campo como el espesor de la pastilla la lectura inicial y la lectura final lo que marco el puntero al ser colocada la pastilla se aplicara la siguiente fórmula para la obtención de este factor de corrección (FC).

Donde:

$$FC = \frac{EP \times 10}{(LI - LF) \times 5}$$

EP: Espesor de la pastilla

LI: Posición inicial del puntero

LF: Posición final del puntero

Remplazando nuestros datos de campo se podrá obtener el factor de corrección.

3.3.3.4. Cálculo del rango “D” corregido.

Seguidamente para poder llegar al cálculo de la rugosidad es importante tener la relación de los brazos (RB) según el Manual de Usuario MERLINER, (1999) se considera: Una posición ubicada a 10 cm del punto de pivote, posición standard que se utiliza en el caso de pavimentos nuevos o superficies muy lisas (baja rugosidad). En ese caso la relación de brazos utilizada será 1 a 10. Una posición ubicada a 20 cm del punto de pivote, posición alterna que se utiliza en el caso de pavimentos afirmados muy deformados o pavimentos muy deteriorados. En ese caso la relación de brazos será 1 a 5. De usar esta posición, el valor D determinado deberá multiplicarse por un factor de 2. Entonces para la variación de relación de brazos se considera de acuerdo al tipo de pavimento en estudio. Teniendo el rango D, el factor de corrección (FC) y la relación de brazos (RB) se puede calcular el rango D corregido con la multiplicación de los datos antes mencionados.

$$\text{Rango } D \text{ corregido} = \text{Rango } D \times FC \times RB$$

Este valor llevado a condiciones estándar es la rugosidad en unidades MERLIN.

3.3.3.5. Cálculo del IRI.

Finalmente calcularemos la rugosidad en escala de IRI para ello utilizaremos las expresiones expuestas en el Manual de Usuario MERLINER, (1999):

a) Cuando $2.4 < IRI < 2.4$, o $D \leq 42$ entonces:

$$IRI = 0.593 + 0.0471 D \quad (1)$$

b) Cuando $IRI < 2.4$, o $D \leq 42$ entonces:

$$IRI = 0.0485 D \quad (2)$$

La expresión 1 es la ecuación original establecida por el TRRL mediante simulaciones computarizadas, utilizando una base de datos proveniente del Ensayo Internacional sobre Rugosidad realizado en Brasil en 1982. La ecuación de correlación establecida es empleada para la evaluación de pavimentos en servicio, con superficie de rodadura asfáltica, granular o de tierra, siempre y cuando su rugosidad se encuentre comprendida en el intervalo indicado.

La expresión 2 es la ecuación de correlación establecida de acuerdo a la experiencia peruana y luego de comprobarse, después de ser evaluados más de 3,000 km de pavimentos, que la ecuación original del TRRL no era aplicable para el caso de pavimentos asfálticos nuevos o poco deformados. Se desarrolló entonces, siguiendo la misma metodología que la utilizada por el laboratorio británico, una ecuación que se emplea para el control de calidad de pavimentos recién construidos. Aplicamos la expresión según nuestro pavimento y obtendremos una rugosidad final en m/km para una muestra de 40.

3.3.3.6. Cálculo del IRI Característico.

El Manual de Carreteras - Conservación Vial, nos permite calcular en pavimentos asfálticos nuevos, rehabilitados, o en periodo servicio el parámetro denominado IRI característico, para evaluar el nivel de aceptación de la vía, para esta investigación se determinó que la vía en estudio, es de tercera clase y un pavimento en servicio, porque se utilizara la siguiente expresión:

IRI característico (IRI_c) a la confiabilidad de 80%.

$$IRI_c = IRI_p + 0,842 \times ds$$

IRI_p = IRI promedio

ds = desviación estándar

3.3.3.7. Cálculo del nivel de servicio.

La investigación sobre pavimentos ha establecido correlaciones entre la rugosidad de una vía y su capacidad de servicio o serviciabilidad.

Para evaluar la serviciabilidad del pavimento se emplea el parámetro denominado Índice de Serviabilidad Presente (PSI), el cual establece la condición funcional o capacidad de servicio actual del pavimento, conceptos que fueron desarrollados por el cuerpo técnico del Ensayo Vial AASHO, en 1957. Para la determinación analítica del PSI se efectúa utilizando la expresión establecida por Sayers, que relaciona la Rugosidad con el Índice de Serviabilidad. La expresión, se obtuvo de la base de datos que se realizaron en el Ensayo **Internacional** sobre Rugosidad de Caminos, realizado en Brasil en 1982.

$$IRI = 5.5 \ln \left(\frac{5.0}{PSI} \right)$$

Se despeja PSI:

$$PSI = \frac{5}{e^{\left(\frac{IRI}{5.5}\right)}}$$

Donde: IRI: Rugosidad, IRI (International Roughness Index). PSI: Índice de Serviabilidad Presente.

**Tabla N°07. FORMATO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS PROGRESIVA
LADO DERECHO 0+000 a 0+400**

ENSAYOS PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD METODO MERLIN												
TESISTA	MARIA DEL MAR VASQUEZ ALAVA				SECTOR	AV. Guardia civil						
ASESOR	Ing. Erlin Guillermo Cabanillas Oliva, Dr.				PROGRESIVA	0+000 0+400						
CARRIL	DERECHO				TECNICO	JMP						
ENSAYO N°	E01- MM	KM	0+400		FECHA	ABRIL-2021						
TITULO	"MEDICIÓN DEL ÍNDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD CON PERFILÓMETRO ESTÁTICO MERLIN Y NIVEL DE SEVERIDAD EN AVENIDA GUARDIA CIVIL IQUITOS 2021"											
	TIPOS DE PAVIMENTOS	N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	AFIRMADO	1	30	28	27	28	29	28	26	29	27	26
		2	29	28	27	26	30	30	31	31	25	27
	BASE GRANULAR	3	31	29	31	25	26	26	28	26	30	28
		4	27	31	29	26	31	30	28	28	27	32
	BASE IMPRIMADA	5	27	30	26	28	31	29	32	29	29	30
		6	30	29	31	28	30	32	31	26	28	27
	TRATAMIENTO BICAPA	7	31	29	28	27	31	30	25	29	29	29
		8	32	29	30	32	27	29	32	28	29	28
	CARPETA EN FRIO	9	29	27	29	31	30	30	33	25	26	31
		10	18	17	21	22	24	21	17	19	25	23
x	CARPETA EN CALIENTE	11	23	18	22	19	21	23	19	20	24	24
		12	23	17	24	18	20	24	19	20	25	20
	RECAPEO ASFALTICO	13	23	21	21	20	19	24	16	19	18	20
		14	22	16	19	22	24	24	23	21	16	24
	SELLO	15	24	25	19	20	23	17	18	15	25	19
		16	25	24	16	20	19	21	15	16	23	21
		17	15	20	23	20	17	15	24	18	18	16
		18	24	18	15	15	18	21	25	23	20	19
		19	15	18	21	21	25	24	21	16	25	16
		20	18	20	14	14	23	14	15	21	23	17
OBSERVACIONES												

Tabla N°08. FORMATO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS PROGRESIVA LADO IZQUIERDO 0-400

ENSAYOS PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD METODO MERLIN												
TESISTA	MARIA DEL MAR VASQUEZ ALAVA				SECTOR	AV. Guardia civil						
ASESOR	Ing. Erlin Guillermo Cabanillas Oliva, Dr.				PROGRESIVA	0+000 0+400						
CARRIL	IZQUIERDA				TECNICO	JMP						
ENSAYO N°	E02- MM	KM	0+400			FECHA	ABRIL- 2021					
TITULO	"MEDICIÓN DEL ÍNDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD CON PERFILOMETRO ESTÁTICO MERLIN Y NIVEL DE SEVERIDAD EN AVENIDA GUARDIA CIVIL IQUITOS 2021"											
	TIPOS DE PAVIMENTOS	N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	AFIRMADO	1	26	30	27	28	30	28	29	29	31	26
		2	28	28	28	26	26	30	27	27	26	29
	BASE GRANULAR	3	27	25	26	27	25	28	30	31	25	28
		4	25	26	26	27	28	26	26	26	26	28
	BASE IMPRIMADA	5	30	29	29	30	28	25	31	27	29	28
		6	29	26	30	28	30	30	27	30	32	26
	TRATAMIENTO BICAPA	7	30	32	30	30	28	28	26	25	30	25
		8	32	28	26	28	28	31	28	25	28	29
	CARPETA EN FRIO	9	30	32	30	25	27	33	29	26	32	27
		10	19	19	21	20	24	22	21	23	25	20
x	CARPETA EN CALIENTE	11	25	24	23	25	22	23	25	22	17	17
		12	24	22	19	23	20	23	19	23	20	18
	RECAPEO ASFALTICO	13	21	18	18	19	18	22	17	18	19	23
		14	23	23	17	19	21	16	23	19	23	17
	SELLO	15	22	22	19	24	24	16	17	25	19	17
		16	17	17	16	17	19	22	17	18	16	17
		17	22	16	25	17	19	21	20	17	17	19
		18	23	18	16	24	25	21	22	23	21	22
		19	24	24	23	16	20	21	17	22	25	19
		20	20	22	23	17	21	16	21	23	25	21
OBSERVACIONES												

Tabla N°09. FORMATO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS PROGRESIVA LADO DERECHO 0+400 a 0+800

ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD METODO MERLIN												
TESISTA	MARIA DEL MAR VASQUEZ ALAVA			SECTOR	AV. Guardia civil							
ASESOR	Ing. Erlin Guillermo Cabanillas Oliva, Dr.			PROGRESIVA	0+400 a 0+800							
CARRIL	DERECHA			TECNICO	JMP							
ENSAYO N°	E03- MM	KM	0+400	FECHA	ABRIL-2021							
TITULO	"MEDICIÓN DEL ÍNDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD CON PERFILOMETRO ESTÁTICO MERLIN Y NIVEL DE SEVERIDAD EN AVENIDA GUARDIA CIVIL IQUITOS 2021"											
	TIPOS DE PAVIMENTOS	N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	AFIRMADO	1	26	29	27	29	29	28	28	31	28	27
		2	29	29	30	28	29	30	25	25	25	25
	BASE GRANULAR	3	30	25	26	26	26	25	28	26	31	31
		4	27	27	27	28	30	27	30	30	27	28
	BASE IMPRIMADA	5	30	26	29	29	25	29	27	28	31	28
		6	29	31	29	31	28	27	30	26	27	30
	TRATAMIENTO BICAPA	7	30	27	28	25	32	29	30	29	29	25
		8	28	26	30	29	28	29	31	27	30	32
	CARPETA EN FRIO	9	30	31	28	26	28	29	27	27	32	29
		10	20	22	23	24	21	19	19	23	18	17
x	CARPETA EN CALIENTE	11	19	21	23	18	19	23	20	24	19	20
		12	20	24	21	20	20	20	22	24	21	20
	RECAPEO ASFALTICO	13	18	18	20	19	21	23	23	19	17	21
		14	22	22	18	25	22	21	21	17	18	19
	SELLO	15	24	25	24	25	19	23	24	22	16	17
		16	18	19	20	24	18	22	24	22	22	17
		17	24	18	20	18	22	24	24	20	16	17
		18	25	20	23	23	20	18	20	21	18	21
		19	23	21	20	22	17	18	18	20	19	17
		20	22	19	23	24	22	19	21	25	21	18
OBSERVACIONES												

**Tabla N°10. FORMATO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS PROGRESIVA
LADO IZQUIERDO 0-400 a 0+800**

ENSAYOS PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD METODO MERLIN												
TESISTA	MARIA DEL MAR VASQUEZ ALAVA				SECTOR	AV. Guardia civil						
ASESOR	Ing. Erlin Guillermo Cabanillas Oliva, Dr.				PROGRESIVA	0+400 0+800						
CARRIL	IZQUIERDA				TECNICO	JMP						
ENSAYO N°	E04- MM	KM	0+400			FECHA	ABRIL-2021					
TITULO	"MEDICIÓN DEL ÍNDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD CON PERFILOMETRO ESTÁTICO MERLIN Y NIVEL DE SEVERIDAD EN AVENIDA GUARDIA CIVIL IQUITOS 2021"											
	TIPOS DE PAVIMENTOS	N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	AFIRMADO	1	27	26	27	28	26	30	29	26	29	26
		2	25	30	25	25	30	30	28	30	29	29
	BASE GRANULAR	3	26	28	30	28	29	26	28	27	26	31
		4	25	26	30	28	30	30	30	28	31	31
	BASE IMPRIMADA	5	28	27	27	27	25	25	26	31	25	29
		6	29	31	31	25	28	26	30	31	27	27
	TRATAMIENTO BICAPA	7	29	26	27	28	28	27	25	31	31	29
		8	28	26	32	31	25	27	28	27	26	27
	CARPETA EN FRIO	9	30	30	29	32	28	26	31	30	32	25
		10	19	23	20	21	22	21	21	21	17	21
x	CARPETA EN CALIENTE	11	24	25	23	25	24	23	24	24	23	21
		12	23	21	20	17	17	22	19	17	18	18
	RECAPEO ASFALTICO	13	19	23	20	22	20	20	17	17	21	20
		14	19	24	19	22	18	21	18	21	22	21
	SELLO	15	19	19	21	20	21	20	19	20	21	19
		16	22	17	22	22	21	20	17	18	25	22
		17	21	18	18	19	17	22	19	17	17	17
		18	23	24	17	17	19	23	23	21	21	24
		19	18	19	24	19	19	24	24	20	23	17
		20	17	17	20	25	21	20	16	23	17	18
OBSERVACIONES												

**Tabla N°11.. FORMATO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS PROGRESIVA
LADO DERECHO 0+800 a 1+200**

ENSAYOS PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD METODO MERLIN												
TESISTA	MARIA DEL MAR VASQUEZ ALAVA				SECTOR	AV. Guardia civil						
ASESOR	Ing. Erlin Guillermo Cabanillas Oliva, Dr.				PROGRESIVA	0+800 1+200						
CARRIL	DERECHA				TECNICO	JMP						
ENSAYO N°	E05- MM	KM	0+400			FECHA	ABRIL-2021					
TITULO	"MEDICIÓN DEL ÍNDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD CON PERFILÓMETRO ESTÁTICO MERLIN Y NIVEL DE SEVERIDAD EN AVENIDA GUARDIA CIVIL IQUITOS 2021"											
	TIPOS DE PAVIMENTOS	N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	AFIRMADO	1	26	29	27	29	26	26	28	27	29	25
		2	29	26	31	25	28	30	29	26	27	28
	BASE GRANULAR	3	29	29	26	25	26	29	28	30	29	29
		4	29	27	26	28	26	29	29	30	26	31
	BASE IMPRIMADA	5	27	28	31	31	27	26	28	26	32	28
		6	28	26	29	30	26	27	28	29	28	29
	TRATAMIENTO BICAPA	7	27	31	30	27	28	29	27	30	26	27
		8	26	31	27	30	25	29	27	31	28	27
	CARPETA EN FRIO	9	26	28	27	27	29	25	32	30	27	31
		10	22	21	25	20	24	25	19	24	18	25
x	CARPETA EN CALIENTE	11	19	23	20	24	21	19	18	20	23	20
		12	19	19	21	23	22	23	18	19	19	19
	RECAPEO ASFALTICO	13	19	18	23	22	22	18	18	19	21	20
		14	24	24	25	24	25	24	23	22	25	17
	SELLO	15	25	20	24	25	24	19	25	19	24	25
		16	20	21	20	24	25	25	18	20	17	23
		17	17	18	20	17	17	22	18	19	23	17
		18	20	25	19	17	22	21	19	16	21	24
		19	22	22	22	19	22	20	25	18	24	17
		20	22	24	18	23	20	22	17	22	16	19
OBSERVACIONES												

**Tabla N°12. FORMATO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS PROGRESIVA
LADO IZQUIERDO 0-800 a 1+200**

ENSAYOS PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD METODO MERLIN												
TESISTA	MARIA DEL MAR VASQUEZ ALAVA				SECTOR	AV. Guardia civil						
ASESOR	Ing. Erlin Guillermo Cabanillas Oliva, Dr.				PROGRESIVA	0+800 1+200						
CARRIL	IZQUIERDA				TECNICO	JMP						
ENSAYO N°	E05- MM	KM	0+400		FECHA	ABRIL-2021						
TITULO	"MEDICIÓN DEL ÍNDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD CON PERFILOMETRO ESTÁTICO MERLIN Y NIVEL DE SEVERIDAD EN AVENIDA GUARDIA CIVIL IQUITOS 2021"											
	TIPOS DE PAVIMENTOS	N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	AFIRMADO	1	28	28	26	26	28	29	26	31	29	26
		2	26	28	27	25	30	26	25	26	26	29
	BASE GRANULAR	3	26	29	28	26	25	30	31	26	28	28
		4	26	27	26	27	30	30	28	30	26	26
	BASE IMPRIMADA	5	29	29	25	31	27	27	30	28	27	28
		6	28	32	31	28	28	27	28	30	27	26
	TRATAMIENTO BICAPA	7	30	28	31	31	32	26	26	27	31	29
		8	27	26	31	29	29	29	31	30	32	29
	CARPETA EN FRIO	9	32	25	27	32	30	31	33	26	33	28
		10	22	18	17	21	22	22	18	24	17	18
x	CARPETA EN CALIENTE	11	25	24	22	25	21	20	18	18	21	23
		12	23	24	20	24	17	19	21	20	17	25
	RECAPEO ASFALTICO	13	20	20	19	16	20	17	22	19	16	18
		14	24	23	22	23	16	19	19	24	17	19
	SELLO	15	24	21	15	22	22	22	17	21	15	23
		16	19	19	17	19	21	25	25	21	18	16
		17	24	25	21	21	21	21	16	16	23	19
		18	23	19	23	21	16	24	17	17	23	22
		19	21	23	15	20	15	16	19	18	14	19
		20	15	15	16	22	19	15	19	22	15	19
OBSERVACIONES												

3.3.3.8. Cálculo del PCI de las unidades de muestreo

Al completar la inspección de campo, la información sobre los daños se utiliza para calcular el PCI. El cálculo puede ser manual o computarizado y se basa en los “Valores Deducidos” de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas con Capa de Rodadura Asfáltica:

Etapa 1. Cálculo de los Valores Deducidos:

1. a. Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna TOTAL del formato PCI-01. El daño puede medirse en área, longitud o por número según su tipo.

1. b. Divida la CANTIDAD de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el ÁREA TOTAL de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Esta es la DENSIDAD del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.

1. c. Determine el VALOR DEDUCIDO para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño” que se adjuntan al final de este documento, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

Etapa 2. Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m)

2. a. Si ninguno o tan sólo uno de los “Valores Deducidos” es mayor que 2, se usa el “Valor Deducido Total” en lugar del mayor “Valor Deducido Corregido”, CDV, obtenido en la Etapa 4. De lo contrario, deben seguirse los pasos 2.b. y 2.c.

2. b. Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.

2. c. Determine el “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m)”, utilizando la Ecuación 3:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i) \text{ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas.}$$

Donde:

mi: Número máximo admisible de “valores deducidos”, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i.

HDVi: El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.

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

Etap 3. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

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

3. b. Determine el “Valor Deducido Total” sumando TODOS los valores deducidos individuales. **3. c.** Determine el CDV con q y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.

3. d. Reduzca a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas 3.a. a 3.c. hasta que q sea igual a 1.

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

Etap 4. Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en la Etapa 3

Manual de daños para índice de condición de pavimentos.

Calidad de tránsito (Ride Quality)

Cuando se realiza la inspección de daños, debe evaluarse la calidad de tránsito (o calidad del viaje) para determinar el nivel de severidad de daños tales como las corrugaciones y el cruce de vía férrea. A continuación, se presenta una guía general de ayuda para establecer el grado de severidad de la calidad de tránsito.

L: (Low: Bajo). Se perciben las vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones) pero no es necesaria una reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un ligero rebote del vehículo, pero creando poca incomodidad.

M: (Medium: Medio): Las vibraciones en el vehículo son significativas y se requiere alguna reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un rebote significativo, creando incomodidad.

H: (High: Alto): Las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable en aras de la comodidad y la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un excesivo rebote del vehículo, creando una incomodidad importante o un alto potencial de peligro o daño severo al vehículo.

La calidad de tránsito se determina recorriendo la sección de pavimento en un automóvil de tamaño estándar a la velocidad establecida por el límite legal. Las secciones de pavimento cercanas a señales de detención deben calificarse a la velocidad de desaceleración normal de aproximación a la señal.

Tipos de fallas o Daños en vías con superficie de concreto asfáltico.

Tabla N° 13 (Manizales, febrero de 2002)

TIPO DE FALLAS			
1. Grieta piel de cocodrilo	m2	11. Parcheo	m2
2. Exudación de asfalto	m2	12. Agregados pulidos	m2
3. Grietas de contracción (bloque)	m2	13. Huecos	N°
4. Flevaciones - Hundimientos	m2	14. Accesos a puentes	m2
5. Corrugaciones	m2	15. Ahuellamiento	m2
6. Depresiones	m2	16. Deformación por empuje	m2
7. Grietas de borde	m	17. Grietas de deslizamiento	m2
8. Grietas de reflexión de juntas	m	18. Hinchamiento	m2
9. Desnivel de calzada - hombrillo	m	19. Disgregación y Desintegración	m2
10. Grietas longitudinales y transversales	m		

Tabla N°14. Formato para recolección de datos progresiva 0-000 a 0+400-UM01

HOJA DE ENSAYO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI															
LUGAR: Av. Guardia Civil						SECCIÓN: 0+000 a 0+400Km									
FECHA 20/11/2021						UNIDAD DE MUESTREO : UM1									
REALIZADO POR: Maria del Mar Vasquez Alava						AREA DE LA UNIDAD: 246 M2									
TIPOS DE FALLAS															
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2	2. Exudación	m2	9. Deseñel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2				
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m2	16. Desplazamiento	m2	4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2				
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2	6. Depresión	m2	13. Baches	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2				
7. Grieta de borde	m														
AREA		TIPOS DE FALLAS EXISTENTES													
		1		3		4		7		11		15			
		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.		
		2.09	M	5.32	M	1.56	A	0.35	A	0.20	B	1.55	B		
		7.8	B	2.76	B			0.3	A	0.45	B				
				2.34	B					0.35	B				
				4.48	B					0.30	B				
				2.86	A					0.40	B				
TOTAL	BAJA (L)	2.09		8.18						1.7		1.55			
	MEDIA (M)	7.8		5.32											
	ALTA (H)	0		2.86		1.56		0.65							

Tabla N°15. Formato para recolección de datos progresiva 0-000 a 0+400-UM02

HOJA DE ENSAYO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI													
LUGAR: Av. Guardia Civil						SECCIÓN: 0+000 a 0+400Km							
FECHA 20/11/2021						UNIDAD DE MUESTREO : UM2							
REALIZADO POR: Maria del Mar Vasquez Alava						AREA DE LA UNIDAD: 246 M2							
TIPOS DE FALLAS													
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2	2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2		
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m2	16. Desplazamiento	m2	4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2		
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2	6. Depresión	m2	13. Baches	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2		
7. Grieta de borde	m												
AREA		TIPOS DE FALLAS EXISTENTES											
		3		4		11		13		15			
		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.		
		0.96	A	1.76	A	0.12	A	7.36	M	1.19	L		
		0.4275	A			0.17	A	10.64	M				
						0.25	A						
TOTAL	BAJA (L)												
	MEDIA(M)						18		1.19				
	ALTA(H)	1.3875		1.76		0.53							

Tabla N°16. Formato para recolección de datos progresiva 0-000 a 0+400-UM03

HOJA DE ENSAYO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI											
LUGAR: Av. Guardia Civil						SECCIÓN: 0+000 a 0+400Km					
FECHA 20/11/2021						UNIDAD DE MUESTREO : UM3					
REALIZADO POR: Maria del Mar Vasquez Alava						AREA DE LA UNIDAD: 246 M2					
TIPOS DE FALLAS											
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2	2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m2	16. Desplazamiento	m2	4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2	6. Depresión	m2	13. Baches	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2
7. Grieta de borde	m										
AREA		TIPOS DE FALLAS EXISTENTES									
		3		4		15					
		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.				
		1.44	M	4.95	B	1.68	M				
		2.38	M	4.55	B	1.0	M				
		0.72	M	3.25	B	2.21	M				
		3.48	L			3.51	M				
		2.03	L								
TOTAL	BAJA (L)										
	MEDIA(M)	4.54									
	ALTA(H)	5.51		12.75		8.39					

Tabla N°17. Formato para recolección de datos progresiva 0-000 a 0+400-UM04

HOJA DE ENSAYO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI													
LUGAR: Av. Guardia Civil						SECCIÓN: 0+000 a 0+400Km							
FECHA 20/11/2021						UNIDAD DE MUESTREO : UM4							
REALIZADO POR: Maria del Mar Vasquez Alava						AREA DE LA UNIDAD: 246 M2							
TIPOS DE FALLAS													
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2	2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2		
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m2	16. Desplazamiento	m2	4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2		
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2	6. Depresión	m2	13. Baches	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2		
7. Grieta de borde	m												
AREA		TIPOS DE FALLAS EXISTENTES											
		1		3		7		11		15			
		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.		
		6.45	M	3.3	L	5.51	M	22	M	13.68	H		
						1.17	M	2.34	M				
								2.09	M				
								1.3	M				
								0.7	M				
						0.84	M						
TOTAL	BAJA (L)			3.3									
	MEDIA(M)	6.45			6.68		29.27						
	ALTA(H)								13.68				

FIGURA18. Formato para recolección de datos progresiva 0-000 a 0+400-UM05

HOJA DE ENSAYO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI											
LUGAR: Av. Guardia Civil						SECCIÓN: 0+000 a 0+400Km					
FECHA 20/11/2021						UNIDAD DE MUESTREO : UM5					
REALIZADO POR: Maria del Mar Vasquez Alava						AREA DE LA UNIDAD: 246 M2					
TIPOS DE FALLAS											
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2	2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m2	16. Desplazamiento	m2	4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2	6. Depresión	m2	13. Baches	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2
7. Grieta de borde	m										
AREA		TIPOS DE FALLAS EXISTENTES									
		3		7		11					
		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.				
		4.34	L	5.51	M	5.28	M				
		3.63	M	1.17	M	1.04	M				
		1.3	M			1.7	M				
		2.08	H								
		1.35	H								
TOTAL	BAJA (L)	4.34									
	MEDIA(M)	4.93	6.68	8.02							
	ALTA(H)	3.43									

Tabla N°19. Formato para recolección de datos progresiva 0-400 a 0+800-UM06

HOJA DE ENSAYO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI													
LUGAR: Av. Guardia Civil						SECCIÓN: 0+000 a 0+400Km							
FECHA 20/11/2021						UNIDAD DE MUESTREO : UM6							
REALIZADO POR: Maria del Mar Vasquez Alava						AREA DE LA UNIDAD: 246 M2							
TIPOS DE FALLAS													
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2	2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2		
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m2	16. Desplazamiento	m2	4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2		
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2	6. Depresión	m2	13. Baches	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2		
7. Grieta de borde	m												
AREA		TIPOS DE FALLAS EXISTENTES											
		1		3		5		7		15			
		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.		
		0.99	L	5.94	M	2.73	A	0.245	A	4.95	B		
		1.98	M	2.88	M	2.64	A						
				2.86	M	2.15	A						
				2.76	M	0.64	A						
				2.52	B								
				7.93	B								
		TOTAL	BAJA (L)	1.98		10.45						4.95	
			MEDIA(M)	0.99		14.44							
	ALTA(H)					5.37		0.25					

Tabla N°20. Formato para recolección de datos progresiva 0-400 a 0+800-UM07

HOJA DE ENSAYO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI													
LUGAR: Av. Guardia Civil						SECCIÓN: 0+000 a 0+400Km							
FECHA 20/11/2021						UNIDAD DE MUESTREO : UM7							
REALIZADO POR: Maria del Mar Vasquez Alava						AREA DE LA UNIDAD: 246 M2							
TIPOS DE FALLAS													
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2	2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2		
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m2	16. Desplazamiento	m2	4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2		
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2	6. Depresión	m2	13. Baches	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2		
7. Grieta de borde	m												
AREA		TIPOS DE FALLAS EXISTENTES											
		1		3		5		15					
		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.				
		0.54	M	2.64	M	2.6	M	2.48	M				
		1.12	L	1.8	M	1.44	A	2.86	M				
				1.02	M	1.32	A						
				1.00	M	0.72	A						
		TOTAL	BAJA (L)	1.12									
			MEDIA(M)	0.54		6.46		2.6		5.34			
	ALTA(H)					3.48							

Tabla N°21. Formato para recolección de datos progresiva 0-400 a 0+800-UM08

HOJA DE ENSAYO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI											
LUGAR: Av. Guardia Civil						SECCIÓN: 0+000 a 0+400Km					
FECHA 20/11/2021						UNIDAD DE MUESTREO : UM8					
REALIZADO POR: Maria del Mar Vasquez Alava						AREA DE LA UNIDAD: 246 M2					
TIPOS DE FALLAS											
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2						
2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2						
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales		16. Desplazamiento	m2						
4. Abultamientos y hundimientos		11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2						
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2						
6. Depresión	m2	13. Baches	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2						
7. Grieta de borde	m										
AREA		TIPOS DE FALLAS EXISTENTES									
		1		3		5					
		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.				
		2.42	M	4.77	H	3.6	M				
		1.28	M	1.66	H	3.24	M				
		0.66	L	2.41	H	0.5	M				
				1.81	H	0.9	M				
TOTAL	BAJA (L)	3.7				8.22					
	MEDIA(M)	0.66		10.65							
	ALTA(H)										

Tabla N°22. Formato para recolección de datos progresiva 0-400 a 0+800-UM09

HOJA DE ENSAYO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI											
LUGAR: Av. Guardia Civil						SECCIÓN: 0+000 a 0+400Km					
FECHA 20/11/2021						UNIDAD DE MUESTREO : UM9					
REALIZADO POR: Maria del Mar Vasquez Alava						AREA DE LA UNIDAD: 246 M2					
TIPOS DE FALLAS											
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2						
2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2						
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales		16. Desplazamiento	m2						
4. Abultamientos y hundimientos		11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2						
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2						
6. Depresión	m2	13. Baches	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2						
7. Grieta de borde	m										
AREA		TIPOS DE FALLAS EXISTENTES									
		3		4		5					
		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.				
		3.18	H	3.53	M	2	M				
		1.66	H	3.61	M	1	M				
		1.11	H	2.30	L	1.3	H				
		1.16	H	2.31	H	1.49	H				
TOTAL	BAJA (L)			2.30		3.00					
	MEDIA(M)			7.13		2.77					
	ALTA(H)	7.10		2.31							

Tabla N°23. Formato para recolección de datos progresiva 0-400 a 0+800-UM10.

HOJA DE ENSAYO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI											
LUGAR: Av. Guardia Civil						SECCIÓN: 0+000 a 0+400Km					
FECHA 20/11/2021						UNIDAD DE MUESTREO : UM10					
REALIZADO POR: Maria del Mar Vasquez Alava						AREA DE LA UNIDAD: 246 M2					
TIPOS DE FALLAS											
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2						
2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2						
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m2	16. Desplazamiento	m2						
4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2						
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2						
6. Depresión	m2	13. Baches	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2						
7. Grieta de borde	m										
AREA		TIPOS DE FALLAS EXISTENTES									
		1		3		5					
		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.				
		3.52	H	4.77	H	5.31	M				
		2.88	M	1.66	H	3.23	M				
		1.76	L	2.41	M	2.9	M				
				1.81	M	1.9	M				
TOTAL	BAJA (L)	1.76									
	MEDIA(M)	2.88		4.22		13.3					
	ALTA(H)	3.52		6.43							

Tabla N°24. Formato para recolección de datos progresiva 0-800 a 1+200-UM11.

HOJA DE ENSAYO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI													
LUGAR: Av. Guardia Civil						SECCIÓN: 0+000 a 0+400Km							
FECHA 20/11/2021						UNIDAD DE MUESTREO : UM11							
REALIZADO POR: Maria del Mar Vasquez Alava						AREA DE LA UNIDAD: 246 M2							
TIPOS DE FALLAS													
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2								
2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2								
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m2	16. Desplazamiento	m2								
4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2								
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2								
6. Depresión	m2	13. Baches	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2								
7. Grieta de borde	m												
AREA		TIPOS DE FALLAS EXISTENTES											
		1		3		4		5		13		15	
		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.
		2.09	M	14.82	M	1.95	A	4.00	B	1.08	B	2.42	B
		11.4	M	9.96	A	8.06	A	3.5	B	2.52	B	1.43	B
		6.72	M	8.84	A	19.6	A	6	B			0.2	B
		1.2	M	12.48	A	7.8	A	2.00	B			0.2	B
						4.08	A	1.00	B				
TOTAL	BAJA (L)						16.50		3.60			4.25	
	MEDIA(M)	21.41		14.82		41.45							
	ALTA(H)			31.28									

Tabla N°25. Formato para recolección de datos progresiva 0-800 a 1+200-UM12.

HOJA DE ENSAYO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI											
LUGAR: Av. Guardia Civil						SECCIÓN: 0+000 a 0+400Km					
FECHA 20/11/2021						UNIDAD DE MUESTREO : UM12					
REALIZADO POR: Maria del Mar Vasquez Alava						AREA DE LA UNIDAD: 246 M2					
TIPOS DE FALLAS											
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2						
2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2						
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales		16. Desplazamiento	m2						
4. Abultamientos y hundimientos		11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2						
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2						
6. Depresión	m2	13. Baches	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2						
7. Grieta de borde	m										
AREA		TIPOS DE FALLAS EXISTENTES									
		3		4		5		15			
		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.		
		7.22	A	2.86	A	3.00	B	5.60	M		
		5.06	A	6.36	A	2.00	M	5.00	M		
		11.34	A	3.42	M	4.00	M	2.90	M		
		4.48	A	0.74	M						
28.86	A										
TOTAL	BAJA (L)					3.00					
	MEDIA(M)			4.16		6.00		13.51			
	ALTA(H)	56.96		9.22							

Tabla N° 26. Formato para recolección de datos progresiva 0-800 a 1+200-UM13.

HOJA DE ENSAYO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI											
LUGAR: Av. Guardia Civil						SECCIÓN: 0+000 a 0+400Km					
FECHA 20/11/2021						UNIDAD DE MUESTREO : UM13					
REALIZADO POR: Maria del Mar Vasquez Alava						AREA DE LA UNIDAD: 246 M2					
TIPOS DE FALLAS											
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2						
2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2						
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales		16. Desplazamiento	m2						
4. Abultamientos y hundimientos		11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2						
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2						
6. Depresión	m2	13. Baches	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2						
7. Grieta de borde	m										
AREA		TIPOS DE FALLAS EXISTENTES									
		1		3		13		15			
		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.		
				5.32	M	0.20	M	2.70	M		
		1.52	M	2.76	M	0.45	M	3.01	M		
				2.34	A			3.11	A		
				4.48	A			2.88	A		
						4.42	A				
TOTAL	BAJA (L)										
	MEDIA(M)	1.52		8.08		0.65		5.71			
	ALTA(H)			6.82				10.40			

Tabla N°27. Formato para recolección de datos progresiva 0-800 a 1+200-UM14.

HOJA DE ENSAYO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI											
LUGAR: Av. Guardia Civil						SECCIÓN: 0+000 a 0+400Km					
FECHA 20/11/2021						UNIDAD DE MUESTREO : UM14					
REALIZADO POR: Maria del Mar Vasquez Alava						AREA DE LA UNIDAD: 246 M2					
TIPOS DE FALLAS											
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2	2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m2	16. Desplazamiento	m2	4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2	6. Depresión	m2	13. Baches	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2
7. Grieta de borde	m										
AREA		TIPOS DE FALLAS EXISTENTES									
		3		4		13		15			
		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.		
		2.85	M	3.12	M	2.25	M	7.20	M		
		2.3	M	2.76	M	2.6	M	1.32	M		
		1.625	M	3.90	A			2.52	M		
		2.64	A	2.21	A			2.90	M		
		2.86	A	2.73	A						
TOTAL	BAJA (L)										
	MEDIA(M)	6.78		5.88		4.85		13.95			
	ALTA(H)	5.50		8.84							

Tabla N°28. Formato para recolección de datos progresiva 0-800 a 1+200-UM15.

HOJA DE ENSAYO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI											
LUGAR: Av. Guardia Civil						SECCIÓN: 0+000 a 0+400Km					
FECHA 20/11/2021						UNIDAD DE MUESTREO : UM15					
REALIZADO POR: Maria del Mar Vasquez Alava						AREA DE LA UNIDAD: 246 M2					
TIPOS DE FALLAS											
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2	2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m2	16. Desplazamiento	m2	4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2	6. Depresión	m2	13. Baches	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2
7. Grieta de borde	m										
AREA		TIPOS DE FALLAS EXISTENTES									
		3		4		15					
		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.				
		6.16	M	1.3	M	2.3	L				
		6.6	M	3.51	M	2.0	B				
		4.94	L	2.86	A	4.86	A				
		7.68	A	2.73	A	3.11	A				
		2.31	A								
TOTAL	BAJA (L)	4.94				2.3					
	MEDIA(M)	12.76		4.81		2.0					
	ALTA(H)	9.99		5.59		8.0					

3.4. Procesamiento y análisis de datos.

3.4.1. Procesamiento y análisis de datos de la medición de la rugosidad método Merlín.

La información será procesada en forma computarizada utilizando una hoja Excel, para determinar la funcionalidad, Cálculo de la rugosidad. se procesa en una tabla los valores obtenidos del diseño inicial de la carretera en el tramo, luego se aplica el rediseño con el trazo corregido acorde con la norma de carreteras.

El Procedimiento del análisis de datos En base al histograma de frecuencia se procede cálculo del rango "D

CALCULO DE "D"	
$D = (CI + CE + CD) \times 5$	
DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA	
HISTOGRAMA: CI= COLA IZQUIERDA CE= CENTRO CD= COLA DERECHA	
CALCULO DEL "IRI"	
D > 40 mm	D < 40 mm
$IRI = 0.593 + 0.0471D$	$IRI = 0.0619D$

Tabla N°29. IRI Y LA SERVISIABILIDAD

Pavimentos Flexibles			Clasificación	Descripción AASHO
(modelo de AASHO)				
valores de PSI	Valores de IRI	Rango de IRI		
5.0	0.0	0-1.0	Muy Buena	Solo los pavimentos nuevos (o casi nuevos) son lo suficiente suaves y sin deterioro para clasificar en esta categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o recarpeteados durante el año de inspección normalmente se clasificaría como Buenos.
4.2	0.8			
4.0	1.0			
3.0	1.9	1.0-1.9	Buena	Los pavimentos de esta categoría, si bien no son tan suaves como los "muy Buenos", entregan un manejo de primera clase y muestran muy poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar comenzando a mostrar signos de ahuellamiento y fisuración aleatoria. Los pavimentos rígidos pueden estar empezando a mostrar evidencias de un leve deterioro superficial, como desprendimientos y fisuras menores.
2.5	2.6	1.9-3.6	Regular	En esta categoría la calidad del manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos y pueden presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los 3.6 - 3.6 – 6.0 defectos superficiales en pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamiento, parches y agrietamiento. Los pavimentos rígidos en este grupo pueden presentar fallas en las juntas, agrietamiento, escalonamiento y bombeo de finos.
2.00	3.6			
1.50	4.9	3.6-6.4	Malo	Los pavimentos de esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamiento y ahuellamiento, y ocurre en un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconches de juntas, escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.
1.0	6.4			
0.0	4.5	> 6.4	Muy Malo	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro, Los caminos se pueden pasar a velocidades reducidas y con considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas. El deterioro ocurre en un 75 % o más de la superficie.

Tabla N°30. Progresiva 0+000 – 0+400 – Lado Izquierdo

TESISTA: VÁSQUEZ ÁLAVA, MARÍA DEL MAR	ASESOR ING. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA
---	--

TÍTULO: MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL CON PERIFILÓMETRO ESTÁTICO MERLIN Y NIVEL DE SEVERIDAD EN AVENIDA GUARDIA CIVIL IQUITOS 2021

PROGRESIVA INICIAL: 0+00.00	PROGRESIVA FINAL: 0+400.00	LONGITUD: 400.00 metros	Certificado N°
CAPA: CARPETA ASFÁLTICA	CARRIL: IZQUIERDO	FECHA: 13/11/2021	Informe Mensual N°
TECNICO:		OBS:	

DETERMINACION DE RUGOSIDAD POR EL METODO MERLIN

LECTURAS CAMPO																			
26	28	27	25	30	29	30	32	30	19	25	24	21	23	22	17	22	23	24	20
30	28	25	26	29	26	32	28	32	19	24	22	18	23	22	17	16	18	24	22
27	28	26	26	29	30	30	26	30	21	23	19	18	17	19	16	25	16	23	23
28	26	27	27	30	28	30	28	25	20	25	23	19	19	24	17	17	24	16	17
30	26	25	28	28	30	28	28	27	24	22	20	18	21	24	19	19	25	20	21
28	30	28	26	25	30	28	31	33	22	23	23	22	16	16	22	21	21	21	16
29	27	30	26	31	27	26	28	29	21	25	19	17	23	17	17	20	22	17	21
29	27	31	26	27	30	25	25	26	23	22	23	18	19	25	18	17	23	22	23
31	26	25	26	29	32	30	28	32	25	17	20	19	23	19	16	17	21	25	25
26	29	28	28	28	26	25	29	27	20	17	18	23	17	17	17	19	22	19	21

FACTOR DE CORRECCION F.C. = **1.00000**

CALCULO DE "D"

$D = (CI + CE + CD) \times 5$

DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA
 HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA

CALCULO DEL "IRI"

D > 40 mm	D < 40 mm
-----------	-----------

IRI = 0.593 + 0.0471D IRI = 0.0619D

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
FRACIONES RESULTANTES	0.88	13	0.00
SUMA FRACIONES (CI + CE + CD)	13.88		
D	69.41		
IRI	3.86		

COMENTARIOS

Para el cálculo del IRI se está utilizando la fórmula:

$IRI = 0.593 + 0.0471D$

con lo cual se determina que la rugosidad del pavimento es Malo, esto quiere decir que:

Los pavimentos de esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamiento y ahuellamiento, y ocurre en un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconches de juntas, escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.

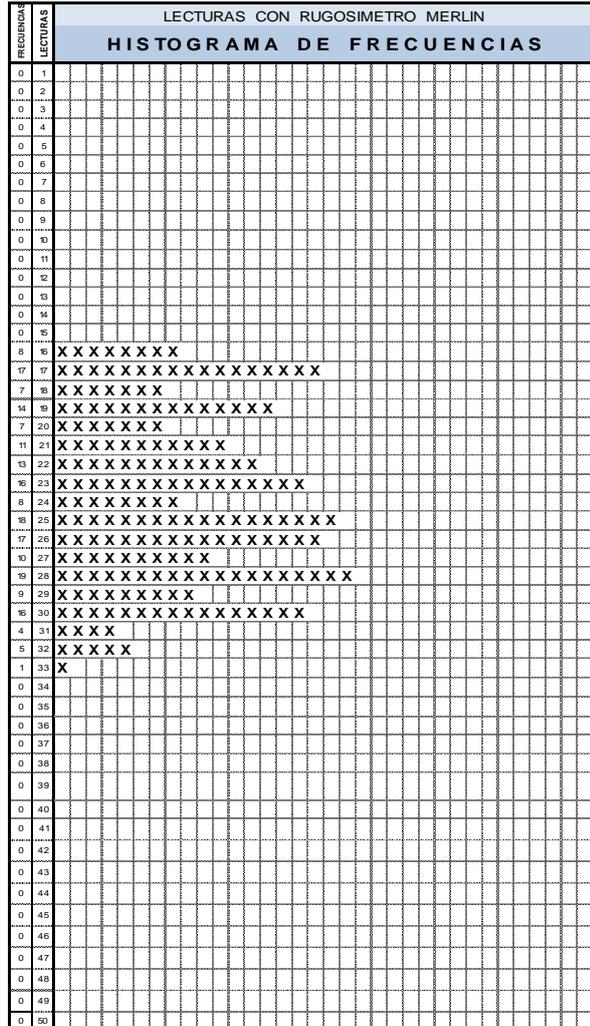


Tabla N°31. Progresiva 0+000 – 0+400 – Lado Derecho

TESISTA: VÁSQUEZ ÁLAVA, MARÍA DEL MAR	ASESOR: ING. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA
---	---

TÍTULO: MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL CON PERFILÓMETRO ESTÁTICO MERLIN Y NIVEL DE SEVERIDAD EN AVENIDA GUARDIA CIVIL IQUITOS 2021

PROGRESIVA INICIAL: 0+00.00	PROGRESIVA FINAL: 0+400.00	LONGITUD: 400.00 metros	Certificado N°
CAPA: CARPETA ASFÁLTICA	CARRIL: DERECHO	FECHA: 13/11/2021	Informe Mensual N°
TECNICO:	OBS:		

DETERMINACION DE RUGOSIDAD POR EL METODO MERLIN

LECTURAS CAMPO																			
30	29	31	27	27	30	31	32	29	18	23	23	23	22	24	25	15	24	15	18
28	28	29	31	30	29	29	29	27	17	18	17	21	16	25	24	20	18	18	20
27	27	31	29	26	31	28	30	29	21	22	24	21	19	19	16	23	15	21	14
28	26	25	26	28	28	27	32	31	22	19	18	20	22	20	20	20	15	21	19
29	30	26	31	31	30	31	27	30	24	21	20	19	24	23	19	17	18	25	23
28	30	26	30	29	32	30	29	30	21	23	24	24	17	21	15	21	24	14	
26	31	28	28	32	31	25	32	33	17	19	19	16	23	18	15	24	25	21	15
29	31	26	28	29	26	29	28	25	19	20	20	19	21	15	16	18	23	16	21
27	25	30	27	29	28	29	29	26	25	24	25	18	16	25	23	18	20	25	23
26	27	28	32	30	27	29	28	31	23	24	20	20	24	19	21	16	19	16	17

FACTOR DE CORRECCION	F.C. =	1.00000
-----------------------------	--------	----------------

CALCULO DE "D"	
$D = (CI + CE + CD) \times 5$	
DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA	
HISTOGRAMA: CI=COLA IZQUIERDA CE=CENTRO CD=COLA DERECHA	

CALCULO DEL "IRI"	
D > 40 mm	D < 40 mm
IRI = 0.593 + 0.0471D	IRI = 0.0619D

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
FRACCIONES RESULTANTES	0.00	15	0.77
SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD)	15.77		
D	78.85		
IRI	4.30		

COMENTARIOS

Para el cálculo del IRI se está utilizando la fórmula:

$$IRI = 0.593 + 0.0471D$$

con lo cual se determina que la rugosidad del pavimento es Malo, esto quiere decir que:

Los pavimentos de esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamiento y ahuellamiento, y ocurre en un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconches de juntas, escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.

LECTURAS CON RUGOSIMETRO MERLIN	
HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS	
0	1
0	2
0	3
0	4
0	5
0	6
0	7
0	8
0	9
0	10
0	11
0	12
0	13
2	14
8	15
8	16
6	17
11	18
12	19
12	20
13	21
4	22
12	23
14	24
12	25
10	26
11	27
14	28
18	29
13	30
13	31
6	32
1	33
0	34
0	35
0	36
0	37
0	38
0	39
0	40
0	41
0	42
0	43
0	44
0	45
0	46
0	47
0	48
0	49
0	50

Tabla N°32. Progresiva 0+400 – 0+800 – Lado Izquierdo

TESISTA: VÁSQUEZ ÁLAVA, MARÍA DEL MAR	ASESOR ING. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA
---	--

TÍTULO: MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL CON PERFILÓMETRO ESTÁTICO MERLIN Y NIVEL DE SEVERIDAD EN AVENIDA GUARDIA CIVIL IQUITOS 2021

PROGRESIVA INICIAL: 0+400.00	PROGRESIVA FINAL: 0+800.00	LONGITUD: 400.00 metros	Certificado N°
CAPA: CARPETA ASFÁLTICA	CARRIL: IZQUIERDO	FECHA: 14/11/2021	Informe Mensual N°
TECNICO:	OBS:		

DETERMINACION DE RUGOSIDAD POR EL METODO MERLIN

LECTURAS CAMPO																			
27	25	26	25	28	29	29	28	30	19	24	23	19	19	19	22	21	23	18	17
26	30	28	26	27	31	26	26	30	23	25	21	23	24	19	17	18	24	19	17
27	25	30	30	27	31	27	32	29	20	23	20	20	19	21	22	18	17	24	20
28	25	28	28	27	25	28	31	32	21	25	17	22	22	20	22	19	17	19	25
26	30	29	30	25	28	28	25	28	22	24	17	20	18	21	21	17	19	19	21
30	30	26	30	25	26	27	27	26	21	23	22	20	21	20	20	22	23	24	20
29	28	28	30	26	30	25	28	31	21	24	19	17	18	19	17	19	23	24	16
26	30	27	28	31	31	31	27	30	21	24	17	17	21	20	18	17	21	20	23
29	29	26	31	25	27	31	26	32	17	23	18	21	22	21	25	17	21	23	24
26	29	31	31	29	27	29	27	25	21	21	18	20	21	19	22	17	24	17	18

FACTOR DE CORRECCION F.C. = **1.00000**

CALCULO DE "D"

D = (CI + CE + CD) x 5

DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA
 HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA

CALCULO DEL "IRI"

D > 40 mm	D < 40 mm
IRI = 0.593 + 0.0471D	IRI = 0.0619D

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
FRACCIONES RESULTANTES	0.47	13	0.36
SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD)	13.83		
D	69.17		
IRI	2.3		

COMENTARIOS

Para el cálculo del IRI se está utilizando la fórmula:

$IRI = 0.593 + 0.0471D$

con lo cual se determina que la rugosidad del pavimento es Malo, esto quiere decir que:

Los pavimentos de esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamiento y ahuellamiento, y ocurre en un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconches de juntas, escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.

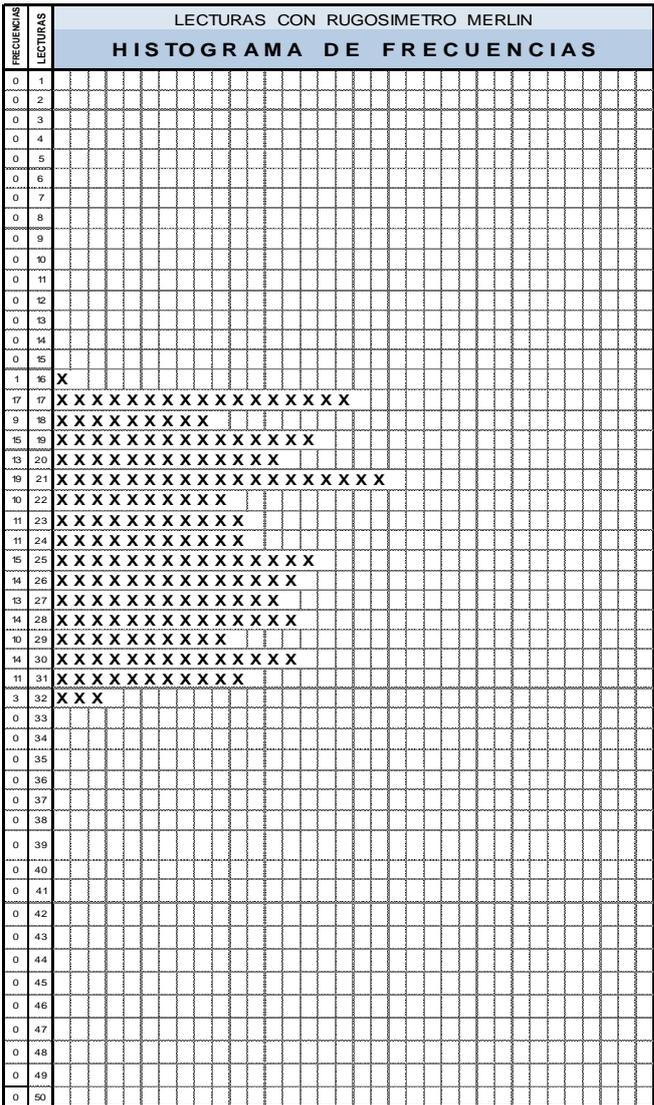


Tabla N°33. Progresiva 0+400 – 0+800 – Lado Derecho

TESISTA: VÁSQUEZ ÁLAVA, MARÍA DEL MAR	ASESOR: ING. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA
---	---

TÍTULO: MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL CON PERFILÓMETRO ESTÁTICO MERLIN Y NIVEL DE SEVERIDAD EN AVENIDA GUARDIA CIVIL IQUITOS 2021

PROGRESIVA INICIAL: 0+400.00	PROGRESIVA FINAL: 0+800.00	LONGITUD: 400.00 metros	Certificado N°
CAPA: CARPETA ASFÁLTICA	CARRIL: DERECHO	FECHA: 14/11/2021	Informe Mensual N°
TECNICO:	OBS:		

DETERMINACION DE RUGOSIDAD POR EL METODO MERLIN

LECTURAS CAMPO																			
26	29	30	27	30	29	30	28	30	20	19	20	18	22	24	18	24	25	23	22
29	29	25	27	26	31	27	26	31	22	21	24	18	22	25	19	18	20	21	19
27	30	26	27	29	29	28	30	28	23	23	21	20	18	24	20	20	23	20	23
29	28	26	28	29	31	25	29	26	24	18	20	19	25	25	24	18	23	22	24
29	29	26	30	25	28	32	28	28	21	19	20	21	22	19	18	22	20	17	22
28	30	25	27	29	27	29	29	29	19	23	20	23	21	23	22	24	18	18	19
28	25	28	30	27	30	30	31	27	19	20	22	23	21	24	24	24	20	18	21
31	25	26	30	28	26	29	27	27	23	24	24	19	17	22	22	20	21	20	25
28	25	31	27	31	27	29	30	32	18	19	21	17	18	16	22	16	18	19	21
27	25	31	28	28	30	25	32	29	17	20	20	21	19	17	17	17	21	17	18

FACTOR DE CORRECCION F.C. = **1.00000**

CALCULO DE "D"

$D = (CI + CE + CD) \times 5$

DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA

HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA

CALCULO DEL "IRI"

D > 40 mm	D < 40 mm
IRI = 0.593 + 0.0471D	IRI = 0.0619D

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
FRACIONES RESULTANTES	0.00	13	0.13
SUMA FRACIONES (CI + CE + CD)	13.13		
D	65.63		
IRI	3.68		

COMENTARIOS

Para el cálculo del IRI se está utilizando la fórmula:

$IRI = 0.593 + 0.0471D$

con lo cual se determina que la rugosidad del pavimento es Malo, esto quiere decir que:

Los pavimentos de esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamiento y ahuellamiento, y ocurre en un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconches de juntas, escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.

LECTURAS CON RUGOSIMETRO MERLIN		HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS																		
0	1																			
0	2																			
0	3																			
0	4																			
0	5																			
0	6																			
0	7																			
0	8																			
0	9																			
0	10																			
0	11																			
0	12																			
0	13																			
0	14																			
0	15																			
2	16																			
8	17																			
15	18																			
13	19																			
17	20																			
13	21																			
13	22																			
11	23																			
13	24																			
14	25																			
9	26																			
14	27																			
15	28																			
18	29																			
14	30																			
8	31																			
3	32																			
0	33																			
0	34																			
0	35																			
0	36																			
0	37																			
0	38																			
0	39																			
0	40																			
0	41																			
0	42																			
0	43																			
0	44																			
0	45																			
0	46																			
0	47																			
0	48																			
0	49																			
0	50																			

Tabla N°34. Progresiva 0+800 – 1+200 – Lado Izquierdo.

TESISTA: VÁSQUEZ ÁLAVA, MARÍA DEL MAR		ASESOR ING. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA	
TÍTULO: MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL CON PERFILOMETRO ESTÁTICO MERLIN Y NIVEL DE SEVERIDAD EN AVENIDA GUARDIA CIVIL IQUITOS 2021			
PROGRESIVA INICIAL: 0+800.00	PROGRESIVA FINAL: 1+200.00	LONGITUD: 400.00 metros	Certificado N°
CAPA: CARPETA ASFÁLTICA	CARRIL: IZQUIERDO	FECHA: 15-Aya-21	Informe Mensual N°
TECNICO:	OBS:		

DETERMINACION DE RUGOSIDAD POR EL METODO MERLIN

LECTURAS CAMPO															
28	26	26	26	29	28	30	27	32	22	25	23	20	24	24	19
28	28	29	27	29	32	28	26	25	18	24	24	20	23	21	19
26	27	28	26	25	31	31	31	27	17	22	20	19	22	15	17
26	25	26	27	31	28	31	29	32	21	25	24	16	23	22	19
28	30	25	30	27	28	32	29	30	22	21	17	20	16	22	21
29	26	30	30	27	27	26	29	31	22	20	19	17	19	22	25
29	25	31	28	30	28	26	31	33	18	18	21	22	19	17	25
31	26	26	30	28	30	27	30	26	24	18	20	19	24	21	16
29	26	28	26	27	27	31	32	33	17	21	17	16	17	15	18
26	29	28	26	28	26	29	29	28	18	23	25	18	19	23	16

FACTOR DE CORRECCION	F.C. =	1.0000
----------------------	--------	--------

CALCULO DE "D"	
$D = (CI + CE + CD) \times 5$	
DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA	
HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA	

CALCULO DEL "IRI"	
D > 40 mm	D < 40 mm
IRI = 0.593 + 0.0471D	IRI = 0.0619D

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
FRACCIONES RESULTANTES	0.78	14	0.70
SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD)	15.48		
D	77.39		
IRI	4.23		

COMENTARIOS

Para el cálculo del IRI se está utilizando la fórmula:

$$IRI = 0.593 + 0.0471D$$

con lo cual se determina que la rugosidad del pavimento es Malo, esto quiere decir que:

Los pavimentos de esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamiento y ahuellamiento, y ocurre en un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconches de juntas, escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.

LECTURAS CON RUGOSIMETRO MERLIN		
HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS		
0	1	
0	2	
0	3	
0	4	
0	5	
0	6	
0	7	
0	8	
0	9	
0	10	
0	11	
0	12	
0	13	
1	14	X
7	15	X X X X X X X
9	16	X X X X X X X X
10	17	X X X X X X X X X
9	18	X X X X X X X X
16	19	X X X X X X X X X X X X X X
7	20	X X X X X X X
14	21	X X X X X X X X X X X X X X
12	22	X X X X X X X X X X X
10	23	X X X X X X X X X X
9	24	X X X X X X X X X
11	25	X X X X X X X X X X
19	26	X X X X X X X X X X X X X X X X
11	27	X X X X X X X X X X
16	28	X X X X X X X X X X X X X X X
12	29	X X X X X X X X X X X
10	30	X X X X X X X X X X
10	31	X X X X X X X X X X
5	32	X X X X X
2	33	X X
0	34	
0	35	
0	36	
0	37	
0	38	
0	39	
0	40	
0	41	
0	42	
0	43	
0	44	
0	45	
0	46	
0	47	
0	48	
0	49	
0	50	

Tabla N°35. Progresiva 0+800 – 1+200 – lado Derecho.

TESISISTA: VÁSQUEZ ÁLAVA, MARÍA DEL MAR	ASESOR ING. ERLIN GUILLERMO CABANILLAS OLIVA
--	---

TÍTULO: MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL CON PERFILOMETRO ESTÁTICO MERLIN Y NIVEL DE SEVERIDAD EN AVENIDA GUARDIA CIVIL IQUITOS 2021

PROGRESIVA INICIAL: 0+800.00	PROGRESIVA FINAL: 1+200.00	LONGITUD: 400.00 metros	Certificado N°
CAPA: CARPETA ASFÁLTICA	CARRIL: DERECHO	FECHA: 15-Aya-21	Informe Mensual N°
TECNICO:	OBS:		

DETERMINACION DE RUGOSIDAD POR EL METODO MERLIN

LECTURAS CAMPO																			
26	29	29	29	27	28	27	26	26	22	19	19	19	24	25	20	17	20	22	22
29	26	29	27	28	26	31	31	28	21	23	19	18	24	20	21	18	25	22	24
27	31	26	26	31	29	30	27	27	25	20	21	23	25	24	20	20	19	22	18
29	25	25	28	31	30	27	30	27	20	24	23	22	24	25	24	17	17	19	23
26	28	26	26	27	26	28	25	29	24	21	22	22	25	24	25	17	22	22	20
26	30	29	29	26	27	29	29	25	25	19	23	18	24	19	25	22	21	20	22
28	29	28	29	28	28	27	27	32	19	18	18	18	23	25	18	18	19	25	17
27	26	30	30	26	29	30	31	30	24	20	19	19	22	19	20	19	16	18	22
29	27	29	26	32	28	26	28	27	18	23	19	21	25	24	17	23	21	24	16
25	28	29	31	28	29	27	31	25	20	19	20	17	25	23	17	24	17	19	

FACTOR DE CORRECCION	F.C. =	1.00000
----------------------	--------	---------

CALCULO DE "D"	
$D = (CI + CE + CD) \times 5$	
<small>DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA</small>	
<small>HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA</small>	

CALCULO DEL "IRI"	
D > 40 mm	D < 40 mm
IRI = 0.593 + 0.0471D	IRI = 0.0619D

	COLA IZQUIERDA (CI)	CENTRO (CE)	COLA DERECHA (CD)
FRACIONES RESULTANTES	0.11	13	0.00
SUMA FRACIONES (CI + CE + CD)	13.11		
D	65.56		
IRI	3.67		

COMENTARIOS

Para el cálculo del IRI se está utilizando la fórmula:

$$IRI = 0.593 + 0.0471D$$

con lo cual se determina que la rugosidad del pavimento es Malo, esto quiere decir que:

Los pavimentos de esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamiento y ahuellamiento, y ocurre en un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconches de juntas, escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.

LECTURAS CON RUGOSIMETRO MERLIN		
HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS		
0	1	
0	2	
0	3	
0	4	
0	5	
0	6	
0	7	
0	8	
0	9	
0	10	
0	11	
0	12	
0	13	
0	14	
0	15	
2	16	X X
9	17	X X X X X X X X
11	18	X X X X X X X X X X
17	19	X X X X X X X X X X X X X X X X
13	20	X X X X X X X X X X X X
7	21	X X X X X X X
14	22	X X X X X X X X X X X X X X
9	23	X X X X X X X X X
14	24	X X X X X X X X X X X X X X
19	25	X X X X X X X X X X X X X X X X X X
17	26	X X X X X X X X X X X X X X X X
17	27	X X X X X X X X X X X X X X X X
14	28	X X X X X X X X X X X X X X
19	29	X X X X X X X X X X X X X X X X X X
8	30	X X X X X X X X
8	31	X X X X X X X X
2	32	X X
0	33	
0	34	
0	35	
0	36	
0	37	
0	38	
0	39	
0	40	
0	41	
0	42	
0	43	
0	44	
0	45	
0	46	
0	47	
0	48	
0	49	
0	50	

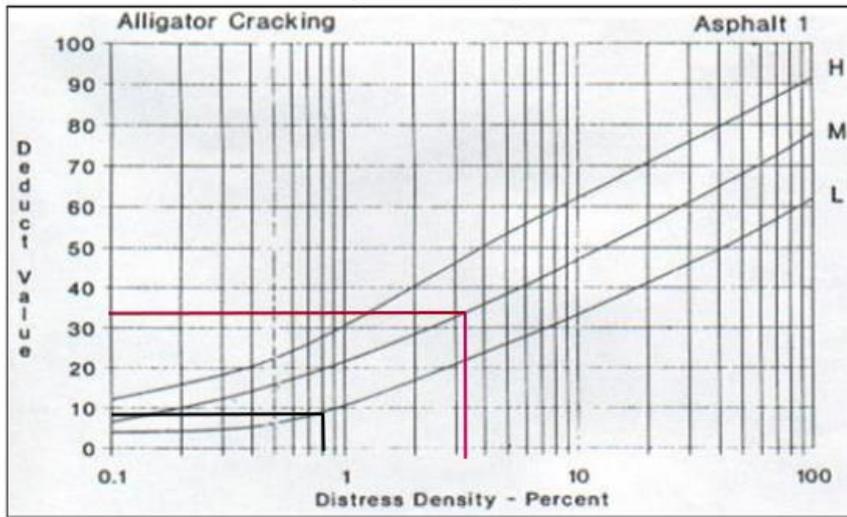
3.4.2. Procesamiento y análisis de datos de la Metodología PCI (Pavement Condition Index).

La aplicación del método del PCI. (Pavement Condition Index). Se extrajeron 15 unidades de muestra, de manera aleatoria en la progresiva de 0+000 a 1+200 metros, codificando 5 unidades de muestras en cada 400 metros. Se muestra las tablas de los datos extraídos del procedimiento realizado por etapas: progresiva correspondiente, el área correspondiente a la longitud de la unidad de muestra, indicado figura 6. Longitud de unidades de muestreo asfálticas. Tipo de fallas, tipo de severidad, la densidad, Número de valores deducidos utilizando los ábacos correspondientes del tipo de fallas de pavimento flexible y la curvas de del valor deducido. Índice de condición de pavimentos y Condición de pavimentos.

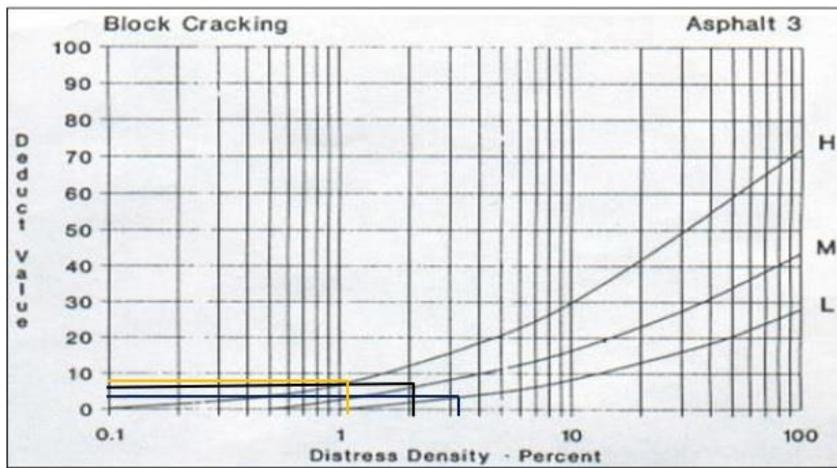
Tabla N°36 . Muestra UM01 - Progresiva 0+000 – 0+400 PCI

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI										
LUGAR: Av. Guardia Civil					SECCIÓN: 0+000 a 0+400Km					
FECHA 20/11/2021					UNIDAD DE MUESTREO : UM1					
REALIZADO POR: Maria del Mar Vasquez Alava					AREA DE LA UNIDAD: 246 M2					
TIPOS DE FALLAS								DIAGRAMA		
1. Piet de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2					
2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berna	m	15. Ahullamiento	m2					
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m2	16. Desplazamiento	m2					
4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2					
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	N*	18. Hinchamiento	m2					
6. Depresión	m2	13. Baches	N*	19. Desprendimiento de agregados	m2					
7. Grieta de borde	m									
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDADES DE MUESTRA	INTERV. DE UNI DE M.	NUMERO MAXIMO DE VD					
Low	Baja	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2}$	$i = \frac{N}{n}$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$					
Medium	Media	M								
high	Alta	H								
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES										
		1	3	4	7	11	15			
Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	
2.09	M	5.32	M	1.56	A	0.35	A	0.20	B	
7.8	B	2.76	B			0.3	A	0.45	B	
		2.34	B					0.35	B	
		4.48	B					0.30	B	
		2.86	A					0.40	B	
TOTAL		BAJA (L)	2.09	8.18				1.7	1.55	
		MEDIA(M)	7.8	5.32						
		ALTA(H)	0	2.86	1.56	0.65				
CALCULO DEL PCI										
Tipo de daño	Severidad	Total	Densidad (%)	valor deducido	Número de valores deducidos > 2(q) Valor deducido más alto = 34 Número máximo de VD(m)= 7					
1	L	2.09	0.8%	9						
1	M	7.8	3.2%	34						
3	L	8.18	3.3%	4						
3	M	5.32	2.2%	6						
3	H	2.86	1.2%	8						
4	H	1.56	0.6%	29						
7	H	0.65	0.3%	2						
11	L	1.70	0.7%	18						
15	L	1.55	0.6%	4						
NRO	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
1	34	29	18	9	8	6	4	108	7	52
2	34	29	18	9	8	6	2	106	6	51
3	34	29	18	9	8	2	2	102	5	54
4	34	29	18	9	2	2	2	96	4	56
5	34	29	18	2	2	2	2	89	3	57
6	34	29	2	2	2	2	2	73	2	53
7	34	2	2	2	2	2	2	46	1	46
									Max.VDC	57
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)								$PCI = 100 - \text{Máx. VDC}$		
								PCI= 43		
CONDICION DEL PAVIMENTO								REGULAR		

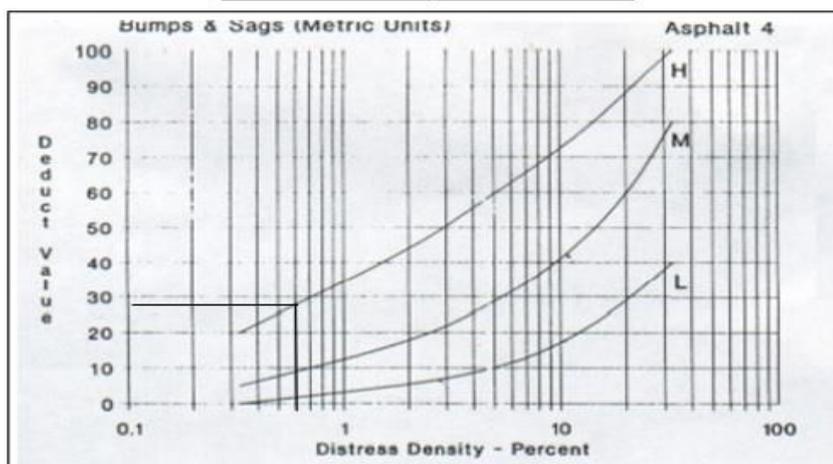
Piel de cocodrilo



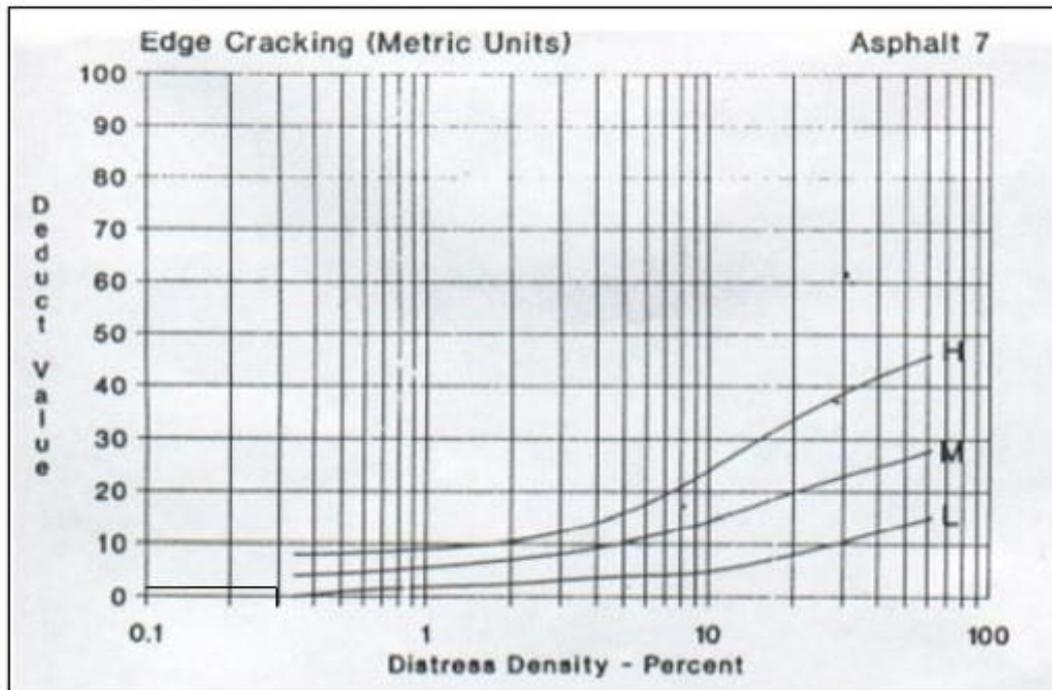
Agrietamiento en bloque



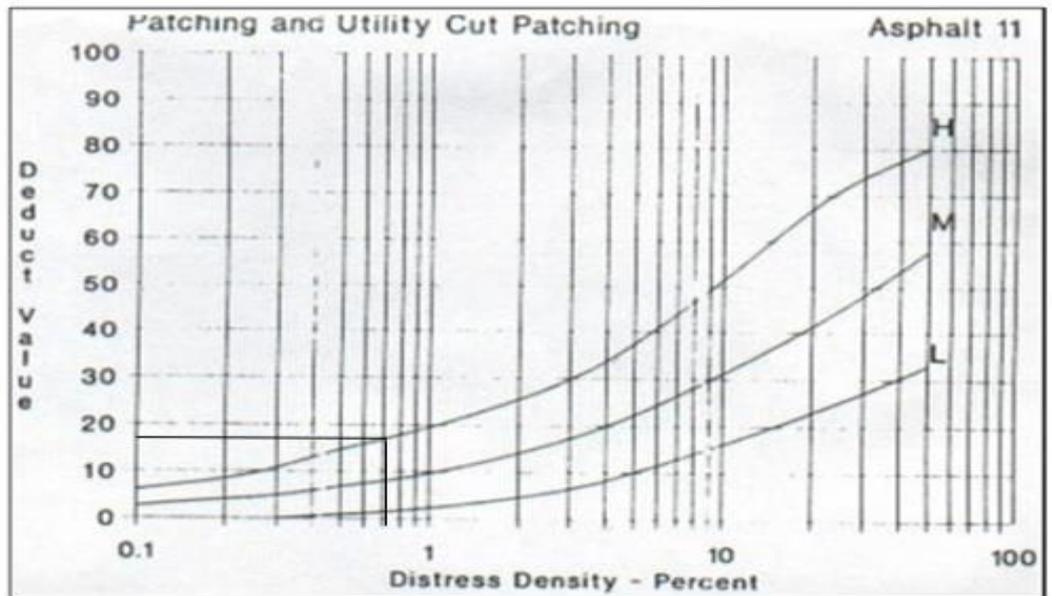
Abultamientos y hundimientos



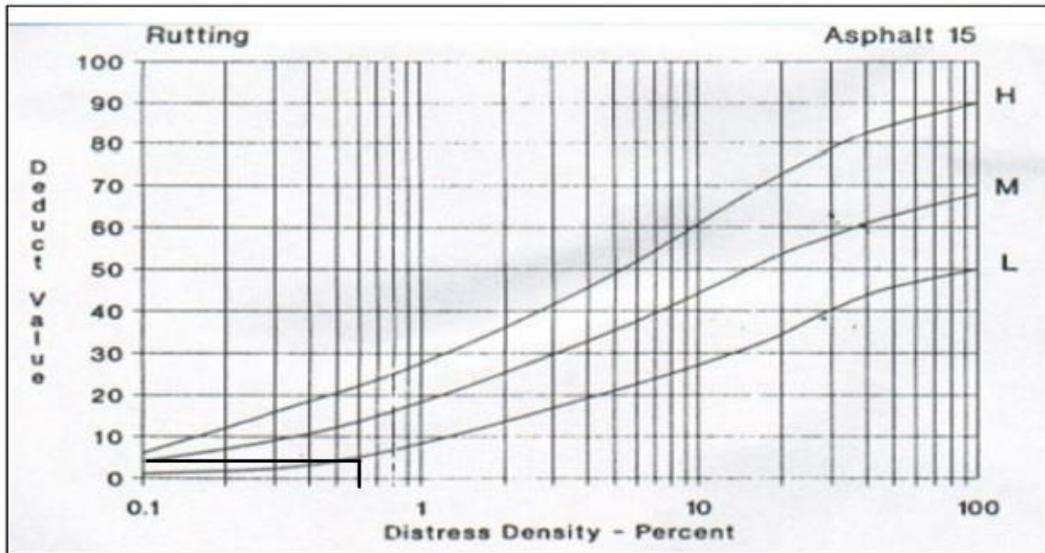
Grieta de borde



Parches



Ahuellamiento



Curva de valor deducido corregido CDV

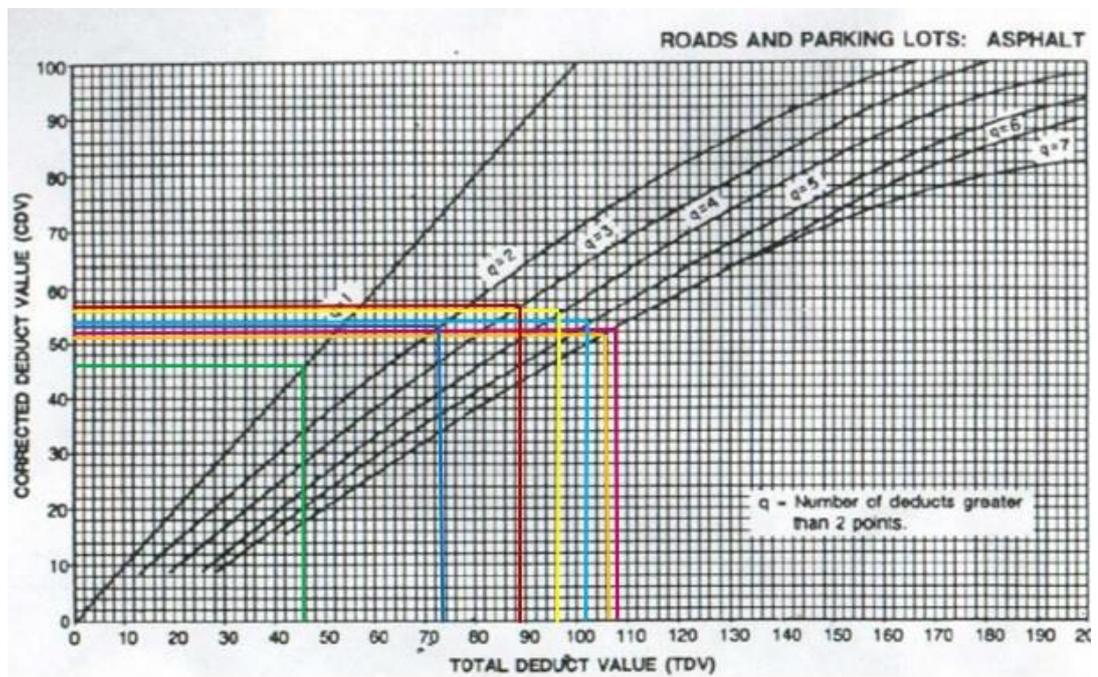
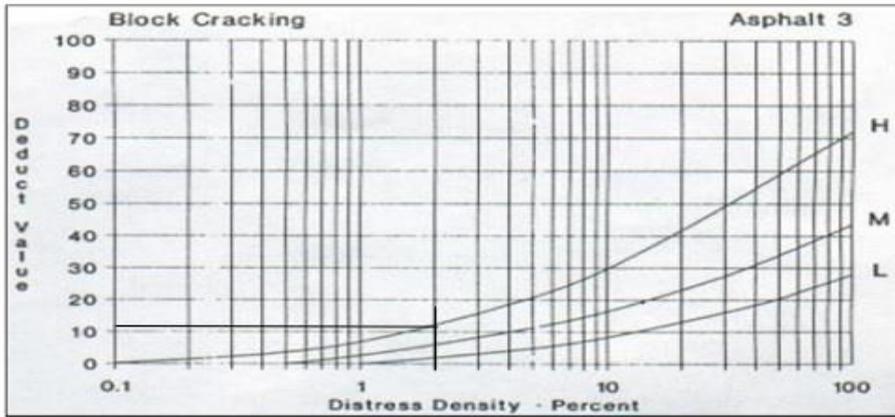


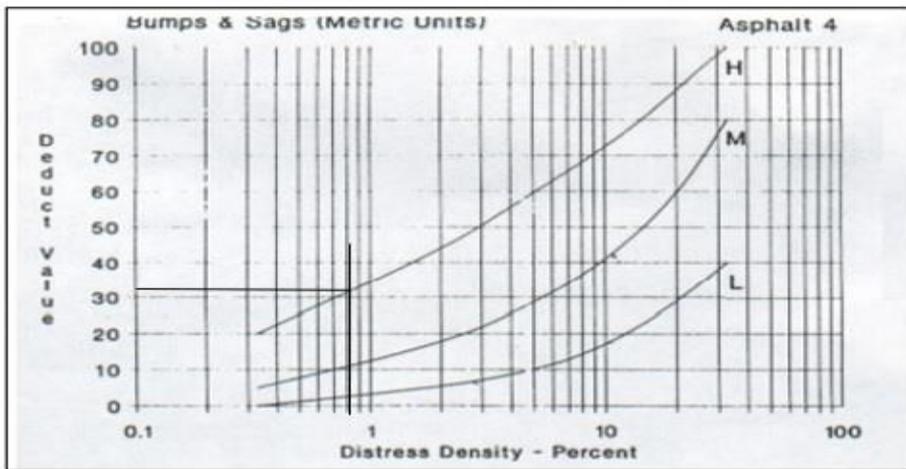
Tabla N°37. Muestra UM02 - Progresiva 0+000 – 0+400 PCI

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI											
LUGAR: Av. Guardia Civil						SECCIÓN: 0+000 a 0+400Km					
FECHA 20/11/2021						UNIDAD DE MUESTREO : UM2					
REALIZADO POR: Maria del Mar Vasquez Alava						AREA DE LA UNIDAD: 246 M2					
TIPOS DE FALLAS									DIAGRAMA		
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2						
2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2						
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m2	16. Desplazamiento	m2						
4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2						
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2						
6. Depresión	m2	13. Baches	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2						
7. Grieta de borde	m										
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDADES DE MUESTRA		INTERV. DE UNID. DEM.		NUMERO MAXIMO DE VD				
Low	Baja	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{s^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2}$		$i = \frac{N}{n}$		$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$				
Medium	Media	M									
high	Alta	H									
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES											
86 - 100 EXCELENTE		3		4		11		13		15	
71 - 85 MUY BUENO		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.
56 - 70 BUENO		0.96	A	1.76	A	0.12	A	7.36	M	1.19	L
41 - 55 REGULAR		0.4275	A			0.17	A	10.64	M		
26 - 40 POBRE						0.25	A				
11 - 25 MUY POBRE											
0 - 10 FALLADO											
TOTAL	BAJA (L)										
	MEDIA (M)							18		1.19	
	ALTA (H)	1.3875		1.76		0.53					
CALCULO DEL PCI											
Tipo de daño	Severidad	Total		Densidad (%)		valor deducido		Número de valores deducidos > 2(q) Valor deducido más alto = 77 Número máximo de VD(m)= 3			
3	H	0.4275		0.2%		12					
4	H	1.76		0.7%		32					
11	H	0.53		0.2%		25					
13	M	18.00		7.3%		77					
15	L	1.19		0.5%		4					
NRO	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC	
1	77	32	25	12	4			150	5	77	
2	77	32	25	12	2			148	4	82	
3	77	32	25	2	2			138	3	81	
4	77	32	2	2	2			115	2	79	
5	77	2	2	2	2			85	1	85	
									Max.VDC	85	
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)								$PCI = 100 - \frac{Máx. VDC}{\dots}$			
								PCI= 15			
CONDICION DEL PAVIMENTO								MUY POBRE			

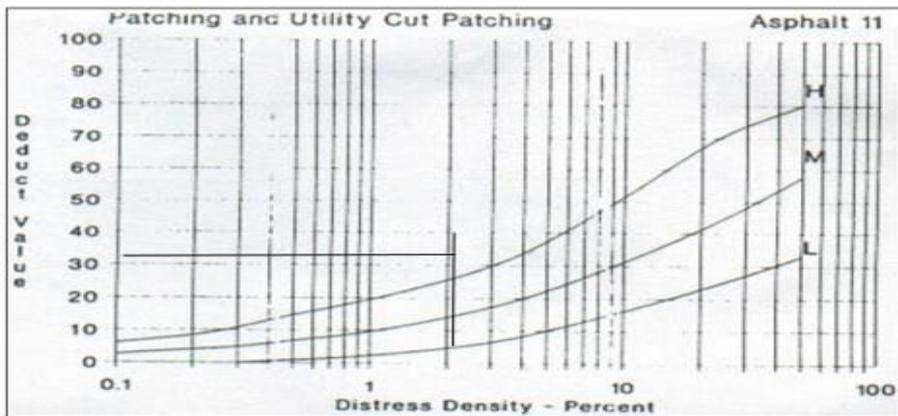
Agrietamiento en bloque



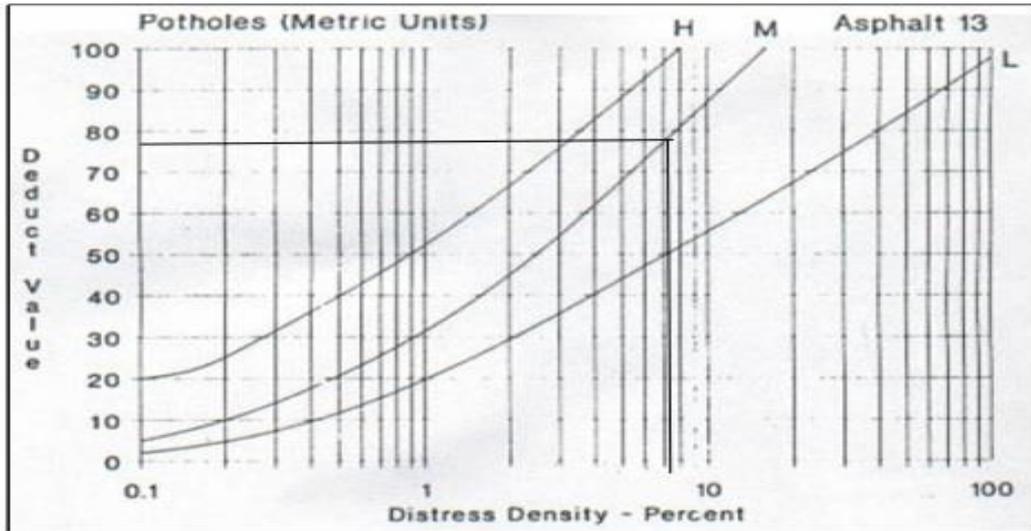
Abultamientos y hundimientos



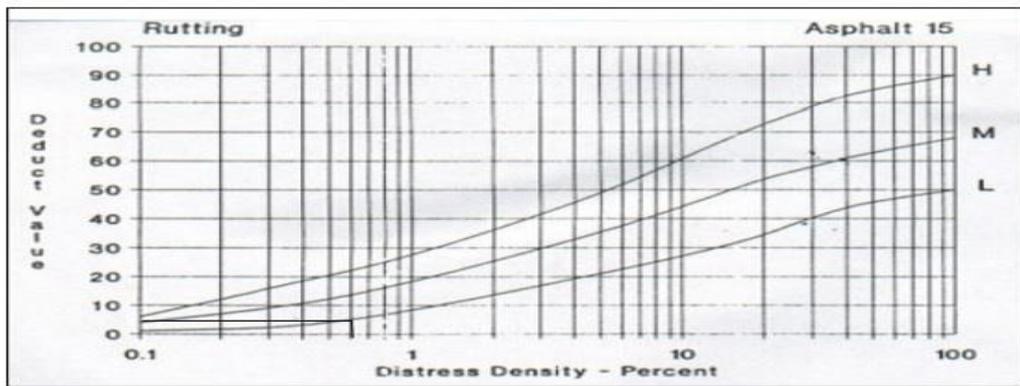
Parches



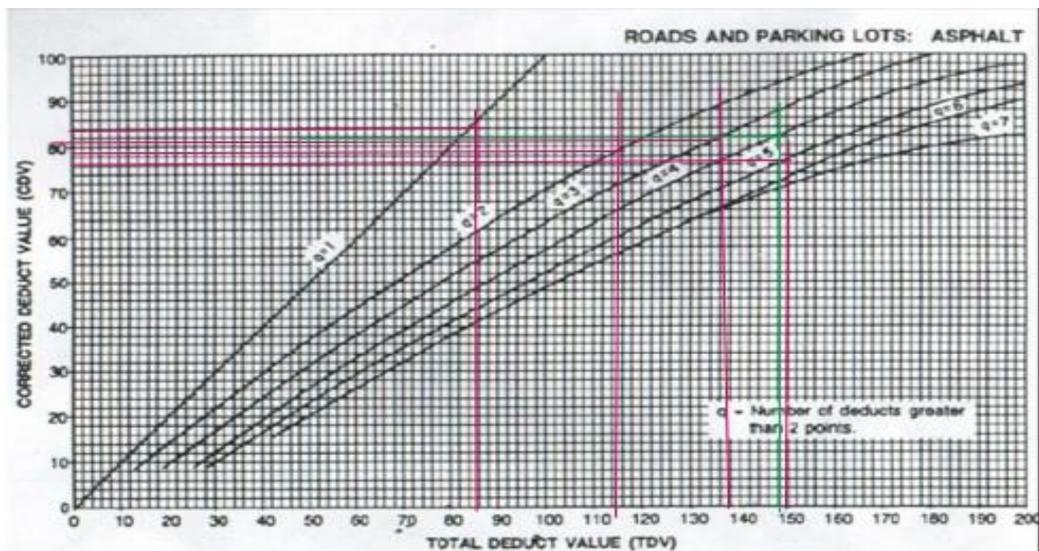
Baches



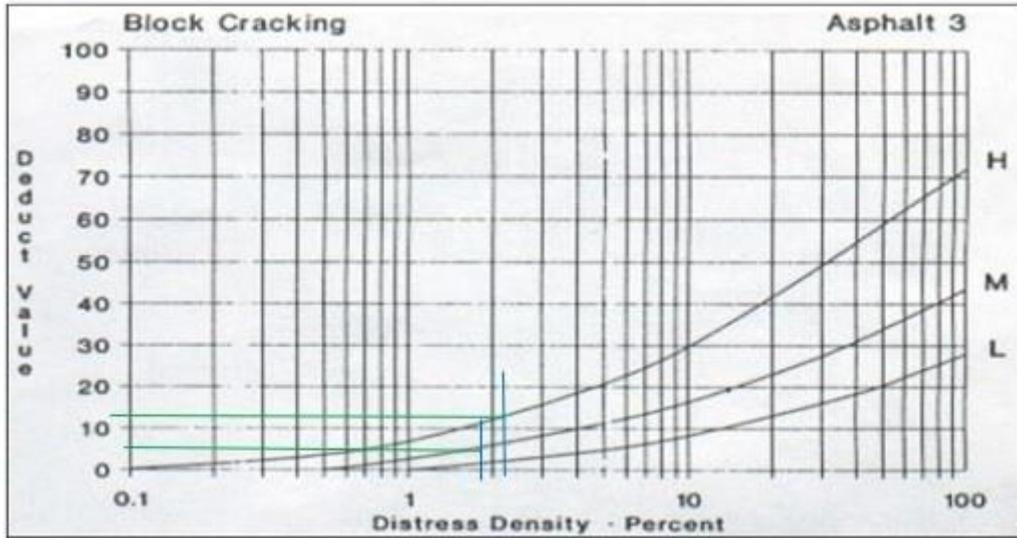
Ahuellamiento



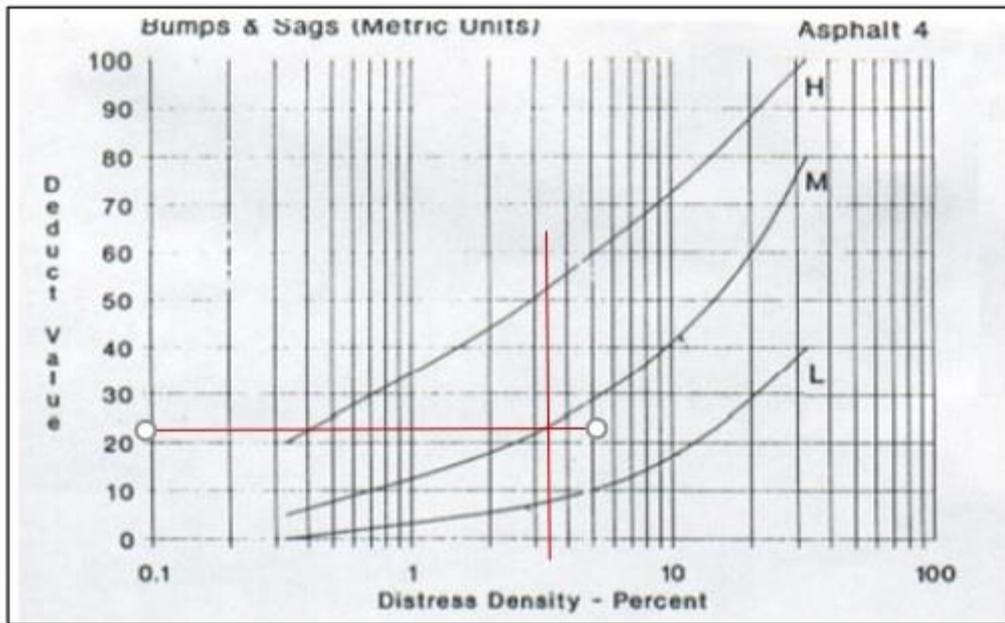
Curva de valor deducido corregido CDV



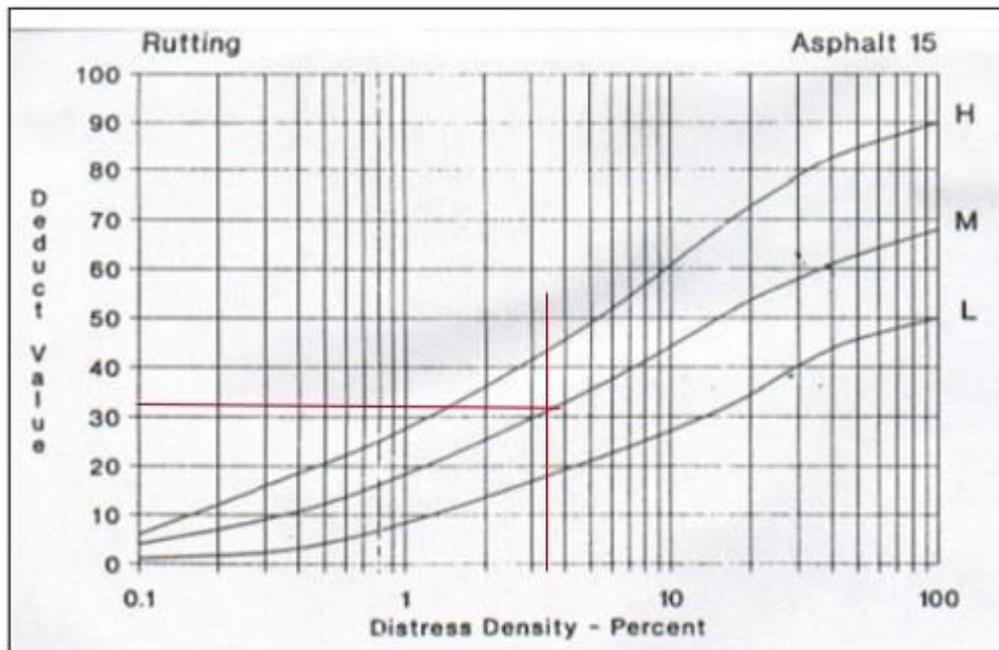
Agrietamiento en bloque



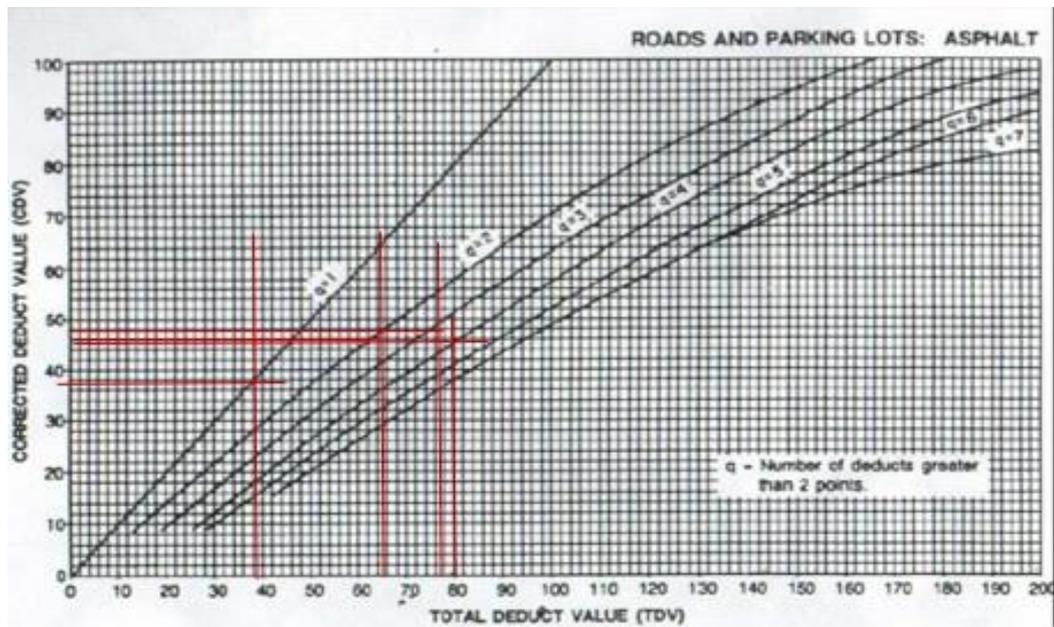
Abultamientos y hundimientos



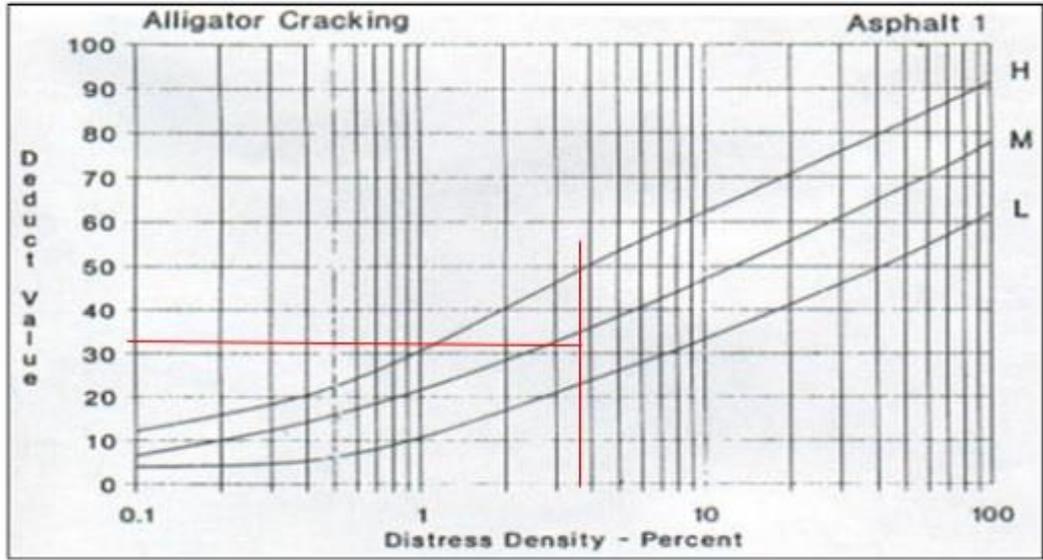
Ahuellamiento



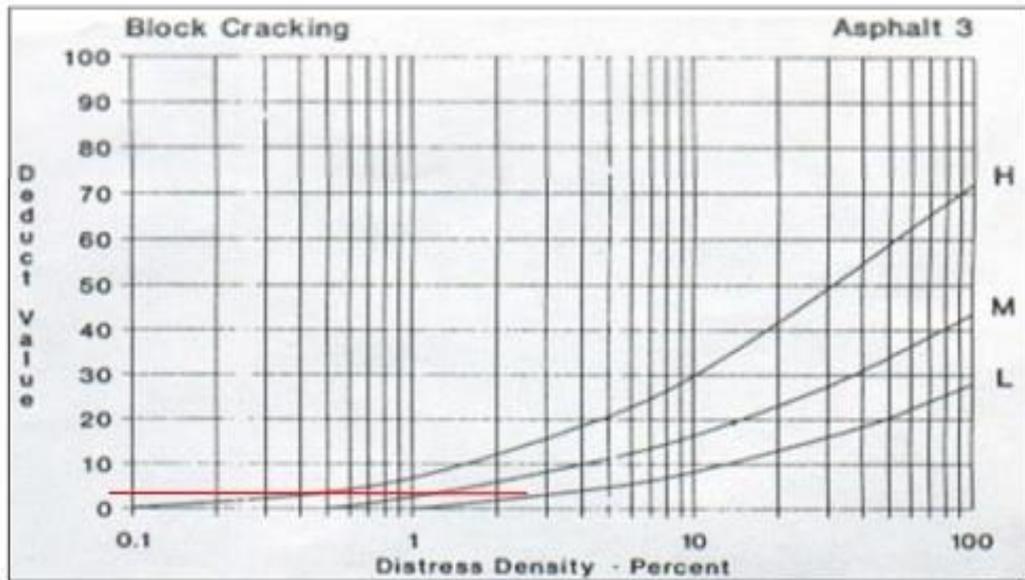
Curva de valor deducido corregido CDV



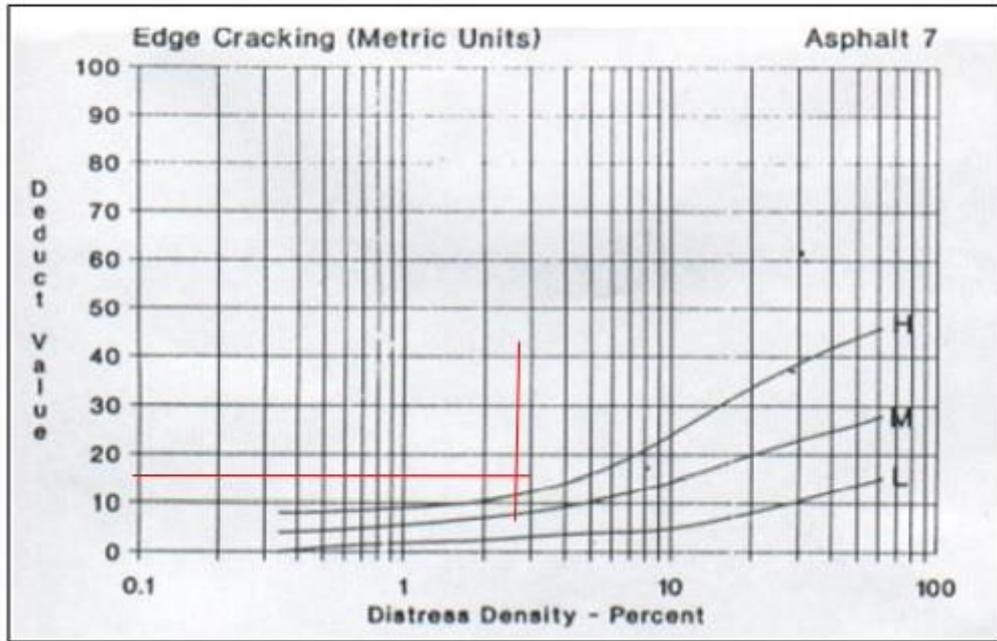
Piel de cocodrilo



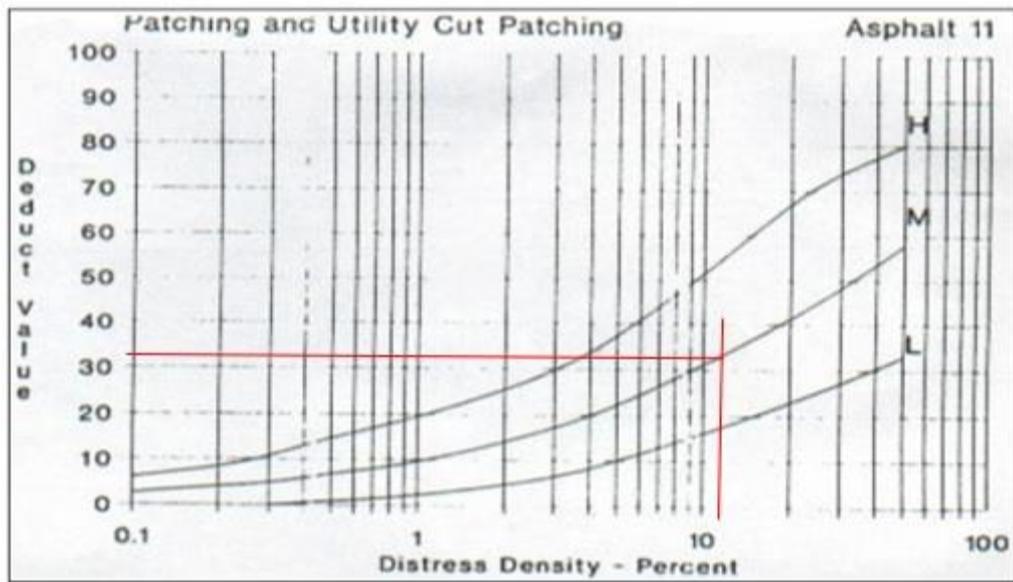
Agrietamiento en bloque



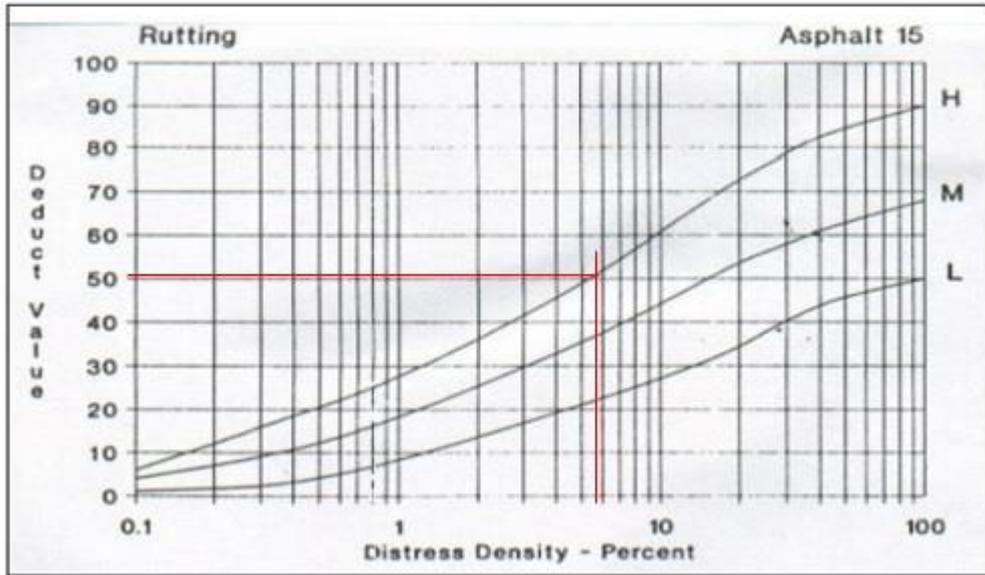
Grieta de borde



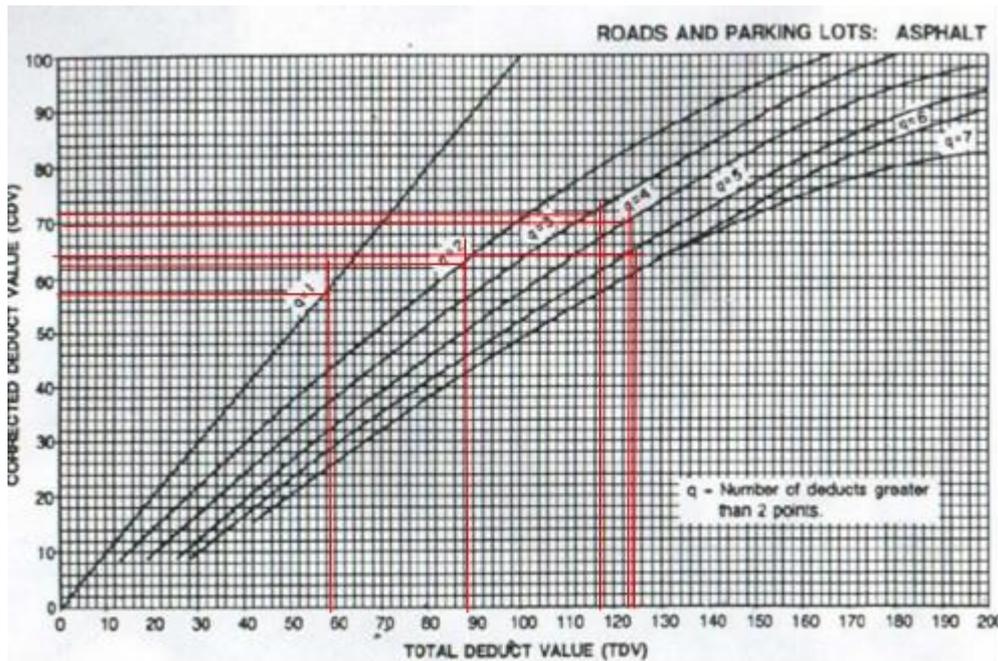
Parches



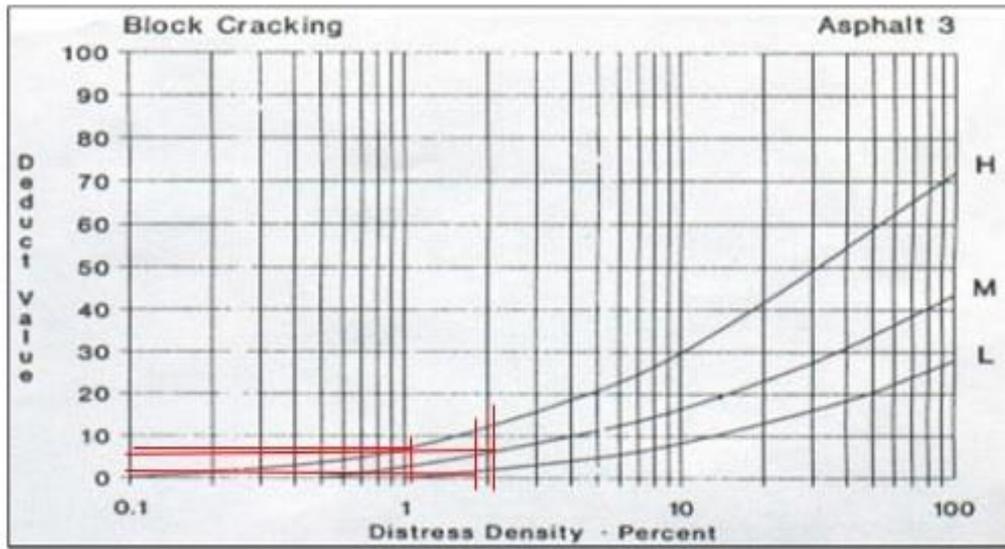
Ahuellamiento



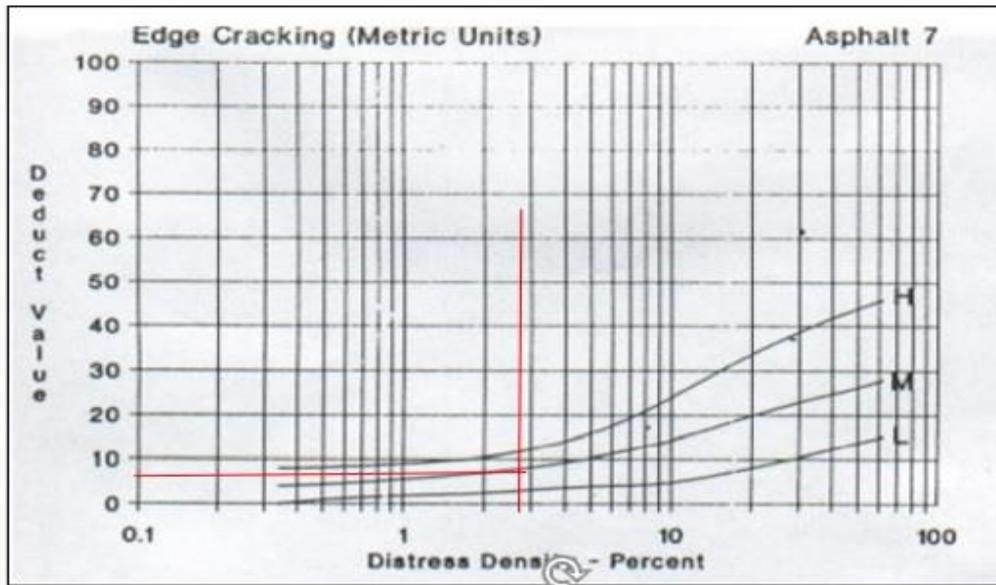
Curva de valor deducido corregido CDV



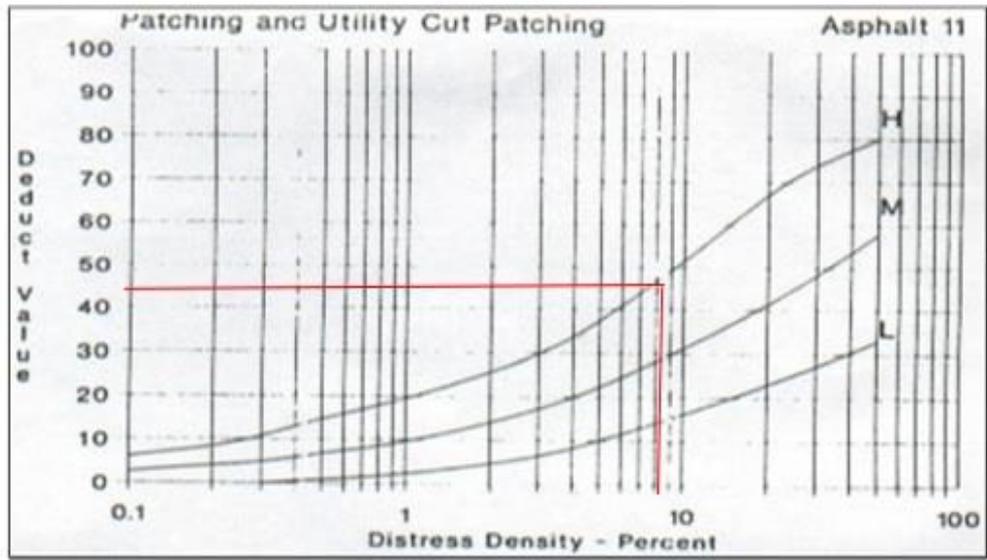
Agrietamiento en bloque



Grieta de borde



Parches



Curva de valor deducido corregido CDV

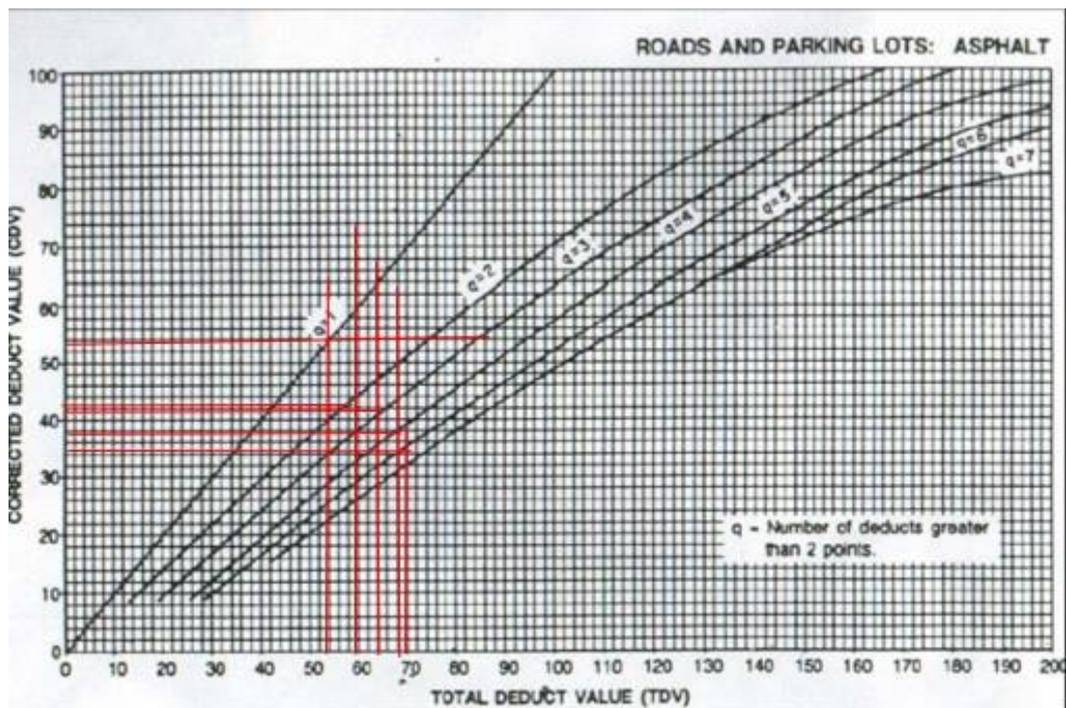
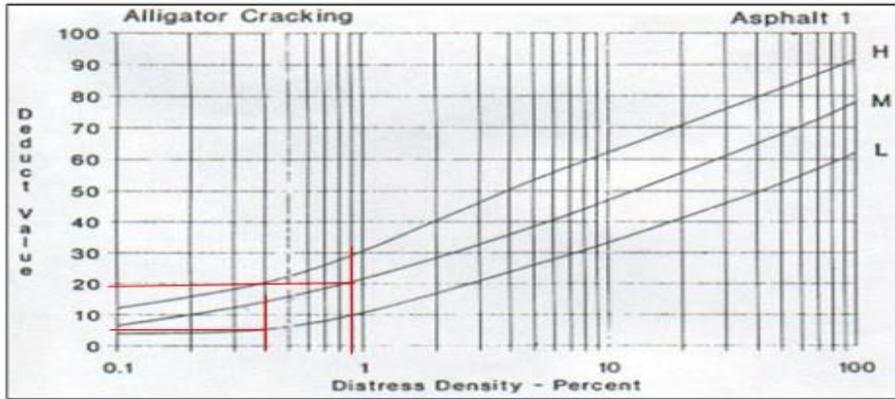


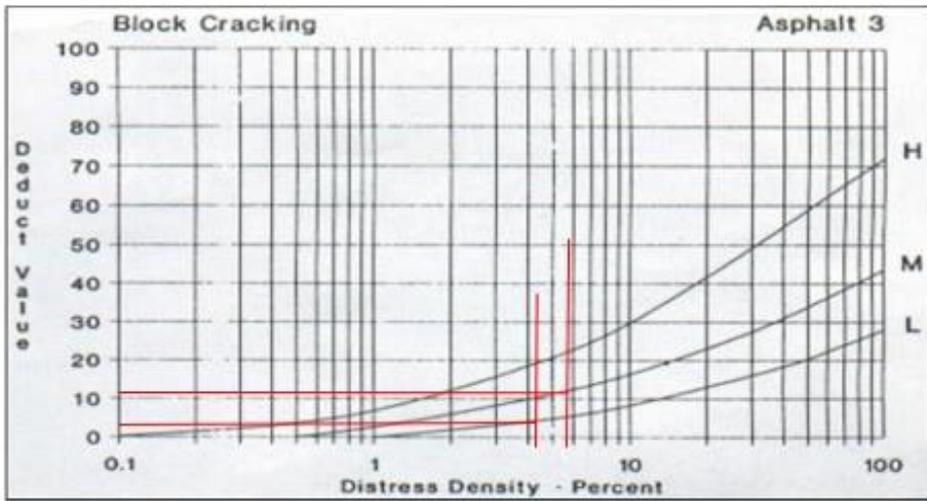
Tabla N°41. Muestra UM06 - Progresiva 0+400 – 0+800 PCI

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI																															
LUGAR: Av. Guardia Civil						SECCIÓN: 0+400 a 0+800Km																									
FECHA 20/11/2021						UNIDAD DE MUESTREO : UM6																									
REALIZADO POR: Maria del Mar Vasquez Alava						AREA DE LA UNIDAD: 246 M2																									
TIPOS DE FALLAS								DIAGRAMA																							
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2																										
2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2																										
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m	16. Desplazamiento	m2																										
4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2																										
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2																										
6. Depresión	m2	13. Baches	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2																										
7. Grieta de borde	m																														
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDADES DE MUESTRA	INTERV. DE UNI DEM.	NUMERO MAXIMO DE VD																										
Low	Baja	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2}$	$i = \frac{N}{n}$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$																										
Medium	Media	M																													
high	Alta	H																													
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES																															
<table border="1"> <tr><td>86 - 100</td><td>EXCELENTE</td><td>█</td></tr> <tr><td>71 - 85</td><td>MUY BUENO</td><td>█</td></tr> <tr><td>56 - 70</td><td>BUENO</td><td>█</td></tr> <tr><td>41 - 55</td><td>REGULAR</td><td>█</td></tr> <tr><td>26 - 40</td><td>POBRE</td><td>█</td></tr> <tr><td>11 - 25</td><td>MUY POBRE</td><td>█</td></tr> <tr><td>0 - 10</td><td>FALLADO</td><td>█</td></tr> </table>	86 - 100	EXCELENTE	█	71 - 85	MUY BUENO	█	56 - 70	BUENO	█	41 - 55	REGULAR	█	26 - 40	POBRE	█	11 - 25	MUY POBRE	█	0 - 10	FALLADO	█	1		3		5		7		15	
	86 - 100	EXCELENTE	█																												
	71 - 85	MUY BUENO	█																												
	56 - 70	BUENO	█																												
	41 - 55	REGULAR	█																												
	26 - 40	POBRE	█																												
	11 - 25	MUY POBRE	█																												
	0 - 10	FALLADO	█																												
	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.																					
	0.99	L	5.94	M	2.73	A	0.245	A	4.95	B																					
1.98	M	2.88	M	2.64	A																										
		2.86	M	2.15	A																										
		2.76	M	0.64	A																										
		2.52	B																												
		7.93	B																												
TOTAL	BAJA (L)	1.98	10.45					4.95																							
	MEDIA(M)	0.99	14.44																												
	ALTA(H)			5.37		0.25																									
CALCULO DEL PCI																															
Tipo de daño	Severidad	Total	Densidad (%)	valor deducido	Número de valores deducidos > 2(q) Valor deducido más alto = 42 Número máximo de VD(m)= 6																										
1	L	0.99	0.4%	6																											
1	M	1.98	0.8%	20																											
3	L	10.45	4.2%	4																											
3	M	14.44	5.9%	12																											
5	H	5.37	2.2%	42																											
7	H	0.25	0.1%	9																											
15	L	4.95	2.0%	13																											
NRO	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC																					
1	42	20	13	12	9	6	102	6	50																						
2	42	20	13	12	9	2	98	5	51																						
3	42	20	13	12	2	2	91	4	52																						
4	42	20	13	2	2	2	81	3	53																						
5	42	20	2	2	2	2	70	2	52																						
6	42	2	2	2	2	2	52	1	52																						
								Max.VDC	53																						
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)								$PCI = 100 - \text{Máx. VDC}$																							
								PCI=	47																						
CONDICION DEL PAVIMENTO								REGULAR																							

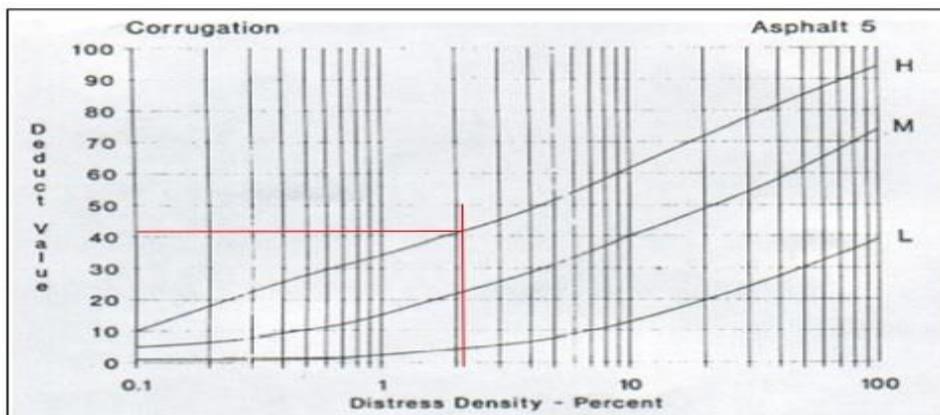
Piel de cocodrilo



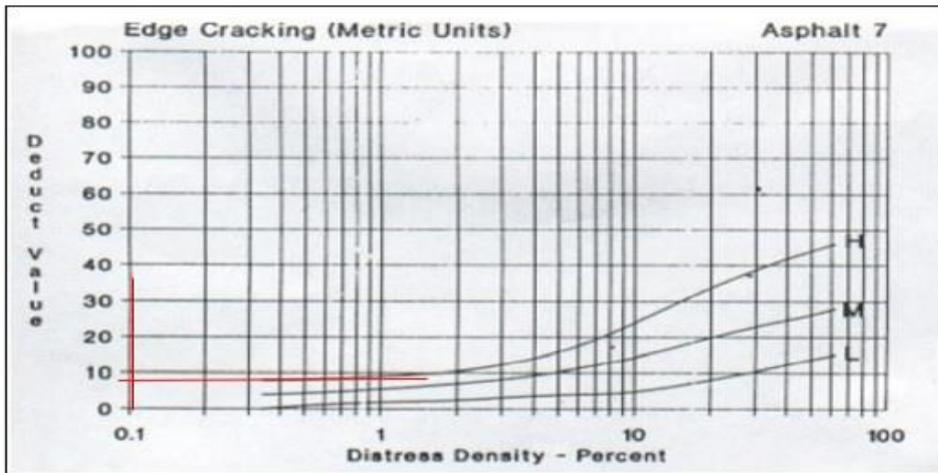
Agrietamiento en bloque



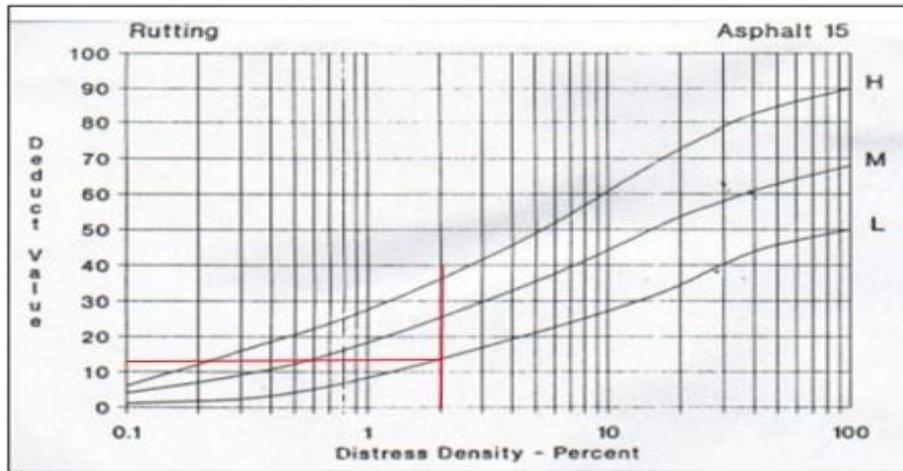
Corrugación



Grieta de borde



Ahuellamiento



Curva de valor deducido corregido CDV

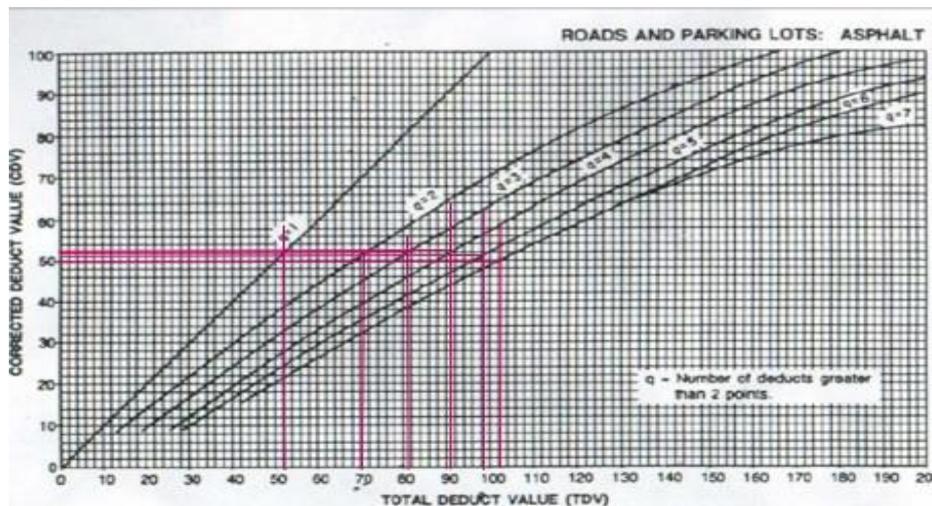
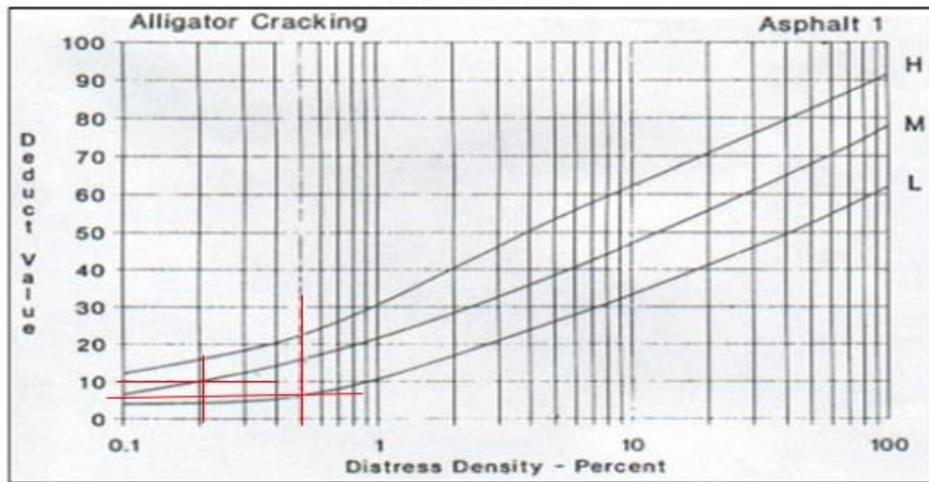


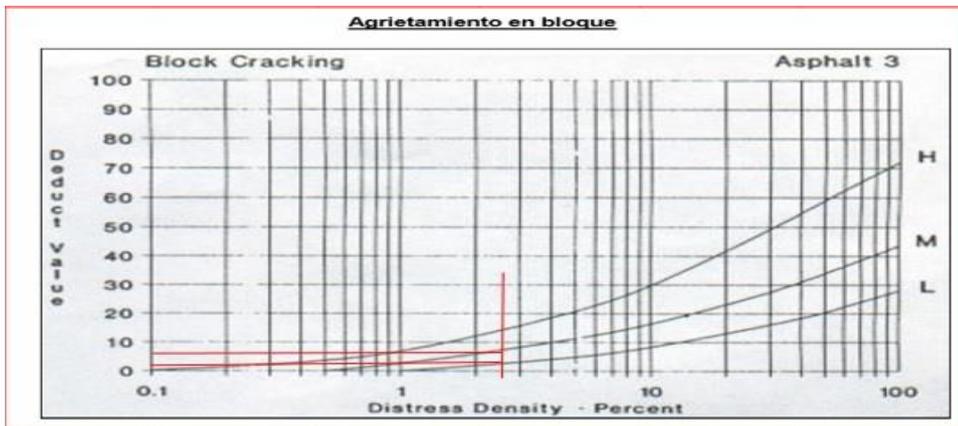
Tabla N°42. Muestra UM07 - Progresiva 0+400 – 0+800 PCI

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI											
LUGAR: Av. Guardia Civil						SECCIÓN: 0+400 a 0+800Km					
FECHA 20/11/2021						UNIDAD DE MUESTREO : UM7					
REALIZADO POR: María del Mar Vasquez Alava						ÁREA DE LA UNIDAD: 246 M2					
TIPOS DE FALLAS								DIAGRAMA			
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2						
2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2						
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m2	16. Desplazamiento	m2						
4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2						
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2						
6. Depresión	m2	13. Baches	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2						
7. Grieta de borde	m										
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDADES DE MUESTRA			INTERV. DE UNI DE M.		NUMERO MAXIMO DE VD			
Low	Baja	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2}$			$i = \frac{N}{n}$		$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$			
Medium	Media	M									
high	Alta	H									
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES											
86 - 100 EXCELENTE		1		3		5		15			
71 - 85 MUY BUENO		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.		
56 - 70 BUENO		0.54	M	2.64	M	2.6	M	2.48	M		
41 - 55 REGULAR		1.12	L	1.8	M	1.44	A	2.86	M		
26 - 40 POBRE				1.02	M	1.32	A				
11 - 25 MUY POBRE				1.00	M	0.72	A				
0 - 10 FALLADO											
TOTAL		BAJA (L)		1.12							
		MEDIA (M)		0.54		6.46		2.6		5.34	
		ALTA (H)						3.48			
CALCULO DEL PCI											
Tipo de daño	Severidad		Total		Densidad (%)		valor deducido		Número de valores deducidos > 2(q) Valor deducido más alto = 38 Número máximo de VD(m)= 7		
1	M		0.54		0.2%		9				
1	L		1.12		0.5%		6				
3	L		6.46		2.6%		4				
3	M		6.46		2.6%		8				
5	M		2.60		1.1%		17				
5	H		3.48		1.4%		38				
	L		5.34		2.2%		15				
NRO	VALORES DEDUCIDOS								VDT	q	VDC
1	38	17	15	9	8	6	4	97	7	47	
2	38	17	15	9	8	6	2	95	6	48	
3	38	17	15	9	8	2	2	91	5	49	
4	38	17	15	9	2	2	2	85	4	50	
5	38	17	15	2	2	2	2	78	3	50	
6	38	17	2	2	2	2	2	65	2	48	
7	38	2	2	2	2	2	2	50	1	50	
										Max.VDC	50
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)								PCI = 100 - Máx. VDC			
								PCI = 50			
CONDICION DEL PAVIMENTO								REGULAR			

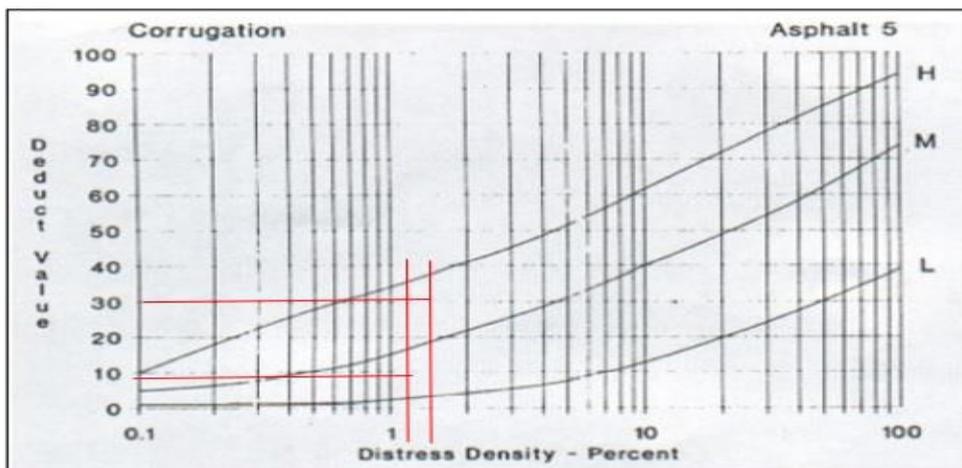
Piel de cocodrilo



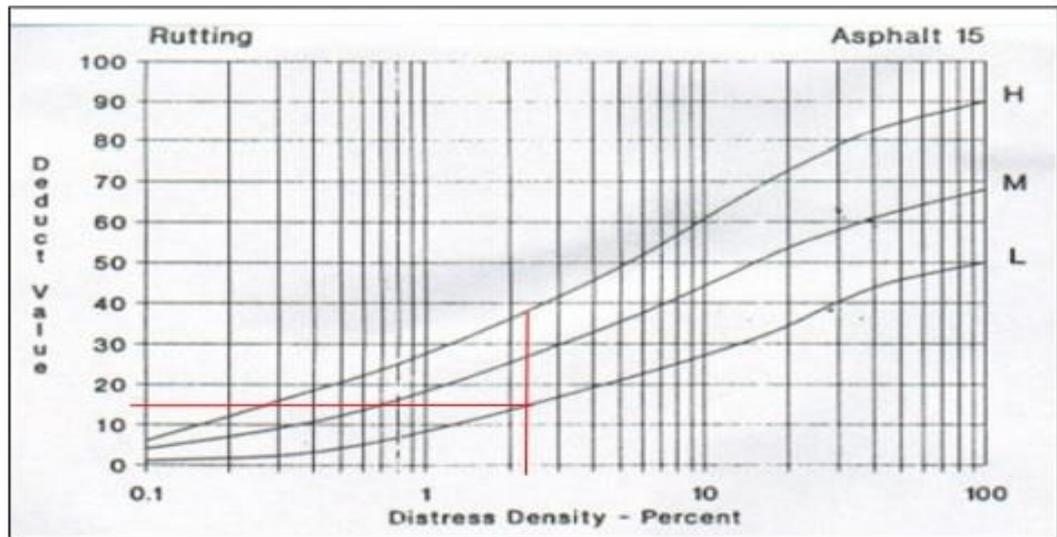
Agrietamiento en bloque



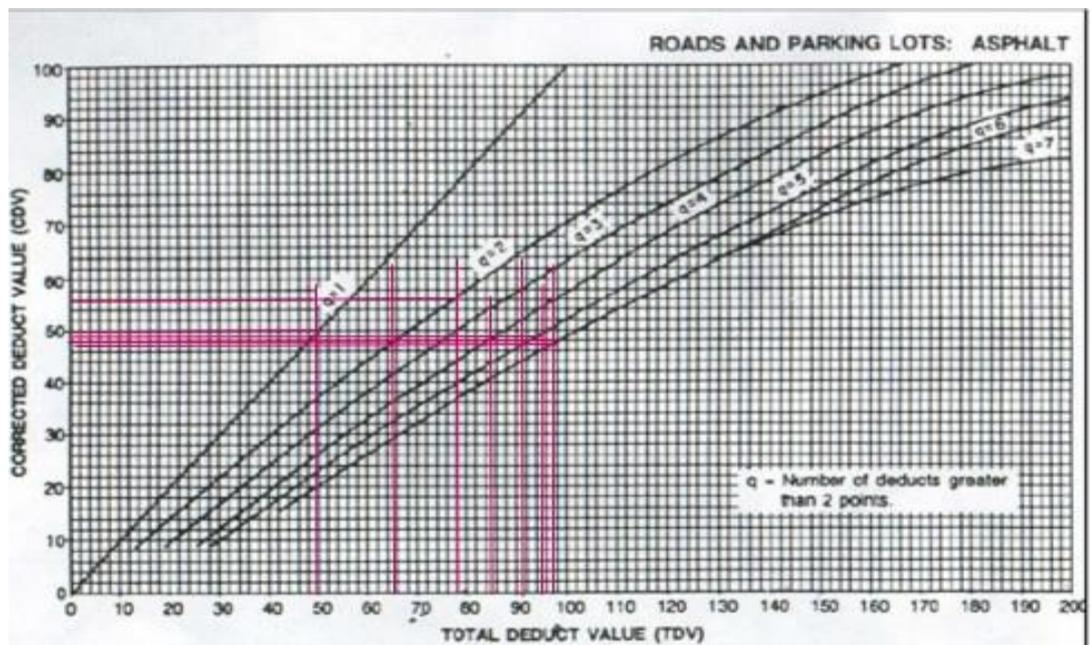
Corrugación



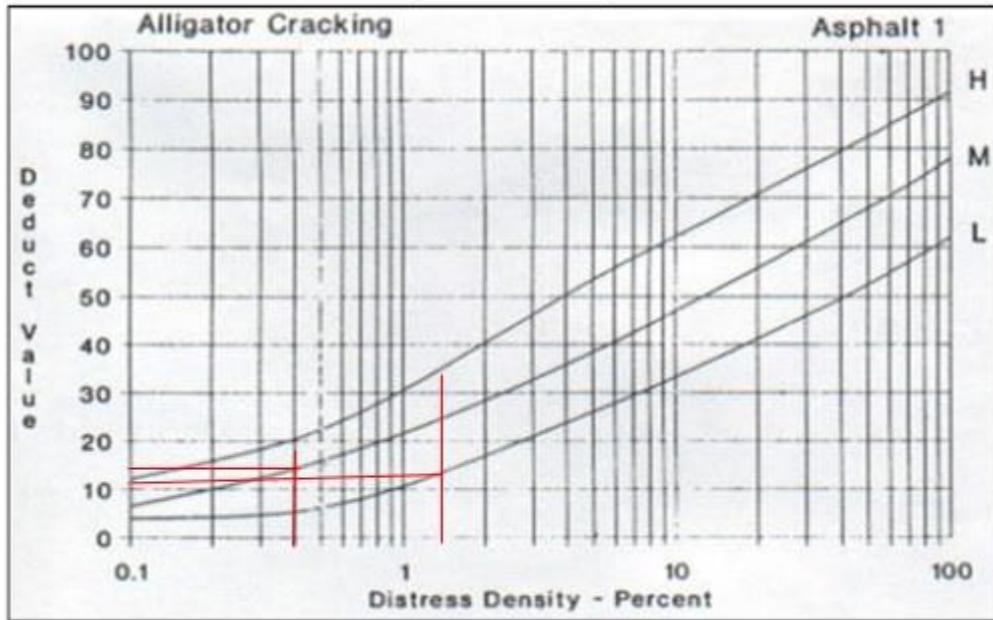
Ahuellamiento



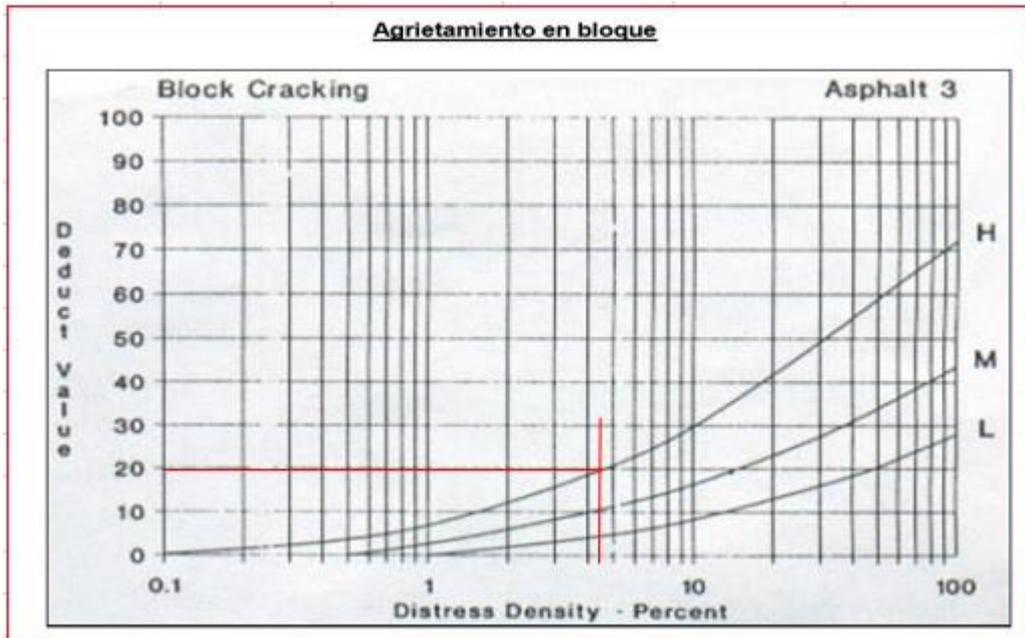
Curva de valor deducido corregido CDV



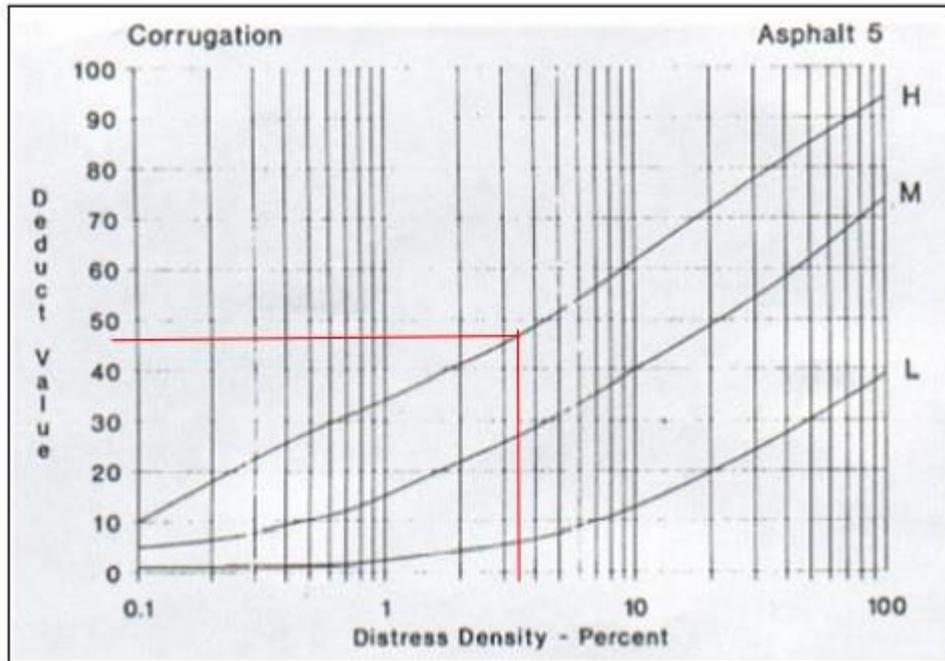
Piel de cocodrilo



Agrietamiento en bloque



Corrugación



Curva de valor deducido corregido CDV

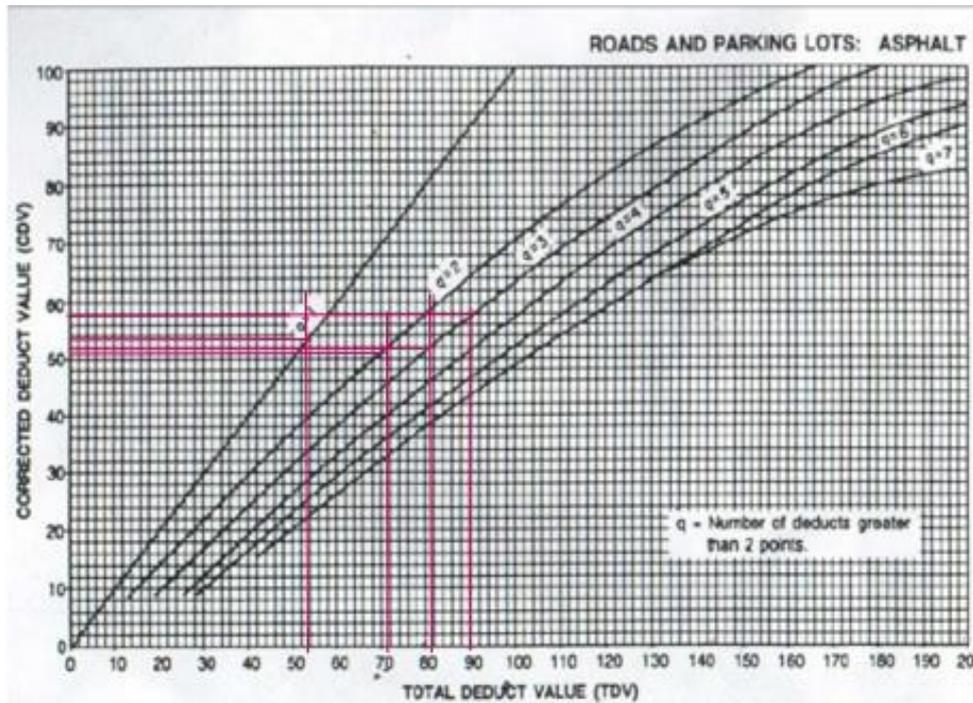
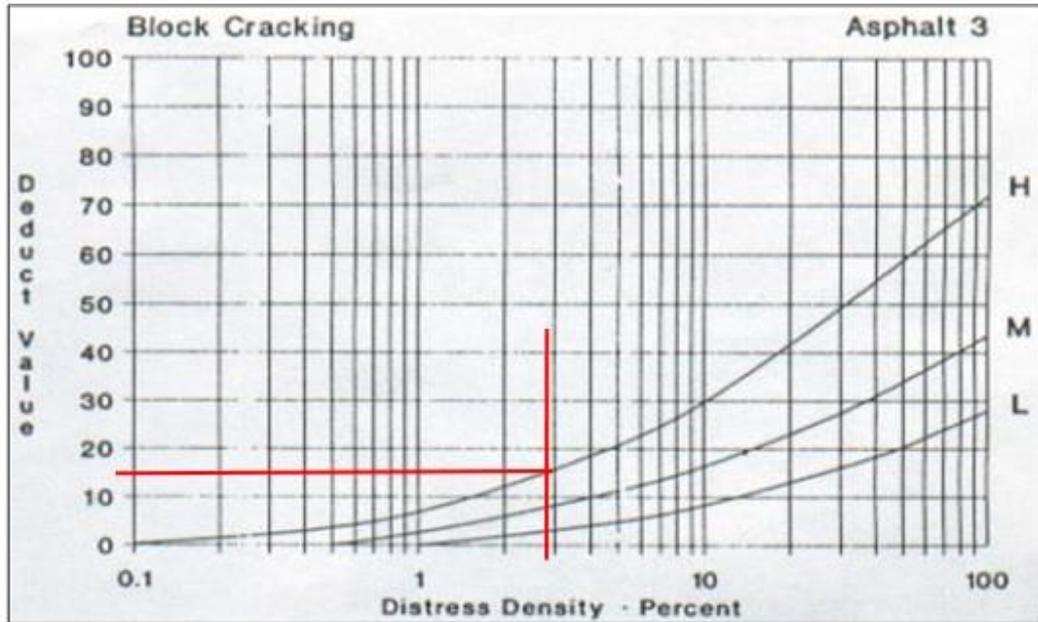


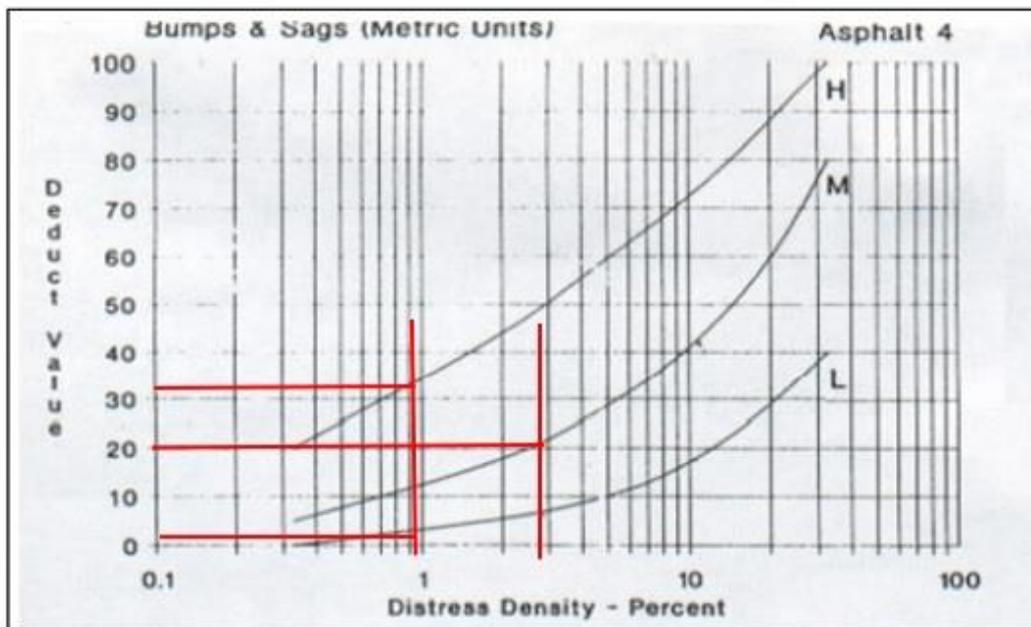
Tabla N°44. Muestra UM09 - Progresiva 0+400 – 0+800 PCI

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI										
LUGAR: Av. Guardia Civil					SECCIÓN: 0+400 a 0+800Km					
FECHA 20/11/2021					UNIDAD DE MUESTREO : UM9					
REALIZADO POR: Maria del Mar Vasquez Alava					AREA DE LA UNIDAD: 246 M2					
TIPOS DE FALLAS								DIAGRAMA		
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2					
2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2					
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m	16. Desplazamiento	m2					
4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2					
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2					
6. Depresión	m2	13. Baches	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2					
7. Grieta de borde	m									
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDADES DE MUESTRA	INTERV. DE UNI DE M.	NUMERO MAXIMO DE VD					
Low	Baja	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{\sigma^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2}$	$i = \frac{N}{n}$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$					
Medium	Media	M								
high	Alta	H								
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES										
86 - 100 EXCELENTE		3		4		5				
71 - 85 MUY BUENO		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.			
56 - 70 BUENO		3.18	H	3.53	M	2	M			
41 - 55 REGULAR		1.66	H	3.61	M	1	M			
26 - 40 POBRE		1.11	H	2.30	L	1.3	H			
11 - 25 MUY POBRE		1.16	H	2.31	H	1.49	H			
0 - 10 FALLADO										
TOTAL		BAJA (L)		2.30		3.00				
		MEDIA (M)		7.13		2.77				
		ALTA (H)		7.10		2.31				
CALCULO DEL PCI										
Tipo de daño	Severidad	Total	Densidad (%)	valor deducido	Número de valores deducidos > 2(q) Valor deducido más alto = 34 Número máximo de VD(m) = 6					
3	H	7.10	2.9%	15						
4	L	2.30	0.9%	5						
4	M	7.13	2.9%	21						
4	H	2.31	0.9%	32						
5	M	3.00	1.2%	17						
5	H	2.77	1.1%	34						
NRO	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
1	34	32	21	17	15	5		124	6	61
2	34	32	21	17	15	2		121	5	63
3	34	32	21	17	2	2		108	4	62
4	34	32	21	2	2	2		93	3	59
5	34	32	2	2	2	2		74	2	54
6	34	2	2	2	2	2		44	1	44
								Max.VDC	63	
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)								$PCI = 100 - \text{Máx. VDC}$		
								PCI= 37		
CONDICION DEL PAVIMENTO								POBRE		

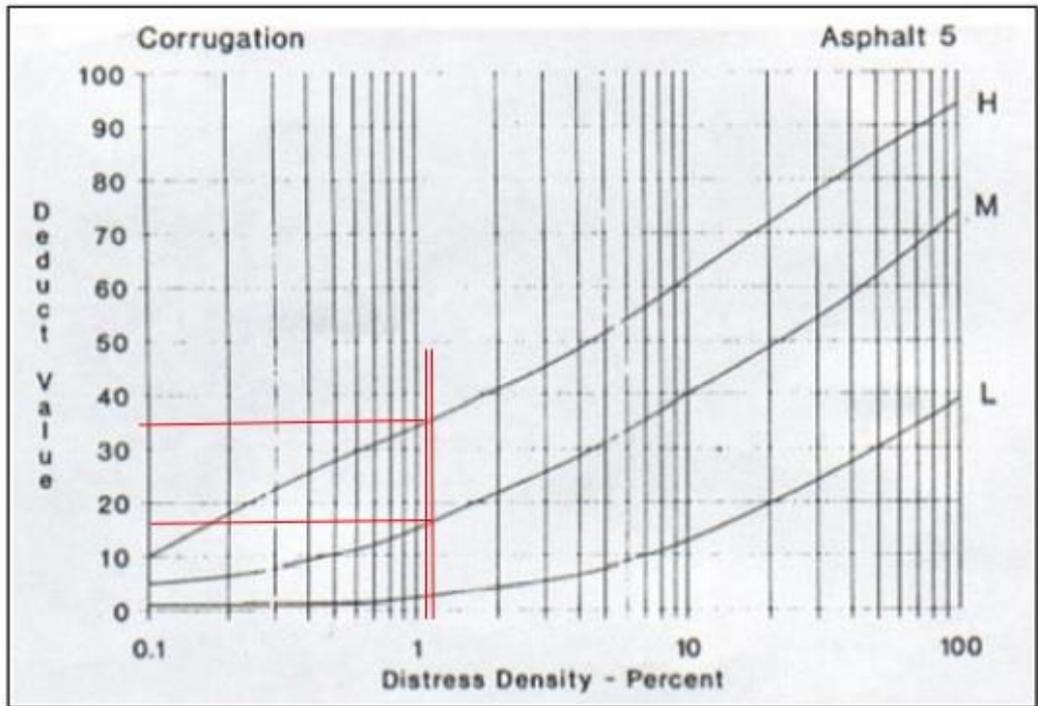
Agrietamiento en bloque



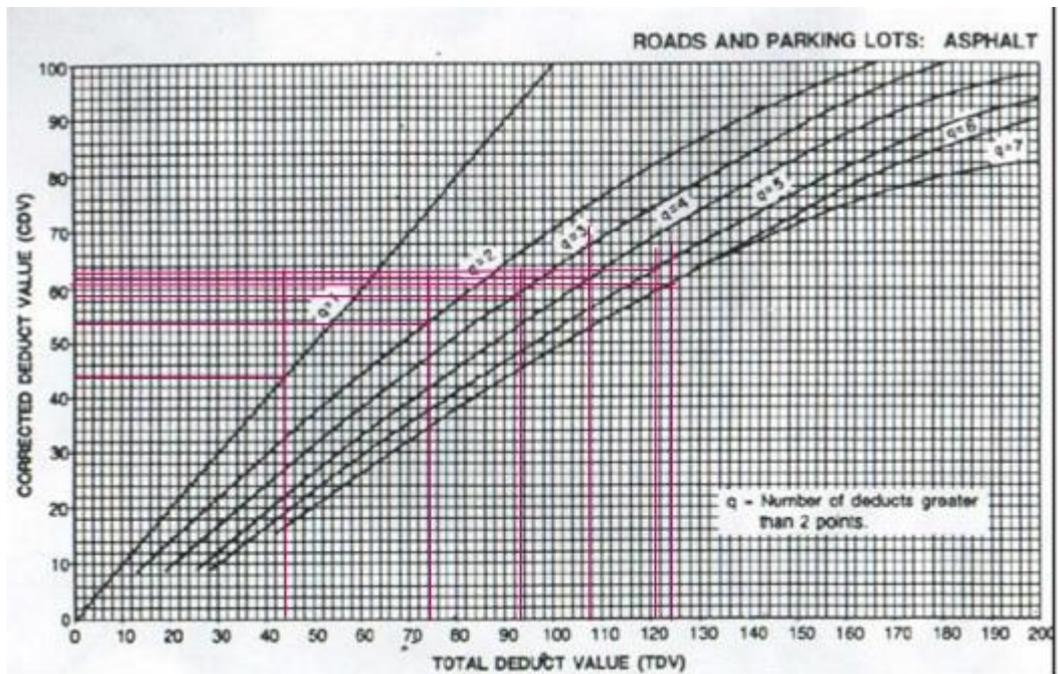
Abultamientos y hundimientos



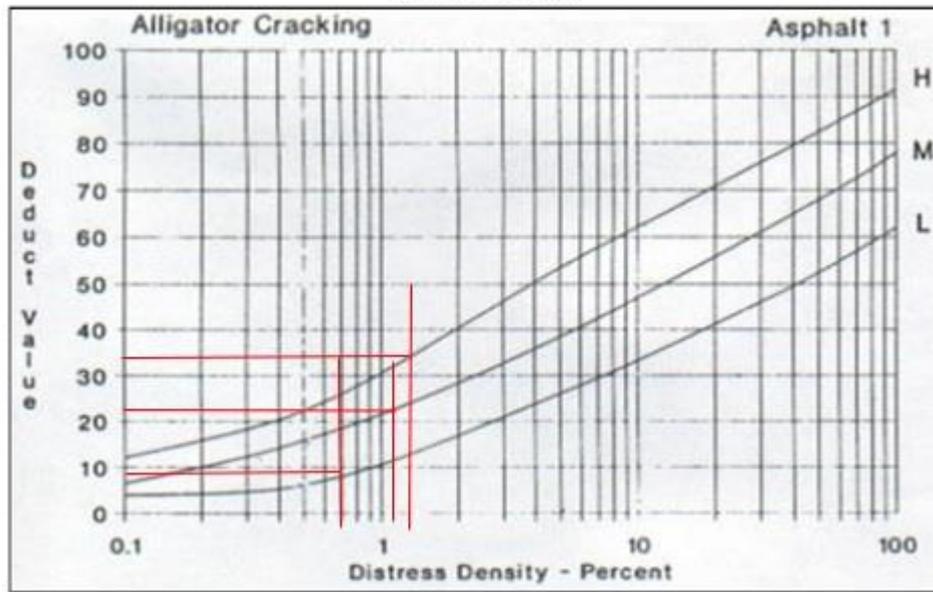
Corrugación



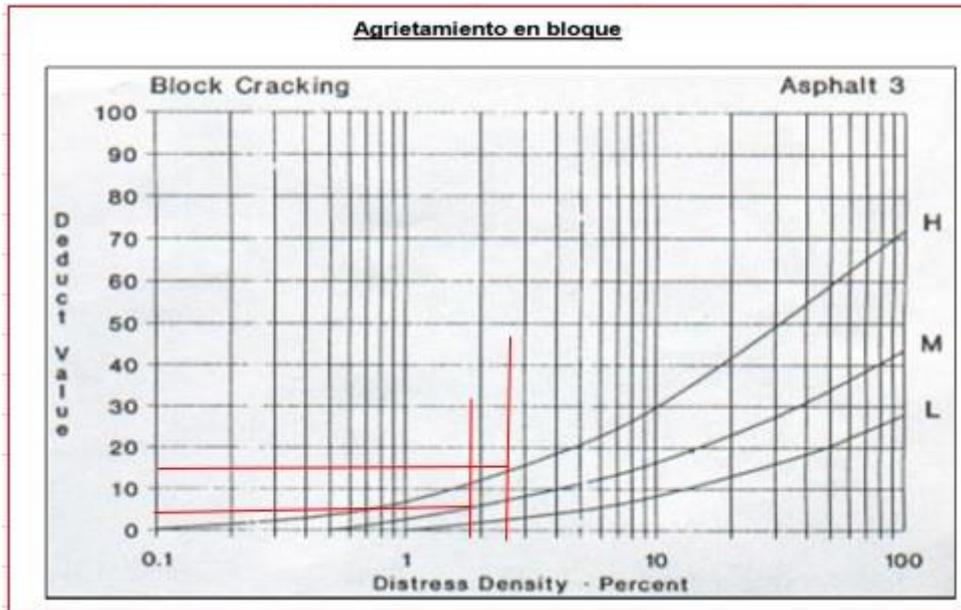
Curva de valor deducido corregido CDV



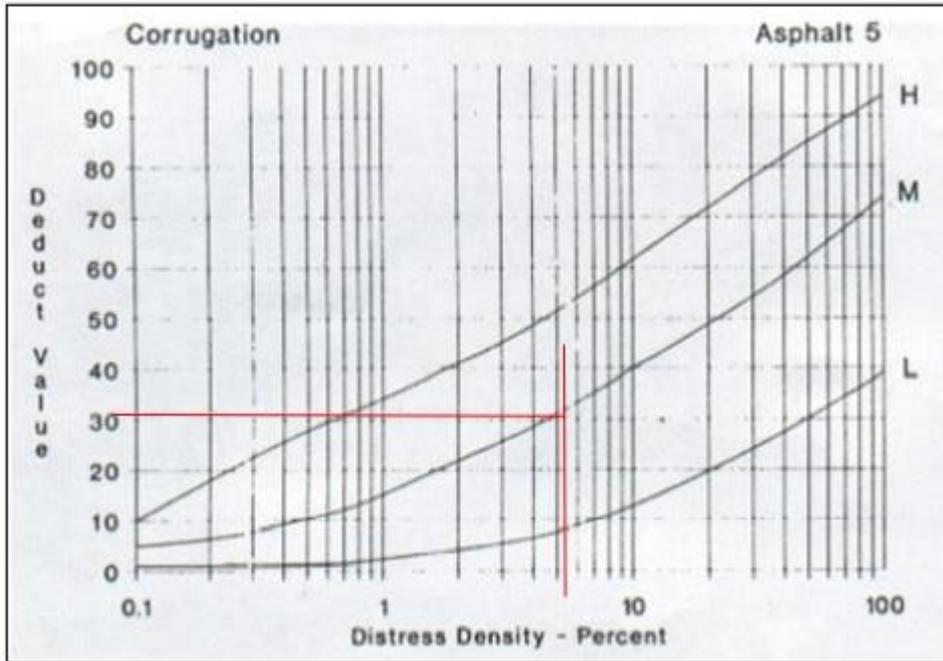
Piel de cocodrilo



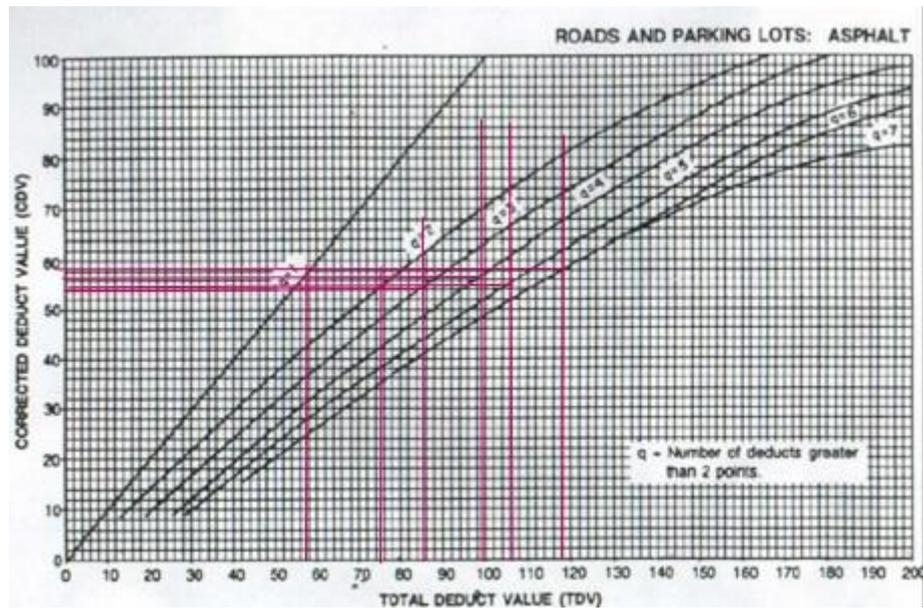
Agrietamiento en bloque



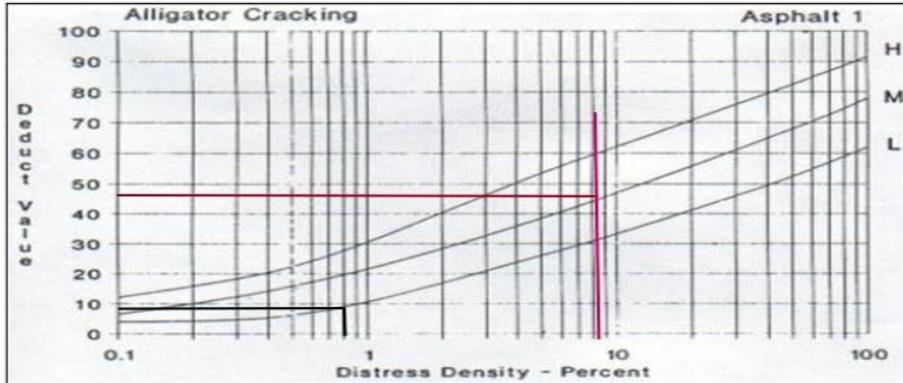
Corrugación



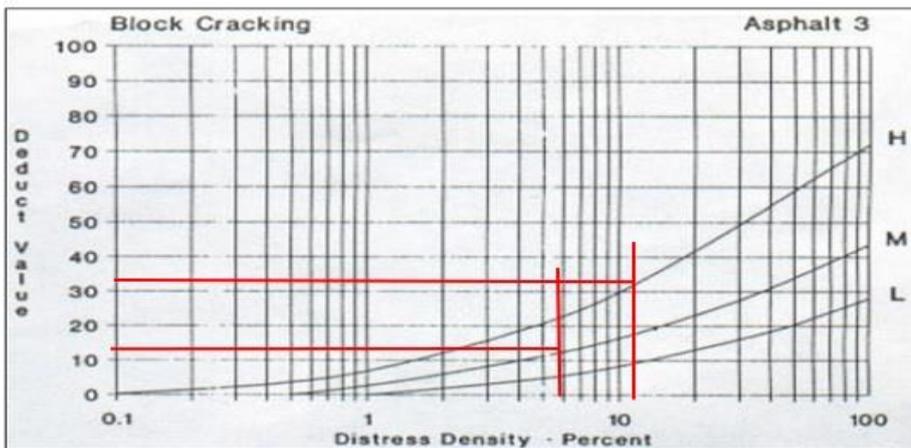
Curva de valor deducido corregido CDV



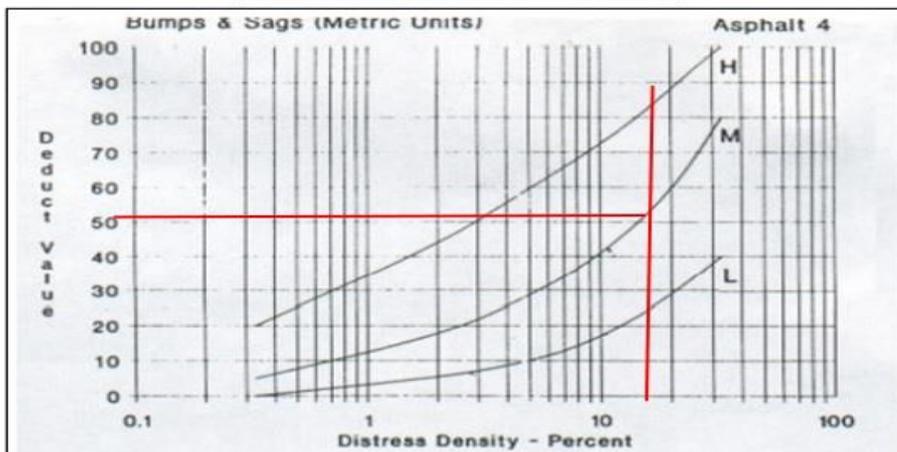
Piel de cocodrilo



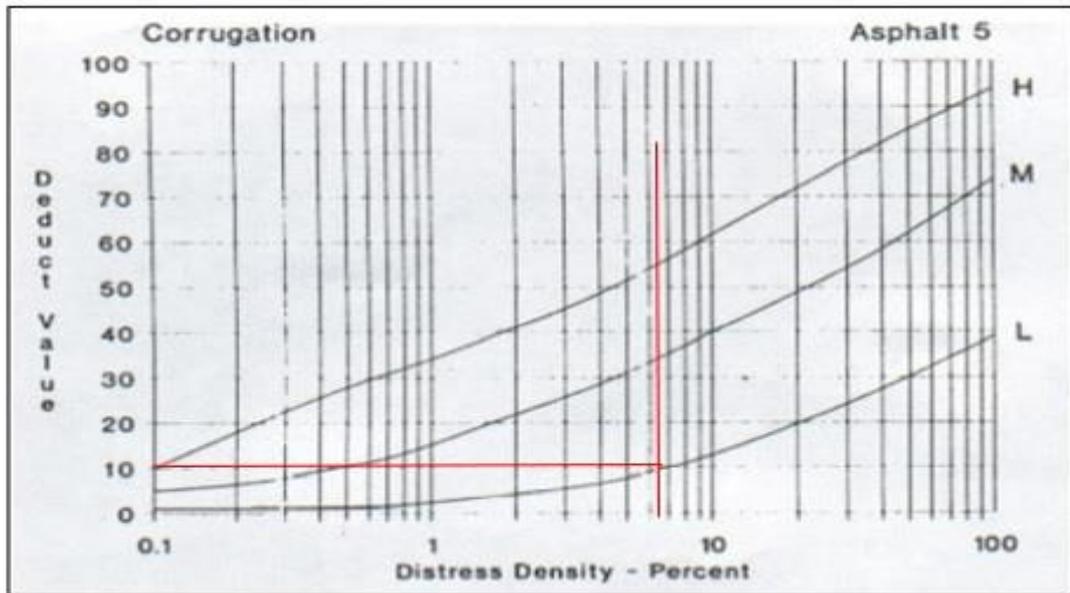
Agrietamiento en bloque



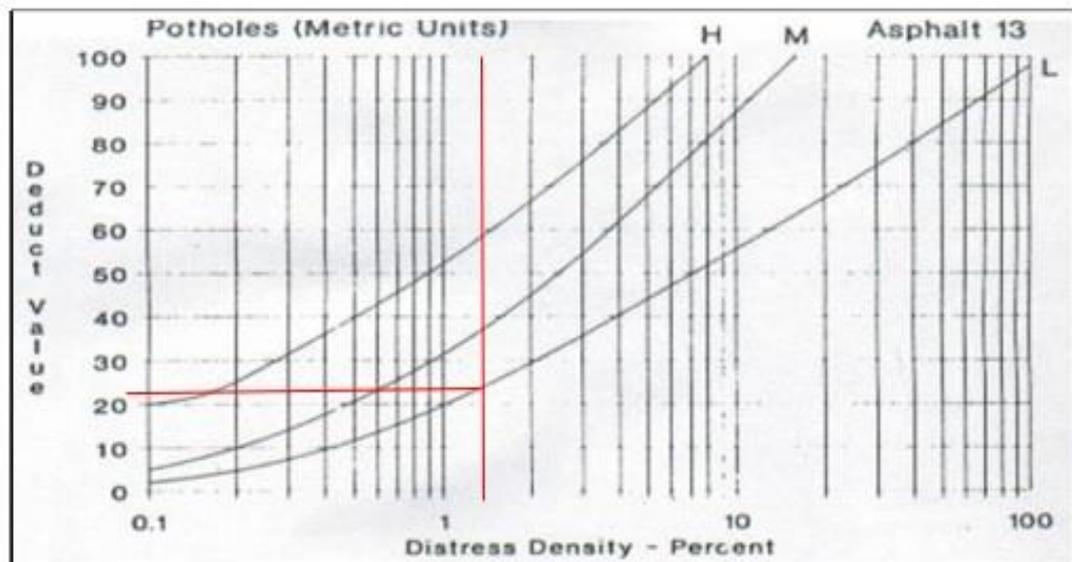
Abultamientos y hundimientos



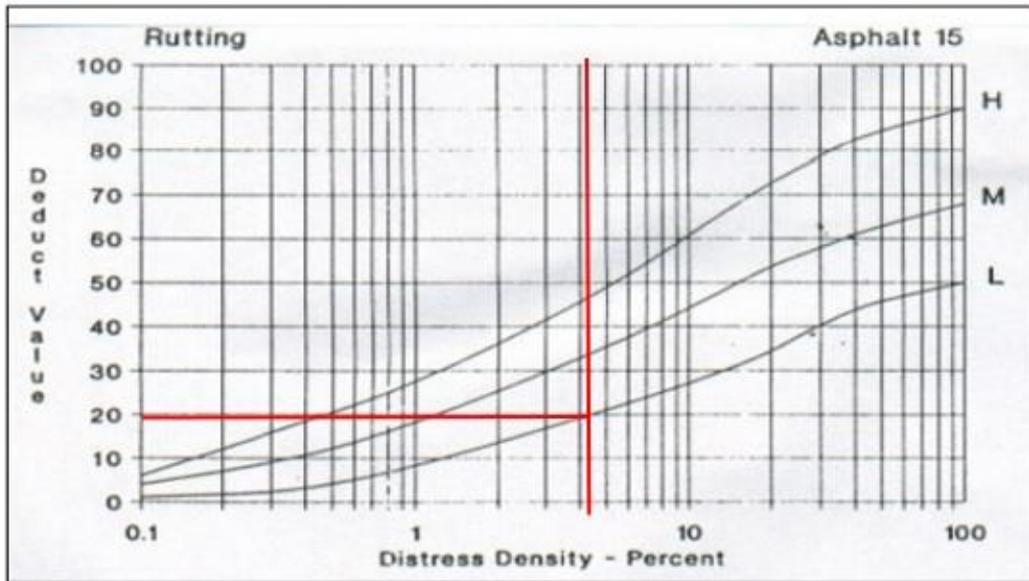
Corrugación



Baches



Ahuellamiento



Curva de valor deducido corregido CDV

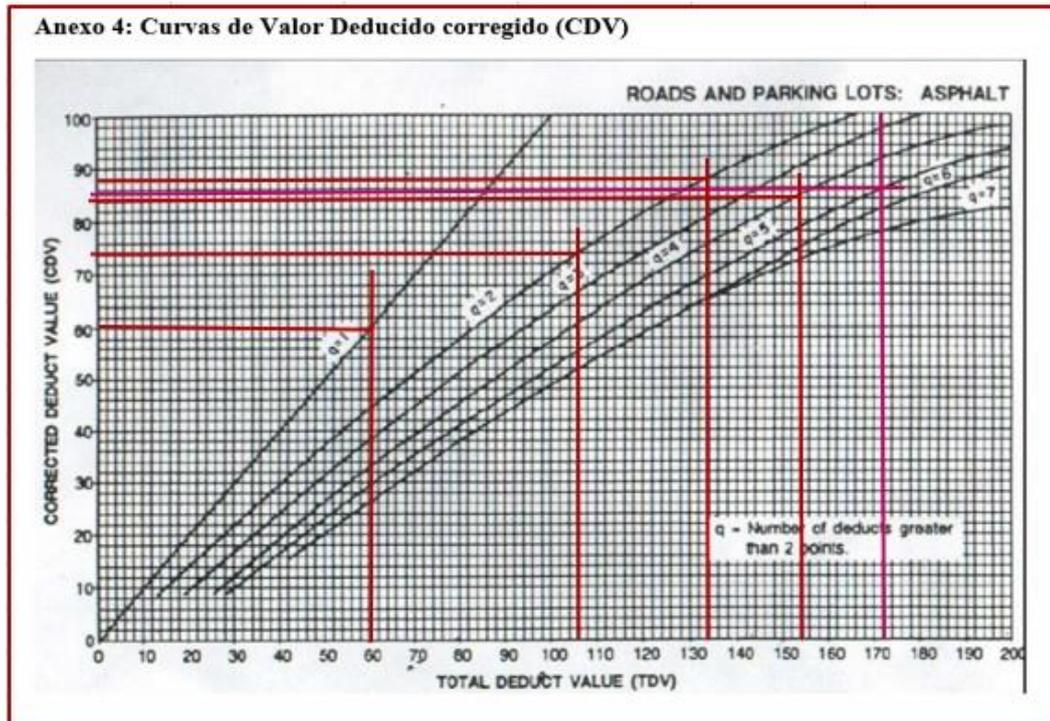
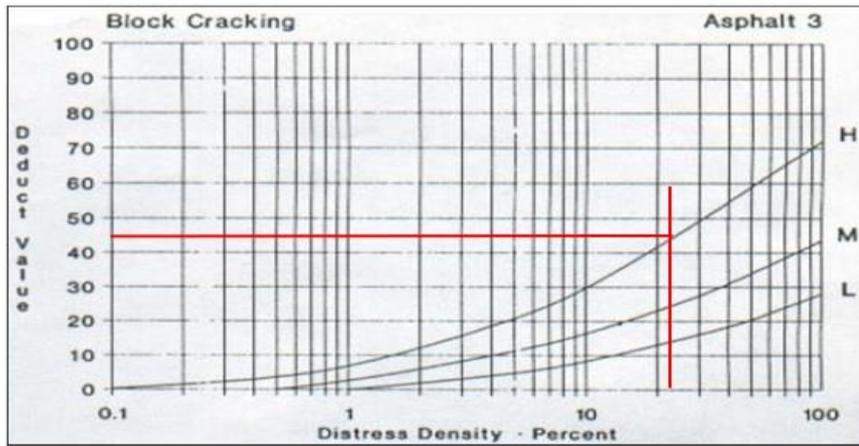


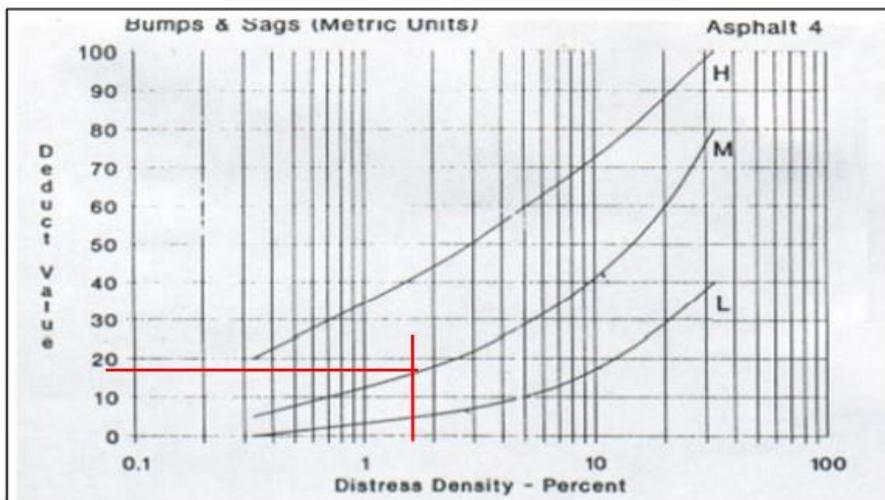
Tabla N°47. Muestra UM12 - Progresiva 0+800 – 1+200 PCI

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI										
LUGAR: Av. Guardia Civil					SECCIÓN: 0+800 a 1+200km					
FECHA 20/11/2021					UNIDAD DE MUESTREO : UM12					
REALIZADO POR: Maria del Mar Vasquez Alava					AREA DE LA UNIDAD: 246 M2					
TIPOS DE FALLAS								DIAGRAMA		
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2					
2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2					
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m2	16. Desplazamiento	m2					
4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2					
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2					
6. Depresión	m2	13. Baches	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2					
7. Grieta de borde	m									
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDADES DE MUESTRA	INTERV. DE UNI DE M.	NUMERO MAXIMO DE VD					
Low	Baja	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2} =$	$i = \frac{N}{n} =$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$					
Medium	Medía	M								
high	Alta	H								
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES										
86 - 100 EXCELENTE		3		4		5		15		
71 - 85 MUY BUENO		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	
56 - 70 BUENO		7.22	A	2.86	A	3.00	B	5.60	M	
41 - 55 REGULAR		5.06	A	6.36	A	2.00	M	5.00	M	
26 - 40 POBRE		11.34	A	3.42	M	4.00	M	2.90	M	
11 - 25 MUY POBRE		4.48	A	0.74	M					
0 - 10 FALLADO		28.86	A							
TOTAL	BAJA (L)					3.00				
	MEDIA (M)			4.16		6.00		13.51		
	ALTA (H)		56.96		9.22					
CALCULO DEL PCI										
Tipo de daño	Severidad		Total		Densidad (%)		valor deducido		Número de valores deducidos > 2(q) Valor deducido más alto = 50 Número máximo de VD(m)= 6	
3	H		56.96		23.2%		42			
4	M		4.16		1.7%		17			
5	L		3.00		1.2%		7			
5	M		6.00		2.4%		22			
15	M		13.51		5.5%		50			
NRO	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
1	50	42	22	17	7			138	5	72
2	50	42	22	17	2			133	4	76
3	50	42	22	2	2			118	3	80
4	50	42	2	2	2			98	2	58
5	50	2	2	2	2			58	1	56
								Max.VDC	72	
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)								$PCI = 100 - \text{Máx. VDC}$		
								PCI= 28		
CONDICION DEL PAVIMENTO								POBRE		

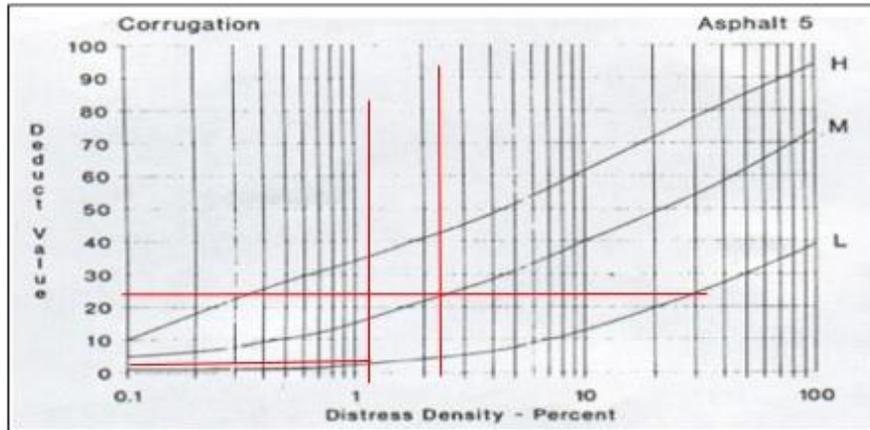
Agrietamiento en bloque



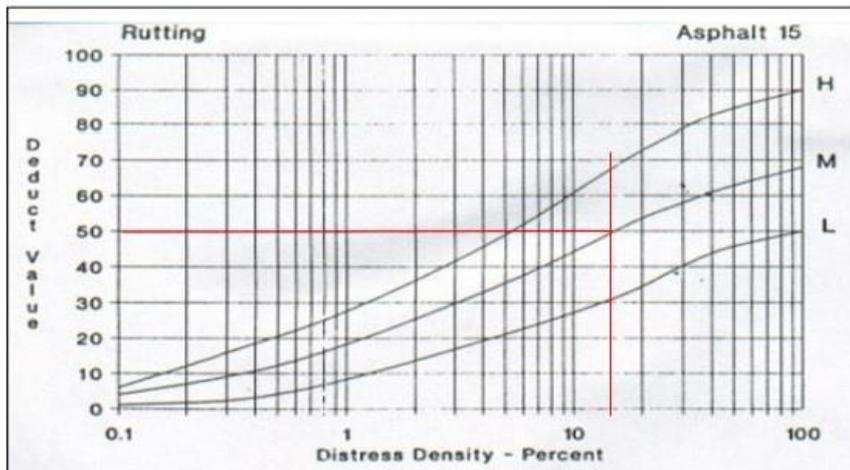
Abultamientos y hundimientos



Corrugación



Ahuellamiento



Curva de valor deducido corregido CDV

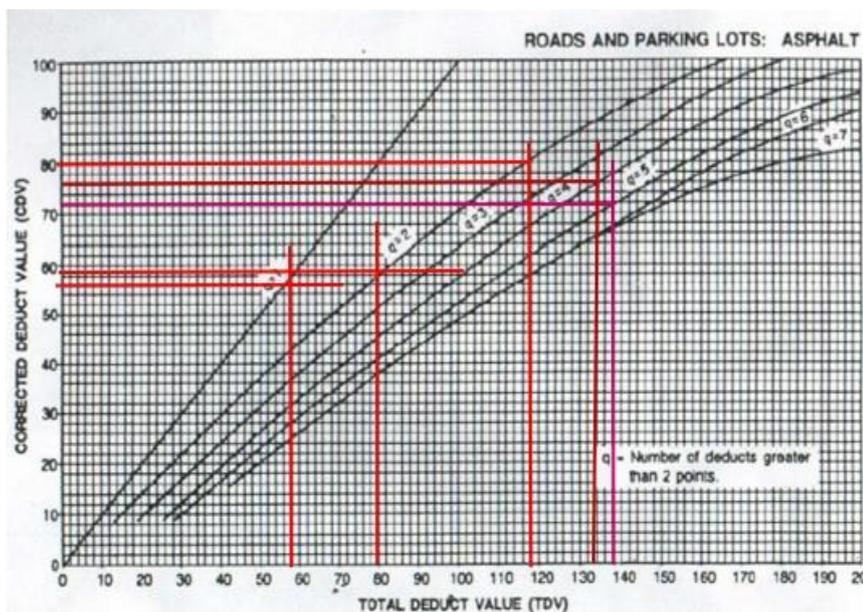
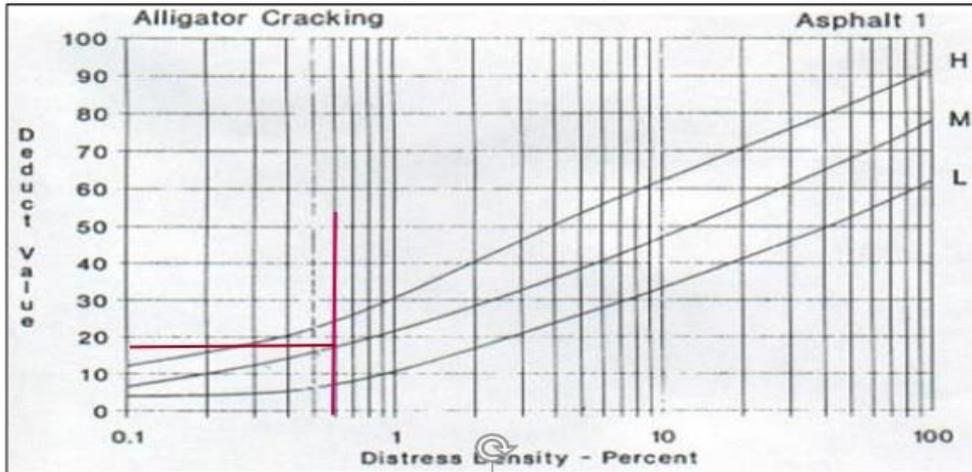


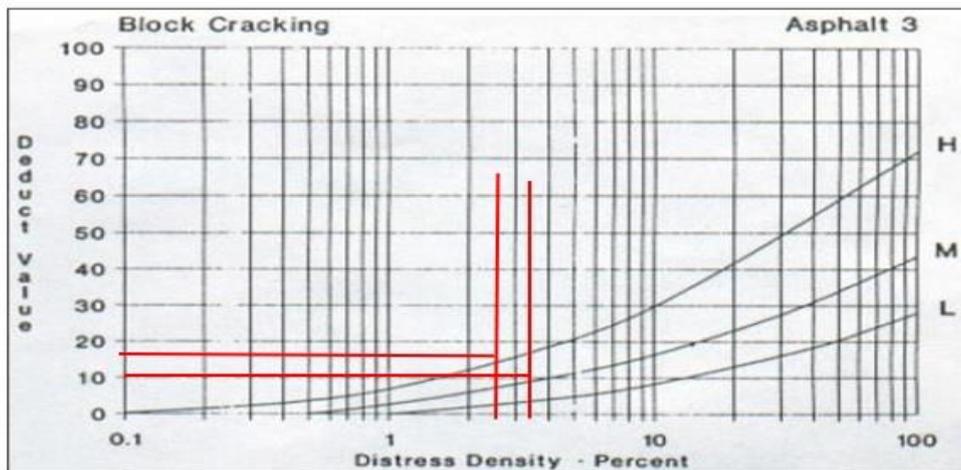
Tabla N°48. Muestra UM13 - Progresiva 0+800 – 1+200 PCI

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI										
LUGAR: Av. Guardia Civil					SECCIÓN: 0+800 a 1+200Km					
FECHA 20/11/2021					UNIDAD DE MUESTREO : UM13					
REALIZADO POR: Maria del Mar Vasquez Alava					AREA DE LA UNIDAD: 246 M2					
TIPOS DE FALLAS								DIAGRAMA		
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2					
2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2					
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m2	16. Desplazamiento	m2					
4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2					
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2					
6. Depresión	m2	13. Baches	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2					
7. Grieta de borde	m									
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDADES DE MUESTRA	INTERV. DE UNI DE M.	NUMERO MAXIMO DE VD					
Low	Baja	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{\sigma^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2}$	$i = \frac{N}{n}$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$					
Medium	Media	M								
high	Alta	H								
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES										
86 - 100	EXCELENTE		1		3		13		15	
71 - 85	MUY BUENO		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.
56 - 70	BUENO				5.32	M	0.20	M	2.70	M
41 - 55	REGULAR		1.52	M	2.76	M	0.45	M	3.01	M
26 - 40	POBRE				2.34	A			3.11	A
11 - 25	MUY POBRE				4.48	A			2.88	A
0 - 10	FALLADO								4.42	A
TOTAL	BAJA (L)									
	MEDIA(M)		1.52		8.08		0.65		5.71	
	ALTA(H)				6.82				10.4	
CALCULO DEL PCI										
Tipo de	Severidad	Total	Densidad (%)		valor deducido		Número de valores deducidos > 2(q)			
1	M	1.52	0.6%		17		Valor deducido más alto = 48 Número máximo de VD(m)= 6			
3	M	8.08	3.3%		10					
3	H	6.82	2.8%		16					
13	M	0.65	0.3%		15					
15	M	5.71	2.3%		28					
15	H	10.40	4.2%		48					
NRO	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
1	48	28	17	16	17	10	136	6	86	
2	48	28	17	16	17	2	128	5	87	
3	48	28	17	16	2	2	113	4	84	
4	48	28	17	2	2	2	99	3	85	
5	48	28	2	2	2	2	84	2	81	
6	48	2	2	2	2	2	58	1	80	
								Max.VDC	86	
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)							$PCI = 100 - \frac{Máx. VDC}{6}$			
							PCI= 14			
CONDICION DEL PAVIMENTO							MUY POBRE			

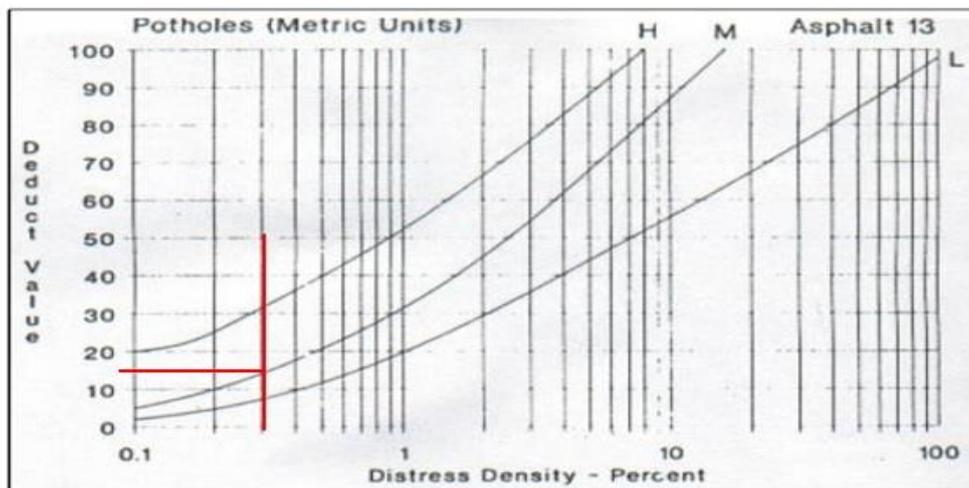
Piel de cocodrilo



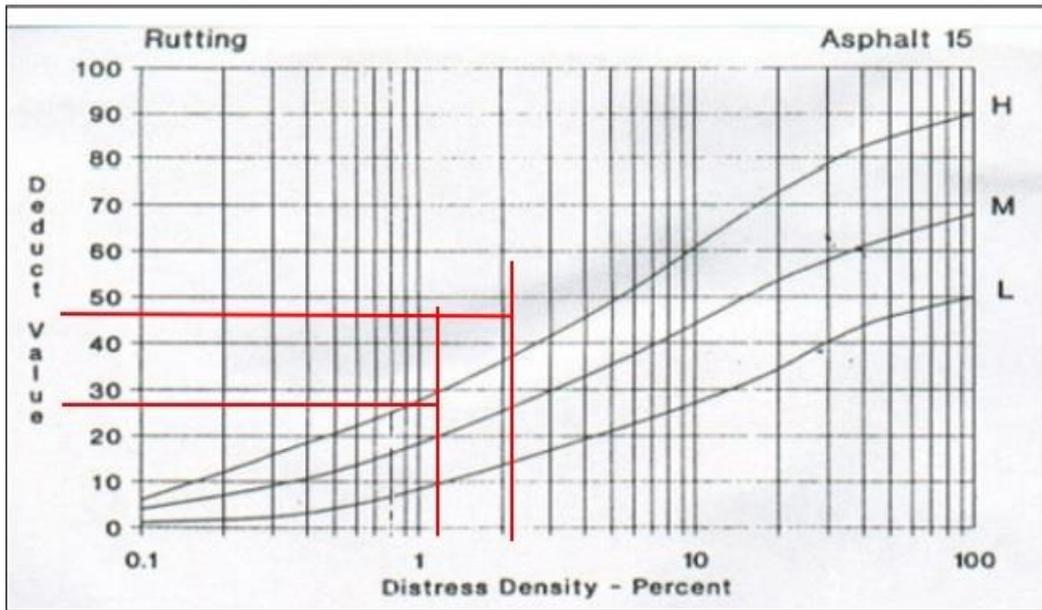
Agrietamiento en bloque



Baches



Ahuellamiento



Curva de valor deducido corregido CDV

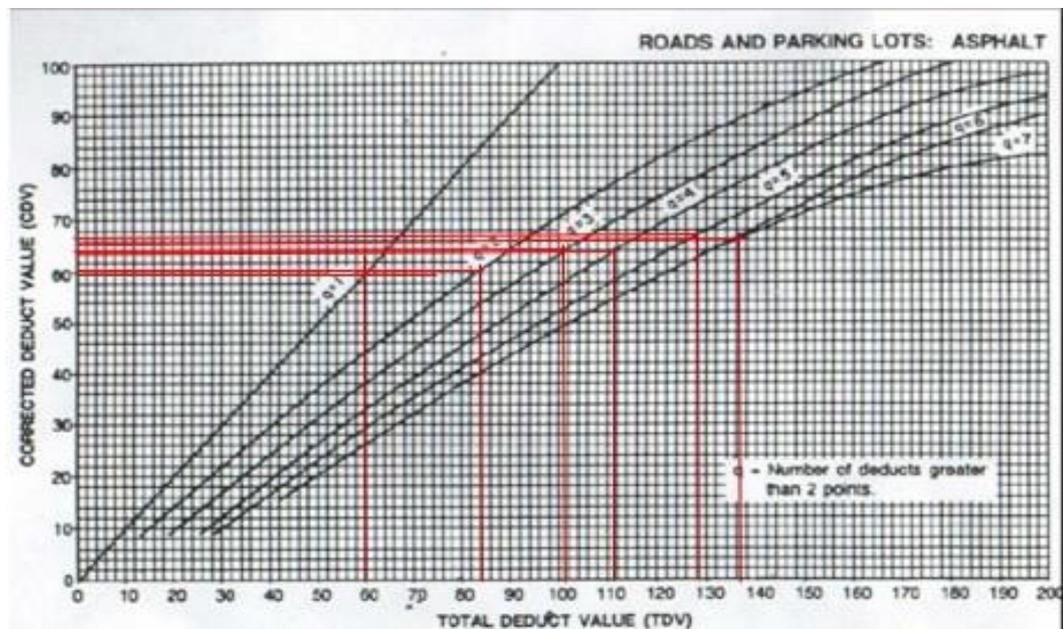
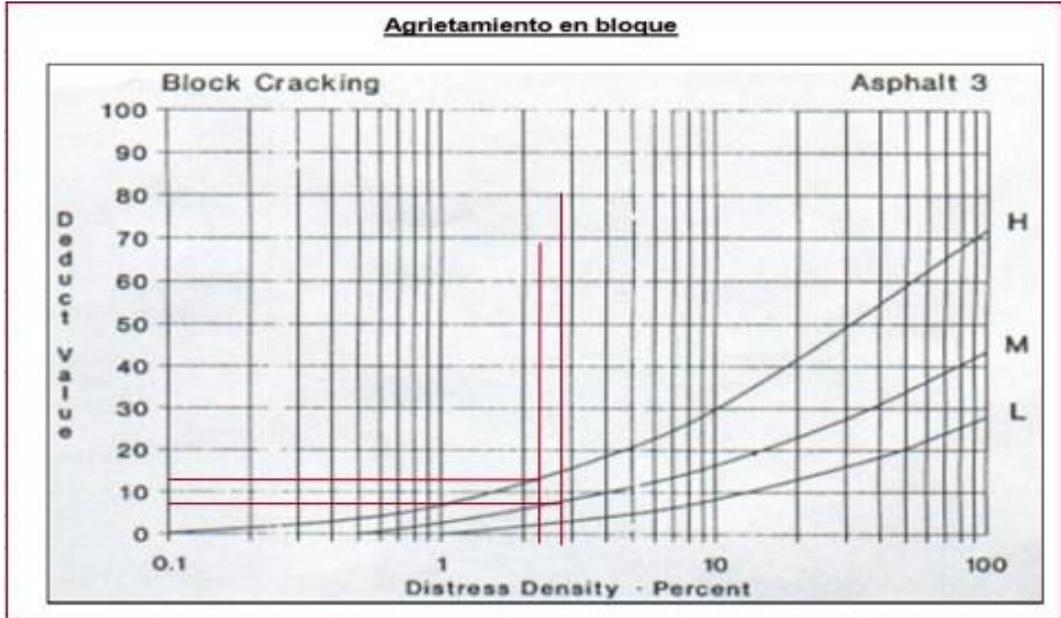


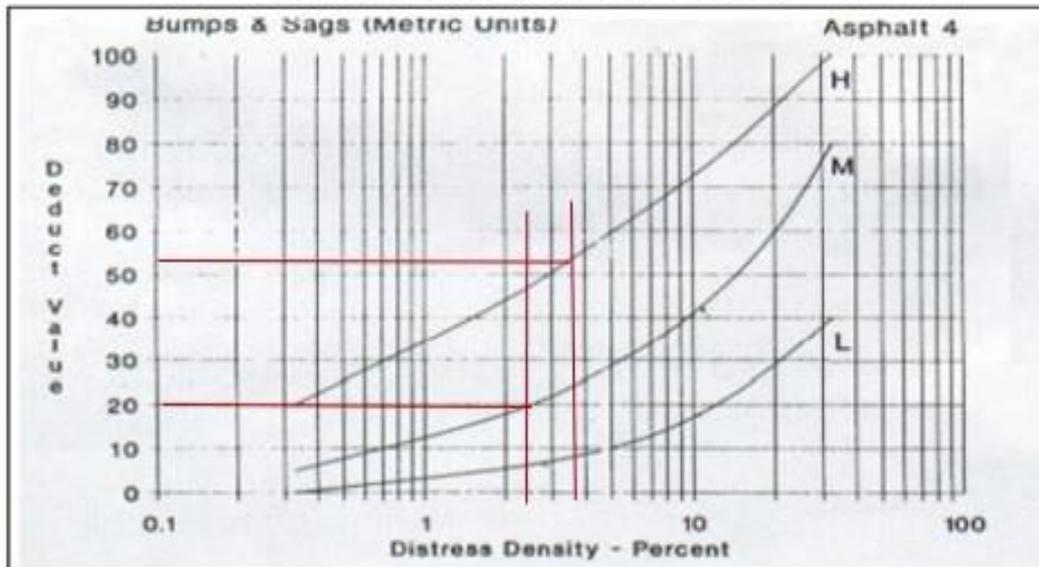
Tabla N°49. Muestra UM14- Progresiva 0+800 – 1+200 PCI

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI													
LUGAR: Av. Guardia Civil					SECCIÓN: 0+800 a 1+200Km								
FECHA 20/11/2021					UNIDAD DE MUESTREO : UM14								
REALIZADO POR: Maria del Mar Vasquez Alava					AREA DE LA UNIDAD: 246 M2								
TIPOS DE FALLAS								DIAGRAMA					
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2								
2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2								
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m2	16. Desplazamiento	m2								
4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2								
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2								
6. Depresión	m2	13. Baches	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2								
7. Grieta de borde	m												
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDADES DE MUESTRA	INTERV. DE UNI DE M.	NUMERO MAXIMO DE VD								
Low	Baja	L	$n = \frac{N x \sigma^2}{e^2 x (N-1) + \sigma^2}$	$i = \frac{N}{n}$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$								
Medium	Media	M											
high	Alta	H											
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES													
86 - 100 EXCELENTE		3		4		13		15					
71 - 85 MUY BUENO		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.				
56 - 70 BUENO		2.85	M	3.12	M	2.25	M	7.20	M				
41 - 55 REGULAR		2.3	M	2.76	M	2.6	M	1.32	M				
26 - 40 POBRE		1.625	M	3.90	A			2.52	M				
11 - 25 MUY POBRE		2.64	A	2.21	A			2.90	M				
0 - 10 FALLADO		2.86	A	2.73	A								
TOTAL	BAJA (L)												
	MEDIA(M)	6.78		5.88		4.85		13.95					
	ALTA(H)	5.50		8.84									
CALCULO DEL PCI													
Tipo de daño	Severidad	Total	Densidad (%)	valor deducido	Número de valores deducidos > 2(q)								
3	M	6.78	2.8%	7	Valor deducido más alto = 54 Número máximo de VD(m)= 5								
3	H	5.50	2.2%	13									
4	M	5.88	2.4%	20									
4	H	8.84	3.6%	54									
13	M	4.85	2.0%	43									
15	M	13.95	5.7%	37									
NRO	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC				
1	54	43	37	20	13		167	5	86				
2	54	43	37	20	2		156	4	84				
3	54	43	37	2	2		138	3	82				
4	54	43	2	2	2		103	2	72				
5	54	2	2	2	2		62	1	62				
									Max.VDC	86			
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)								$PCI = 100 - \text{Máx. VDC}$					
								PCI= 14					
CONDICION DEL PAVIMENTO								MUY POBRE					

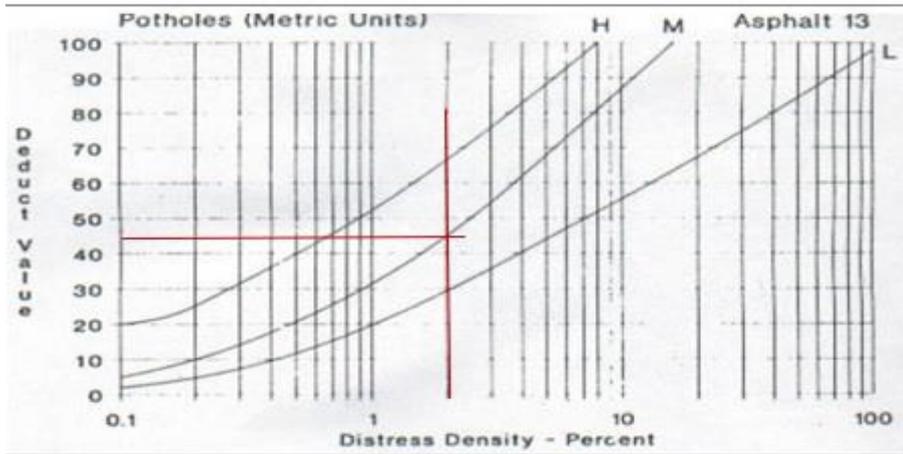
Agrietamiento en bloque



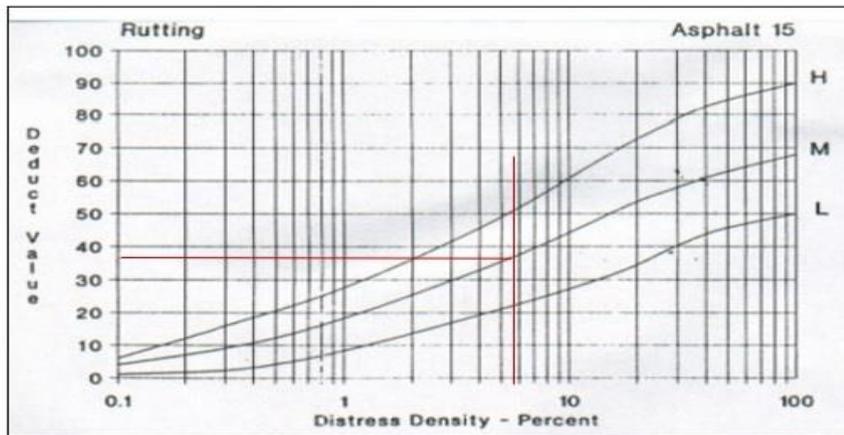
Abultamientos y hundimientos



Baches



Ahuellamiento



Curva de valor deducido corregido CDV

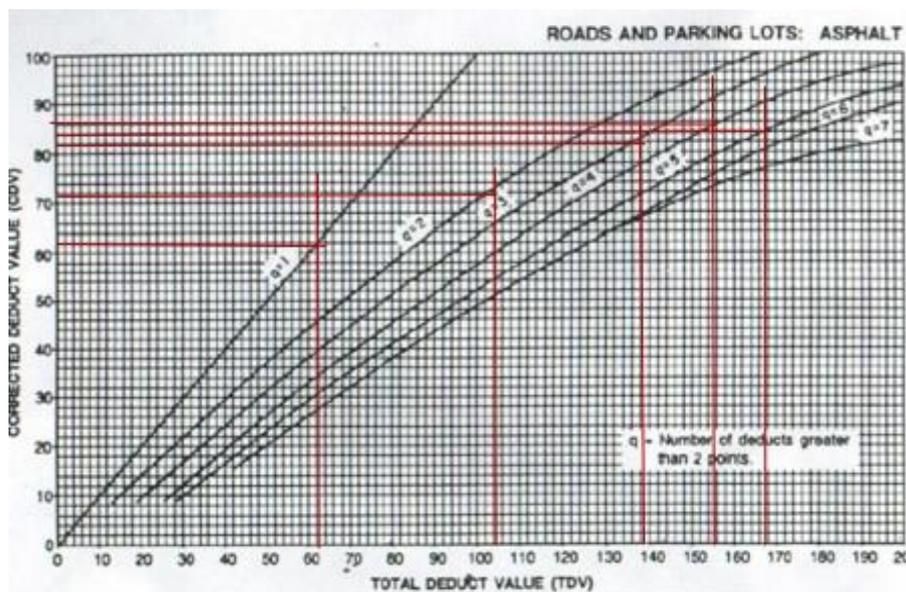
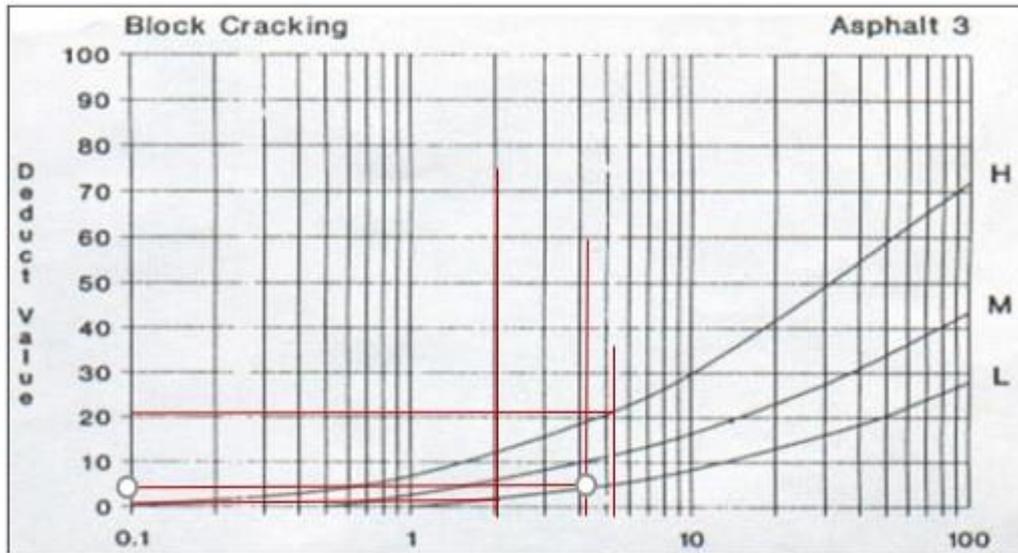


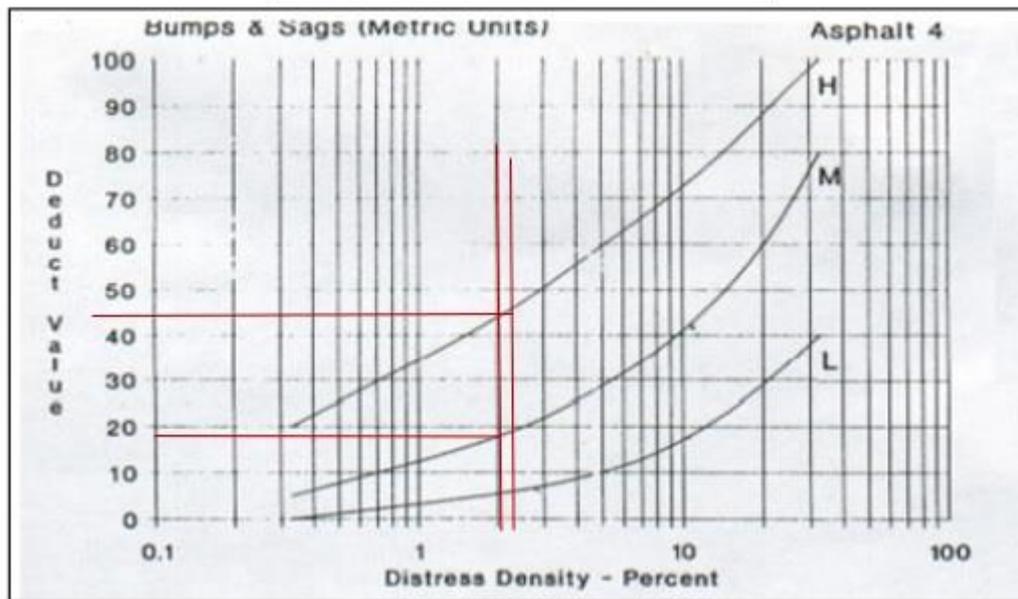
Tabla N°50. Muestra UM15 - Progresiva 0+800 – 1+200 PCI

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI										
LUGAR: Av. Guardia Civil						SECCIÓN: 0+800 a 1+200Km				
FECHA 20/11/2021						UNIDAD DE MUESTREO : UM15				
REALIZADO POR: Maria del Mar Vasquez Alava						AREA DE LA UNIDAD: 246 M2				
TIPOS DE FALLAS									DIAGRAMA	
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexión de junta	m	14. Cruce de Vía férrea	m2					
2. Exudación	m2	9. Desnivel Carril/Berma	m	15. Ahullamiento	m2					
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas Longitudinales y Transversales	m2	16. Desplazamiento	m2					
4. Abultamientos y hundimientos	m2	11. Parches	m2	17. Grietas parabólicas	m2					
5. Corrugación	m2	12. Pulimiento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2					
6. Depresión	m2	13. Baches	N°	19. Desprendimiento de agregados	m2					
7. Grieta de borde	m									
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDADES DE MUESTRA		INTERV. DE UNI DE M.		NUMERO MAXIMO DE VD			
Low	Baja	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{\sigma^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2}$		$i = \frac{N}{n}$		$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$			
Medium	Media	M								
high	Alta	H								
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES										
86-100	EXCELENTE		3		4		15			
71-85	MUY BUENO		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.		
56-70	BUENO		6.16	M	1.3	M	2.3	L		
41-55	REGULAR		6.6	M	3.51	M	2.0	B		
26-40	POBRE		4.94	L	2.86	A	4.86	A		
11-25	MUY POBRE		7.68	A	2.73	A	3.11	A		
0-10	FALLADO		2.31	A						
TOTAL	BAJA (L)		4.94				2.3			
	MEDIA (M)		12.76		4.81		2.0			
	ALTA (H)		9.99		5.59		8.0			
CALCULO DEL PCI										
Tipo de daño	Severidad		Total	Densidad (%)	valor deducido		Número de valores deducidos > 2(q) Valor deducido más alto = 45 Número máximo de VD(m)= 6			
3	M		12.76	5.2%	22					
3	H		9.99	4.1%	5					
3	L		4.94	2.0%	2					
4	M		4.81	2.0%	19					
4	H		5.59	2.3%	45					
15	M		2.0	0.8%	18					
15	H		7.97	3.2%	42					
15	L		2.30	0.9%	9					
NRO	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
1	45	42	22	19	18	9	155	6	75	
2	45	42	22	19	18	2	148	5	76	
3	45	42	22	19	2	2	132	4	74	
4	45	42	22	2	2	2	115	3	71	
5	45	42	2	2	2	2	95	2	68	
6	45	2	2	2	2	2	55	1	54	
								Max.VDC	76	
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)								PCI = 100 – Máx. VDC		
								PCI=	24	
CONDICION DEL PAVIMENTO								MUY POBRE		

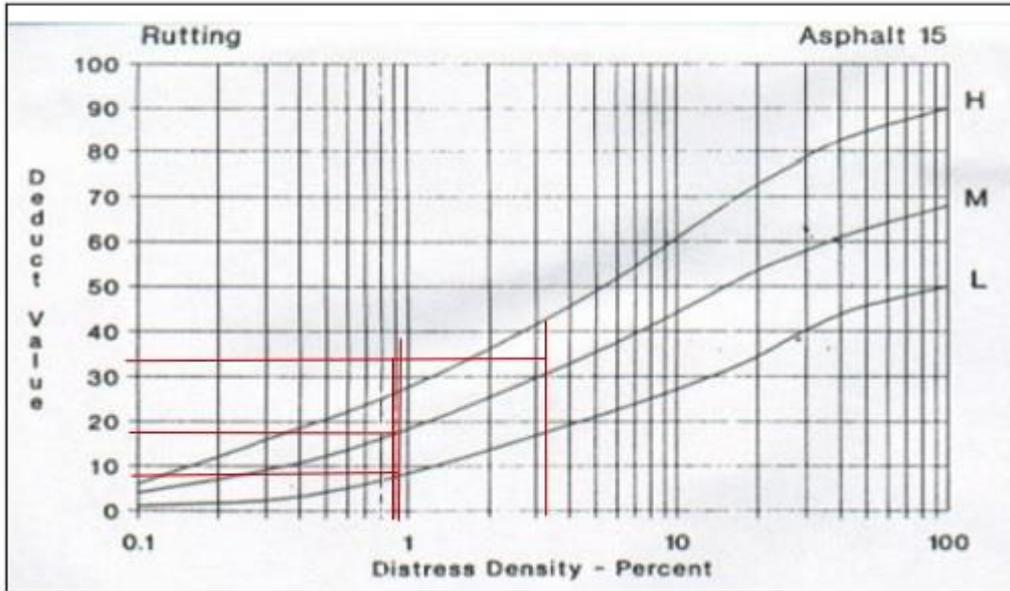
Agrietamiento en bloque



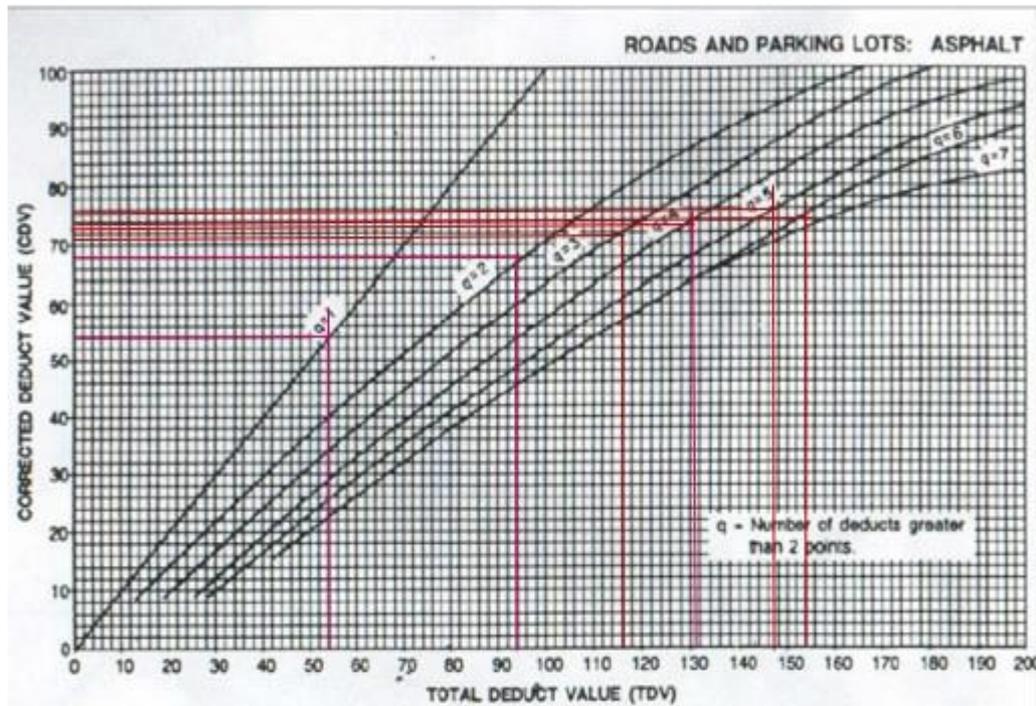
Abultamientos y hundimientos



Ahuellamiento



Curva de valor deducido corregido CDV



4.0. Capitulo IV. RESULTADOS

4.1. Resultados obtenidos con perfilómetro estático MERLIN.

RESULTADO DE MEDICION DE LA RUGOSIDAD METODO MERLIN																																		
N°	Progresiva	Rango D corregido	Factor de Corrección	Calculo del índice de Rugosidad Internacional (IRI)	Calculo del índice de Serviciabilidad Presente (PSI)	Clasificación de nivel de servicio de acuerdo al índice de serviciabilidad presente (PSI)																												
		<i>Rango D corregido = Rango D_{FC} RB</i>	$F_c = \frac{EP \times 10}{(LI - LF) \times 5}$	<table border="1"> <tr><td colspan="2">CALCULO DE "D"</td></tr> <tr><td colspan="2">$D = (CI + CE + CD) \times 5$</td></tr> <tr><td colspan="2">DESCARTANDO LOS VALORES CADUCA DEL HISTOGRAMA</td></tr> <tr><td colspan="2">HISTOGRAMA: CI= COLAZQUERDA CD= CENTRO CE= COLADERECHA</td></tr> <tr><td colspan="2"> </td></tr> <tr><td colspan="2">CALCULO DEL "IRI"</td></tr> <tr><td>D > 40 mm</td><td>D < 40 mm</td></tr> <tr><td>IRI = 0.593 + 0.0471D</td><td>IRI = 0.0619D</td></tr> </table>	CALCULO DE "D"		$D = (CI + CE + CD) \times 5$		DESCARTANDO LOS VALORES CADUCA DEL HISTOGRAMA		HISTOGRAMA: CI= COLAZQUERDA CD= CENTRO CE= COLADERECHA				CALCULO DEL "IRI"		D > 40 mm	D < 40 mm	IRI = 0.593 + 0.0471D	IRI = 0.0619D	$PSI = \frac{5}{e^{\left(\frac{IRI}{5.5}\right)}}$	<table border="1"> <tr><th>Indice de Serviciabilidad</th><th>Calidad</th></tr> <tr><td>5</td><td>Excelente</td></tr> <tr><td>4</td><td>Buena</td></tr> <tr><td>3</td><td>Buena</td></tr> <tr><td>2</td><td>Regular</td></tr> <tr><td>1</td><td>Mala</td></tr> <tr><td>0</td><td>Pesima</td></tr> </table>	Indice de Serviciabilidad	Calidad	5	Excelente	4	Buena	3	Buena	2	Regular	1	Mala
CALCULO DE "D"																																		
$D = (CI + CE + CD) \times 5$																																		
DESCARTANDO LOS VALORES CADUCA DEL HISTOGRAMA																																		
HISTOGRAMA: CI= COLAZQUERDA CD= CENTRO CE= COLADERECHA																																		
CALCULO DEL "IRI"																																		
D > 40 mm	D < 40 mm																																	
IRI = 0.593 + 0.0471D	IRI = 0.0619D																																	
Indice de Serviciabilidad	Calidad																																	
5	Excelente																																	
4	Buena																																	
3	Buena																																	
2	Regular																																	
1	Mala																																	
0	Pesima																																	
1	0+000 a 0+400 Derecha	78.85	1.00	4.30	2.29	REGULAR																												
2	0+000 a 0+400 Izquierda	69.41	1.00	3.86	2.48	REGULAR																												
3	0+400 a 0+800 derecha	65.63	1.00	3.68	2.56	REGULAR																												
4	0+400 a 0+800 Izquierda.	69.17	1.00	3.85	2.48	REGULAR																												
5	0+800 a 0+1200 Derecha	65.56	1.00	3.68	2.56	REGULAR																												
6	0+800 a 0+1200 Izquierda.	77.34	1.00	4.24	2.31	REGULAR																												

4.2. Resultados de los niveles de severidad presente de la severidad (PCI) (Pavement Condition Index). del pavimento flexible.

UNIDAD DE MUESTRA	TRAMO	AREA	PCI	ESTADO
UM1	0+000 a 0+400Km	246 M2	43	Regular
UM2	0+000 a 0+400Km	246 M2	15	Muy Pobre
UM3	0+000 a 0+400Km	246 M2	55	Regular
UM4	0+000 a 0+400Km	246 M2	15	Muy Pobre
UM5	0+000 a 0+400Km	246 M2	46	Regular
UM6	0+400 a 0+800Km	246 M2	47	Regular
UM7	0+400 a 0+800Km	246 M2	50	Regular
UM8	0+400 a 0+800Km	246 M2	42	Regular
UM9	0+400 a 0+800Km	246 M2	37	Pobre
UM10	0+400 a 0+800Km	246 M2	41	Regular
UM11	0+800 a 0+1200Km	246 M2	12	Muy Pobre
UM12	0+800 a 0+1200Km	246 M2	28	Pobre
UM13	0+800 a 0+1200Km	246 M2	14	Muy Pobre
UM14	0+800 a 0+1200Km	246 M2	14	Muy Pobre
UM15	0+800 a 0+1200Km	246 M2	24	Muy Pobre



REGULAR	50%
MUY POBRE	10%
POBRE	40%

4.3. Índice de Rugosidad Internacional (IRI) del pavimento flexible de la avenida Guardia Civil en Iquitos 2021.

IRI Promedio	3.935	m/Km
---------------------	--------------	-------------

4.4. Índice de Rugosidad Internacional (IRI) e Índice de Serviabilidad Presente (PSI) máximos y mínimos.

IRI Max	IRI Min	PSI Max	Condición	PSI Min	Condición
4.30 m/Km	3.68 m/Km	2.56 m/Km	Regular	2.29 m/Km	Regular

4.5. Identificar de serviabilidad presente (PSI) del pavimento flexible.

PSI Promedio	2.45	Regular
---------------------	-------------	----------------

4.3. Zona de estudio Ubicación del proyecto.

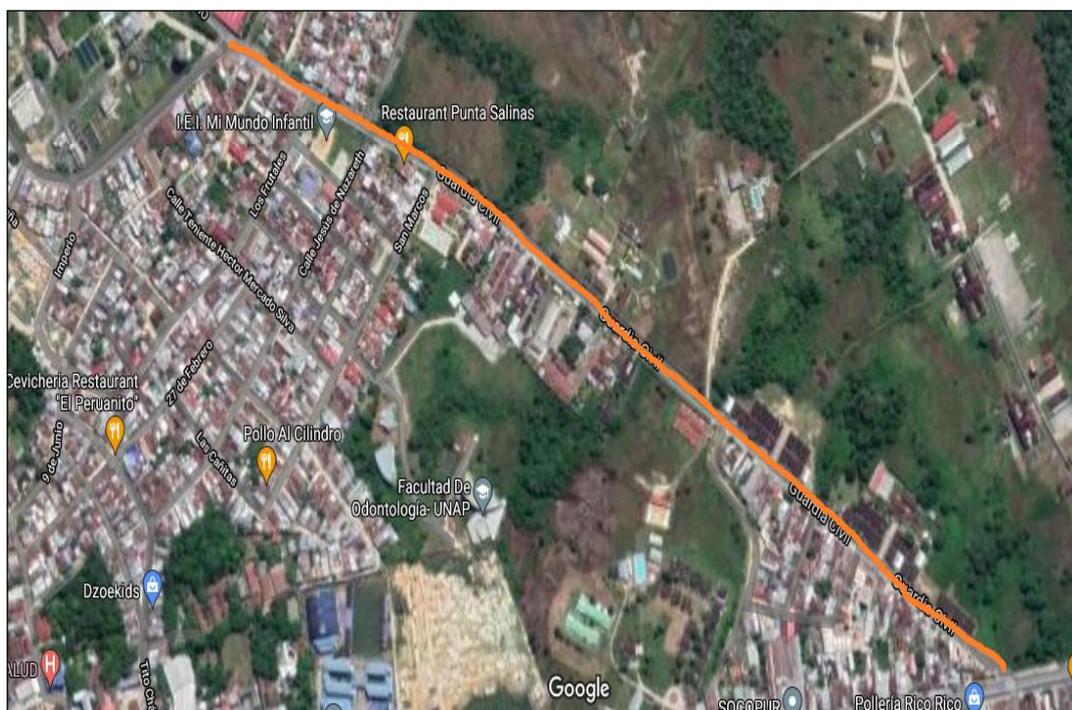


Figura 21. Av. Guardia Civil



Figura 22. 19 de julio / Av. Guardia Civil

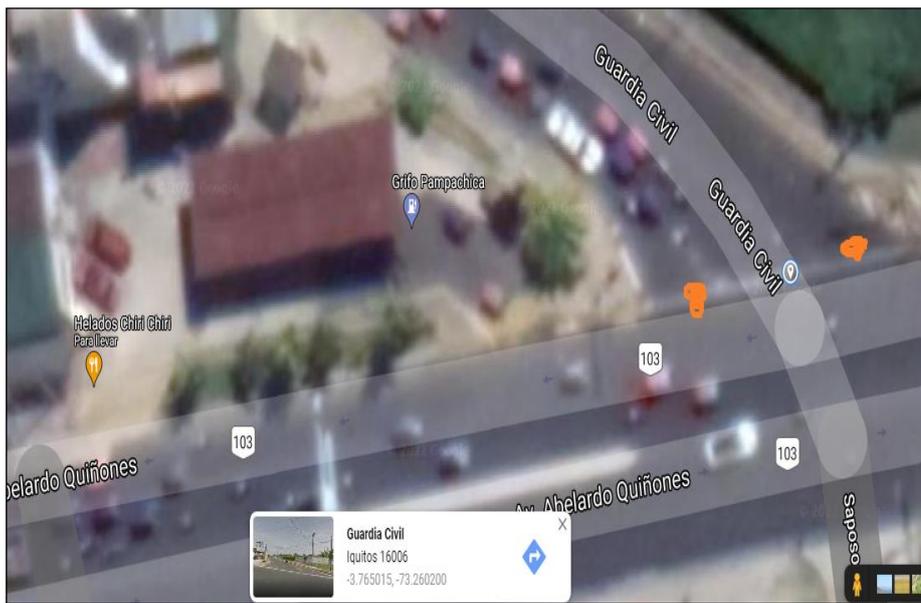


Figura 23. Av. Guardia Civil /Av. Quiñonez

5.0. Capítulo V. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Discusión

En la tesis de Arones y Canchanya, (2019), “Evaluación del pavimento flexible de la avenida la marina entre avenidas 28 de julio y los rosales en Punchana 2018”, se ha aplicado el rugosímetro MERLIN, del cual ha resultado con 3.76, esto es que, a nivel de rugosidad, el pavimento se califica como Malo. (Arones Tuesta & Canchaya Inga, 2019).

En base a los resultados el nivel de serviciabilidad del pavimento flexible en la Av. Guardia Civil, tiene un PSI promedio = 2.45 que de acuerdo a los rangos establecidos por la normatividad la vía en estudio se encuentra en un estado **REGULAR**. y un IRI promedio =3.935 m/km, que de acuerdo a los rangos establecidos por la normatividad la vía en estudio se encuentra en un estado **MALO**. Un nivel de severidad promedio (PCI) = 32.2 que de acuerdo a los rangos establecidos por la normatividad la vía en estudio se encuentra en un estado **POBRE**. En caso de la av. Guardia civil el tiempo de construcción tiene menos años de construcción que la av. La Marina.

5.2. Conclusiones

Mediante el uso de la metodología del rugosímetro de MERLIN, se puede calcular el índice de rugosidad internacional (IRI), por consiguiente, el índice de serviciabilidad presente (PSI), al aplicar este procedimiento a nuestras muestras de estudio del pavimento flexible de la Av. Guardia Civil, se obtuvo un resultado que determina que la vía en estudio tiene un nivel de servicio REGULAR, ya que tiene un Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) de 2.45 y un Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de 3.935 estado MALO. Y un nivel de severidad promedio (PCI) = 32.2 se encuentra en un estado POBRE

La Av. Guardia civil presenta tramos con un PSI de hasta 2.29 y con IRI de 4.30 m/km y que manifiesta una condición de deterioro y que según la clasificación normada tienen un nivel de servicio MALO, así mismo también se llega a tener PSI de 2.56 con IRI de 3.68, que según la clasificación tienen un nivel de servicio REGULAR.

Y correspondiente al El índice de condición de pavimentos (PCI), Se analizo 5 muestras de un área de 246 m² cada una, en la progresivas de 0+000- 0+400 metros que cuenta con un Índice de severidad Presente (PCI) de 43(Regular),15(Muy pobre),55(Regular),15(Muy pobre), 46(Regular), 5 muestras en las progresivas de 0+400- 0+800 metros que cuenta con un Índice de severidad Presente (PCI) de 47(Regular), 50(Regular), 42(Regular), 37(Pobre), 41(Regular). Y 5 unidades de muestras en las progresivas de 0+800- 1+200 metros, que cuenta con un con un Índice de severidad Presente (PCI) de 12(Muy pobre), 28(Pobre), 14(Muy pobre), 14(Muy pobre), 24(Muy pobre). Se identificó que los porcentajes de clasificación de severidad y el índice de condición de pavimento promedio que son los siguientes: Regular 50 %, Pobre 40%, Muy Pobre 10%. un PCI promedio de 32.2 Pobre.

El estado Regular es debido a que no cuenta con un mantenimiento respectivo. y el estado Pobre y Muy pobre es debido a que cuenta con tipos de fallas específicas, que tiene el pavimento de la Av. Guardia Civil, siendo preocupante debido a lo importante que es esta vía.

De la hipótesis El valor del índice de rugosidad internacional del pavimento de la avenida Guardia Civil en Iquitos 2021, es 3.935. corresponde a un nivel Malo.

5.3. Recomendaciones

Se recomienda generar un antecedente del estudio de la vía, la Av. Guardia Civil, correspondiente al análisis del valor del índice de rugosidad internacional del pavimento de la avenida Guardia Civil. de los niveles, de servicio, y serviciabilidad en los tramos que corresponde a la escala de valores de estado Regular es recomendable mantenimiento Preventivo- Correctivo. Y en la de Muy Pobre, Pobre y Malo, se recomienda la rehabilitación y reconstrucción.

Y correspondiente al análisis de niveles de condición del pavimento (PCI) de severidad que presenta el pavimento de la avenida Guardia Civil esto representa a los tramos del pavimento se han deteriorado, en esta investigación se ha encontrado diferentes tipos de fallas como; fisuras de piel de cocodrilo, exudación, fisuras en bloques, baches, parches, ahuellamiento abultamiento. Los procedimientos que se tiene como alternativas para el mantenimiento y reparación son; reparación en espesor total, aplicar arena caliente, sellados de fisuras, parchado profundos, capas nivelantes, fresados en frío, remoción y remplazo. Y los procedimientos preventivos sellados de fisuras, sellos de capa. Impermeabilización de la berma.

6.0. Referencias Bibliográficas.

1. Plan de Desarrollo Urbano Sostenible de Iquitos 2011-2021. **Corporación Andina de Fomento**. IQUITOS : MPM, 2011.
2. **Laura Hirpahuanca, D.** Determinación y comparación de la regularidad superficial del pavimento de la carretera Cusco-Urcos usando teléfonos inteligentes y rugosímetro de MERLIN 2016. CUZCO : Universidad Andina del Cusco, 2016. Pag.38-45.
3. **Páez, D.** Pavimento. Lima : <http://www.academia.edu/8887710/PAVIMENTO>, 2018. Pag 1-13.
4. Pequeño Otoya, D. A. Comparación de costos y tecnología de mantenimiento utilizando Slurry Seal y mantenimiento convencional en un pavimento flexibl. Cajamarca : Universidad Privada del Norte, 2015. Pag -27.
5. Romero Rojas, G. E. Estudio del Ahuellamiento en la carretera IIRSA Norte, tramo 6, Sector Óvalo Cáceres. Piura : Universidad de Piura, 2006. Pág. 34-37.
6. **Arias Moreno, P. E. & Valdiviezo Peralta, V. M.** Estudio de Impacto vial para escuelas en zonas urbanas de Lima Metropolitana. LIMA : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2014. Pag.45-65.
7. **Camposano J & García, K.** Diagnóstico del estado situacional de la vía: Av. Argentina Av. 24 de junio por el método: índice de condición de pavimentos. Huancayo : Universidad Peruana de los Andes, 2012. Pag.106.
8. **Cárdenas, R. J.** Determinación y Evaluación de las Patologías del Pavimento Flexible, para Obtener el Índice de Integridad Estructural del Pavimento Flexible y Condición Operacional de la Superficie de Rodadura de la Avenida Carlos La Torre Cortéz. Ayacucho : <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/1289>, 2016. Pag.124-125.
9. Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. **Comunicaciones, M. D.** LIMA : MTC., 2008.
10. **Del Águila Rodríguez, P.** Metodología para la determinación de rugosidad de los Pavimentos. Lima : Camineros SAC, 1999. Pag.4-22.
11. Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras. **Dirección de Caminos y Ferrocarriles .** Lima : Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016. Pag. 378- 383.
12. **Evaluación y planteamiento de optimización de la capacidad vial, congestión vehicular y análisis del flujo vehicular en las**

- principales intersecciones semaforizadas del centro histórico del distrito de Santiago y avenidas aledañas al mercado San Pedro.** Molina Navarrete, N. Cuzco : Universidad Andina del Cusco, 2014. Pag.97.
13. **Hernández Sampieri, R. Fernández Collado, C & B.** Metodología de la Investigación. Mexico : 5° ed. México: McGraw Hill, 2010. Pag.24- 47.
 14. **Kerlinger, F.** Investigación del comportamiento. California : 4° ed. Howard B.LEG-California state university. McGraw Hill, 2002. Pag.36-54.
 15. **Landeau, R.** Elaboración de trabajos de investigación. Caracas : Editorial Alfa Venezuela, 2007. Pag.99- 124.
 16. **Miranda Rebolledo, R. J.** Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos. Valdivia : UACH, 2010. Pag 75.
 17. **Montejo Fonseca, A.** Ingeniería de Pavimentos para carreteras. Bogota : Tercera edición, 2006. Pag.129.
 18. Instrumentos electrónicos para la estimación del índice de rugosidad internacional (IRI). **Revista de la facultad de Ingeniería.** LIMA : UCV, 2012, Vol. N° 27. Pag.49- 55.
 19. **Arthur, Almanza Mendoza Diego.** Evaluación del modelo “QUARTER CAR” para la estimación del índice de rugosidad internacional (IRI) del tramo Huancavelica - Santa Inés. Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2014. Pag. 121-124.
 20. **Lluncor Gallo Robert y Salcedo Barrios Richard.** Propuesta de gestión para mantener la rugosidad dentro de los niveles de servicio de contrato de concesión. Lima : Universidad de Ricardo Palma, 2015. Pag-172.
 21. **Carlos, Jimmy Henry Carhuapoma.** Evaluación del nivel de servicio mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) utilizando el rugosímetro MERLIN en el pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco. Cerro de Pasco : Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2019. Pag. 159-160.
 22. **Arones Tuesta, Manuel y Canchaya Inga ,Paulo.** Evaluación del pavimento flexible de la avenida la marina entre avenidas 28 de julio y los rosales en Punchana 2018. Iquitos : Universidad Científica del Perú, 2019. Pag. 178-179.
 22. **LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA. Manual de condicion de pavimentos,** PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y DE CONCRETO EN CARRETERAS,2002. Pag. 02-45.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia.

TÍTULO: MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL CON PERFILÓMETRO ESTÁTICO MERLIN Y NIVEL DE SEVERIDAD EN AVENIDA GUARDIA CIVIL IQUITOS 2021

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problema general.</p> <p>¿Cuál es el nivel de servicio mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) utilizando el rugosímetro MERLIN en el pavimento flexible y severidad en la Avenida Guardia Civil en Iquitos 2021?</p>	<p>Objetivo general.</p> <p>Determinar el nivel de servicio mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) utilizando el rugosímetro MERLIN en el pavimento flexible y severidad de la Avenida Guardia Civil en Iquitos 2021</p>	<p>HI: El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) utilizando el rugosímetro MERLIN en el pavimento flexible y severidad de la Avenida Guardia Civil en Iquitos 2021. Es malo.</p> <p>HO: El nivel de servicio mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) utilizando el rugosímetro MERLIN en el pavimento flexible y severidad de la Avenida Guardia Civil en Iquitos 2021. No es malo.</p>	<p>LA VARIABLE INDEPENDIENTE (X):</p> <p>Índice de rugosidad internacional ((Método MERLIN)</p> <p>LA VARIABLE DEPENDIENTE (Y):</p> <p>Niveles de severidad</p>	<p>El tipo de investigación es racional.</p> <p>El método de investigación es descriptivo</p> <p>El diseño de investigación es No experimental</p>

Problemas específicos	Objetivos específicos
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) del pavimento flexible de la avenida Guardia Civil en Iquitos? • ¿Cuál es el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) máximo y mínimo del pavimento flexible de la avenida Guardia Civil en Iquitos? • ¿Cuál es el Índice de serviciabilidad presente (PSI) del pavimento flexible de la avenida Guardia Civil en Iquitos? • ¿Cuáles son los niveles de severidad presente (PCI) del pavimento flexible de la avenida Guardia Civil en Iquitos? 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar Índice de Rugosidad Internacional (IRI) del pavimento flexible de la avenida Guardia Civil en Iquitos 2021. • Identificar Índice de Rugosidad Internacional (IRI) máximo y mínimo del pavimento flexible de la avenida Guardia Civil en Iquitos 2021. • Identificar de serviciabilidad presente (PSI) del pavimento flexible de la avenida Guardia Civil en Iquitos 2021. • Determinar los niveles de severidad presente (PCI) del pavimento flexible de la avenida Guardia Civil en Iquitos 2021.

Anexo 2.

PANEL FOTOGRÁFICO LAS PROGRESIVAS 0+000 A 1+200 DE LADO DERECHO Y DEL IZQUIERDO.











