

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

**DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
CIVIL**

**“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y PROPUESTA DE REHABILITACIÓN DEL
PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA QUIROGA-LAGUNA DE CUICOCHA”**

AUTORA

KARINA ELIZABETH ANDRADE ALBUJA

DIRECTOR

ING. GUSTAVO YÁNEZ CAJAS

QUITO, JUNIO 2022

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo evaluar el deterioro y el comportamiento funcional de 10 kilómetros de pavimento flexible constituido en la vía Laguna de Cuicocha – Parroquia Quiroga, ubicada en el cantón Cotacachi, provincia de Imbabura, con el fin de proponer actividades adecuadas y oportunas de mantenimiento vial, teniendo en cuenta los resultados encontrados en la inspección visual y basándose en informes realizados por el Gobierno Provincial de Imbabura.

De esta forma se podrá brindar al pavimento una extensión en su vida útil, y proveer a los usuarios seguridad y comodidad ante la circulación de la vía.

Se realizó una descripción completa de las características principales que posee la vía en estudio, tanto los antecedentes de la misma como todos los aspectos generales teóricos relacionados a la evaluación y conceptualización de un pavimento flexible.

Dentro de los trabajos realizados en campo se realizó la identificación de 19 fallas que se encuentran definidas en la metodología PCI y la medición de las mismas, así como el registro fotográfico de evidencias de los niveles de severidad que presentan las fallas encontradas a lo largo de la vía. Con los datos obtenidos se logró definir la condición que presenta el pavimento mediante el método conocido del PCI.

Los resultados permiten observar los daños presentes en el pavimento, encontrándose con un 73% de calificación Malo/Muy malo/Fallado, con lo cual se determina que requiere reparaciones y mantenimientos de tipo mayor, como la remoción por fresado y conformación de una nueva capa de carpeta asfáltica.

Palabras clave:

Pavimento Flexible, Índice de Condición del Pavimento (PCI), Fallas, Carpeta Asfáltica, Inspección Visual, Evaluación Funcional, Mantenimiento.

ABSTRACT

The main objective of this work is to evaluate the deterioration and functional behavior of 10 kilometers of flexible pavement constituted in the Laguna de Cuicocha - Parroquia Quiroga road, located in Cotacachi city, province of Imbabura, in order to propose adequate activities and road maintenance, taking into account the results found in the visual inspection and based on reports made by the Provincial Government of Imbabura.

In this way, it will be possible to provide the pavement with an extension in its useful life, and provide users with safety and comfort when traveling on the road.

A complete description of the main characteristics of the road under study was made, both its background and all the general theoretical aspects related to the evaluation and conceptualization of a flexible pavement.

Within the work carried out in the field, the identification of 19 distresses that are defined in the PCI methodology and their measurement was carried out, as well as the photographic record of evidence of the levels of severity that the distresses found throughout. route. With the data obtained, it was possible to define the condition of the pavement through the known PCI method.

The results allow us to observe the damage present in the pavement, finding a 73% Bad/Very bad/Failed rating, which determines that it requires major repairs and maintenance, such as road milling and shaping of a new asphalt concrete layer.

Keywords:

Flexible Pavement, Pavement Condition Index (PCI), Distresses, Asphalt Concrete Layer, Visual Inspection, Functional Evaluation, Maintenance.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	II
ABSTRACT.....	III
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. JUSTIFICACIÓN.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	2
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	2
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.4. ALCANCE	3
1.5. HIPÓTESIS	3
CAPÍTULO 2.....	4
2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	4
2.1. ANTECEDENTES.....	4
2.2. CARACTERÍSTICAS Y UBICACIÓN DE LA VÍA.....	4
2.2.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS	6
2.3. MARCO TEÓRICO	10
2.3.1. DESCRIPCIÓN DE NORMATIVA VIGENTE Y METODOLOGÍA.....	10
2.4. MARCO CONCEPTUAL.....	10
2.4.1. VÍAS	10
2.4.2. CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS EN ECUADOR	11
2.4.3. PARTES DE UNA VÍA.....	18
2.4.4. PAVIMENTOS.....	21
2.4.5. FACTORES QUE AFECTAN EL DISEÑO, LA CONSTRUCCIÓN Y EL COMPORTAMIENTO DE LOS PAVIMENTOS.....	25
CAPÍTULO 3.....	31
3. EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN SERVICIO.....	31
3.1. COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	32
3.2. COMPORTAMIENTO FUNCIONAL EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS.....	32
3.3. SISTEMA PAVER PARA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS MEDIANTE INSPECCIÓN VISUAL.....	33
3.3.1. ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI).....	34
CAPÍTULO 4.....	65
4. MANTENIMIENTO VIAL.....	65

4.1.	CONSERVACIÓN O MANTENIMIENTO VIAL	65
4.2.	NIVELES DE INTERVENCIÓN	65
4.2.1.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO O RUTINARIO.....	66
4.2.2.	MANTENIMIENTO CORRECTIVO O PERIÓDICO.....	66
4.2.3.	REHABILITACIÓN.....	66
4.3.	COMPORTAMIENTO DE UN PAVIMENTO ANTE EL DETERIORO	67
CAPÍTULO 5.....		69
5.	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	69
5.1.	DESCRIPCIÓN DE LA VÍA EN ESTUDIO	69
5.1.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO.....	69
5.1.2.	ESTADO ACTUAL DE LA VÍA.....	69
5.2.	PROCEDIMIENTO	71
5.2.1.	MUESTREO	71
5.2.2.	EQUIPO Y PROCESAMIENTO DE MEDICIÓN DE FALLAS.....	73
5.2.3.	DETERMINACIÓN DEL PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTRA	76
5.2.4.	DETERMINACIÓN DEL PCI DE LA SECCIÓN DE PAVIMENTO.....	80
CAPÍTULO 6.....		81
6.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	81
CAPÍTULO 7.....		88
7.	PROPUESTA DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA LAGUNA DE CUICOCHA – PARROQUIA QUIROGA.....	88
CAPÍTULO 8.....		91
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
8.1.	CONCLUSIONES	91
8.2.	RECOMENDACIONES	94
9.	BIBLIOGRAFÍA	95
10.	ANEXOS	98
	ANEXO A: CURVAS DE VALORES DEDUCIDOS PARA PAVIMENTO FLEXIBLE	98
	ANEXO B: CURVAS DE VALORES DEDUCIDOS CORREGIDOS	117
	ANEXO C: DISTANCIAS A RECORRER POR CADA UNIDAD DE MUESTRA (ABSCISADO).....	118
	ANEXO D: EVALUACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTRA DE LA VÍA LAGUNA DE CUICOCHA – PARROQUIA QUIROGA	125
	ANEXO E: REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LAS FALLAS PREDOMINANTES	183

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Ubicación de la vía Quiroga - Laguna de Cuicocha	5
Ilustración 2: Estaciones automáticas cercanas a la vía en estudio	6
Ilustración 3: Ubicación y distancias de las estaciones automáticas a la vía en estudio	7
Ilustración 4: Precipitaciones medias para cada estación	9
Ilustración 5: Tipos de terrenos.....	16
Ilustración 6: Sección transversal típica mixta, pavimentada en recta	19
Ilustración 7: Porcentajes relativos de las fallas encontradas en la vía Laguna de Cuicocha - Parroquia Quiroga.....	83
Ilustración 8: Estado de las unidades de muestra en base a su calificación de PCI.....	86
Ilustración 9: Valores deducidos para Agrietamiento por fatiga	98
Ilustración 10: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal	99
Ilustración 11: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal	100
Ilustración 12: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal	101
Ilustración 13: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal	102
Ilustración 14: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal	103
Ilustración 15: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal	104
Ilustración 16: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal	105
Ilustración 17: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal	106
Ilustración 18: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal	107
Ilustración 19: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal	108
Ilustración 20: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal	109
Ilustración 21: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal	110
Ilustración 22: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal	111
Ilustración 23: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal	112
Ilustración 24: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal	113
Ilustración 25: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal	114
Ilustración 26: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal	115
Ilustración 27: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal	116
Ilustración 28: Valores deducidos corregidos.....	117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ubicación geográfica de la vía	5
Tabla 2: Características generales de la vía	6
Tabla 3: Estaciones automáticas meteorológicas utilizadas	8
Tabla 4: Precipitaciones medias en cada estación (mm)	8
Tabla 5: Temperaturas absolutas en cada estación (°C)	9
Tabla 6: Clasificación funcional de las vías en base al TPDA	17
Tabla 7: Relación Función, Tipo y Tráfico.....	18
Tabla 8: Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para subbase	23
Tabla 9: Recomendaciones para uso de material de base	24
Tabla 10: Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para bases 24	24
Tabla 11: Rango de calificaciones del PCI	35
Tabla 12: Longitudes de unidades de muestra	36
Tabla 13: Falla de agrietamiento por fatiga	40
Tabla 14: Falla de agrietamiento longitudinal y transversal	42
Tabla 15: Falla de agrietamiento en bloque	43
Tabla 16: Falla de agrietamiento de bordes	44
Tabla 17: Falla de agrietamiento por reflexión en juntas	46
Tabla 18: Falla de agrietamiento parabólico.....	47
Tabla 19: Falla de desniveles localizados (Abultamientos y hundimientos).....	48
Tabla 20: Falla de corrugación	49
Tabla 21: Falla de hinchamiento.....	51
Tabla 22: Falla de depresión	52
Tabla 23: Falla de ahuellamiento.....	53
Tabla 24: Falla de desplazamiento.....	54
Tabla 25: Falla de baches.....	56
Tabla 26: Falla de parches y acometidas de servicios públicos.....	57
Tabla 27: Falla de peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados.....	59
Tabla 28: Falla de pulimento de agregados	60
Tabla 29: Falla de exudación	61
Tabla 30: Falla de escalonamiento entre calzada y berma.....	63
Tabla 31: Falla de cruce de línea férrea	64
Tabla 32: Correlación de tipo de mantenimiento con rangos de PCI	67
Tabla 33: Anchos de calzada medidos en campo	70
Tabla 34: Ensayos DCP – Espesores de carpeta asfáltica – Vía Cuicocha-Quiroga	71
Tabla 35: Formato de hoja de registro en pavimento flexibles – Método PCI.....	74
Tabla 36: Formato para iteraciones del cálculo del “VDC”	79
Tabla 37: Listado de los tipos de fallas.....	81
Tabla 38: Totalidad de valores deducidos según el tipo de falla	82
Tabla 39: Valores de PCI y clasificación de cada unidad de muestra – Sección 1.....	85
Tabla 40: Valores de PCI y clasificación de cada unidad de muestra – Sección 2.....	85
Tabla 41: Abscisado de unidades de muestra - Sección 1	118
Tabla 42: Abscisado de unidades de muestra - Sección 2	123

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El primer capítulo muestra una breve introducción acerca del estudio que se ha realizado en el presente trabajo. Este capítulo cuenta con varios objetivos que se han planteado en la disertación, así como sus distintas razones que justifican dicha investigación, el planteamiento específico del problema, el alcance e hipótesis.

1.1. JUSTIFICACIÓN

La vía que une la parroquia Quiroga con la Laguna de Cuicocha, en el cantón Cotacachi, provincia de Imbabura, es una de las vías más concurrentes del turismo en el país. Con el paso del tiempo ha cobrado mayor jerarquía debido al incremento de turistas que visitan a diario la mencionada laguna, perteneciente a la Reserva Ecológica Cotacachi - Cayapas.

Otra razón que también sobresale en dicho estudio, es el tráfico de vehículos pesados, debido a la actividad minera de materiales áridos que se encuentran a lo largo de la vía en estudio.

Tanto el nivel de servicio como la seguridad vial se deben garantizar a los usuarios que la frecuentan, lo cual actualmente no se encuentra implementado, por ello el deterioro de la vía se lo confirma a simple vista, presentando fallas en la carpeta asfáltica de rodadura. Estas fallas generan incomodidad e inseguridad al momento de transitar por dicha vía.

Por estas razones es de suma importancia la realización de dicha disertación, para poder estudiar e identificar las condiciones funcionales en las que se encuentra la carretera, las mismas que han causado molestias a todos sus usuarios y el funcionamiento ineficiente de la misma a lo largo de los años.

En base al estudio realizado, se desea identificar la mejor propuesta de mantenimiento vial del pavimento flexible, que sobresalga ante las fallas encontradas en el pavimento actual.

Finalmente, también se busca evitar el rediseño total del pavimento y a la vez brindar ayuda a las autoridades que se encuentran a cargo de dicha vía, quienes podrían tomar la decisión de implementar el mantenimiento adecuado de la misma dentro de un proyecto vial.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los aspectos más importantes dentro de este estudio, es la identificación de las distintas fallas presentes a lo largo de los 10 Km de vía de pavimento flexible; y una vez estos daños sean caracterizados, se pretende establecer como un plan de mantenimiento, la solución técnica más óptima para la vía, la misma que servirá de apoyo, en cuanto a calidad de circulación se trata, para las distintas entidades de la provincia de Imbabura.

Un aspecto que se considera y complementa a dicho análisis, es la recopilación de información de los espesores de la capa asfáltica del pavimento existente.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar la evaluación del pavimento existente, aplicando la metodología del Índice de Condición de Pavimento (PCI) y determinar el mantenimiento vial más óptimo para el pavimento flexible de la vía Laguna de Cuicocha – Parroquia Quiroga.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar los tipos de fallas actuales presentes y establecer el Índice de Condición del Pavimento (PCI), y a la vez identificar las causas del deterioro de la vía mediante información recopilada de criterios técnicos basados en la teoría.
- Analizar el estado y diseño actual del pavimento flexible de investigaciones e informes recientes.
- Determinar el tipo de mantenimiento más óptimo para la vía.

1.4. ALCANCE

La presente disertación se basa en un ámbito investigativo y de campo, donde se realiza una recopilación completa de información de la cual se pueda extraer la teoría de cómo realizar una correcta evaluación de pavimentos flexibles.

Mediante un recorrido total de la vía, ésta será dividida en tramos determinados para facilitar la evidencia de fallas existentes en las misma. Con esta información obtenida se estudiará el comportamiento funcional del pavimento flexible de la vía Laguna de Cuicocha – Parroquia Quiroga en el cantón Cotacachi, Provincia de Imbabura. Finalmente, se analizará el estado de la vía y con dichos resultados se dará una propuesta de mantenimiento para la superficie del pavimento flexible.

1.5. HIPÓTESIS

Mediante observaciones superficiales sobre el pavimento de la vía, además de obtener su PCI, en la presente disertación, se obtendrá un plan de mantenimiento fiable, garantizando de esta manera seguridad y confort a los usuarios al momento de transitar la vía. Dicha disertación será válida para intervenciones a futuro por parte del Gobierno Provincial de Imbabura, entidad a la que se encuentra a cargo la vía en estudio.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1. ANTECEDENTES

La infraestructura vial tiene un objetivo importante y es el de cumplir sus condiciones tanto estructurales como funcionales para la que la misma fue diseñada y construida, y posteriormente adquiera su mantenimiento.

Se puede evidenciar que en la vía Laguna de Cuicocha – Parroquia Quiroga se han producido varios tipos de fallas, mismos que han sido causados principalmente por la falta de un mantenimiento vial oportuno y adecuado. Además, tanto el flujo vehicular y los escenarios climáticos, son otros factores que influyen dentro del deterioro de un pavimento.

2.2. CARACTERÍSTICAS Y UBICACIÓN DE LA VÍA

El tramo en estudio de la vía Laguna de Cuicocha – Parroquia Quiroga cuenta con aproximadamente 10,0 km de longitud; inicia en la entrada a la Laguna de Cuicocha que pertenece a la Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapas, y finaliza en el parque central de la Parroquia Quiroga.

Según los criterios y normativas del MTOP, la vía es actualmente un camino tipo IV por las condiciones presentes. Para facilitar la obtención de información necesaria, se consideran tres puntos referenciales, los mismos que crean dos tramos; como se muestra a continuación.

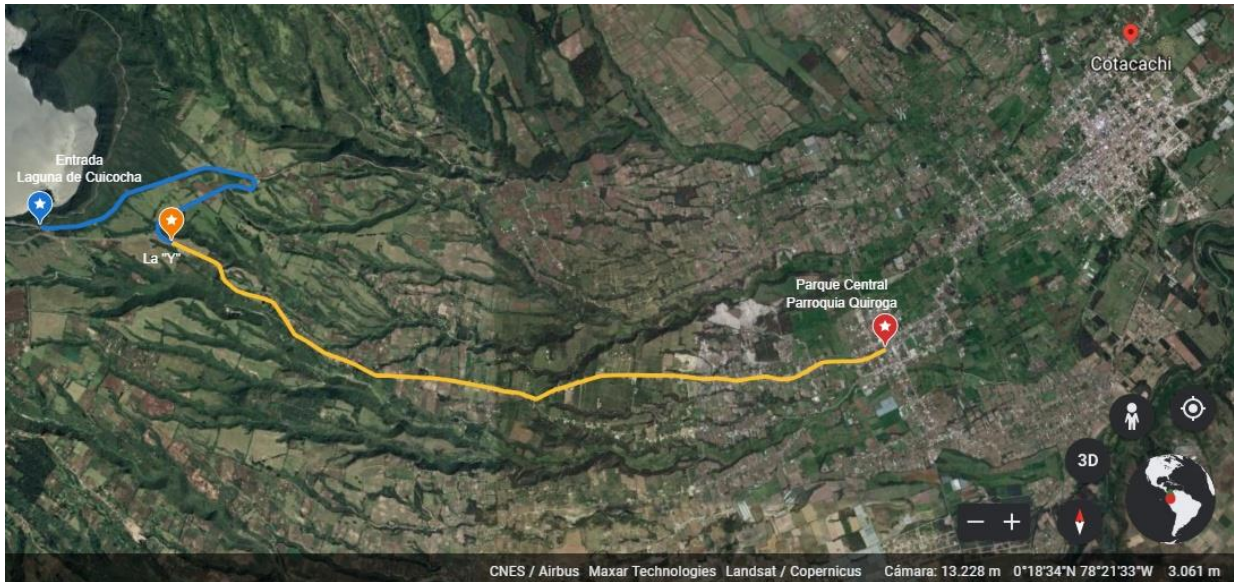


Ilustración 1: Ubicación de la vía Quiroga - Laguna de Cuicocha

Fuente: Google Earth (s.f.)

Se muestran los dos tramos de la vía en estudio. El primer tramo (color azul) comienza en La “Y” y termina en la entrada a la Laguna de Cuicocha, con 3,50 Km de longitud aproximadamente. El segundo tramo (color amarillo) que inicia, como punto referencial, en el parque central de la parroquia Quiroga y termina en la intersección La “Y”, con una longitud aproximada de 7,00 Km.

Tabla 1: Ubicación geográfica de la vía

PUNTO	DESCRIPCIÓN	ABSCISA	COORDENADAS		ELEVACIÓN (m.s.n.m)
			LATITUD	LONGITUD	
1	Entrada Laguna de Cuicocha	0+000	32362,98 N	794827,65 O	3065,07
2	La "Y"	3+500	32218,50 N	795848,46 O	2963,80
3	Parque central - Parroquia Quiroga	10+500	31265,14 N	802214,05 O	2509,70

Fuente: Google Earth (s.f.)

Elaboración propia

Tabla 2: Características generales de la vía

TRAMO	LONGITUD (Km)	ANCHO PROMEDIO CALZADA (m)	TIPO DE CALZADA	SISTEMA DE DRENAJE (%)	SEÑALIZACIÓN (%)
1	3,50	Variable entre 9,50 y 11,0 m	Carpeta asfáltica	99% de los 3,50 Km	0% horizontal y vertical
2	7,00	Variable entre 10,0 y 10,80 m	Carpeta asfáltica	90% de los 7,0 Km	0% horizontal y vertical

Elaboración propia

2.2.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS

Para determinar la influencia de las condiciones tanto meteorológicas como climáticas en la zona, es necesario conocer la información del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y de esta manera de las estaciones meteorológicas alrededor de la vía en estudio, que proporcionen datos de precipitaciones y temperaturas, y así lograr obtener valores promedios anuales.

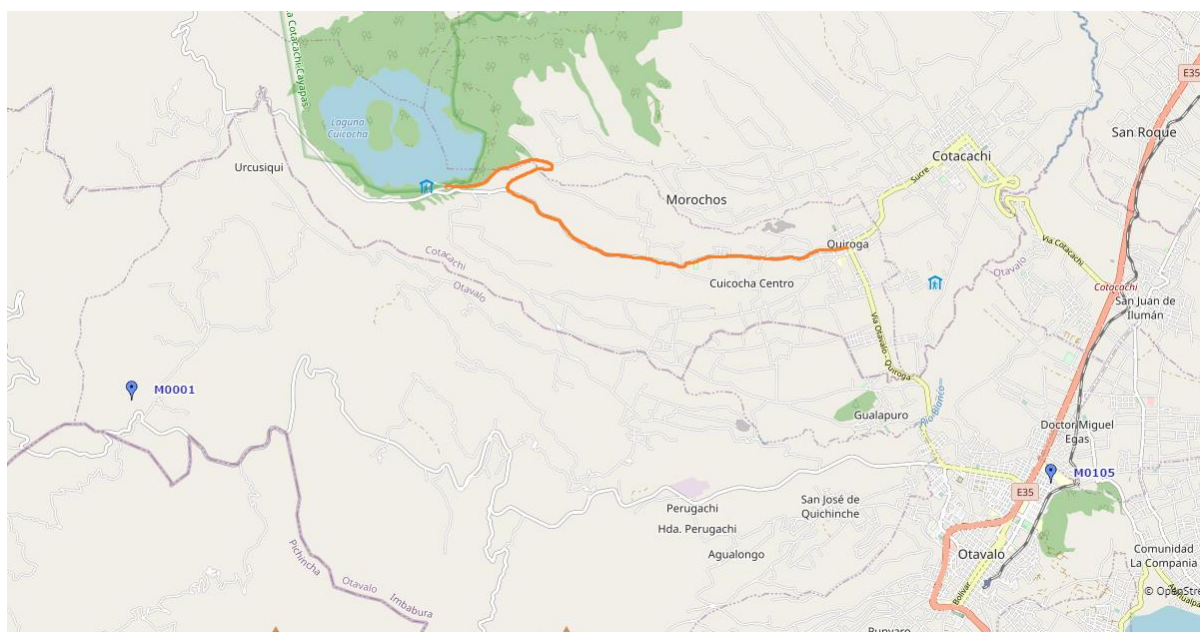


Ilustración 2: Estaciones automáticas cercanas a la vía en estudio

Fuente: Google Earth (s.f.)

La imagen es recuperada de la Red de Estaciones Automáticas Hidrometeorológicas del INAMHI. Se muestra también la ubicación de la vía en estudio.

Son dos las estaciones meteorológicas escogidas, la primera ubicada en el sector Inguincho (M0001) se encuentra aproximadamente a 7 Km en línea recta hacia el inicio de la vía (Punto 1 de la Tabla 1). Por otra parte, la segunda estación meteorológica, ubicada en la ciudad de Otavalo (M0105) dista 5 Km aproximadamente hacia el final de la vía (Punto 3 de la Tabla 1). Tomando en cuenta las distancias mencionadas, se comprueba que los valores por arrojar de ambas estaciones son de gran apoyo para caracterizar la influencia climática sobre la vía en estudio.

Las distancias mencionadas anteriormente son aproximadas y en línea recta.

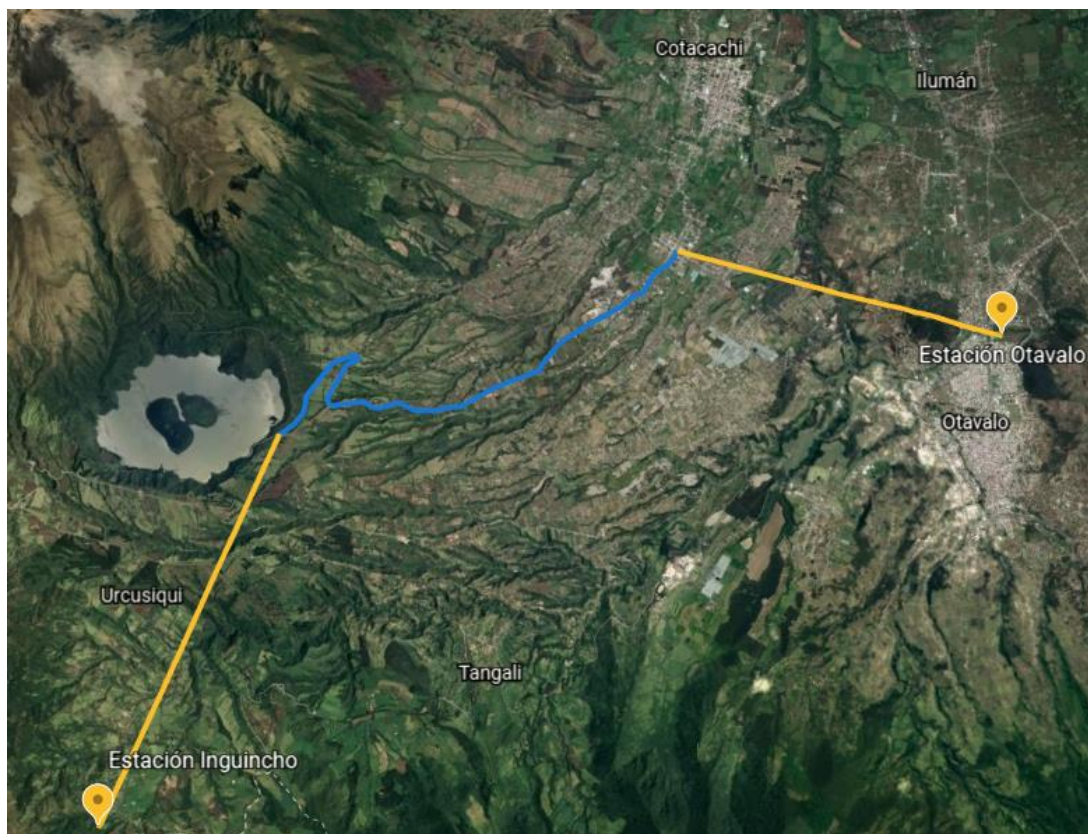


Ilustración 3: Ubicación y distancias de las estaciones automáticas a la vía en estudio

Fuente: Google Earth (s.f.)

Tabla 3: Estaciones automáticas meteorológicas utilizadas

NOMBRE ESTACIÓN	CÓDIGO ESTACIÓN INAMHI	PERIODO DE ANÁLISIS DE DATOS	UBICACIÓN		ELEVACIÓN (m.s.n.m)
			LATITUD	LONGITUD	
Inguincho	M0001	1990-2012	28490,83 N	788520,90 O	3140,00
Otavallo	M0105	1990-2012	26926,83 N	806121,75 O	2550,00

Fuente: INAMHI. *Red de Estaciones Automáticas Hidrometeorológicas* (s.f.).

Elaboración propia

A partir de la información disponible en la página web del INAMHI, se obtuvo un valor promedio de precipitación y temperatura, para cada mes dentro del periodo de análisis, para cada una de las estaciones tomadas en cuenta.

Tabla 4: Precipitaciones medias en cada estación (mm)

MES	Precipitaciones (mm) por Estación	
	M0001 INGUINCHO	M0105 OTAVALO
ENERO	127,4	72,0
FEBRERO	117,3	82,4
MARZO	160,3	114,2
ABRIL	182,7	129,8
MAYO	129,6	95,2
JUNIO	49,8	39,0
JULIO	21,8	19,9
AGOSTO	21,3	16,8
SEPTIEMBRE	56,7	44,2
OCTUBRE	99,0	84,0
NOVIEMBRE	134,8	96,0
DICIEMBRE	125,2	84,4
TOTAL	1225,7	878,1

Fuente: INAMHI. *Red de Estaciones Automáticas Hidrometeorológicas* (s.f.).

Elaboración propia

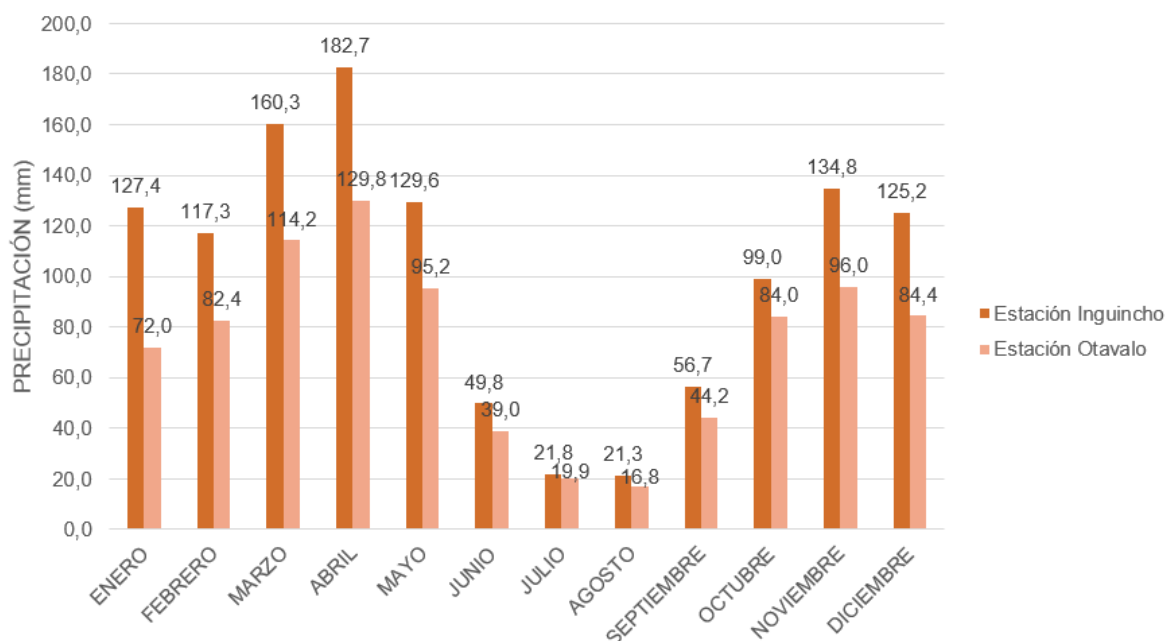


Ilustración 4: Precipitaciones medias para cada estación

Fuente: INAMHI. *Red de Estaciones Automáticas Hidrometeorológicas* (s.f.).

Elaboración propia

Tabla 5: Temperaturas absolutas en cada estación (°C)

ESTACIÓN	PERIODO DE ANÁLISIS DE DATOS	TEMPERATURA MÁXIMA ABSOLUTA (°C)	TEMPERATURA MÍNIMA ABSOLUTA (°C)
Inguincho	1990 - 2013	20,5	0,0
Otavalo	1990 - 2013	31,0	0,0

Fuente: INAMHI. *Red de Estaciones Automáticas Hidrometeorológicas* (s.f.).

Elaboración propia

Para caracterizar los resultados, vale recalcar que los resultados mostrados de cada estación son muy similares entre ellos, para el caso de las precipitaciones. En el caso de las temperaturas absolutas muestran variación debido a la elevación de cada estación.

Por otra parte, el clima es variado desde cálido a templado. La precipitación en la zona de estudio es significativa, con precipitaciones incluso durante los meses más cálidos. La precipitación media anual va entre 878 mm y 1225 mm, con mayor precipitación los meses de octubre a mayo.

2.3. MARCO TEÓRICO

2.3.1. DESCRIPCIÓN DE NORMATIVA VIGENTE Y METODOLOGÍA

Para lograr realizar la evaluación de la vía y posteriormente generar una propuesta de mantenimiento vial, la cual permita efectuar un plan que mejore la situación actual del pavimento, se tomará como referencia investigaciones y normativas técnicas estipuladas por la AASHTO, ASTM International y la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12, normativa vigente y actualizada por parte del Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

2.4. MARCO CONCEPTUAL

2.4.1. VÍAS

Las vías se dominan como infraestructuras viales que mantienen sus características tanto de diseño estructural como geométrico, descritas en las Normas Generales de Diseño emitidas por el ministerio al que corresponda (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2018).

Conocidas también como fajas de terreno que brindan un flujo de tránsito continuo, bajo estándares adecuados de comodidad y seguridad para el usuario. Por ende, el diseño geométrico de la vía es de suma importancia, ya que permite que la misma adquiera características económicas, estéticas con el entorno, de seguridad y funcionalidad (Cárdenas Grisales, 2013).

Para que la vía mantenga sus características óptimas, es necesario tomar en cuenta que el progreso del tráfico debe ser idealizado para su futuro, así como los requerimientos y normas que satisfagan a su desarrollo global.

2.4.2. CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS EN ECUADOR

2.4.2.1. SEGÚN SU DISEÑO

a. *Autopistas.*

“De alta capacidad, planificadas, construidas y señalizadas, con características geométricas y estructurales propias (...). Entre estas características están: restricción de accesos, intersecciones controladas, mínimo dos carriles para cada sentido de circulación separadas entre sí, con un TPDA desde 8.000 vehículos (...)” (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2018, pág. 2).

b. *Autovías.*

“Sin reunir todos los requisitos de las autopistas, tienen calzadas separadas para cada sentido de circulación y limitación de accesos a las propiedades colindantes” (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2018, pág. 2).

c. *Vías rápidas.*

“De una sola calzada con dos carriles de circulación y con limitación total de acceso a las propiedades colindantes” (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2018, pág. 2).

d. *Carreteras.*

“Responden a características de diseño geométrico y de tipo estructural establecidas en las Normas Generales de Diseño emitidas por el ministerio rector, sin llegar a reunir las características especiales de las autopistas, autovías y vías rápidas” (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2018, pág. 2).

e. *Caminos vecinales.*

“Sirven para comunicar preferentemente áreas rurales internas (caseríos, recintos), sin llegar a reunir las características de carreteras; y tienen características geométricas y

estructurales determinadas en las Normas Técnicas emitidas por el ministerio rector” (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2018, pág. 2).

f. *Urbanas.*

“Conjunto de vías que conforman la zona urbana del cantón, la cabecera parroquial rural y aquellas vías que, de conformidad con cada planificación municipal, estén ubicadas en zonas de expansión urbana” (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2018, pág. 2).

2.4.2.2. SEGÚN SU FUNCIONALIDAD

a. *Vías nacionales.*

“Conjunto total de las carreteras y caminos existentes en el territorio ecuatoriano” (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2018, pág. 2).

b. *Vías locales.*

“Caminos diseñados exclusivamente para conectar los distintos centros poblados o de actividad económica con las vías colectoras o secundarias” (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2018, pág. 2).

c. *Vías de servidumbre.*

“Se establecerán por excepción las vías por servidumbre como aquellos caminos previstos para otorgar acceso a terrenos privados y dentro de ellos” (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2018, pág. 2).

2.4.2.3. SEGÚN SU DOMINIO

a. *Caminos públicos.*

“Vías de tránsito terrestre, de dominio y uso público, construidas para el uso y goce común, así como aquellas que no siendo de titularidad pública hayan sido declaradas de uso público” (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2018, págs. 2-3).

b. *Caminos privados.*

“Se construyen a expensas de los particulares en terrenos de su pertenencia, cuyo dominio no se altera, salvos lo previsto en la ley, aunque los propietarios permitan el uso y goce de todos. (...)” (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2018, pág. 3).

2.4.2.4. SEGÚN SU USO

a. *Carreteras.*

“Vías utilizadas principalmente por automotores y adicionalmente por vehículos de tracción humana, animal o mecánica” (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2018, pág. 3).

b. *Ferrovía.*

“Se denomina a la infraestructura de transporte guiada por rieles” (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2018, pág. 3).

c. *Ciclovías.*

“Carriles o sendas destinados a la circulación única y exclusiva de bicicletas” (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2018, pág. 3).

d. *Senderos.*

“Destinados principalmente a la movilidad peatonal y animal y adicionalmente de vehículos impulsados por tracción humana, animal o mecánica” (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2018, pág. 3).

e. *Vías exclusivas.*

“Destinadas a la circulación única y exclusiva del transporte público” (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2018, pág. 3).

2.4.2.5. SEGÚN SU JURISDICCIÓN Y COMPETENCIA

a. *Red vial nacional.*

“Conjunto total de las carreteras y caminos existentes en el territorio ecuatoriano” (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2018, pág. 3).

b. *Red vial estatal.*

“Conjunto de vías que forman parte de las troncales nacionales, que a su vez están integradas por todas las vías declaradas por el ministerio rector como vías primarias o corredores arteriales y vías secundarias o vías colectoras” (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2018, pág. 3).

c. *Red vial regional.*

“Cuya competencia está a cargo de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Regionales, al conjunto de vías que unen al menos dos capitales de provincia dentro de una región y que sean descentralizadas de la red vial estatal” (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2018, pág. 3).

d. *Red vial provincial.*

“Conjunto de vías dentro de la circunscripción territorial de la provincia (...) Para ser consideradas dentro de la red vial provincial, no deben incluir zonas urbanas ni tampoco formar parte del inventario de la red vial estatal y regional” (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2018, pág. 3).

e. *Red vial cantonal urbana.*

“Conjunto de vías a cargo de los GADs municipales o metropolitanos, que conforman la zona urbana del cantón, la cabecera parroquial rural y aquellas vías que, de conformidad con

cada planificación municipal, estén ubicadas en zonas de expansión urbana” (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2018, pág. 3).

2.4.2.6. SEGÚN EL TIPO DE TERRENO

El tipo de terreno puede ser homogéneo en toda la longitud de la vía o es posible que existan variaciones entre las distintas clasificaciones que se mostrarán a continuación.

Dicha clasificación se rige según la topografía, la cual constituye un conjunto de parámetros que se establecen el diseño de la misma, como son: su alineamiento horizontal, pendientes, distancias de visibilidad, secciones transversales, entre otros (Chocontá Rojas, 2004).

a. Terreno Plano.

Este tipo de terreno presenta ligeras variaciones en los valores de sus pendientes transversales a la vía, las cuales están dentro de 0 y 5%. Por otra parte, sus pendientes longitudinales son menores al 3%, por lo que no existe dificultad de trazado ni explanación en su proceso constructivo. Sin embargo, un terreno plano puede presentar limitaciones en el drenaje en la vía, debido a sus pendientes bajas (Chocontá Rojas, 2004).

b. Terreno Ondulado.

Sus pendientes transversales varían entre el 6% y 12%, mientras que sus pendientes longitudinales van del 3% al 6%. Con estos valores se facilitan los alineamientos aproximadamente rectos, sin presentar tanta dificultad en el trazado y explanación de la vía (Chocontá Rojas, 2004).

c. Terreno Montañoso.

Aparecen pendientes con valores considerables. La mayoría de vías en el Ecuador, son de tipo montañoso, lo que se convierte en una situación crítica al momento de plasmar tanto diseños como costos para la construcción de una vía. En este caso se presentan dificultades en

el trazado y en la explanación, debido a que las pendientes transversales varían entre el 13% y 40%. Las pendientes longitudinales de las vías van del 6% al 8% (Chocontá Rojas, 2004).

d. *Terreno Escarpado.*

En esta última clasificación, el volumen de movimiento de tierras es bastante considerable, debido a que las pendientes transversales del terreno son mayores al 40%. Se presentan grandes variaciones entre pendientes y desniveles del terreno. Las pendientes acentuadas en este tipo de terreno llegan a limitar el diseño de la vía y el acceso a la misma. Por lo mencionado anteriormente, las pendientes longitudinales son mayores del 8% (Chocontá Rojas, 2004).

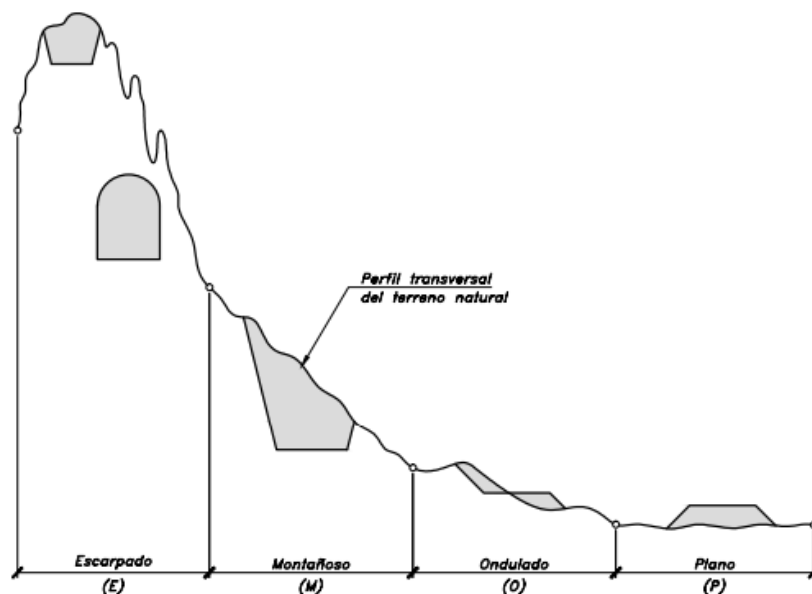


Ilustración 5: Tipos de terrenos

Fuente: Cárdenas Grisales, J. *Diseño geométrico de carreteras*. Bogotá, Colombia, 2013.

2.4.2.7. SEGÚN SU TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL PROYECTADO (TPDA)

Dentro de un cualquier tipo de sistema vial se realiza la estimación de volúmenes de tráfico, los cuales se realizan mediante observaciones, conteo y factores de variación, y posteriormente se obtiene la unidad de medida conocida como TPDA (Chiquito Ortega, 2013).

Es recomendable el pronóstico de dicho volumen de tránsito para un periodo de 15 o 20 años (MTO, 2003).

Tabla 6: Clasificación funcional de las vías en base al TPDA

DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
Autopista	AP2	80.000	120.000
	AP1	50.000	80.000
Autovía o carretera multicarril	AV2	26.000	50.000
	AV1	8.000	26.000
Carretera de 2 carriles	C1	1.000	8.000
	C2	500	1.000
	C3	0	500

Fuente: NEVI-12 MTO. *Norma para Estudios y Diseños Viales* (Vol. IIA). Quito, Ecuador, 2013.

Elaboración: NEVI-12 MTO. *Norma para Estudios y Diseños Viales* (Vol. IIA). Quito, Ecuador, 2013.

2.4.2.8. SEGÚN SU FUNCIÓN JERÁRQUICA

Las vías han sido clasificadas según su grado de importancia, cómo su tráfico irá incrementando, y así mismo según su número de calzadas necesario de acuerdo al tránsito presente.

a. *Corredores arteriales.*

Aquellos con alta jerarquía funcional, los cuales permiten movilidad alta y accesibilidad limitada y/o controlada a lo largo de su recorrido (MTO NEVI-12, 2013).

Son carreteras de calzadas separadas (RI y RII, autopistas) y de calzada única (Clase I y II). Las primeras tendrán un control total de accesos y cuyo uso puede ser prohibido a cierta clase de usuarios y de vehículos. El segundo tipo mencionado son la mayoría de las carreteras, estas mantendrán una sola superficie acondicionada de la vía con dos carriles destinados a la circulación de vehículos en ambos sentidos y con adecuados espaldones a cada lado; incluirá además pero en forma eventual, zonas suplementarias en las que se asientan carriles auxiliares, zonas de giro, paraderos y sus accesos que se realizan a través

de vías de servicio y rampas de ingreso y/o salida adecuadamente diseñadas (MTOPE, 2003, pág. 23).

b. *Vías colectoras.*

De mediana jerarquía funcional, constituidas por aquellas que reciben el tráfico de los caminos vecinales. Estas vías corresponden a cuatro tipos, de acuerdo a su importancia que están destinadas a conducir el tránsito de poblaciones principales que no están en el sistema arterial nacional (MTOPE NEVI-12, 2013).

c. *Caminos vecinales.*

Son vías que reciben el tráfico de poblaciones de sectores rurales, agrícolas, turísticos. Son todas las demás denominaciones que no se mencionaron anteriormente (MTOPE NEVI-12, 2013).

Tabla 7: Relación Función, Tipo y Tráfico

FUNCIÓN	TIPO DE VÍA	TPDA PROYECTADO
	RI y RII	> 8.000 vehículos
Corredor arterial	I	3.000 – 8.000 vehículos
	II	1.000 – 3.000 vehículos
	I	3.000 – 8.000 vehículos
Vía Colectora	II	1.000 – 3.000 vehículos
	III	300 – 1.000 vehículos
	IV	100 – 300 vehículos
	IV	100 – 300 vehículos
Camino vecinal	V	< 100 vehículos

Fuente: MTOPE. *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras y de Caminos Vecinales*. Quito, Ecuador, 2003.

Elaboración: MTOPE. *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras y de Caminos Vecinales*. Quito, Ecuador, 2003.

2.4.3. PARTES DE UNA VÍA

Todos los elementos que forman parte de una vía conforman una sección transversal a una alineación horizontal de la misma. Dicha sección puede ir variando dependiendo de los factores que se presenten a lo largo del terreno natural de la vía.

Dentro de la normativa INVIAS (2008) se indica que los elementos principales de una vía son: ancho de zona o derecho de vía, banca, corona, calzada, bermas, separador, carriles especiales, bordillos, andenes, cunetas, defensas, taludes y elementos complementarios.

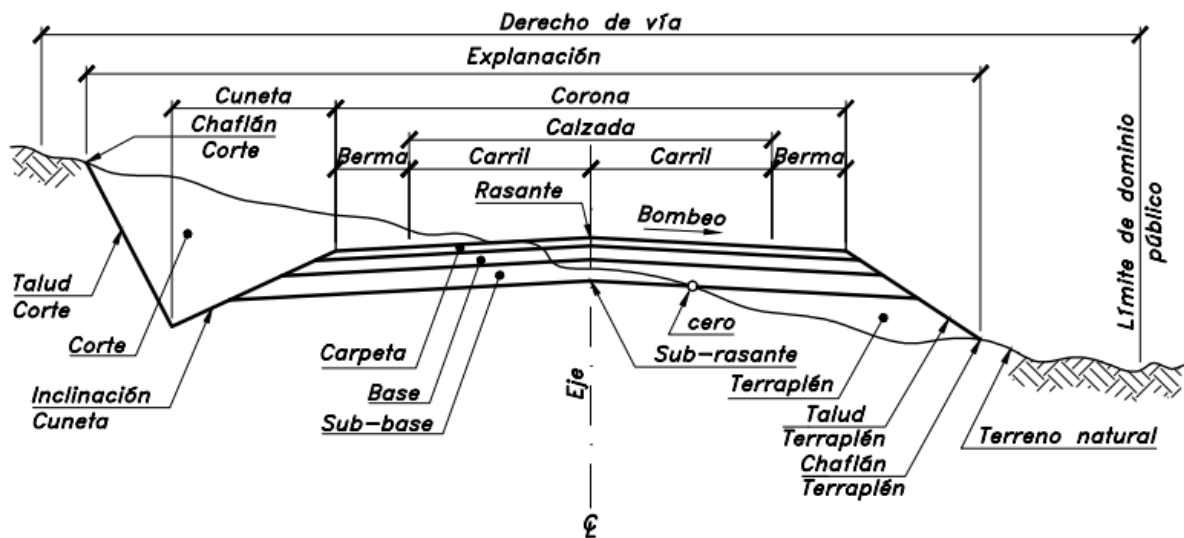


Ilustración 6: Sección transversal típica mixta, pavimentada en recta

Fuente: Cárdenas Grisales, J. *Diseño geométrico de carreteras*. Bogotá, Colombia, 2013.

2.4.3.1. CALZADA

También conocida como superficie de rodamiento, la cual está destinada al tránsito de los vehículos, constituida por uno o más carriles para uno o dos sentidos de circulación (Cárdenas Grisales, 2013).

2.4.3.2. CARRILES

Los carriles o vías de circulación mantienen valores de anchos suficientes que dividen a la calzada en fajas que permiten la circulación óptima de una sola fila de vehículos (Cárdenas Grisales, 2013).

2.4.3.3. CUNETAS

Zanjas revestidas o no, que se construyen para canalizar las aguas superficiales y/o de infiltración provenientes de la vía y zonas adyacentes a la misma (INVIAS, 2008).

2.4.3.4. BERMAS O ESPALDONES

Son fajas longitudinales ubicadas a ambos lados de la calzada, que se encuentran comprendidas entre la cuneta y el borde de la calzada. Cumplen varias funciones tanto para el usuario como para la superficie de rodamiento de la vía. Entre estas funciones se encuentran: protección y soporte lateral de la superficie de rodamiento de la erosión, humedad e inestabilidad; estacionamiento ocasional y a la vez espacio adicional para cualquier maniobra de emergencia de vehículos. Si se trata de una vía multimodal, pueden las bermas permitir la circulación de ciclistas. Para poder cumplir con las funciones mencionadas, las bermas deben mantenerse libre de obstáculos y tener un ancho constante en toda la longitud de la vía (INVIAS, 2008).

2.4.3.5. CORONA

Es el ancho comprendido por la calzada y las bermas; en otras palabras, es la distancia medida entre los bordes interiores de las cunetas (INVIAS, 2008).

2.4.3.6. PARTERRES

Los parterres son zonas que delimitan ambos sentidos de circulación de calzadas contiguas. Tienen varias funciones, entre ellas: evitar las interferencias con el tránsito en sentido contrario; minimizar el encandilamiento de las luces de los vehículos en sentido opuesto; construir retornos; ubicación de señalización y alumbrado público. Estos son contruidos de hormigón o pueden ser un relleno de vegetación (Agudelo Ospina, 2002).

2.4.3.7. BOMBEO

Es la pendiente transversal entre el eje de la vía y un extremo de la calzada, que permite que el agua se direcciona hacia las bermas o espaldones, y de esta forma se evite el daño por infiltración dentro de una estructura de pavimento. En un tramo recto, es común que el bombeo de la superficie de rodadura sea del 2% de pendiente. Además de evacuar las aguas lluvias, el

bombeo evita el fenómeno conocido como hidro planeo, en el cual la fricción entre los neumáticos del vehículo y la capa de rodadura de la vía puede llegar a ser nula y, de esta forma llegar a perder el control del vehículo debido a la deficiencia en el drenaje adecuado de la calzada (MTO, 2003).

2.4.4. PAVIMENTOS

Un pavimento se encuentra constituido por varias capas de material apropiado que son colocadas una sobre otra y, posteriormente compactadas correctamente. El conjunto estratificado se encuentra apoyado sobre la subrasante, es decir, sobre el terreno natural de la vía. Se encuentra constituido esencialmente por las capas de: subrasante, subbase, base y rodadura. La capa de rodadura recibe directamente las cargas reiteradas del tránsito, la misma que se encarga de distribuir uniformemente estas fuerzas a las demás capas inferiores (Montejo Fonseca, 2006).

Durante el periodo de tiempo al cual fue diseñada, la superficie de rodamiento deberá proporcionar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, fallas estructurales y funcionales, a la acción del medio ambiente y del agua (Montejo Fonseca, 2006).

Como toda estructura vial, la superficie de rodamiento debe brindar seguridad y comodidad al usuario, y para esto se debe realizar un diseño minucioso de todos los elementos estructurales y funcionales del pavimento. Cabe destacar que las capas superiores son las que mantienen una mayor capacidad ante la aparición de esfuerzos.

2.4.4.1. PAVIMENTO FLEXIBLE

También conocido como pavimento asfáltico, se encuentra conformado por una mezcla bituminosa de asfalto apoyada sobre dos capas: base y subbase. Para este tipo de pavimento es

necesario un mantenimiento constante, con el cual pueda cumplir su periodo de vida útil que va de los 10 a los 30 años (MTOP NEVI-12, 2013).

2.4.4.2. CAPAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE

2.4.4.2.1. SUBRASANTE

Según Moncayo (1980), una vez realizado el movimiento de tierras pertinente, sea corte o relleno, los últimos 30 centímetros del suelo hacia la superficie, se conoce como subrasante. Constituye el cimiento que brinda estabilidad a toda la estructura del pavimento; por esta razón es necesario su correcta compactación y nivelación, y si fuese el caso, impermeabilización.

Contará con propiedades que influyan positivamente en la selección del espesor de cada capa siguiente del paquete estructural del pavimento. El parámetro de evaluación de esta capa es su capacidad de resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas del tráfico que se disipan desde la carpeta asfáltica. Además, si se trata de un suelo expansivo, se debe tomar en cuenta las variaciones de volumen que pueden ocurrir debido a los cambios de humedad del suelo (Montejo Fonseca, 2006).

2.4.4.2.2. SUBBASE

Es una capa de conformación granular que se localiza entre la subrasante y la capa base del pavimento. Los agregados que conforman la subbase, deberán tener un coeficiente de desgaste máximo del 50%, según el ensayo de abrasión de los Ángeles y la porción que pase el tamiz N° 40 deberá tener un índice de plasticidad menor que 6 y un límite líquido máximo de 25 y por último el valor de CBR deberá ser igual o mayor del 30% (MTOP NEVI-12, 2013).

De acuerdo a la NEVI-12, las subbases se clasifican según sus características granulométrías: Clase 1, Clase 2 y Clase 3, como se muestra a continuación:

Tabla 8: Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para subbase

TAMIZ		SUBBASE CLASE 1		SUBBASE CLASE 2		SUBBASE CLASE 3	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
3"	76,2 mm						100
2"	50,4 mm	-	-		100		-
1 ½"	38,1 mm		100	70	100		-
Nº4	4,75 mm	30	70	30	70	30	70
Nº40	0,425 mm	10	35	15	40		-
Nº200	0,075 mm	0	15	0	20	0	20

Fuente: NEVI-12 MTOP. *Norma para Estudios y Diseños Viales* (Vol. III). Quito, Ecuador, 2013.

Elaboración: NEVI-12 MTOP. *Norma para Estudios y Diseños Viales* (Vol. III). Quito, Ecuador, 2013.

Del mismo modo, el peso de la subbase controla los cambios de volumen que pueden localizarse en la subrasante y de esta forma prever los daños por deformaciones de hinchamientos en el pavimento. La subbase soporta los esfuerzos que se transmiten por la carga vehicular, y así mismo funciona como una capa de drenaje del agua que proviene de los alrededores, y controla la ascensión del agua por capilaridad (Montejo Fonseca, 2006).

2.4.4.2.3. BASE

Las bases deben proporcionar la suficiente resistencia para recibir las cargas transmitidas desde la superficie encima de esta y posteriormente distribuirlas a la capa siguiente, que puede ser una subbase o subrasante. Se consideran dos tipos de bases; la primera constituida por grava triturada y mezcla natural de agregado y suelo; y la segunda estabilizada con cemento Portland, cal, asfalto, o cualquier otro tipo de estabilizante o material ligante (Moncayo, 1980).

La Norma Ecuatoriana Vial recomienda la clasificación de las bases por el tipo de material y de acuerdo al TPDA según el tipo de carretera. Adicionalmente en todos los casos que se muestran a continuación, el límite líquido de la fracción que pase el tamiz Nº 40 deberá ser menor de 25 y el índice de plasticidad menor de 6. De la misma manera, el porcentaje de

desgaste por abrasión de los agregados será menor del 40% y el valor de CBR deberá ser igual o mayor al 80% (MTOPE NEVI-12, 2013).

Tabla 9: Recomendaciones para uso de material de base

MATERIAL ESPECIFICADO	TIPO DE CARRETERA	Nº CARRILES	TPDA
Base Clase 1	Para uso principalmente en aeropuertos y carreteras con intenso nivel de tráfico.	8 a 12	>50.000
Base Clase 2	Carreteras de 2 hasta 6 carriles con un ancho mínimo por carril de 3,65m. se incluye franja central desde 2 a 4m.	2 a 6	8.000 – 50.000
Base Clase 3	Vías internas de urbanizaciones con bajo nivel de tráfico.	2 a 4	1.000 – 8.000
Base Clase 4	Caminos vecinales.	2	< 1.000

Fuente: NEVI-12 MTOPE. *Norma para Estudios y Diseños Viales* (Vol. III). Quito, Ecuador, 2013.

Elaboración: NEVI-12 MTOPE. *Norma para Estudios y Diseños Viales* (Vol. III). Quito, Ecuador, 2013.

Tabla 10: Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para bases

TAMIZ		BASE CLASE 1 TIPO A		BASE CLASE 1 TIPO B		BASE CLASE 2		BASE CLASE 3		BASE CLASE 4	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
2"	50mm		100		100		100		100		100
1 ½"	37,5mm	70	100	70	100	70	100	-	-		
1"	25mm	55	85	60	90	55	85	70	100	60	90
¾"	19mm	50	80	45	75	47	75	60	90		
⅜"	9,5mm	35	60	30	60	35	65	40	75		
Nº4	4,75mm	25	50	20	50	25	55	30	60	20	50
Nº10	2mm	20	40	10	25	15	45	15	45		
Nº40	0,425mm	10	25	2	12	5	25	10	30		
Nº200	0,075mm	2	12			0	10	0	15	0	15

Fuente: NEVI-12 MTOPE. *Norma para Estudios y Diseños Viales* (Vol. III). Quito, Ecuador, 2013.

Elaboración: NEVI-12 MTOPE. *Norma para Estudios y Diseños Viales* (Vol. III). Quito, Ecuador, 2013.

2.4.4.2.4. CAPA DE RODADURA

Puede considerarse también como carpeta asfáltica, o conjunto de capas conformadas por agregados pétreos y asfálticos, que se colocan una vez terminada la capa base. Dentro de esta capa pueden considerarse dos de ellas; la carpeta de desgaste y la capa de liga, dependiendo del volumen de tránsito que puede ir de un nivel bajo a pesado (Moncayo, 1980).

Además de resistir el desgaste, las fisuras y deformaciones ocasionadas por el paso reiterado de las cargas del tránsito, esta capa debe actuar como impermeabilizante para todo el paquete estructural del pavimento (Montejo Fonseca, 2006).

Por otra parte, la capa de rodadura necesita de mantenimientos periódicos para garantizar su adecuado funcionamiento, debido a que los efectos abrasivos de los vehículos y las condiciones climáticas a la que está expuesta dicha capa son frecuentes y a la vez acumulativos (Rodríguez Velásquez, 2009).

2.4.5. FACTORES QUE AFECTAN EL DISEÑO, LA CONSTRUCCIÓN Y EL COMPORTAMIENTO DE LOS PAVIMENTOS

La Norma Ecuatoriana Vial recomienda la aplicación de la normativa AASHTO 93 y su metodología para el diseño de pavimentos flexibles (MTOP NEVI-12, 2013).

La Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimento de la AASHTO 93, además de proporcionar un conjunto de procedimientos y uso de materiales los cuales son utilizados dentro del diseño, brinda recomendaciones respecto a la determinación de la estructura del pavimento (AASHTO, 1993).

Varios autores y la norma AASHTO 93 recomiendan considerar varios factores que tienen un papel dentro del diseño, construcción y comportamiento del pavimento flexible, los cuales posteriormente también tendrán una función en su mantenimiento y a lo largo de su vida útil. Los principales factores son:

2.4.5.1. RENDIMIENTO DEL PAVIMENTO

El desempeño o rendimiento y resistencia de un pavimento se basa en la seguridad y servicio que éste le brinda al usuario. Un factor de seguridad importante dentro del correcto funcionamiento del pavimento, es la resistencia a la fricción entre los neumáticos y la superficie del pavimento (AASHTO, 1993).

El rendimiento estructural de un pavimento se refiere a su condición física, como el apareamiento de grietas, fallas u otras condiciones que pueden llegar a afectar negativamente la capacidad de carga de la estructura del pavimento o su mantenimiento. Para esto se emplea una calificación numérica conocida como PCI (en inglés Pavement Condition Index) que indica la condición general de una sección de pavimento (AASHTO, 1993).

Por otra parte, el rendimiento funcional está ligado a la calidad de conducción que el pavimento puede brindar al usuario en términos de serviciabilidad. En este caso se utiliza el índice PSI (en inglés Present Serviceability Index) que trata de una escala que varía de 0 a 5, en donde 5 es el valor más alto en serviciabilidad que brinda un pavimento. Además, logra estimar si los conductores perciben a la vía segura y cómoda al momento de transitarla (AASHTO, 1993).

El cambio en la rugosidad de un pavimento es una consideración importante para su rendimiento y ciclo de vida. Es por esto que, en las pruebas realizadas por la AASHTO, se determinó que el índice de durabilidad inicial o PSI inicial de un pavimento tiene que ser al menos de 4,2, es decir, al momento de finalizar su construcción. En cambio, su valor de PSI final debe alcanzar valores entre 2,0 y 3,0, los mismos que se encuentran en un rango aceptable antes de realizar una repavimentación o reconstrucción del pavimento (AASHTO, 1993).

2.4.5.2. TRÁFICO

Rondón Quintana (2016) afirma que el tráfico es una variable compleja dentro del diseño de un pavimento debido a que las cargas que se espera circulen por la vía tendrán diferentes limitaciones y características a lo largo de su tiempo de servicio.

El tráfico de vehículos varía según el tipo de vehículo, el peso del vehículo, las clases y cargas por ejes, la velocidad con la que los vehículos circulan, la presión y área de contacto de los neumáticos, el impacto de los mismos sobre la capa de rodadura y su cantidad (Higuera Sandoval, 2010).

La normativa AASHTO realizó pruebas en las que los pavimentos fueron sometidos a diferentes distribuciones de ejes, tipos de cargas y números de aplicaciones, para poder analizar el daño que se producía. El procedimiento que se realizó después de este análisis fue el de convertir un flujo de tráfico con diferentes cargas y configuraciones, en una carga equivalente de un solo eje de 18 kilo-libras. También fueron aplicados factores de carga equivalentes conocidos como LEF (AASHTO, 1993).

Es importante realizar un correcto análisis y dimensionamiento del tráfico, más aún si el pavimento flexible se encuentra en servicio, se debe considerar si se produce un incremento de las cargas que transitan y su frecuencia; de lo contrario se pueden presentar más daños que los esperados en el pavimento y de la misma forma su ciclo de vida puede ser menor a la del correspondiente diseño.

2.4.5.3. SUBRASANTE

El espesor de un pavimento varía según la calidad del suelo de fundación o subrasante. Es necesario tener en cuenta que la humedad en un suelo puede causar el efecto “hinchamiento – retracción”, en donde el suelo puede sufrir cambios de volumen que agraven a la estructura del pavimento. Estas variaciones pueden impedirse mediante una impermeabilización del

suelo, o de la misma forma un mejoramiento o estabilización con algún tipo de aditivo u otros materiales (Montejo Fonseca, 2006).

El módulo de resiliencia (M_r) debe ser calculado por un factor que se multiplica al CBR (California Bearing Ratio) que es el parámetro de evaluación para la subrasante, que determina su capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante debido a las cargas de tránsito (AASHTO, 1993).

2.4.5.4. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Los materiales disponibles deben ser útiles para el funcionamiento técnico y económico del pavimento. Se deberán considerar los agregados de canteras y depósitos aluviales más cercanos al área de construcción de la vía donde la distancia de acarreo sea mínima; además de cumplir con todos los estándares de calidad que exige toda normativa vial (Montejo Fonseca, 2006).

Para determinar los espesores de cada una de las capas del pavimento, la norma AASHTO nombró a tres coeficientes “ a_1 , a_2 , a_3 ”, los cuales corresponden a la conversión de un espesor real en un número estructural equivalente. El coeficiente “ a_1 ” corresponde al material asfáltico de la capa de rodadura, el coeficiente “ a_2 ” corresponde a la capa base y finalmente el coeficiente “ a_3 ” corresponde a la capa de subbase (AASHTO, 1993).

Por otra parte, se pueden presentar deficiencias durante el proceso constructivo en la calidad de los materiales, particularmente en los espesores de cada capa y la densificación de las mismas (Montejo Fonseca, 2006).

2.4.5.5. MEDIO AMBIENTE

Se consideran dos factores regionales que pueden llegar a ser desfavorables para el desempeño y la estructura del pavimento, las precipitaciones y los cambios de temperatura. Por una parte, si las lluvias ingresan a las capas del pavimento pueden ocasionar cambios en las

propiedades de los materiales que las conforman. Además, si el nivel freático se eleva, esto puede influir en la resistencia, compresibilidad y variaciones de volumen del suelo natural, es decir, en la subrasante. Posterior al funcionamiento del pavimento, las lluvias pueden ser perjudiciales en la construcción del mismo; esto implica movimiento de tierras, conformación y compactación del paquete estructural del pavimento (Montejo Fonseca, 2006).

Los esfuerzos generados por la acción térmica de los cambios en la temperatura, pueden generar cambios en los módulos de elasticidad de la carpeta asfáltica y así ocasionar deformaciones y/o agrietamientos en la superficie (Montejo Fonseca, 2006).

Dentro del medio ambiente, también se debe tomar en cuenta condiciones regionales que pueden influir en el pavimento, como la topografía del área, así como también la humedad, presiones atmosféricas, vientos, nubosidad, etc. (Higuera Sandoval, 2010).

2.4.5.6. DRENAJE

Se trata de una consideración importante de todas las capas del pavimento que deben mantener un buen drenaje de la estructura en conjunto. El agua puede ingresar al pavimento a través de grietas, juntas o cualquier tipo de infiltración superficial o subterránea (AASHTO, 1993).

Las obras de drenaje que se construyen controlan el ingreso del agua, al mismo tiempo que las canalizan y evacúan, proporcionando el drenaje adecuado para la eliminación rápida de exceso del agua. De igual manera, el sistema de drenaje implementado deberá controlar el nivel freático y todas las posibles acciones destructivas que pudieran presentarse debido a la presencia del agua, sea superficial o subterránea (AASHTO, 1993).

2.4.5.7. CONFIABILIDAD

Según la capacidad de servicio (PSI), la confiabilidad trata de la probabilidad de que la serviciabilidad se mantendrá en niveles funcionales para el usuario, así como también el

pavimento debe mantener el mismo nivel de servicio ante las cargas aplicadas sobre el mismo durante su vida útil de diseño (AASHTO, 1993).

Del mismo modo, la confiabilidad es el proceso de cómo se desempeña y resiste el pavimento las fallas que puedan presentarse y de igual forma este se desarrolle satisfactoriamente en cualquier condición ambiental y de tráfico (AASHTO, 1993).

2.4.5.8. MANTENIMIENTO

Una vez diseñado y construido un pavimento flexible para un determinado número de años de vida útil, la calidad del servicio o el deterioro del pavimento decrece de forma exponencial. Este concepto implica la determinación económica y de rentabilidad para llevar a cabo actividades de mantenimiento o rehabilitación (CAF, 2010).

Los costos de mantenimiento no serán tan elevados, si a lo largo del periodo de servicio del pavimento se realizan evaluaciones periódicas y sistemáticas; en las cuales se debe obtener la información oportuna y necesaria de: las solicitaciones de los vehículos, climatología, infraestructura del pavimento, estado actual de la vía; además de tomar en cuenta la ejecución de mantenimientos definitivos y no solamente momentáneos (CAF, 2010).

CAPÍTULO 3

3. EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN SERVICIO

El horizonte de un proyecto o vida útil de una vía se diseña para un número determinado de años en los que la vía se encuentre en servicio. Generalmente cuando se cumple este tiempo las vías construidas se abandonan completamente o se rehabilitan con el fin de incrementar sus años de servicio. Esto sucede ya que, al estar la vía en operación, se va deteriorando con el pasar del tiempo y de la misma forma su índice de serviciabilidad va disminuyendo con los años (Olivera Bustamante, 1996).

La evaluación del comportamiento de un pavimento tiene como objetivo evitar la aparición de fallas reiteradas o fallas que aún no se han presentado; es por esto que se debe conocer la causa de estas fallas, cuál es su efecto y consecuencia, los métodos de medición, y finalmente la solución que se puede ejecutar, por el ente encargado de la vía, como mantenimiento o rehabilitación para ese tipo de deterioro.

En el capítulo anterior se mencionaron varias de las causas que afectan el deterioro en el rendimiento, serviciabilidad, seguridad y comodidad de un pavimento flexible en servicio. Estas causas comprenden la relación con el efecto de las mismas, lo cual incide positivamente en la ejecución de un pertinente mantenimiento o rehabilitación que corrija los defectos de la superficie de rodadura y de esta forma alcance un nivel de transitabilidad adecuado, con condiciones óptimas, durante un periodo de tiempo que posteriormente justifique la inversión que se necesita para cualquier tipo de mejoramiento (Montejo Fonseca, 2006).

Una evaluación completa de un sistema vial comprende:

- Estudio del tráfico
- Comportamiento funcional
- Comportamiento estructural

- Diagnóstico de varios componentes de la vía como: aceras, bordillos, tipos de drenaje, señalización, etc.
- Selección de la alternativa más apropiada para la ejecución de un mantenimiento para las distintas fallas presentes en el pavimento flexible.

3.1. COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Es el conjunto que comprende todos los defectos de la superficie de rodamiento que se originan en las capas constitutivas del pavimento, disminuyendo su resistencia frente a esfuerzos de del tráfico o solicitaciones por factores climáticos (Montejo Fonseca, 2006).

Montejo Fonseca (2006) afirma que las fallas estructurales se originan por dos causas fundamentales:

- Cuando la capacidad de carga vehicular excede los valores que determinan las deformaciones de recuperación elástica, se desarrollan deformaciones permanentes en cada aplicación de cargas, alterando la comodidad, seguridad y rapidez del tránsito y el colapso de la estructura (p. 159).
- Cuando la capacidad mencionada no se excede, pero las deformaciones recuperables son elevadas, los materiales sufren el fenómeno de fatiga, cuando el número de aplicaciones de cargas pesadas es elevado (p. 159).

3.2. COMPORTAMIENTO FUNCIONAL EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Es el conjunto de los defectos que generalmente presenta la superficie de rodamiento y que no tienen conexión ni relación con las fallas del resto de la estructura del pavimento (base, subbase, subrasante). Estas fallas superficiales requieren una evaluación en la cual el pavimento mantenga su funcionalidad en cuanto al usuario se trata (Montejo Fonseca, 2006).

Varias de las características y propiedades a considerar en la evaluación superficial son: resistencia al derrapamiento, textura, regularidad superficial, permeabilidad, drenabilidad,

resistencia al rodamiento, ruido de rodamiento y absorción acústica, propiedades de reflexión, color, resistencia al ataque de aceites, lubricantes y otros productos químicos (Menéndez Acurio, 2009)

Se procura que con la reparación de estas fallas se logre un nivel de seguridad adecuado mediante la corrección de la fricción. Por otro lado, se trata de mejorar la comodidad del usuario con la rehabilitación de la regularidad (rugosidad) de la superficie de rodamiento (Mayer 97 Ingenieros Asociados, C.A, 2009).

Para poder llevar a cabo una evaluación vial de un pavimento es importante implementar una metodología de inspección visual que justifique el inventario vial de fallas que se espera realizar y posteriormente lograr un estudio de propuesta de mantenimiento o rehabilitación.

3.3. SISTEMA PAVER PARA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS MEDIANTE INSPECCIÓN VISUAL

Este sistema fue desarrollado por USACERL (en inglés U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory) conjuntamente con USCE (en inglés U.S. Army Corps of Engineers), el cual proporciona al ingeniero un procedimiento práctico de toma de decisiones para identificar el mantenimiento y reparaciones que sean rentables en cualquier vía (U.S. Army Construction Engineering Research Laboratories, 1997).

El sistema PAVER está diseñado para diferentes usos en instalaciones militares, ciudades y países. Las capacidades del sistema analizadas son la definición de la red de pavimento, la calificación de la condición del pavimento, la programación de inspecciones, la determinación de la condición presente y futura de la red, la determinación de las necesidades de mantenimiento y reparación, la realización del análisis económico y la planificación presupuestaria (U.S. Army Construction Engineering Research Laboratories, 1997).

3.3.1. ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

Una parte importante del método PAVER es el estudio del estado del pavimento y el procedimiento de calificación del mismo. El procedimiento se basa en el Índice de Condición del Pavimento (PCI), que anteriormente se mencionó que es un indicador numérico de 0 a 100. Basado en las 19 fallas observadas, las cuales se describirán en la siguiente sección, el PCI mide la integridad estructural del pavimento y la condición operativa de la superficie y se calcula en función del tipo de deterioro, su gravedad y cantidad o densidad (U.S. Army Construction Engineering Research Laboratories, 1997).

Cuando se agrupan los tres factores mencionados en el párrafo anterior, el PCI puede presentar una gran cantidad de condiciones que pueden ser inciertas y seguras a la vez. Es por esta razón que se usan factores de ponderación conocidos como valores deducidos, los cuales indican el grado de afectación que cada combinación de falla, nivel de severidad y densidad, tienen sobre la condición del pavimento en servicio. Cada tipo de falla tiene su ábaco correspondiente a sus valores deducidos. (Vásquez Valera, 2002).

El PCI no es capaz de medir la capacidad estructural ni la resistencia al deslizamiento o rugosidad del pavimento. Por otra parte, el uso continuo del PCI logra establecer una tasa de deterioro del pavimento, la misma que permite una identificación prematura sobre la necesidad de una rehabilitación mayor, un mejoramiento del diseño existente o cualquier procedimiento de conservación (ASTM International, 2003).

La norma ASTM D6433-03 define al PCI, es decir, las siete condiciones que puede presentar un pavimento, como se muestra a continuación; siendo cero la peor condición posible y cien la mejor condición posible (ASTM International, 2003).

Tabla 11: Rango de calificaciones del PCI

RANGO	CLASIFICACIÓN
100 – 86	Excelente
85 – 71	Muy bueno
70 – 56	Bueno
55 – 41	Regular
40 – 26	Malo
25 – 11	Muy malo
10 – 0	Fallado

Fuente: ASTM International. *ASTM D6433-03 Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*. E.E.U.U, 2004.

Elaboración propia

Este tipo de evaluación vial mediante la metodología visual del PCI es la más completa, precisa y más utilizada en la actualidad. El procedimiento de evaluación de la condición actual del pavimento no es complejo y solamente se requieren materiales e instrumentos de fácil uso y acceso, y se deben seguir ciertos pasos para finalmente establecer el valor numérico de PCI de la red de pavimento.

3.3.1.1. NÚMERO TOTAL DE UNIDADES DE MUESTRA PARA CADA SECCIÓN DE PAVIMENTO

Una unidad de muestra, dentro de la metodología PCI, es una porción de una sección de pavimento que se la designa para posteriormente inspeccionar al pavimento. Para vías con superficie de asfalto, una unidad de muestra debe tener una superficie de 225 ± 90 metros cuadrados, es decir, entre 139 y 325 metros cuadrados (Shahin, 2005).

Una vez que se ha identificado la longitud total de la vía a analizar y sus anchos variables de calzada, es momento de encontrar la longitud de cada unidad de muestra.

Debido a que los anchos de calzada pueden variar su dimensión en una misma vía, se debe calcular un número total de unidades de muestreo para cada sección con iguales características, es decir, para cada ancho de calzada encontrado.

En la tabla a continuación se muestran varias relaciones entre el ancho de calzada y la longitud de la unidad de muestreo. Puede ser necesario una ponderación entre dos valores, en el caso de que ninguno de los anchos de calzada coincide con los encontrados en campo.

Tabla 12: Longitudes de unidades de muestra

ANCHO DE CALZADA (m)	LONGITUD DE UNIDAD DE MUESTRA (m)
5,0	46,0
5,50	41,80
6,0	38,30
6,50	35,40
7,30 (ancho máximo)	31,50

Fuente: Vásquez Valera, L. R. *Pavement Condition Index (PCI) para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras*. Manizales, Colombia, 2002.

Elaboración propia

Para determinar si el área de cada unidad de muestra cumple con los parámetros entre 139 m^2 y 325 m^2 , se debe multiplicar el ancho de calzada encontrado en cada sección por su respectiva longitud de unidad de muestra, según la tabla anterior.

Para determinar el número total de unidades de muestreo (N) de cada sección se utiliza la siguiente ecuación:

$$N = \frac{\text{Longitud total de vía}}{\text{Longitud de unidad de muestra}}$$

3.3.1.2. DETERMINACIÓN DE UNIDADES DE MUESTRA A EVALUAR

Lo ideal sería ejecutar la evaluación del número total de unidades de muestra; al no ser esto posible debido a la demanda considerable de recursos y tiempo, se realiza un muestreo que es ideal para el análisis de un proyecto de mantenimiento y/o rehabilitación, para lo cual se determina el número mínimo de unidades de muestra (n) (Shahin, 2005).

La siguiente ecuación estima un PCI de ± 5 del valor real (si se inspeccionaran todas las unidades de muestra) con una confiabilidad del 95% (Shahin, 2005).

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} * (N - 1) + \sigma^2}$$

Donde:

n : Número mínimo de unidades de muestra a evaluar.

N : Número total de unidades de muestra.

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades de muestra (se asume un valor de 10 para pavimento flexible).

e : Error admisible en la estimación del PCI de cada unidad de muestra ($e = 5\%$).

3.3.1.3. SELECCIÓN DE UNIDADES DE MUESTRA A EVALUAR

Las unidades de muestreo deben tener un espaciamiento igualitario entre ellas, además de que la primera unidad debe ser elegida aleatoriamente entre 1 y valor obtenido de intervalo de muestra (Shahin, 2005).

El intervalo de muestra se determina mediante la siguiente ecuación:

$$i = \frac{N}{n}$$

Donde:

i : Intervalo de muestra, el cual se redondea al entero inmediato inferior.

N : Número total de unidades de muestra.

n : Número mínimo de unidades de muestra a evaluar.

Es importante aclarar que, al realizar este proceso de muestreo y aleatoriedad, se pueden excluir unidades de muestra que son considerables a evaluar debido a su mal estado o porque contienen fallas que son representativas. En este caso se podrán adoptar unidades de muestra adicionales que pueden ser escogidas por el evaluador de la vía (ASTM International, 2003).

3.3.1.4. INTRODUCCIÓN A LAS FALLAS

Generalmente las fallas pueden agruparse de acuerdo a los mecanismos que las originan, es decir, según su causa primaria de aparición, sea por la acción del tráfico, climatología, materiales de construcción o influencia de las capas inferiores a la superficie de rodamiento; con este tipo de información se espera corregir dichas fallas con las técnicas de mantenimiento más eficaces. Por otra parte, las fallas pueden clasificarse según su comportamiento en el pavimento, en donde aparecen las fallas estructurales y fallas funcionales (INVIAS, 2008).

Otros dos factores a considerar para la calificación de un pavimento según sus fallas son la severidad y la extensión. La gravedad o severidad define qué tan crítico es el avance de una falla específica, debido a que, si el deterioro es muy severo, las medidas de rehabilitación o mejoramiento debe ser más importantes en cuestión de corregirlas. Estas calificaciones son de nivel bajo, medio y alto, y se basan según el tipo de unidad de medida de la falla, sea en longitud, área, unidad o percepción del usuario. El segundo factor es la extensión o cantidad que tiene un daño; trata de la cantidad de veces que se presenta la falla, sea por número de ocasiones, longitud o área de la misma, dependiendo de su unidad de medición recomendada (INVIAS, 2008).

Por último, existe un factor que logra calificar al pavimento según cómo lo percibe el conductor al transitar en un vehículo, la cual se denomina *calidad de conducción o tránsito*. Este tipo de valoración define el nivel de severidad de cinco tipos de fallas: baches, ondulaciones, cruces de ferrocarril, desplazamiento e hinchamientos. Para lograr determinar los efectos que estas fallas tienen en la calidad de conducción, es necesario transitar en un vehículo a una velocidad normal y durante el recorrido identificar los tres niveles de severidad que pueden presentarse (ASTM International, 2003).

- *Bajo*: Se perciben vibraciones del vehículo, pero no es necesario reducir la velocidad por comodidad o seguridad. Si se presentan abultamientos y/o hundimientos, hace que el vehículo rebote ligeramente, causando poca incomodidad (ASTM International, 2003).
- *Medio*: Las vibraciones del vehículo son significativas y se necesita reducir la velocidad por comodidad y seguridad. El vehículo rebota significativamente y genera incomodidad antes la presencia de abultamientos y/o hundimientos (ASTM International, 2003).
- *Alto*: Las vibraciones del vehículo son tan excesivas que es necesario reducir la velocidad considerablemente, e incluso frenar casi por completo por comodidad y seguridad. El vehículo rebota excesivamente, generar mucha incomodidad, inseguridad y un alto daño al vehículo ante la presencia de abultamientos y/o hundimientos (ASTM International, 2003).

Una vez que se haya definido el tipo de falla, su causa y origen, el procedimiento para su correcta medición y los niveles de severidad que presenta, se describen las distintas alternativas de mantenimiento que pueden aplicarse para cada tipo de deterioro (cada actividad de reparación se define según el nivel de severidad de la falla). Finalmente, se menciona el pronóstico de una supuesta evolución de la falla, sea a corto o mediano plazo, es decir, si actualmente se tiene una falla, y si no se realiza un mantenimiento correcto y oportuno, esta puede avanzar y convertirse en una falla más grave la cual requiera otro tipo de prioridad en cuanto a reparación (MOPC, 1990).

3.3.1.5. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE FALLAS

A continuación, se indican todas las fallas más frecuentes en el deterioro de los pavimentos que pueden presentarse durante la inspección visual, las mismas que se incluirán en un informe, en el cual se pueda identificar el tipo de daño, las posibles causas, la magnitud, la severidad y con qué frecuencia se presentan. Además de mostrar su localización y los puntos más afectados (INVIAS & UNAL - Sede Bogotá, 2006).

3.3.1.5.1. AGRIETAMIENTO POR FATIGA

Tabla 13: Falla de agrietamiento por fatiga

DESCRIPCIÓN		
<p>Esta falla estructural se compone de un conjunto de grietas o fisuras conectadas entre sí, causadas por las repetitivas cargas de tráfico, lo que da lugar a la acción de fatiga en la superficie.</p> <p>El agrietamiento tiene su origen en el fondo de la capa de rodadura o en la parte superior de la capa base, donde los esfuerzos de tensión y sus deformaciones admisibles alcanzan sus valores máximos ante una carga de tráfico.</p> <p>Una vez que las fisuras se propagaron hacia la superficie del pavimento, si el tráfico por esta falla se vuelve reiterado, estas fisuras se van conectando creando fragmentos irregulares parecidos a un alambrado de gallinero. Estos fragmentos generalmente tienen menos de 50 centímetros en su lado mayor.</p> <p>No se debe confundir la falla descrita con la falla denominada “agrietamiento en bloque”, la misma que se presenta en tramos que no se encuentran sometidos a cargas producidas por los vehículos.</p> <p>Además, la piel de cocodrilo puede acompañarse por ahuellamiento, y sin un mantenimiento adecuado puede convertirse en un desprendimiento.</p>		
CAUSAS		
<ul style="list-style-type: none"> • Mala adopción de espesores de cada capa para las solicitudes de tráfico y capacidad de soporte necesaria • Oxidación del asfalto o envejecimiento en áreas de movilidad constante • Problemas de subdrenaje para los materiales granulares de capas inferiores • Compactación deficiente de cada capa del pavimento 		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
<p>Fisuras longitudinales menores a 1,5 mm de abertura, paralelas entre ellas y con baja interconexión entre sí. No existe pérdida de materiales en los bordes.</p>	<p>Fisuras con una abertura menor a 5 mm. Comienza el desarrollo de una red de fisuras en donde ligeramente existe rotura o pérdida de material en sus intersecciones.</p>	<p>La red cerrada de fisuras presenta fragmentos pequeños bien definidos y pérdida de material considerable en los bordes. Varios de los fragmentos formados pueden desplazarse por el impacto del tráfico o a la vez haber sido removidos por el mismo.</p>
MEDICIÓN		

Su unidad de medición son los metros cuadrados. Pueden presentarse dos o tres niveles de severidad dentro de una misma área, lo que podría dificultar la medición de la falla. En este caso si las severidades pueden ser distinguidas una de la otra, se registrarán por separado; caso contrario toda el área o tramo analizado se deberá registrar con el nivel de severidad más alto que se haya observado.		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
Sellado superficial.	Bacheo parcial o en toda la profundidad afectada.	Reconstrucción de la capa de rodadura y mejoramiento de la capa base.
EVOLUCIÓN PROBABLE DE FALLA		
Ahuellamiento, desniveles (hundimientos/abultamientos), baches, desprendimientos.		

Fuentes:

ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03).

INVIAS & UNAL - Sede Bogotá, *Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles*, Bogotá, Colombia, 2006.

MOPC. *Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación (Catálogo de Fallas)*. República Dominicana, 1990.

Elaboración propia

3.3.1.5.2. AGRIETAMIENTO LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL

Tabla 14: Falla de agrietamiento longitudinal y transversal

DESCRIPCIÓN		
<p>Las fisuras longitudinales se presentan en dirección paralela al flujo del tráfico, mientras que las fisuras transversales se presentan de forma perpendicular al movimiento de los vehículos.</p> <p>Estas fisuras pueden lograr desarrollar ramificaciones laterales, esto a causa de que el deterioro se encuentra bastante avanzado.</p> <p>Los dos tipos de fallas mencionados, comúnmente no se producen por el impacto de los vehículos.</p>		
CAUSAS		
<ul style="list-style-type: none"> • Construcción deficiente de las juntas que forman los carriles. • Encogimiento y/o rigidización de la superficie de la capa de rodadura debido a variaciones de temperaturas. • Presencia de esfuerzos de fatiga por la acción del tráfico. • Escaso confinamiento lateral para que el pavimento logre soportar la acción del tránsito en los bordes. • Débil espesor de la capa de rodadura y/o inadecuado ligante asfáltico. • Presencia de reflexión en las capas inferiores del pavimento. 		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
El espesor de las fisuras es menor a 10 mm. Si la fisura está sellada, debe estar en buenas condiciones.	El espesor de las fisuras se encuentra entre 10 y 76 mm. Si la fisura está sellada, debe presentar solamente grietas adyacentes pequeñas.	El espesor de las fisuras es mayor a 76 mm. Si la fisura está sellada, presenta un agrietamiento considerable alrededor de la misma.
MEDICIÓN		
Su unidad de medición son los metros lineales. Las fisuras pueden presentar varios niveles de severidad a lo largo de extensión y cada uno de ellos debe ser registrado con su respectiva longitud.		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
Sellado de grietas con espesor mayor a 3 mm.	Sellado de grietas en toda su totalidad.	Sellado de grietas y parcheo parcial.
EVOLUCIÓN PROBABLE DE FALLA		
Arietamiento por fatiga, desintegración, desniveles localizados, fisuras en bloque, baches.		

Fuentes:

ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03).

INVIAS & UNAL - Sede Bogotá, *Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles*, Bogotá, Colombia, 2006.

MOPC. *Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación (Catálogo de Fallas)*. República Dominicana, 1990.

Elaboración propia

3.3.1.5.3. AGRIETAMIENTO EN BLOQUE

Tabla 15: Falla de agrietamiento en bloque

DESCRIPCIÓN		
<p>Las fisuras que se forman en este tipo de agrietamiento son polígonos irregulares, similares a rectángulos. Estos bloques pueden medir 30 x 30 centímetros, y llegar hasta los 3 x 3 metros en sus lados y habitualmente presentarse en áreas bastante amplias.</p> <p>Esta falla no tiene relación directa con el tráfico, es decir, puede presentarse sin la presencia del paso reiterado de vehículos. Por esta razón este tipo de falla generalmente se hará presente en áreas donde el tráfico no circula.</p> <p>Se diferencia de las fallas denominadas “agrietamiento longitudinal y transversal” cuando las fisuras superan las medidas mencionadas anteriormente.</p>		
CAUSAS		
<ul style="list-style-type: none"> • Contracción de la capa de rodadura debido a variaciones de temperatura en un tiempo reducido. • Las capas inferiores del pavimento se han debilitado a causa de la saturación de los materiales que las conforman. • El pavimento se ha endurecido debido a una ineficiente elaboración del asfalto y el envejecimiento del mismo. • Anchos de berma insuficientes o insuficiente confinamiento lateral del pavimento. 		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
Los bloques presentan agrietamiento longitudinal y transversal con severidad baja. Las fisuras no presentan pérdida de material en los bordes.	Los bloques presentan agrietamiento longitudinal y transversal con severidad media. Las fisuras presentan pérdida leve de material.	Los bloques presentan agrietamiento longitudinal y transversal con severidad alta. Las fisuras presentan pérdida considerable de material en sus bordes.

MEDICIÓN		
Su unidad de medición son los metros cuadrados. Se registra individualmente los diferentes niveles de severidad con su respectiva área afectada.		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
Sellado superficial de fisuras con emulsiones que rejuvenezcan a la carpeta asfáltica. Dichas fisuras deben tener un espesor mayor a 3 mm.	Sellado superficial con material bituminoso de toda el área afectada y si es el caso, realizar un tratamiento superficial asfáltico.	Sellado superficial del área afectada y bacheo parcial de la carpeta asfáltica. Si está bastante dañado el pavimento, se recomienda un recapeo.
EVOLUCIÓN PROBABLE DE FALLA		
Piel de cocodrilo, desintegración.		

Fuentes:

ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03).

INVIAS & UNAL - Sede Bogotá, *Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles*, Bogotá, Colombia, 2006.

MOPC. *Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación (Catálogo de Fallas)*. República Dominicana, 1990.

Elaboración propia

3.3.1.5.4. AGRIETAMIENTO DE BORDES

Tabla 16: Falla de agrietamiento de bordes

DESCRIPCIÓN
El agrietamiento es paralelo a la circulación vehicular y se presenta a una distancia entre 30 y 50 centímetros del borde exterior del pavimento. La mayoría de las veces las desintegraciones de carpeta asfáltica entre la grieta y el borde del pavimento pueden ser removidos por el impacto destructivo del tráfico.
CAUSAS
<ul style="list-style-type: none"> • Deficiente confinamiento y soporte lateral del pavimento. • Bermas con anchos efectivos muy pequeños e insuficientes. • Mala calidad de drenaje en los bordes del pavimento.

<ul style="list-style-type: none"> • Inexistencia de bordillos. • Acción destructiva del tráfico 		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
Las grietas no presentan desprendimiento de material asfáltico.	Las grietas comienzan a presentar leve desprendimiento de material asfáltico.	Las grietas presentan un considerable desprendimiento de material asfáltico y el ancho de la calzada se ha reducido.
MEDICIÓN		
Su unidad de medición son los metros lineales. Un abultamiento puede estar acompañado de un agrietamiento de bordes; estos son registrados individualmente.		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
Sellado de grietas con ancho mayor a 3 mm.	Sellado de grietas. Bacheo superficial o parcial.	Construcción de nuevos bordillos. Bacheo parcial o profundo.
EVOLUCIÓN PROBABLE DE FALLA		
Reducción de ancho efectivo de la calzada, desintegración y desprendimiento de borde.		

Fuentes:

ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03).

INVIAS & UNAL - Sede Bogotá, *Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles*, Bogotá, Colombia, 2006.

MOPC. *Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación (Catálogo de Fallas)*. República Dominicana, 1990.

Elaboración propia

3.3.1.5.5. AGRIETAMIENTO POR REFLEXIÓN EN JUNTAS

Tabla 17: Falla de agrietamiento por reflexión en juntas

DESCRIPCIÓN		
Este tipo de falla se presenta en un pavimento flexible, cuando este se encuentra superpuesto sobre un pavimento rígido, y este último genera movimientos causando agrietamiento longitudinal o transversal en el pavimento flexible. Este tipo de agrietamiento no es producto del impacto del tráfico, pero podría empeorar la superficie asfáltica cercana al agrietamiento.		
CAUSAS		
<ul style="list-style-type: none"> • Variaciones de temperatura y humedad en el pavimento rígido. • Gran espesor de la capa de rodadura del pavimento flexible que puede producir esfuerzos bajo el mismo. • Las cargas pesadas de tráfico aceleran el proceso de reflexión. 		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
El espesor de las fisuras es menor a 10 mm. Si la fisura está sellada, de cualquier espesor, debe estar en buenas condiciones.	El espesor de las fisuras está entre 10 y 75 mm. Si la fisura está sellada, de cualquier espesor, contiene agrietamientos secundarios leves.	El espesor de las fisuras es mayor a 75 mm. Si la fisura está sellada, de cualquier espesor, contiene agrietamientos y desprendimientos.
MEDICIÓN		
Su unidad de medición son los metros lineales. Un abultamiento puede estar acompañado de un agrietamiento por reflexión; estos son registrados individualmente.		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
Sellado superficial de fisuras con espesor mayor a 3 mm.	Sellado de grietas. Parcheo parcial.	Parcheo parcial. Reconstrucción de la junta de reflexión.
EVOLUCIÓN PROBABLE DE FALLA		
Agiertamiento en bloque, baches.		

Fuentes:

ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03).

INVIAS & UNAL - Sede Bogotá, *Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles*, Bogotá, Colombia, 2006.

MOPC. *Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación (Catálogo de Fallas)*. República Dominicana, 1990.

Elaboración propia

3.3.1.5.6. AGRIETAMIENTO PARABÓLICO

Tabla 18: Falla de agrietamiento parabólico

DESCRIPCIÓN		
También conocido como agrietamiento por deslizamiento o resbalamiento. Este tipo de agrietamiento se presenta en forma de media luna, con sus puntas en dirección al flujo del tráfico, cuando los vehículos frenan o cambian de trayectoria, la superficie de rodadura tiende a deslizarse de forma parabólica.		
CAUSAS		
<ul style="list-style-type: none"> • Mezcla asfáltica de baja resistencia. • Baja adherencia entre la capa de rodadura y la capa subyacente. • Insuficiente espesor de la capa de rodadura. 		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
El espesor de las fisuras es menor a 10 mm.	El espesor de las fisuras está entre 10 y 40 mm. Si la fisura está rodeada de desprendimientos leves o fisuras leves secundarias.	El espesor de las fisuras es mayor a 40 mm. Si la fisura está rodeada de desprendimientos considerables y aun sido removidos por el tráfico.
MEDICIÓN		
Su unidad de medición son los metros cuadrados.		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
Sellado superficial de fisuras.	Parcheo nivelante superficial.	Parcheo parcial o profundo.
EVOLUCIÓN PROBABLE DE FALLA		
Desintegración, desniveles localizados, baches.		

Fuentes:

ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03).

INVIAS & UNAL - Sede Bogotá, *Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles*, Bogotá, Colombia, 2006.

MOPC. *Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación (Catálogo de Fallas)*. República Dominicana, 1990.

Elaboración propia

3.3.1.5.7. DESNIVELES LOCALIZADOS (ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS)

Tabla 19: Falla de desniveles localizados (Abultamientos y hundimientos)

DESCRIPCIÓN		
<p>Los abultamientos se caracterizan por su desplazamiento brusco hacia arriba, mientras que los hundimientos mantienen pequeños y abruptos desplazamientos hacia abajo.</p> <p>Se debe diferenciar con la falla denominada “depresión” cuando un hundimiento ocurre sobre grandes áreas, con la falla “hinchamiento” cuando un abultamiento ocurre sobre extensas áreas del pavimento.</p>		
CAUSAS		
<ul style="list-style-type: none"> • La carpeta asfáltica se hunde por producto de la saturación del agua. • Las cargas de tránsito generan presión sobre el material que se ha acumulado en una grieta. • Deficiente compactación de capas inferiores del paquete del pavimento. • Tránsito muy pesado. • Deficiencias de drenaje para los materiales granulares. 		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
Los desniveles localizados originan una calidad de circulación de severidad baja.	Los desniveles localizados originan una calidad de circulación de severidad media.	Los desniveles localizados originan una calidad de circulación de severidad alta.
MEDICIÓN		

Su unidad de medición son los metros lineales. Puede darse el caso que se combine un desnivel localizado con una fisura, por lo que se deberá registrar individualmente cada falla. Si los abultamientos aparecen separados uno de otro a menos de 3 metros, esta falla se denomina “corrugación”.		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
Ningún tipo de intervención.	Bacheo superficial.	Bacheo profundo y/o recapeo.
EVOLUCIÓN PROBABLE DE FALLA		
Baches, exudación, ahuellamiento, desintegración, agrietamiento.		

Fuentes:

ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03).

INVIAS & UNAL - Sede Bogotá, *Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles*, Bogotá, Colombia, 2006.

MOPC. *Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación (Catálogo de Fallas)*. República Dominicana, 1990.

Elaboración propia

3.3.1.5.8. CORRUGACIÓN

Tabla 20: Falla de corrugación

DESCRIPCIÓN
En esta falla se encuentran abultamientos uno seguido del otro, que van formando ondulaciones casi regulares, con una distancia menor a 3 metros entre sí. Estas elevaciones son perpendiculares al flujo del tráfico.
CAUSAS
<ul style="list-style-type: none"> • Completa acción del tráfico, aún más si es tráfico pesado. • Capa de rodadura o capa base inestables por variaciones climáticas. • Excesiva compactación de la capa de rodadura. • Esfuerzos bruscos de frenado y aceleración de los vehículos. • Altos niveles de humedad en cualquiera de las capas del pavimento.

• Incorrecta dosificación de la mezcla asfáltica.		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
La corrugación origina una calidad de circulación de severidad baja. Profundidad de las ondulaciones menor a 10 mm.	La corrugación origina una calidad de circulación de severidad media. Profundidad de las ondulaciones entre 10 y 20 mm.	La corrugación origina una calidad de circulación de severidad alta. Profundidad de las ondulaciones mayor a 20 mm.
MEDICIÓN		
Su unidad de medición son los metros cuadrados.		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
Ningún tipo de intervención.	Bacheo parcial. Perfilado y tratamiento de la carpeta asfáltica.	Bacheo parcial o profundo. Perfilado y recapeo.
EVOLUCIÓN PROBABLE DE FALLA		
Agrietamiento, exudación, ahuellamiento.		

Fuentes:

ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03).

INVIAS & UNAL - Sede Bogotá, *Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles*, Bogotá, Colombia, 2006.

MOPC. *Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación (Catálogo de Fallas)*. República Dominicana, 1990.

Elaboración propia

3.3.1.5.9. HINCHAMIENTO

Tabla 21: Falla de hinchamiento

DESCRIPCIÓN		
Ascenso vertical de pandeo de la superficie del pavimento, que se presenta en forma de ondulación gradual con una longitud mayor a 3 metros. El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamientos.		
CAUSAS		
<ul style="list-style-type: none"> • Suelos altamente expansivos y sin tratamiento para los mismos. • Presencia de materia orgánica en capas inferiores. • Baja calidad de la mezcla asfáltica. 		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
El hinchamiento origina una calidad de circulación de severidad baja.	El hinchamiento origina una calidad de circulación de severidad media.	El hinchamiento origina una calidad de circulación de severidad alta.
MEDICIÓN		
Su unidad de medición son los metros cuadrados.		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
Ningún tipo de intervención.	Bacheo profundo.	Bacheo profundo y recapeo.
EVOLUCIÓN PROBABLE DE FALLA		
Baches, agrietamientos, exudación, ahuellamiento.		

Fuentes:

ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03).

INVIAS & UNAL - Sede Bogotá, *Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles*, Bogotá, Colombia, 2006.

MOPC. *Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación (Catálogo de Fallas)*. República Dominicana, 1990.

Elaboración propia

3.3.1.5.10. **DEPRESIÓN**

Tabla 22: Falla de depresión

DESCRIPCIÓN		
<p>Las depresiones en el pavimento son hundimientos en una gran porción de área de la superficie, los cuales llegan a un nivel más bajo que la rasante. Generalmente estas fallas no pueden ser fácilmente distinguidas visualmente, sino hasta después de la ocurrencia de una precipitación, en donde el agua se ha acumulado.</p> <p>Si las depresiones presentan profundidades muy altas, pueden llegar a causar el efecto de hidro planeo en los vehículos, lo que origina inestabilidad y peligro al momento de conducir.</p> <p>La diferencia entre los hundimientos y las depresiones, son las caídas bruscas de nivel de los primeros mencionados.</p>		
CAUSAS		
<ul style="list-style-type: none"> • Altos asentamientos de la subrasante y demás capas. • Exceso de compactación de capas inferiores del pavimento. • Incorrecta nivelación y deficiencias constructivas del paquete estructural • Cargas más altas a las adoptadas en el diseño. 		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
Las depresiones originan una calidad de circulación de severidad baja. Profundidad del hundimiento entre 13 a 25 mm.	Las depresiones originan una calidad de circulación de severidad media. Profundidad del hundimiento entre 25 y 50 mm.	Las depresiones originan una calidad de circulación de severidad alta. Profundidad del hundimiento mayor a 50 mm.
MEDICIÓN		
Su unidad de medición son los metros cuadrados.		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
Ningún tipo de intervención.	Bacheo superficial de nivelación.	Bacheo profundo nivelante o fresado de la carpeta asfáltica.
EVOLUCIÓN PROBABLE DE FALLA		
Desintegración, agrietamiento, baches.		

Fuentes:

ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03).

INVIAS & UNAL - Sede Bogotá, *Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles*, Bogotá, Colombia, 2006.

MOPC. *Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación (Catálogo de Fallas)*. República Dominicana, 1990.

Elaboración propia

3.3.1.5.11. AHUELLAMIENTO

Tabla 23: Falla de ahuellamiento

DESCRIPCIÓN		
<p>Se trata de una depresión localizada en el área de las huellas de neumáticos que genera la circulación de los vehículos. El ahuellamiento es fácil de identificar después de una precipitación y puede presentar levantamientos de la carpeta asfáltica en los extremos del surco en huella.</p> <p>Este tipo de falla puede originar una falla considerable en todo el paquete estructural pavimento, es decir, convertirse en falla estructural. También puede presentar el defecto de hidro planeo para los vehículos.</p>		
CAUSAS		
<ul style="list-style-type: none"> • Deformación permanente de alguna capa del pavimento o inestabilidad de la misma. • Consolidación de los materiales de las capas y/o desplazamiento lateral de los mismos por el impacto del tráfico. • Deficiente dosificación de la mezcla asfáltica. • Inadecuada compactación. • Bermas inestables que no garantizan soporte lateral del pavimento. 		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
La profundidad media de la huella va de 6 a 13 mm.	La profundidad media de la huella va de 13 a 25 mm.	La profundidad media de la huella es mayor a 25 mm.
MEDICIÓN		

Su unidad de medición son los metros cuadrados. Se toman varias profundidades a lo largo del ahuellamiento para obtener la profundidad media del mismo.		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
Ningún tipo de intervención.	Bacheo superficial de nivelación.	Bacheo profundo nivelante. Fresado y recapeo de la carpeta asfáltica.
EVOLUCIÓN PROBABLE DE FALLA		
Agrietamientos, baches, desintegración.		

Fuentes:

ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03).

INVIAS & UNAL - Sede Bogotá, *Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles*, Bogotá, Colombia, 2006.

MOPC. *Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación (Catálogo de Fallas)*. República Dominicana, 1990.

Elaboración propia

3.3.1.5.12. DESPLAZAMIENTO

Tabla 24: Falla de desplazamiento

DESCRIPCIÓN
Es un corrimiento longitudinal de la superficie del pavimento, generado por la carga de los vehículos. El paso del tráfico produce un empuje contra el pavimento, ocasionando una ondulación pequeña y brusca en la superficie. También pueden presentarse levantamientos de la carpeta asfáltica. Generalmente esta falla se hace presente en mezclas asfálticas inestables.
CAUSAS
<ul style="list-style-type: none"> • Capa de rodadura inestable y muy superficial. • Exceso de asfalto en la producción de la mezcla. • Defectos constructivos de adherencia entre capas. • Desplazamiento lateral de la capa base de material granular.

• Insuficiente confinamiento lateral.		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
Los desplazamientos originan una calidad de circulación de severidad baja.	Los desplazamientos originan una calidad de circulación de severidad media.	Los desplazamientos originan una calidad de circulación de severidad alta.
MEDICIÓN		
Su unidad de medición son los metros cuadrados. Un parche puede estar acompañado de un desplazamiento y no se debe considerar al parche como una falla por separado, sino de esta forma calificar la severidad del desplazamiento.		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
Ningún tipo de intervención.	Bacheo parcial o profundo. Perfilado. Fresado.	Bacheo parcial o profundo. Perfilado. Fresado.
EVOLUCIÓN PROBABLE DE FALLA		
Hundimientos, desintegración, abultamientos, agrietamientos.		

Fuentes:

ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03).

INVIAS & UNAL - Sede Bogotá, *Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles*, Bogotá, Colombia, 2006.

MOPC. *Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación (Catálogo de Fallas)*. República Dominicana, 1990.

Elaboración propia

3.3.1.5.13. BACHES

Tabla 25: Falla de baches

DESCRIPCIÓN			
<p>Los baches son desintegraciones considerables de la carpeta asfáltica, con bordes pronunciados y lados verticales, que se asemejan a una olla y dejan al descubierto materiales granulares subyacente.</p> <p>Se presentan en la superficie del pavimento y no superan los 75 centímetros de diámetro.</p> <p>Es importante tener a consideración que el empozamiento de agua puede provocar el avance del bache. Además, si las fallas son consecuencia de la capacidad estructural o agrietamiento por fatiga de nivel de severidad alta, estas deben considerarse como baches y no como falla por meteorización o desprendimiento de agregados.</p>			
CAUSAS			
<ul style="list-style-type: none"> • Reparaciones mal realizadas con defectos. • Agrietamiento por fatiga de severidad alta, hundimientos. • Mezcla asfáltica con deficiencias. • Se produce en zonas donde la capa base o la subrasante son inestables y débiles. • Ineficiente diseño del paquete estructural del pavimento. • Retención de agua en hundimientos. • Defectos en la construcción. 			
NIVELES DE SEVERIDAD			
	PROFUNDIDAD MÁXIMA DEL BACHE	DIÁMETRO PROMEDIO DEL BACHE	
		100 a 200 mm	200 a 450 mm
	13 a 25 mm	Baja	Baja
	25 a 50 mm	Baja	Media
	mayor a 50 mm	Media	Alta
	450 a 750 cm	Media	Alta
MEDICIÓN			
Los huecos o baches son contabilizados según su severidad.			
CLASE DE INTERVENCIÓN			
BAJA	MEDIA		ALTA

Bacheo superficial y sellado de la superficie.	Bacheo superficial y parcial. Sellado de la superficie o recapeo.	Bacheo parcial o profundo. Recapeo.
EVOLUCIÓN PROBABLE DE FALLA		
Aumento de profundidad cantidad y extensión de cada bache.		

Fuentes:

ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03).

INVIAS & UNAL - Sede Bogotá, *Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles*, Bogotá, Colombia, 2006.

MOPC. *Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación (Catálogo de Fallas)*. República Dominicana, 1990.

Elaboración propia

3.3.1.5.14. PARCHES Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS PÚBLICOS

Tabla 26: Falla de parches y acometidas de servicios públicos

DESCRIPCIÓN		
Son reparaciones de pavimento nuevo en un área donde el pavimento deteriorado fue reemplazado o para permitir la instalación o reparación de alguna red de servicios públicos. Aunque a un parche se lo identifique como una reparación, este sigue siendo un defecto en la superficie de rodadura sin importar su comportamiento, ya que no se trata un área original de pavimento y siempre presenta algún nivel de rugosidad.		
CAUSAS		
<ul style="list-style-type: none"> • Correcciones de fallas que habían alcanzado niveles inaceptables. • Anteriores intervenciones defectuosas y deficientes. • Propagación de un deterioro cercano al parche. 		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA

Los parches originan una calidad de circulación de severidad baja. Presentan insignificante o nulo deterioro.	Los parches originan una calidad de circulación de severidad media. Los daños que se presentan son leves.	Los parches originan una calidad de circulación de severidad alta. Los daños son considerables, incluso de presenta remoción de material del parche,
MEDICIÓN		
Su unidad de medición son los metros cuadrados. Un solo parche puede presentar varios niveles de severidad en el mismo, y cada uno de esos debe ser registrado con su área correspondiente. Además, si se encuentra algún tipo de falla en el parche, no se la considerada por separado, debido a que dicha falla solamente ayuda a calificar el deterioro del parche y forma parte del mismo.		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
Ningún tipo de intervención.	Sellado de grietas. Bacheo superficial o parcial.	Bacheo parcial o profundo. Restitución del parche.
EVOLUCIÓN PROBABLE DE FALLA		
Aumento del deterioro en el pavimento.		

Fuentes:

ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03).

INVIAS & UNAL - Sede Bogotá, *Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles*, Bogotá, Colombia, 2006.

MOPC. *Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación (Catálogo de Fallas)*. República Dominicana, 1990.

Elaboración propia

3.3.1.5.15. PELADURA POR INTEMPERISMO Y DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS

Tabla 27: Falla de peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados

DESCRIPCIÓN		
<p>Estas fallas muestran el desgaste que se ha producido en la superficie del pavimento, a causa de la pérdida de agregados o ligante asfáltico. Este desprendimiento o desintegración de agregados expone negativamente a la superficie a la acción abrasiva del tráfico y del clima.</p> <p>La pérdida de agregado y ablandamiento de la superficie que se presentan debido a derrames de aceite de los vehículos, también son considerados como desprendimientos.</p>		
CAUSAS		
<ul style="list-style-type: none"> • Mezcla asfáltica de baja calidad. • El ligante asfáltico se ha endurecido considerablemente a causa de una inapropiada manipulación del mismo en su elaboración o puesta en obra. • Los transportes de orugas, específicamente, causan este tipo de falla. • Oxidación del ligante asfáltico debido a condiciones climáticas desfavorables. • Insuficiente adhesión entre el asfalto y los agregados de la mezcla asfáltica. 		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
<p>El ligante asfáltico o los agregados han comenzado a desprenderse. Se presentan pequeñas áreas deprimidas. Si aceite ha sido derramado, la mancha es visible y su superficie es dura.</p>	<p>El ligante asfáltico o los agregados se han desprendido. La superficie presenta una textura rugosa y con huecos. Si aceite ha sido derramado, su superficie es suave.</p>	<p>El ligante asfáltico o los agregados se han desprendido de forma considerable. La superficie presenta rugosidad severa y con varios huecos. Estos huecos mantienen diámetros menores a 10 mm y profundidades menores a 13 mm. En el caso que se presenten huecos de mayores dimensiones, se los considerará como baches.</p> <p>Si aceite ha sido derramado, su superficie está bastante suelta.</p>
MEDICIÓN		
<p>Su unidad de medición son los metros cuadrados. Se registra individualmente los distintos niveles de severidad encontrados en una misma área.</p>		
CLASE DE INTERVENCIÓN		

BAJA	MEDIA	ALTA
Ningún tipo de intervención.	Sellado superficial.	Sellado superficial y bacheo superficial. Tratamiento superficial. Recapeo.
EVOLUCIÓN PROBABLE DE FALLA		
Baches.		

Fuentes:

ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03).

INVIAS & UNAL - Sede Bogotá, *Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles*, Bogotá, Colombia, 2006.

MOPC. *Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación (Catálogo de Fallas)*. República Dominicana, 1990.

Elaboración propia

3.3.1.5.16. PULIMENTO DE AGREGADOS

Tabla 28: Falla de pulimento de agregados

DESCRIPCIÓN
Esta falla se hace visible cuando los agregados se han pulido, sus caras son planas y no hay presencia de asperezas que brinden resistencia al deslizamiento de los vehículos. Si el agregado pulido es de apariencia lisa y suave al tacto, se trata de una reducción considerable de la adherencia entre los neumáticos de un vehículo y la superficie de rodadura.
CAUSAS
<ul style="list-style-type: none"> • Reiteradas cargas de tráfico. • Agregados pétreos de naturaleza degradable o de baja resistencia. • Baja calidad de la mezcla asfáltica.
NIVELES DE SEVERIDAD
No existen niveles de severidad definidos. El pulimento de agregados debe ser significativo para ser registrado.
MEDICIÓN

Su unidad de medición son los metros cuadrados. En el caso de presentarse exudación, el pulimento de agregados no debe ser tomado en cuenta en el registro.
CLASE DE INTERVENCIÓN
Tratamiento superficial, recapeo.
EVOLUCIÓN PROBABLE DE FALLA
Aumento del deterioro en cuanto a la resistencia al deslizamiento se trata.

Fuentes:

ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03).

INVIAS & UNAL - Sede Bogotá, *Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles*, Bogotá, Colombia, 2006.

MOPC. *Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación (Catálogo de Fallas)*. República Dominicana, 1990.

Elaboración propia

3.3.1.5.17. EXUDACIÓN

Tabla 29: Falla de exudación

DESCRIPCIÓN
Este fenómeno se presenta cuando existe algún exceso de material bituminoso que conforma al asfalto, y este tiende a sobresalir en la superficie del pavimento, creando una capa brillante, reflectante y por lo general puede volverse pegajosa y adversamente resbaladiza para los neumáticos de los vehículos. Si se tiene un alto contenido de vacíos en el asfalto, en climas cálidos, el material bituminoso asciende hacia la superficie una vez que estos vacíos hayan sido saturados. Por otro lado, en climas fríos, este material se acumula en la superficie y no existe alternativa para su evacuación.
CAUSAS
<ul style="list-style-type: none"> • Exceso de mezcla asfáltica y/o bajo porcentaje de vacíos en dicha mezcla • Uso de asfaltos muy blandos • Derrame de algún tipo de solvente asfáltico • Deficiente dosificación de material bituminoso, sellantes, tratamientos, etc.
NIVELES DE SEVERIDAD

BAJA	MEDIA	ALTA
La capa bituminosa tiene un fino espesor y su característica pegajosa no se hace presente.	Existe un aumento de material asfáltico con un mayor espesor. La exudación está más presente que se adhiere a los neumáticos de los vehículos.	La exudación está presente en mayor cantidad y en mayor extensión, y su característica de adherirse a las llantas es más evidente.
MEDICIÓN		
Su unidad de medición son los metros cuadrados. Si existe exudación, se toma en cuenta que la falla denominada “pulimento de agregados” no debe ser considerada.		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
Ninguna acción o de ser el caso se realiza un mantenimiento rutinario.	Fresado superficial con un espesor menor a 1 centímetro. Implementación de una nueva capa asfáltica.	El material asfáltico en exceso debe ser quemado y posteriormente realizar un sellado bituminoso con material asfáltico y un recubrimiento con arena o lechada asfáltica.
EVOLUCIÓN PROBABLE DE FALLA		
Ahuellamiento, riesgo de deslizamiento de los neumáticos del vehículo.		

Fuentes:

ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03).

INVIAS & UNAL - Sede Bogotá, *Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles*, Bogotá, Colombia, 2006.

MOPC. *Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación (Catálogo de Fallas)*. República Dominicana, 1990.

Elaboración propia

3.3.1.5.18. ESCALONAMIENTO ENTRE CALZADA Y BERMA

Tabla 30: Falla de escalonamiento entre calzada y berma

DESCRIPCIÓN		
Esta falla define el desnivel en elevación entre la calzada del pavimento y la berma. Puede presentarse una separación entre la calzada y la berma, donde el agua podría llegar a infiltrarse y generar daños en las capas subyacentes.		
CAUSAS		
<ul style="list-style-type: none"> • Erosión de la berma. • Asentamiento de la berma. • Colocación de nuevas capas de pavimento sin una correcta nivelación de la berma. • Insuficiente soporte lateral en los bordes de la calzada. 		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
La distancia de escalonamiento está entre 25 y 50 mm.	La distancia de escalonamiento está entre 50 y 100 mm.	La distancia de escalonamiento es mayor a 100 mm.
MEDICIÓN		
Su unidad de medición son los metros lineales.		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
Renivelación de las bermas para corregirlas al nivel de la calzada.		
EVOLUCIÓN PROBABLE DE FALLA		
Separación total entre la calzada y la berma, hundimientos, agrietamiento de borde.		

Fuentes:

ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03).

INVIAS & UNAL - Sede Bogotá, *Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles*, Bogotá, Colombia, 2006.

MOPC. *Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación (Catálogo de Fallas)*. República Dominicana, 1990.

Elaboración propia

3.3.1.5.19. CRUCE DE LÍNEA FÉRREA

Tabla 31: Falla de cruce de línea férrea

DESCRIPCIÓN		
Los abultamientos o depresiones son los defectos que se presentan alrededor o entre los rieles de una línea de ferrocarril.		
CAUSAS		
<ul style="list-style-type: none"> • Desintegración de la capa asfáltica en el parea cercana al cruce. • Defectos constructivos. 		
NIVELES DE SEVERIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
El cruce de línea férrea origina una calidad de circulación de severidad baja. Se observa un deterioro leve alrededor del cruce.	El cruce de línea férrea origina una calidad de circulación de severidad media. Se observan deterioros y desniveles leves alrededor del cruce.	El cruce de línea férrea origina una calidad de circulación de severidad alta. Se observan huecos y hundimientos alrededor del cuce.
MEDICIÓN		
Su unidad de medición son los metros cuadrados. En el caso de que el cruce de línea férrea no afecte la calidad de circulación, no se lo considera. Si se presenta un abultamiento de severidad alta a causa del riel de una línea férrea, a este se lo considera como parte del cruce.		
CLASE DE INTERVENCIÓN		
BAJA	MEDIA	ALTA
Ningún tipo de intervención.	Parcheo superficial o parcial de los alrededores. Reconstrucción del cruce de línea férrea.	Parcheo parcial o profundo de los alrededores. Reconstrucción del cruce de línea férrea.
EVOLUCIÓN PROBABLE DE FALLA		
Baches, agrietamiento.		

Fuentes:

ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03).

INVIAS & UNAL - Sede Bogotá, *Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles*. Bogotá, Colombia, 2006.

MOPC. *Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación (Catálogo de Fallas)*. República Dominicana, 1990.

CAPÍTULO 4

4. MANTENIMIENTO VIAL

4.1. CONSERVACIÓN O MANTENIMIENTO VIAL

Es el conjunto de actividades técnicas planificadas y organizadas para cumplir con un óptimo y adecuado mantenimiento de una vía. Se pone en práctica para lograr un propósito estético y de seguridad y confort para el usuario, preservando de esta forma lo que se efectúe en la construcción o rehabilitación de la vía (Rodríguez González, 2011).

La conservación vial es de gran importancia debido a que permite tener un ahorro en los costos de operación vehicular y a la vez permite preservar la inversión realizada en la construcción de la vía. Por otro lado, facilita la circulación y la fluidez del tráfico existente en condiciones adecuadas, mientras el pavimento mantenga características funcionales, estructurales y operacionales óptimas (Rodríguez González, 2011).

4.2. NIVELES DE INTERVENCIÓN

Las diferentes actividades de mantenimiento vial se clasifican según su magnitud y frecuencia con que se las realiza. De esta forma, en función de la magnitud, las actividades de mantenimiento pueden ser preventivas o correctivas, desde una intervención simple hasta complicada y por ende más costosa. Además, se clasifican según su frecuencia de repetición, en las que se encuentran las actividades rutinarias o periódicas (Rodríguez González, 2011).

Por otra parte, el mantenimiento puede ser de tipo menor o tipo mayor, según el alcance que se espere de cada uno. El mantenimiento menor incluye actividades que se realizan en áreas definidas para reparar fallas localizadas, y de esta forma incrementar el estado operacional del pavimento y controlar su deterioro progresivo; mientras que el mantenimiento mayor considera varias actividades que se realizan dentro de una gran área de pavimento o

tramo del mismo, con actividades de mantenimiento menor anteriormente realizadas (Jugo Burguera, 2005).

4.2.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO O RUTINARIO

Este tipo de mantenimiento rutinario consiste en la reparación de pequeños defectos de la capa de rodadura causados principalmente por factores ambientales, siendo estos localizados alrededor o sean cercanos a la misma, es decir, en los espaldones o desniveles del pavimento flexible. También abarca el mantenimiento de los sistemas de drenaje, señalización horizontal y vertical y taludes de contención laterales; con estos últimos se pueda controlar el polvo, el crecimiento de material vegetal, limpieza de zonas de descanso, etc. Además, el mantenimiento preventivo constituye toda acción menor tanto programada como de emergencia (Rodríguez González, 2011).

4.2.2. MANTENIMIENTO CORRECTIVO O PERIÓDICO

Este tipo de mantenimiento correctivo se realiza con anticipación con el fin de prevenir fallas o altercados en la vía, y de esta forma también impedir el deterioro de las capas subyacentes a la capa de rodadura. Con este mantenimiento periódico se trata de evitar la aparición o agravamiento de daños que pueden requerir un mantenimiento mayor. Dentro de este tipo se consideran acciones como: restablecimiento de las características de la superficie de rodadura, reparación de elementos de la vía, reparación de los sistemas de drenaje y taludes, etc. (Rodríguez González, 2011).

4.2.3. REHABILITACIÓN

La rehabilitación es un tipo de mantenimiento mayor que consiste en una previa remoción parcial de la estructura del pavimento existente, para posteriormente realizar un refuerzo estructural o reparación localizada. Esta actividad se realiza cuando la vía ha alcanzado un nivel alto de deterioro o en el caso de un incremento del TPDA futuro de la vía.

Este tipo de mantenimiento tiene como objetivo mejorar la capacidad estructural y nivel de calidad de la capa de rodadura y todas sus capas (Rodríguez González, 2011).

4.3. COMPORTAMIENTO DE UN PAVIMENTO ANTE EL DETERIORO

Incluso implementando un diseño adecuado y basándose correctamente en normativas y especificaciones técnicas, un pavimento siempre llega a deteriorarse desde su primera etapa y a lo largo de su vida útil. A diferencia de otras obras ingenieriles, el pavimento tiene un periodo de vida definido, así se realicen mantenimientos óptimos y oportunos, este alcanzará su punto de falla dentro del tiempo para el cual este fue diseñado (Jugo Burguera, 2005).

Una vez definidos los diferentes niveles de intervención para la conservación vial de pavimentos flexibles, es importante aclarar que cada intervención a realizarse depende de la condición actual del pavimento, debido a que, pasado un grado de deterioro, se necesitan reparaciones de mayor nivel de complejidad y costos. Es por esta razón que existen correlaciones entre el tipo de mantenimiento que un pavimento flexible requiere, según su valor y condición de PCI (Jugo Burguera, 2005).

Tabla 32: Correlación de tipo de mantenimiento con rangos de PCI

TIPO DE MANTENIMIENTO	RANGO	CLASIFICACIÓN
Mantenimiento menor	100 – 86	Excelente
	85 – 71	Muy bueno
Mantenimiento menor (Rutinario) y mantenimiento mayor (Efectivo)	70 – 56	Bueno
	55 – 41	Regular
Mantenimiento mayor (Correctivo)	40 – 26	Malo
Mantenimiento mayor (Correctivo) y Rehabilitación	25 – 11	Muy malo
	10 – 0	Fallado

Fuente: Jugo Burguera, A. *Manual de Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos Flexibles*. Caracas, Venezuela, 2005.

Elaboración propia

Las actividades realizables en un pavimento flexible que agrupa un mantenimiento menor son las siguientes:

- Sellado de fisuras
- Sellado superficial de asfalto localizado
- Bacheo superficial
- Bacheo profundo
- Fresado y renovación de textura en áreas localizadas.

Las actividades realizables en un pavimento flexible que agrupa un mantenimiento mayor son las siguientes:

- Tratamientos superficiales
- Recapeo de capas asfálticas
- Remoción por fresado.
- Reciclado del pavimento en frío o caliente.

CAPÍTULO 5

5. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

5.1. DESCRIPCIÓN DE LA VÍA EN ESTUDIO

5.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

La vía Quiroga – Laguna de Cuicocha se encuentra en la provincia de Imbabura, cantón Cotacachi, parroquia Quiroga, a una distancia de aproximadamente 30 kilómetros de Ibarra, capital de la provincia.

La vía en estudio inicia en el parque central de la parroquia Quiroga con una elevación de 2509,70 m.s.n.m. Atraviesa los barrios Cuicocha Pana, Cuicocha Centro, finalizando en la entrada a la Laguna de Cuicocha perteneciente a la Reserva Ecológica Cotacachi – Cayapas, con una elevación de 3065,07 m.s.n.m.

Esta vía cuenta con una longitud de 10,0 kilómetros y transita por centros poblados, sectores mineros de materiales áridos, agrícolas, ganaderos y páramo.

En cuanto a sus condiciones climáticas definidas al inicio de dicha investigación, se concluye que, en temporada de lluvia o temporada seca, se mantiene un clima nublado. Durante el año, las temperaturas varían entre 11 °C y 22 °C, y pueden llegar hasta 9 °C y 24 °C. Además, los meses con mayores precipitaciones van de noviembre a mayo, siendo abril el mes con más días de lluvia, todo esto se debe a que Cotacachi mantiene una extrema variación de precipitación según la estación.

5.1.2. ESTADO ACTUAL DE LA VÍA

La topografía dominante a simple vista es montañosa – ondulada. La vía actualmente cuenta con un carril para cada dirección. El ancho de la vía varía desde los 9,50 metros hasta los 11,0 metros. Toda la vía se encuentra conformada por carpeta asfáltica, pero presenta varias fallas que se pueden apreciar a simple vista durante el recorrido. Se estima que dichas fallas se

encuentren dentro del rango de bajo a medio nivel de severidad. El sistema de drenaje (cunetas) no se encuentra funcionando correctamente debido al exceso de material vegetal que impide el adecuado recorrido del agua para que esta pueda ser drenada. En un gran porcentaje, los espaldones o bermas no cuentan con carpeta asfáltica, solamente se encuentra desprendimientos y capa de vegetación.

5.1.2.1. ANCHOS DE CALZADA DE LA VÍA

A lo largo de los 10,0 kilómetros de la vía, la dimensión transversal es variable, es decir, existen aumentos y reducciones en los anchos de calzada. Es importante tener clara esta variación debido a que influirá en el cálculo de las unidades de muestra a ser evaluadas.

Después de un recorrido general de la vía, se lograron obtener los siguientes anchos de calzada a lo largo del pavimento:

Tabla 33: Anchos de calzada medidos en campo

PUNTO	ABSCISA	ANCHO DE CALZADA (m)
Entrada Laguna de Cuicocha	0+500	6,50
-	7+500	7,40
-	8+500	7,60
-	9+500	8,60
Parque Central Parroquia Quiroga	10+000	8,70

Elaboración propia

5.1.2.2. INFORMACIÓN TÉCNICA ACTUAL – AÑO 2020

En el mes de noviembre del 2020, el Laboratorio de Materiales PROSERTECONS (Aliado Estratégico de la Empresa Pública Imbavial E.P.) elaboró un informe técnico y realizó ciertos ensayos para determinar el estado actual de la vía Quiroga – Cuicocha. El Gobierno Provincial de Imbabura planea realizar un mejoramiento y rehabilitación de la vía con el fin de brindar confort y seguridad a los usuarios que transitan por dicha vía perteneciente al sector turístico de la provincia de Imbabura.

El informe mencionado contiene los datos de espesores de la carpeta asfáltica que tiene la estructura de pavimento y la capacidad portante del material granular que soporta de igual forma a la carpeta asfáltica. Los ensayos fueron de extracción de núcleos de carpeta asfáltica y ensayos de cono dinámico DCP en materiales granulares; ambos ensayos basados en las normas ASTM y AASHTO.

Tabla 34: Ensayos DCP – Espesores de carpeta asfáltica – Vía Cuicocha-Quiroga

ABSCISA	ESPESOR CARPETA ASFÁLTICA (cm)	CAPACIDAD PORTANTE DCP (material granular) CBR (%)
0+200	2,8	218
2+200	3,0	172
4+200	5,5	290
6+200	5,0	218
8+200	11,0	375
10+500	10,1	375

Fuente: Barrera, J. *Informe Técnico del Estado Actual de la Vía Quiroga – Cuicocha Provincia de Imbabura*. Quito, Ecuador, 2020.

Elaboración propia

Según la tabla presentada anteriormente, la abscisa 0+200 corresponde a la proximidad del punto a la Entrada de la Laguna de Cuicocha, mientras que la abscisa 10+000 corresponde al punto en el Parque Central de la Parroquia Quiroga; se puede identificar de mejor manera en la referencia de la Ilustración 1.

5.2. PROCEDIMIENTO

5.2.1. MUESTREO

Según la metodología PCI, la vía en estudio, en este caso, la sección de pavimento a inspeccionar, requiere ser dividida en unidades de muestra. Los 10 kilómetros de longitud se dividen en dos secciones, debido a la variación de anchos de calzada, y para obtener la longitud de unidad de muestra se utilizan los valores definidos en la Tabla 12.

SECCIÓN 1	
Longitud de tramo	7500 m
Ancho de calzada	6,50 m
Longitud de unidad de muestra	35,40 m

*Área unidad de muestra = Ancho de calzada * Longitud de unidad de muestra*

$$\text{Área unidad de muestra} = 6,50 \text{ m} * 35,40 \text{ m} = 230,10 \text{ m}^2$$

Entre 139 m² y 325 m² ∴ CUMPLE

- Número total de unidades de muestra:

$$N = \frac{\text{Longitud total de sección}}{\text{Longitud de unidad de muestra}} = \frac{7500 \text{ m}}{35,40 \text{ m}} = 211,86 \text{ u} \rightarrow 212 \text{ u}$$

- Número mínimo de unidades de muestra:

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} * (N - 1) + \sigma^2} = \frac{212 * 10^2}{\frac{5^2}{4} * (212 - 1) + 10^2} = 14,94 \text{ u} \rightarrow 15 \text{ u}$$

- Intervalo entre unidades de muestras:

$$i = \frac{N}{n} = \frac{212 \text{ u}}{15 \text{ u}} = 14,13 \rightarrow 14$$

SECCIÓN 2	
Longitud de tramo	2500 m
Ancho de calzada	7,30 m
Longitud de unidad de muestra	31,50 m

*Área unidad de muestra = Ancho de calzada * Longitud de unidad de muestra*

$$\text{Área unidad de muestra} = 7,30 \text{ m} * 31,50 \text{ m} = 229,95 \text{ m}^2$$

Entre 139 m² y 325 m² ∴ CUMPLE

- Número total de unidades de muestra:

$$N = \frac{\text{Longitud total de sección}}{\text{Longitud de unidad de muestra}} = \frac{2500 \text{ m}}{31,50 \text{ m}} = 79,37 \text{ u} \rightarrow 80 \text{ u}$$

- Número mínimo de unidades de muestra:

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} * (N - 1) + \sigma^2} = \frac{80 * 10^2}{\frac{5^2}{4} * (80 - 1) + 10^2} = 13,47 u \rightarrow 14 u$$

- Intervalo entre unidades de muestras:

$$i = \frac{N}{n} = \frac{80 u}{14 u} = 5,71 \rightarrow 5$$

Una vez determinado el número de unidades de muestra a ser evaluadas en cada sección, con sus respectivos intervalos, se deben identificar en campo las distancias a recorrer por cada unidad de muestra, es decir, realizar un abscisado para la identificación de cada unidad tal como se presenta en el ANEXO C: DISTANCIAS A RECORRER POR CADA UNIDAD DE MUESTRA (ABSCISADO).

5.2.2. EQUIPO Y PROCEDIENDO DE MEDICIÓN DE FALLAS

Los materiales e instrumentos a utilizar en la medición de fallas, según la normativa ASTM D6433-03 son los siguientes:

- a. Reglas, escuadras, flexómetro, cinta métrica.
- b. Plano de distribución de las unidades de muestra a evaluar.
- c. Catálogo de fallas con sus respectivas descripciones.
- d. Hojas para registro de datos de fallas.
- e. Cámara fotográfica para tomar evidencias de la inspección de fallas.

En cuanto al procedimiento se trata, primero se debe inspeccionar de forma general la unidad de muestra que se va a evaluar. Una vez registrado el tramo a analizar, se procede a la medición de fallas. Toda falla encontrada debe ser registrada en las hojas de datos, las mismas que deben contener los siguientes elementos: tipos de fallas, nivel de severidad, medidas o

dimensiones; según el método de medición que se encuentra incluido en la descripción de cada falla (Rodríguez Velásquez, 2009).

A continuación, se define el formato de hoja de registro que se usará para la medición de fallas por cada unidad de muestra:

Tabla 35: Formato de hoja de registro en pavimento flexibles – Método PCI

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador			HOJA DE REGISTRO POR UNIDAD DE MUESTRA ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (PCI)			
NOMBRE DE LA VÍA: _____ FECHA Y HORA: _____ EVALUADO POR: _____ CONDICIÓN CLIMÁTICA: _____ N° UNIDAD DE MUESTRA: _____			LONGITUD DE MUESTRA (m): _____ ANCHO DE CALZADA MUESTRA (m): _____ ABSCISA INICIAL (Km): _____ ABSCISA FINAL (Km): _____ ÁREA UNIDAD DE MUESTRA (m²): _____			
TIPOS DE FALLAS			ESQUEMA			
1. Agrietamiento por fatiga (m ²) 2. Agrietamiento longitudinal y transversal (m) 3. Agrietamiento en bloque (m ²) 4. Agrietamiento de bordes (m) 5. Agrietamiento por reflexión en juntas (m) 6. Agrietamiento parabólico (m ²) 7. Abultamientos y Hundimientos (m ²) 8. Corrugación (m ²) 9. Hinchamiento (m ²) 10. Depresión (m ²)			11. Ahuellamiento (m ²) 12. Desplazamiento (m ²) 13. Baches (u) 14. Parches (m ²) 15. Desprendimiento de agregados(m ²) 16. Pulimento de agregados (m ²) 17. Exudación (m ²) 18. Escalonamiento calzada-berma (m) 19. Cruce de línea férrea (m ²)			
NIVEL DE SEVERIDAD						
Baja - Low (L) Media - Medium (M) Alta - High (H)						
TIPO DE FALLA	NIVEL DE SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD PARCIAL	TOTAL	%DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
					TOTAL VALOR DEDUCIDO	

Fuente: ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03).

Elaboración propia

Los elementos enunciados en el formato mostrado anteriormente, deben ser completados de la siguiente manera:

a. **NOMBRE DE LA VÍA:** Vía elegida para inspeccionar y evaluar.

- b. *FECHA Y HORA*: Día, mes y año en el que se realizó la evaluación y hora en la que se comenzó con el procedimiento.
- c. *EVALUADO POR*: Persona o personas encargadas de realizar la evaluación.
- d. *CONDICIÓN CLIMÁTICA*: Climatología encontrada al momento de la inspección. Varios ejemplos son: nublado, lluvioso, soleado, ventoso, parcialmente nublado, etc. Si existen precipitaciones al momento de la inspección, se deberá postergarla para evitar una recolección de datos en campo que luego pueda generar un análisis ineficiente.
- e. *Nº UNIDAD DE MUESTRA*: En esta sección se definirá el número de unidad de muestra que se está inspeccionando al momento.
- f. *LONGITUD DE MUESTRA (m)*: Será medido para cada unidad de muestra y en campo y su unidad de medición será en metros lineales.
- g. *ANCHO DE CALZADA MUESTRA (m)*: Será medido para cada unidad de muestra y en campo y su unidad de medición será en metros lineales.
- h. *ABSCISA INICIAL (Km)*: Punto específico donde se iniciará el registro de fallas en campo. Su unidad son los kilómetros.
- i. *ABSCISA FINAL (Km)*: Punto específico donde se finalizará el registro de fallas en campo. Su unidad son los kilómetros.
- j. *ÁREA UNIDAD DE MUESTRA (m²)*: Superficie obtenida entre la multiplicación del ancho de calzada y la longitud de unidad de muestra. Su unidad de medida son los metros cuadrados.
- k. *ESQUEMA*: Representación gráfica de la unidad de muestra, indicando el sentido del abscisado y sus valores.

- l. *TIPO DE FALLA*: El número de cada falla encontrada según la codificación numérica mostrada en el recuadro de tipos de fallas.
- m. *NIVEL DE SEVERIDAD*: Nivel de severidad encontrado en la falla inspeccionada, sea baja (B), media (M) o alta (A).
- n. *CANTIDAD PARCIAL*: Longitud, área o unidad de afectación de cada falla evaluada; tantas veces como haya sido identificada en la unidad de muestra.
- o. *TOTAL*: Sumatoria de las cantidades parciales de cada falla enumerada.
- p. *% DENSIDAD*: Es la superficie afectada de un tipo de falla en una unidad de muestra sobre la totalidad de superficie de la unidad de muestra siendo evaluada.
- q. *VALOR DEDUCIDO*: Se lo obtiene con los ábacos para cada tipo de falla y su respectivo nivel de severidad.
- r. *TOTAL VALOR DEDUCIDO*: Es la sumatoria de todos los valores deducidos de la unidad de muestra.

5.2.3. DETERMINACIÓN DEL PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTRA

Una vez finalizada la inspección de campo y recopilada toda la información del deterioro de cada tramo, se procede a calcular el Índice de Condición Presente para cada unidad de muestra, ya que no es posible calcular el PCI de toda la vía en estudio. Este cálculo se basa en los valores deducidos y sus respectivos ábacos para cada tipo de falla, según su densidad y severidad de la falla (Shahin, 2005).

Seguidamente se presentan los pasos a seguir para el correcto cálculo del PCI según la normativa ASTM 6433-03.

5.2.3.1. CÁLCULO DE VALORES DEDUCIDOS (VD)

Es el grado de importancia que cada falla aporta dentro de una unidad de muestra. Un valor de deducción de 0 refleja que una falla no tiene efecto sobre la integridad del pavimento o la condición operativa de la superficie de rodadura; mientras que un valor deducido de 100 indica que la falla es extremadamente grave para el pavimento (Shahin, 2005).

Para determinar los valores deducidos para cada unidad de muestra se siguen los siguientes pasos:

- Sumar las *cantidades parciales* de cada una de las fallas, dependiendo y diferenciando cada nivel de severidad. La falla puede expresarse en unidades, longitud o superficie (ASTM International, 2003).
- Dividir la *cantidad total* de cada falla en cada nivel de severidad para el *área total de la unidad de muestra* en estudio, multiplicar por 100 y de esta forma obtener el *porcentaje de densidad* para cada tipo de falla y nivel de severidad respectivo (ASTM International, 2003).
- Determinar el *valor deducido* para combinación de tipo de falla en las curvas de valor de deducción, a partir del *porcentaje de densidad* y las curvas pertenecientes a cada nivel de severidad. Los ábacos de todas las fallas se adjuntan en el ANEXO A: CURVAS DE VALORES DEDUCIDOS PARA PAVIMENTO FLEXIBLE

5.2.3.2. CÁLCULO DE NÚMERO MÁXIMO ADMISIBLE DE VALORES DEDUCIDOS (*m*)

- Si solo un valor deducido o ninguno es mayor que 2 (> 2), el *valor deducido total* (VDT, sumatoria de toda la columna de valores deducidos) se usa en lugar del *valor máximo de deducción corregido* (VDC) y el cálculo del PCI se ha completado, como se indica en el

último enunciado de esta sección; de lo contrario se toma en cuenta las siguientes consideraciones y pasos (ASTM International, 2003).

- No todos los valores deducidos calculados en una unidad de muestra son necesarios para el cálculo del *número máximo admisible de valores deducidos* (m). Es indispensable descartar a los valores deducidos calculados que sean menores o iguales que 2 (debido a su insignificancia), tomando en cuenta solamente la cantidad de los valores deducidos calculados mayores a 2, cantidad conocida como “ q ”. Por esta razón, el número máximo admisible de valores deducidos disminuirá en su cálculo (ASTM International, 2003).
- Enlistar los *valores deducidos* calculados en orden descendente, para tener certeza de cuál es el mayor de estos.
- Determinar el *número máximo admisible de valores deducidos*, utilizando la siguiente ecuación:

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

Donde:

m : Número máximo admisible de valores deducidos, incluyendo parte fraccionaria, para cada unidad de muestra en evaluación.

HDV : Mayor valor deducido calculado en la unidad de muestra en evaluación.

- El número de valores deducidos calculados se reduce a “ m ”, incluyendo la parte fraccionaria. El valor de “ m ” representa los valores deducidos que tienen que ser corregidos. En el caso de disponer de menos valores deducidos que “ m ”, entonces se utilizan todos los valores deducidos calculados que se tengan (ASTM International, 2003).

5.2.3.3. CÁLCULO DEL MÁXIMO VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO (VDC)

- Enlistar horizontalmente los valores deducidos reducidos a “*m*” en orden descendente y obtener el total de estos (*valor deducido total*).
- Definir el *número de valores deducidos “q”*, mayores que 2, en cada fila.
- Determinar el valor de “*VDC*” a partir del *valor deducido total* y el valor de “*q*”, haciendo uso de las curvas de corrección para pavimentos flexibles, que se adjuntan en el ANEXO B: CURVAS DE VALORES DEDUCIDOS CORREGIDOS.
- En la siguiente fila, se enlista nuevamente los valores deducidos horizontalmente, con la excepción de que se reemplazará por el valor de 2, el valor mayor a 2 y el último de la fila, y a la vez el valor de “*q*” irá disminuyendo uno a la vez en cada fila.
- Continuar con el procedimiento anterior en cada fila subsecuente hasta que el valor de “*q*” sea igual a 1, es decir, solamente exista un solo valor mayor a 2. De esta forma, el *máximo valor de deducción corregido* se determinará de forma iterativa.
- El *máximo valor de deducción corregido* es el mayor de todos los “*VDC*”. Se usará el siguiente formato:

Tabla 36: Formato para iteraciones del cálculo del “*VDC*”

FORMATO PARA LA OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO										
N°	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	VDC	
1										
2										
3										
4										
							MÁXIMO VDC			
							VALOR PCI			
							CALIFICACIÓN			

Fuente: Vásquez Valera, L. R. *Pavement Condition Index (PCI) para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras*. Manizales, Colombia, 2002.

Elaboración propia

5.2.3.4. OBTENCIÓN DEL PCI EN LA UNIDAD DE MUESTRA

- El valor del PCI en una unidad de muestra se calcula con la siguiente ecuación, siendo “VDC” el *máximo valor de deducción corregido*:

$$PCI = 100 - VDC$$

- Con el valor obtenido de PCI, se podrá calificar a la unidad de muestra según la Tabla 11.

5.2.4. DETERMINACIÓN DEL PCI DE LA SECCIÓN DE PAVIMENTO

En el caso de que todas las unidades de muestra evaluadas sean escogidas aleatoriamente, el PCI de la sección del pavimento es calculado como el PCI ponderado del área en que se encuentran las unidades de muestra seleccionadas (ASTM International, 2003).

Se usa la siguiente ecuación:

$$PCI_s = PCI_r = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_{ri} \times A_{ri})}{\sum_{i=1}^n (A_{ri})}$$

Donde:

PCI_s : PCI de la sección del pavimento.

PCI_r : PCI ponderado del área de las unidades de muestra seleccionadas aleatoriamente.

PCI_{ri} : PCI de la unidad de muestra aleatoria i .

A_{ri} : Área de la unidad de muestra aleatoria i .

n : Número de unidades de muestra aleatoriamente seleccionadas.

CAPÍTULO 6

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El registro de fallas se culminó en un lapso de tres días en los cuales se realizó la evaluación de las dos secciones de pavimento, con un total de 29 unidades de muestra.

Las evidencias fotográficas de las principales fallas encontradas a lo largo de la vía se muestran en el ANEXO E: REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LAS FALLAS PREDOMINANTES. En el ANEXO D: EVALUACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTRA DE LA VÍA LAGUNA DE CUICOCHA – PARROQUIA QUIROGA se evidencia todos los registros de datos de cada unidad de muestra según el formato de la Tabla 35, con sus respectivas dimensiones y niveles de severidad; el cálculo de valores y el respectivo análisis de los mismos obtenidos tanto en campo como en oficina.

Seguidamente se presenta un resumen de la totalidad de los valores deducidos según cada tipo de falla; con estos valores se calcula el porcentaje relativo y se identifica el nivel de afectación que presenta cada falla. Además, se hace un recordatorio que las 19 fallas se identifican numéricamente.

Tabla 37: Listado de los tipos de fallas

N° FALLA	TIPO DE FALLA
1	Agrietamiento por fatiga
2	Agrietamiento longitudinal y transversal
3	Agrietamiento en bloque
4	Agrietamiento de bordes
5	Agrietamiento por reflexión en juntas
6	Agrietamiento parabólico
7	Abultamientos y Hundimientos
8	Corrugación
9	Hinchamiento
10	Depresión
11	Ahuellamiento
12	Desplazamiento
13	Baches
14	Parches
15	Desprendimiento de agregados
16	Pulimento de agregados
17	Exudación
18	Escalonamiento calzada-berma
19	Cruce de línea férrea

Elaboración propia

Tabla 38: Totalidad de valores deducidos según el tipo de falla

	UNIDAD MUESTRA	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	VALORES DEDUCIDOS SEGÚN EL TIPO DE FALLA																		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
S E C C I Ó N 1	U-1	0+000	0+035		12		39			13										11		
	U-2	0+531	0+566	38	17,1		39							11	7					11		
	U-3	1+062	1+097	21	9		39			7					11	8					11	
	U-4	1+593	1+628		7		39			0					18	3					11	
	U-5	2+124	2+159	30	38		39			0					37	5					11	
	U-6	2+655	2+690	12	11		39			3					37	8	0				11	
	U-7	3+186	3+221	67	3		39											10			11	
	U-8	3+717	3+752	48	8		39								41	15	0	12			11	
	U-9	4+248	4+283	92			39		17						88	30					18	
	U-10	4+779	4+814	69	6		39								11	3					11	
	U-11	5+310	5+345	90			1									10		8			11	
	U-12	5+841	5+876	93	2		23								49	4					11	
	U-13	6+372	6+407	66	16	2	49			0						15					11	
	U-14	6+903	6+938	103	2	9	39								94	87					16	
	U-15	7+434	7+469	74	9	9	7								64	1					6	
S E C C I Ó N 2	U-16	7+500	7+532	24	32	3	6							37	2	14				5		
	U-17	7+689	7+721	82	18		17							57	18						14	
	U-18	7+878	7+910	54	36	18	28							28	33						5	
	U-19	8+067	8+099	35	48	19										8						
	U-20	8+256	8+288		51	7	17			10												
	U-21	8+445	8+477	70	27	39				50												
	U-22	8+634	8+666	82	53	4	10		36		12											
	U-23	8+823	8+855	94	26	17	7								37							
	U-24	9+012	9+044	35	24	4	23															
	U-25	9+201	9+233	96	51	52	10								47							
	U-26	9+390	9+422	115	27	16	45			86		9			81	16						
	U-27	9+579	9+611	154	28	36	23								93	85						
	U-28	9+768	9+800		46		22			37					179	13	12					
	U-29	9+957	9+989		104		23			32					131	17	17					
TOTAL VD				1644	711,1	235	740	0	53	238	12	0	9	0	0	1151	388	43	30	0	196	0
%RELATIVO				30,2%	13,0%	4,3%	13,6%	0,0%	1,0%	4,4%	0,2%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	21,1%	7,1%	0,8%	0,6%	0,0%	3,6%	0,0%

Elaboración propia

En la Tabla 38 se muestran la totalidad de valores deducidos y sus porcentajes de incidencia por cada tipo de falla presente a lo largo de la evaluación del pavimento. No es posible realizar este análisis con las cantidades parciales de cada falla, debido a que cada falla tiene su propia unidad de medición, y estas no pueden ser agrupadas para dicho análisis; es por esto que se usan los valores deducidos, los cuales agrupan a todas las fallas a una sola unidad adimensional, en este caso, al grado de afectación que cada daño presenta en el pavimento.

Para un mejor entendimiento y análisis de los resultados de qué tan afectado se encuentra el pavimento de la vía en estudio, se presenta una gráfica con los porcentajes relativos de cada tipo de falla en todas las unidades de muestra evaluadas.

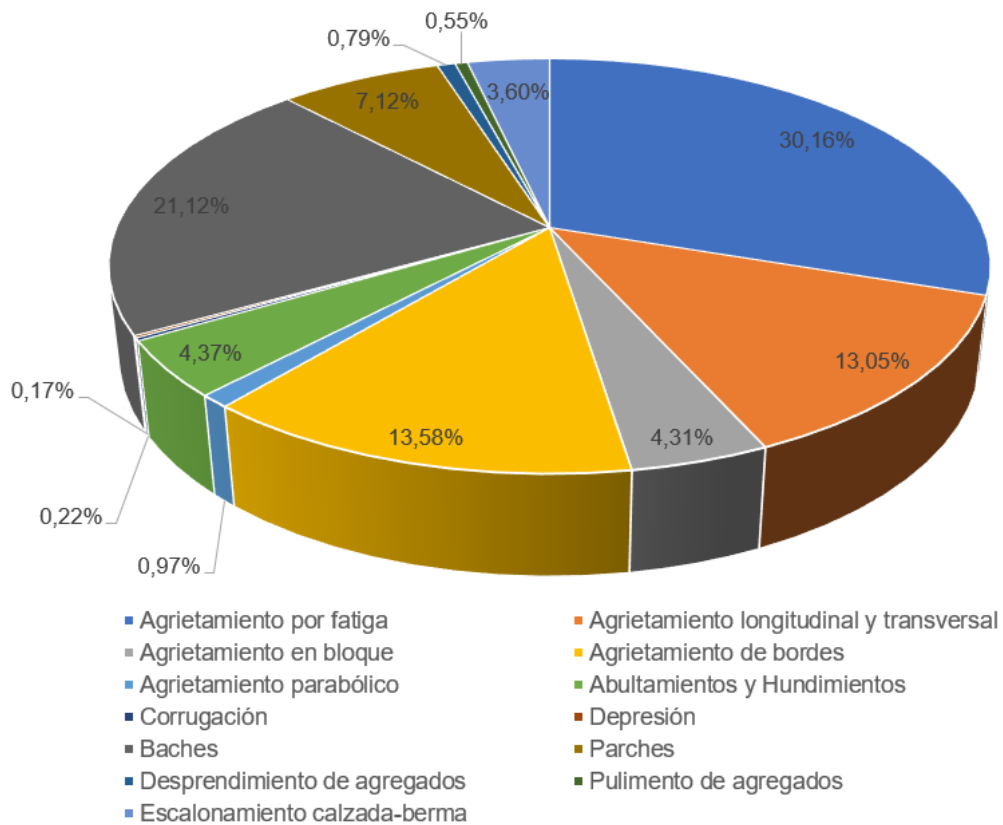


Ilustración 7: Porcentajes relativos de las fallas encontradas en la vía Laguna de Cuicocha - Parroquia Quiroga

Elaboración propia

En la gráfica mostrada anteriormente se identifican las fallas que tienen la mayor y menor incidencia en el pavimento de la vía en estudio. Al analizar los porcentajes de cada falla, se obtiene que las fallas con mayor nivel de afectación en la carretera son: el agrietamiento por fatiga con un valor de 30,16%, los baches con un valor de 21,12%, el agrietamiento de bordes con un valor de 13,58% y, el agrietamiento longitudinal y transversal con un valor de 13,05%.

Las fallas con menor afectación en el pavimento, es decir, con un valor inferior al 10% y superior al 1%, son: los parches con un valor de 7,12%, los abultamiento y hundimientos con un valor de 4,37%, el agrietamiento en bloque con un valor de 4,31% y el escalonamiento berma – calzada con un valor de 3,60%.

Finalmente, las fallas que presentan un nivel de incidencia casi nula, en este caso, con porcentajes menores al 1% son: el agrietamiento parabólico con un valor de 0,97%, el desprendimiento de agregados con un valor de 0,79%, el pulimento de agregados con un valor de 0,55%, la corrugación con un valor del 0,22% y la falla de depresión con un valor de 0,17%.

Existen varias fallas que no fueron identificadas a lo largo de la evaluación del pavimento, en las cuales se encuentran las siguientes: agrietamiento por reflexión de juntas, hinchamiento, ahuellamiento, desplazamiento, exudación.

Una vez realizado el análisis minucioso de los datos obtenidos en base a la metodología utilizada del PCI, se podrá obtener la calificación individual de cada muestra en todo el ancho de vía. Se presenta un cuadro de resumen por cada sección de pavimento:

Tabla 39: Valores de PCI y clasificación de cada unidad de muestra – Sección 1

UNIDAD MUESTRA	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	VALOR PCI	CALIFICACIÓN
U-1	0+000	0+035	55	REGULAR
U-2	0+531	0+566	44	REGULAR
U-3	1+062	1+097	49	REGULAR
U-4	1+593	1+628	53	REGULAR
U-5	2+124	2+159	27	MALO
U-6	2+655	2+690	39	MALO
U-7	3+186	3+221	30	MALO
U-8	3+717	3+752	13	MUY MALO
U-9	4+248	4+283	9	FALLADO
U-10	4+779	4+814	29	MALO
U-11	5+310	5+345	32	MALO
U-12	5+841	5+876	10	FALLADO
U-13	6+372	6+407	34	MALO
U-14	6+903	6+938	5	FALLADO
U-15	7+434	7+469	16	MUY MALO

Elaboración propia

Tabla 40: Valores de PCI y clasificación de cada unidad de muestra – Sección 2

UNIDAD MUESTRA	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	VALOR PCI	CALIFICACIÓN
U-16	7+500	7+532	45	REGULAR
U-17	7+689	7+721	18	MUY MALO
U-18	7+878	7+910	23	MUY MALO
U-19	8+067	8+099	46	REGULAR
U-20	8+256	8+288	59	BUENO
U-21	8+445	8+477	13	MUY MALO
U-22	8+634	8+666	20	MUY MALO
U-23	8+823	8+855	16	MUY MALO
U-24	9+012	9+044	51	REGULAR
U-25	9+201	9+233	10	FALLADO
U-26	9+390	9+422	0	FALLADO
U-27	9+579	9+611	0	FALLADO
U-28	9+768	9+800	0	FALLADO
U-29	9+957	9+989	0	FALLADO

Elaboración propia

En base a los datos obtenidos, se presenta un gráfico de calificaciones que muestra el estado general de las unidades de muestra que fueron evaluadas a lo largo de la vía en estudio.

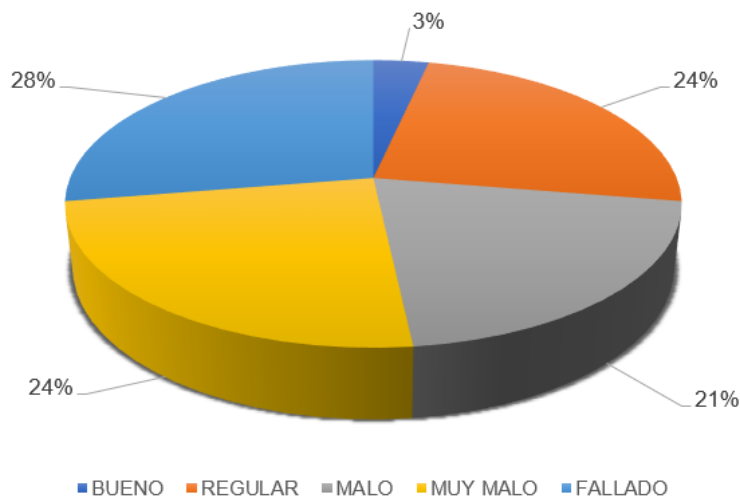


Ilustración 8: Estado de las unidades de muestra en base a su calificación de PCI

Elaboración propia

En la gráfica mostrada anteriormente, se identifica el estado general de la vía según los rangos calificativos del sistema PCI y se realiza un análisis evaluativo, dando como resultado un porcentaje mínimo de 3% de pavimento con calificación “Bueno”, un porcentaje de 24% con calificación “Regular”, un porcentaje de 21% con calificación “Malo”, un porcentaje de 24% con calificación “Muy malo” y finalmente un porcentaje de 28% con calificación “Fallado”.

Para obtener el PCI de la sección del pavimento, es decir, de la vía en estudio, se usa la ecuación definida en el apartado “DETERMINACIÓN DEL PCI DE LA SECCIÓN DE PAVIMENTO” y los valores mostrados en la Tabla 39 y Tabla 40.

- *Sección 1:*

$$\text{Área de la muestra} = 230,10 \text{ m}^2$$

$$PCI_s = PCI_r = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_{ri} \times A_{ri})}{\sum_{i=1}^n (A_{ri})}$$

$$PCI_{sección 1} = 30$$

Calificación : MALO

- Sección 2

$$\text{Área de la muestra} = 229,95 \text{ m}^2$$

$$PCI_s = PCI_r = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_{ri} \times A_{ri})}{\sum_{i=1}^n (A_{ri})}$$

$$PCI_{\text{sección 2}} = 22$$

Calificación : MUY MALO

En la Sección 1, se identifica un valor de PCI de 30, que es un indicador calificativo “Malo” del estado de la vía, mientras que en la Sección 2, se identifica un valor de PCI de 22, considerado como un pavimento “Muy Malo”. Ambas secciones presentan los rangos calificativos más bajos y considerables del sistema evaluativo del PCI.

CAPÍTULO 7

7. PROPUESTA DE MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA LAGUNA DE CUICOCHA – PARROQUIA QUIROGA

Debido a que los valores de PCI de la Sección 1 y Sección 2 son de 30 y 22 respectivamente, se establece en la Tabla 32 que el pavimento necesita un mantenimiento de tipo mayor de carácter correctivo; y una de las actividades consideradas para este tipo de mantenimiento es la remoción por fresado.

Este tipo de mantenimiento es el más óptimo y adecuado para el tipo de vía, la misma que presenta una gran cantidad de fallas, y para que el pavimento, con la nueva carpeta asfáltica pueda resistir las cargas actuales de tráfico pesado y las previstas a futuro. Al ejecutar esta intervención no se presentarán interrupciones de circulación del tráfico.

Antes de comenzar con la remoción de la capa de rodadura y parte de la capa base granular (en algunos casos), es necesario realizar la limpieza de la superficie mediante barrido o soplado. Posteriormente a esto, se realizará el fresado de 10 centímetros de profundidad a lo largo de los 10 kilómetros completos de la vía. Esta acción tiene como finalidad tratar de resolver todas las fallas encontradas en campo, las cuales mantenían profundidades entre 1 y 5 centímetros; por esta razón se consideran 10 centímetros de espesor de fresado, para solventar todos los problemas de la capa de rodadura, ya que la capa base no presenta fallas estructurales, según el informe del Gobierno Provincial de Imbabura del año 2020.

Se hace un recordatorio que el sentido de vía utilizado en esta disertación es: Laguna de Cuicocha – Parroquia Quiroga, siendo el kilómetro 0+000 el punto inicial. Con esta aclaración, se identifica a la Tabla 34, en la cual se muestran los espesores de carpeta asfáltica cada dos kilómetros.

En la zona de la abscisa 0+200, se encontró un espesor de carpeta asfáltica de 2,80 centímetros. Al implementar el mantenimiento propuesto, se fresarán 2,80 centímetros de carpeta asfáltica y el restante de 7,20 centímetros se fresarán de capa base granular.

En la zona de la abscisa 2+200, se encontró un espesor de carpeta asfáltica de 3,0 centímetros. En este caso se fresarán 3,0 centímetros de carpeta asfáltica y el restante de 7,0 centímetros se fresarán de capa base granular.

En la zona de la abscisa 4+200, se encontró un espesor de carpeta asfáltica de 5,5 centímetros. En este caso se fresarán 5,5 centímetros de carpeta asfáltica y el restante de 4,5 centímetros se fresarán de capa base granular.

En la zona de la abscisa 6+200, se encontró un espesor de carpeta asfáltica de 5,0 centímetros. En este caso se fresarán 5,0 centímetros de carpeta asfáltica y el restante de 5,0 centímetros se fresarán de capa base granular.

En la zona de la abscisa 8+200, se encontró un espesor de carpeta asfáltica de 11,0 centímetros. En este caso se fresarán 10,0 centímetros de carpeta asfáltica y el restante sin fresar será de 1,0 centímetro.

En la zona de la abscisa 10+000, se encontró un espesor de carpeta asfáltica de 10,10 centímetros. En este caso se fresarán 10,0 centímetros de carpeta asfáltica y el restante sin fresar será de 0,10 centímetros.

La actividad de fresado puede realizarse en varias remociones de capas hasta alcanzar el espesor especificado anteriormente, y teniendo en cuenta de mantener una superficie nivelada, homogénea y sin daños o fracturas de las capas.

Una vez ejecutada la remoción por fresado de todo el volumen especificado, el material que ha sido removido se estabilizará con emulsión asfáltica y de esta forma se obtendrá una capa base estabilizada, la cual mejorará las características del paquete estructural del

pavimento, tanto a cargas como a defectos mismo del pavimento. Esta capa base estabilizada deberá estar conformada en toda la longitud y ancho de vía.

Una vez conformada la capa base estabilizada con emulsión asfáltica, se deberán colocar dos pulgadas de carpeta asfáltica nueva mezclada en caliente en planta, y al igual que lo mencionado anteriormente, esta debe colocarse en todo el ancho de la vía, de cuneta a cuneta y en toda su longitud de 10 kilómetros.

Los trabajos de fresado no deberán producir daños a elementos, estructuras cercanas, o algún otro tipo de objeto que pueda ser deteriorado o causar daño alguno. Con esta observación se deberá tomar todas las precauciones posibles dentro del desarrollo de las actividades de mantenimiento vial.

CAPÍTULO 8

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES

- En base a una primera evaluación visual, anterior a la inspección de fallas, se pudo comprobar que la vía mantiene un tipo de mantenimiento de baja calidad e insuficientemente óptimo para las condiciones que presenta el pavimento. Este mantenimiento actual cuenta con una gran cantidad de huecos que han sido “bacheados” con adoquines, lo cual ha generado deficiencias en la capa de rodadura, debido a que no es una reparación adecuada para este tipo de fallas.
- Utilizada la metodología PCI, se puede concluir que son tres las fallas con mayor incidencia en el deterioro del pavimento flexible, siendo estas: el agrietamiento por fatiga con 30,16% de afectación, los baches con 21,12% de afectación, el agrietamiento de bordes con 13,58% de afectación y, por último, el agrietamiento longitudinal y transversal con 13,05% de afectación.
- El agrietamiento por fatiga, en su mayoría, es de nivel de severidad alta en el cual presenta una gran cantidad de desprendimientos, lo que ha sido causado por el envejecimiento en áreas donde existen cargas repetitivas de tráfico pesado. Este tipo de falla necesita un mejoramiento de la capa base, debido a que en la superficie de esta capa se presentan los esfuerzos y deformaciones máximas por la acción del tráfico.
- Los huecos o baches son la segunda falla con mayor porcentaje de afectación, estos presentan hasta 5 centímetros de profundidad y alcanzan un diámetro promedio hasta de un metro. Debido a que las lluvias son recurrentes en el sector, el mayor factor de deterioro de los baches ha sido el empozamiento de agua y por otra parte el ineficiente e incorrecto tipo

de mantenimiento de los mismos, lo que ha generado el avance e incremento de deterioro en cuanto a sus tamaños, profundidades y alrededores.

- El agrietamiento de bordes es bastante considerable a simple vista a lo largo de toda la vía. Los bordes del pavimento presentan remoción total de material asfáltico, lo cual ha generado que la vegetación conserve su acción destructiva; esto debido a la falta de drenaje en este sector del pavimento. Esto también ha generado la reducción del ancho efectivo de la calzada a lo largo de la vía.
- El agrietamiento longitudinal y transversal presenta los tres niveles de severidad, lo que podría convertirse fácilmente en agrietamientos por fatiga, debido a las razones mencionadas anteriormente para esa falla.
- Los parches presentan un valor mínimo de 7,12%, pero es importante aclarar que estas correcciones no han sido implementadas de forma adecuada, debido a que se presentan en áreas aledañas a otro tipo de falla y no se ha considerado que esta puede afectar a la propagación del deterioro del parche.
- El pavimento, en general se encuentra en un mal estado. Los porcentajes de PCI más considerables con calificaciones bajas son: “Malo” con 21%, “Muy malo” con 24% y “Fallado” con 28%. Con estos resultados se concluye que casi el 75% de las unidades de muestreo presentan baja condición calificativa del pavimento, por lo que es necesario un mantenimiento vial de tipo mayor.
- Una vez más se comprueba que el pavimento no se encuentra en un estado óptimo de seguridad y comodidad para el usuario, ya que la Sección 1 presenta una calificación “Malo”, mientras que la Sección 2 presenta una calificación de “Muy Malo”. Ambas secciones presentan los rangos calificativos más bajos del sistema PCI.

- En síntesis, se puede concluir que en esta vía no se ha realizado un mantenimiento de tipo preventivo y/o rutinario, por lo que el sistema de drenaje se encuentra obstruido por vegetación, así como también los taludes laterales mantienen vegetación que llegan hasta la zona de circulación, generando inseguridad para los usuarios. Por otra parte, la vegetación también ha afectado a un gran porcentaje de los bordes del pavimento.
- La falta de señalización vertical y horizontal ha disminuido la calidad de operación del pavimento al ser este bastante concurrido por el turismo. Con la falta de señalética, es difícil diferenciar cuál es el recorrido correcto de la vía.
- Según el informe por parte del Gobierno Provincial de Imbabura, se concluye que debajo de la carpeta asfáltica se encuentra presente una capa base granular de aproximadamente 20 centímetros de espesor y que dicha base no presenta fallas estructurales a lo largo de los 10 kilómetros de vía. Además, las fallas han sido generadas con los efectos del clima y por la infiltración de agua debido a que la carpeta asfáltica no cubre al ancho de la vía en su totalidad.
- La vía Laguna de Cuicocha – Parroquia Quiroga, en su mayoría, no presenta fallas que hayan afectado a las capas subyacentes del pavimento. La reconstrucción por fresado no ocasiona ningún tipo de cambio o daños en las capas del pavimento como las bases o sub bases.
- El fresado de la vía y conformación de una nueva carpeta asfáltica, se considera como el mantenimiento ideal para la vía, ya que esta presenta una gran cantidad de fallas y con profundidades que pueden llegar a ser de nivel medio – alto. Finalmente, la conformación de la nueva carpeta asfáltica podrá resistir las solicitaciones de cargas actuales de tráfico pesado y las previstas a futuro.

8.2. RECOMENDACIONES

- Después de haber realizado la evaluación de la vía, un plan de mantenimiento es totalmente exigente para la condición que se encuentra actualmente el pavimento; caso contrario, si no se implementan medidas correctivas a tiempo, la calidad de funcionamiento y operatividad del pavimento podría empeorar y de esta forma requerir un tipo de mantenimiento de reconstrucción total del mismo por las fallas que generarían un mayor impacto a futuro.
- En función a los daños y anomalías presentes fuera del pavimento como tal, pero que inciden en su correcto funcionamiento y operación, se recomienda un urgente mantenimiento de tipo menor, específicamente de carácter rutinario, y de esta forma lograr el control del incremento de vegetación con la remoción de la misma, de los extremos de la vía, en los bordes del pavimento y las obstrucciones que se presentan en el sistema de drenaje.
- Por otra parte, se recomienda la implementación total de señalización horizontal y vertical, para mejor calidad de conducción para los usuarios, así como el control y previo aviso de cambios de sentido o ubicación correcta de carril de circulación. Es necesario pintar la división de carriles y calzada con materiales que garanticen su duración. Por otro lado, no existe ningún tipo de señales de tránsito, las cuales también deberían ser implementadas.
- Finalmente, se recomienda poner en acción la propuesta de mantenimiento para el pavimento flexible que fue descrita en el capítulo anterior, ya que se considera que es la más óptima para el tipo de fallas presentes y la condición actual del pavimento. Se recomienda al Gobierno Provincial de Imbabura que tome en cuenta la siguiente propuesta y se realice las gestiones en las entidades pertinente para que pueda un presupuesto para el mantenimiento de la vía pueda ser asignado.

9. BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO. (1993). *Guide for Design Pavement Structures*. Washington, D.C., U.S.A: American Association of State Highway and Transportation Officials. Obtenido de <https://habib00ugm.files.wordpress.com/2010/05/aashto1993.pdf>
- Agudelo Ospina, J. J. (2002). *Diseño Geométrico de Vías Ajustado al Manual Colombiano*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín, Medellín, Colombia. Obtenido de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/disec3b1o-geomc3a9trico-de-vc3adas-john-jairo-agudelo.pdf>
- ASTM International. (2003). *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*. U.S.A: American Society for Testing and Materials. Obtenido de <https://pages.mtu.edu/~balkire/CE5403/ASTMD6433.pdf>
- Barrera, J. (2020). *Informe Técnico del Estado Actual de la Vía Quiroga – Cuicocha Provincia de Imbabura*. Quito, Ecuador: Laboratorio de Materiales PROSERTECONS.
- CAF. (2010). *Mantenimiento vial. Informe sectorial*. Corporación Andina de Fomento. Obtenido de www.caf.com/publicaciones
- Cárdenas Grisales, J. (2013). *Diseño geométrico de carreteras* (Segunda ed.). Bogotá: Ecoe Ediciones. Obtenido de <https://tiposdetecnologia.online/wp-content/uploads/2020/10/Dise%C3%B1o-geom%C3%A9trico-de-carreteras-2da-Edici%C3%B3n-James-C%C3%A1rdenas-Grisales.pdf>
- Chiquito Ortega, P. (2013). *Estudios de Factibilidad y Diseños Definitivos de la Vía Laurel-Junquillal con una Longitud de 10.30 Km en el Cantón Salitre de la Provincia del Guayas*. Cantón Salitre: Gobierno Provincial del Guayas. Obtenido de <https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/bajarArchivo.cpe?Archivo=aPtxiJU5sseWCgcKR9BRBKOCIwnmicgVkk8WP9L7Iqs>,
- Chocontá Rojas, P. A. (2004). *Diseño Geométrico de Vías* (Segunda ed.). Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Google Earth. (s.f.). *Ubicación geográfica de la vía Quiroga-Laguna de Cuicocha*. Obtenido de <https://earth.google.com/web/@0.27427991,-78.30568504,2631.50907393a,16205.3962472d,30y,0h,0t,0r>
- Higuera Sandoval, C. H. (2010). *Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos de carreteras. Principios fundamentales, el tránsito, factores climáticos y geotecnia vial* (Vol. I). Tunja, Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Obtenido de <https://bibliotecavirtual.puce.edu.ec/reader/nociones-sobre-metodos-de-diseno-de-estructuras-de-pavimentos-para-carreteras-carlos-hernando-higuera-sandoval-1606484669?location=6>
- INAMHI. (s.f.). *Red de Estaciones Automáticas Hidrometeorológicas*. Obtenido de <http://186.42.174.236/InamhiEmas/>
- INVIAS. (2008). *Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras* (Segunda ed.). Bogotá, Colombia.

- INVIAS. (2008). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*.
- INVIAS, & UNAL - Sede Bogotá. (2006). *Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles*. Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/manuales-de-inspeccion-de-obras/974-manual-para-la-inspeccion-visual-de-pavimentos-flexibles/file>
- Jugo Burguera, A. (2005). *Manual de Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos Flexibles*. Caracas, Venezuela.
- Mayer 97 Ingenieros Asociados, C.A. (2009). *Manual de Evaluación de Pavimentos*. Venezuela: Instituto Venezolano del Asfalto (INVEAS). Obtenido de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-evaluacion1.pdf>
- Menéndez Acurio, J. R. (2009). *Ingeniería de Pavimento. Materiales, Diseño y Conservación* (Primera ed.). Lima, Perú: Fondo Editorial. Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Ministerio de Transportes y Obras Públicas. (2018). *Reglamento Ley Sistema Infraestructura Vial del Transporte Terrestre*. Quito: MTOP. Obtenido de https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-10/LOTAIP_8_REGLAMENTO-LEY-ORGANICA-SISTEMA-INFRAESTRUCTURA-VIAL-DEL-TRANSPORTE.pdf
- Moncayo, J. (1980). *Manual de Pavimentos* (Primera ed.). D.F., México: Compañía Editorial Continental S.A.
- Montejo Fonseca, A. (2006). *Ingeniería de Pavimentos. Evaluación estructural, obras de mejoramiento y nuevas tecnologías* (Tercera ed., Vol. II). Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia.
- Montejo Fonseca, A. (2006). *Ingeniería de Pavimentos. Fundamentos, estudios básicos y diseño* (Tercera ed., Vol. I). Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia.
- MOPC. (1990). *Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación (Catálogo de Fallas)*. República Dominicana. Obtenido de <https://www.mopc.gob.do/media/2335/sistema-identificaci%C3%B3n-fallas.pdf>
- MTOP. (2003). *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras y de Caminos Vecinales*. Quito, Ecuador: Ministerio de Transportes y Obras Públicas.
- MTOP NEVI-12. (2013). *Norma para Estudios y Diseños Viales* (Vol. III). Quito, Ecuador: Ministerio de Transportes y Obras Públicas.
- MTOP NEVI-12. (2013). *Norma para Estudios y Diseños Viales* (Vol. IIA). Quito, Ecuador: Ministerio de Transportes y Obras Públicas. Obtenido de https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf
- MTOP NEVI-12. (2013). *Norma para Estudios y Diseños Viales* (Vol. IIB). Quito, Ecuador: Ministerio de Transportes y Obras Públicas. Obtenido de <https://fdocuments.ec/document/volumen-2b-1.html>

- Olivera Bustamante, F. (1996). *Estructuración de vías terrestres* (Segunda ed.). México: Grupo Editorial Patria. Obtenido de https://www.academia.edu/29812819/Estructuracion_de_vias_terrestres_Fernando_Olivera_Bustamante
- Rodríguez González, R. A. (2011). *Modelo de Gestión de Conservación Vial para reducir los costos de Mantenimiento Vial y Operación Vehicular en los Caminos Rurales de las Poblaciones de Riobamba, San Luis, Punín, Flores, Cebadas de la Provincia de Chimborazo*. (Tesis de Maestría). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/2199>
- Rodríguez Velásquez, E. D. (2009). *Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla*. (Tesis de Pregrado). Universidad de Piura, Piura, Perú. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1350/ICI_180.pdf
- Rondón Quintana, H. A. (2016). *Pavimentos: materiales, construcción y diseño*. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones. Obtenido de <https://elibro.puce.elogim.com/es/ereader/puce/70435?page=541>
- Shahin, M. Y. (2005). *Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots* (Segunda ed.). New York, U.S.A: Springer.
- U.S. Army Construction Engineering Research Laboratories. (1997). *PAVER Asphalt Distress Manual. Pavement Distress Identification Guide for Asphalt-Surfaced Roads and Parking Lots*. Vicksburg, MS, U.S.A: USACPW. U.S. Army Center for Public Works. Obtenido de <https://erdc-library.erdcdren.mil/jspui/bitstream/11681/19526/1/CERL-TR-97-104.pdf>
- Vásquez Valera, L. R. (2002). *Pavement Condition Index (PCI) para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras*. Manizales, Colombia: Ingepav. Ingeniería de Pavimentos. Obtenido de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>

10. ANEXOS

ANEXO A: CURVAS DE VALORES DEDUCIDOS PARA PAVIMENTO FLEXIBLE

a. AGRIETAMIENTO POR FATIGA

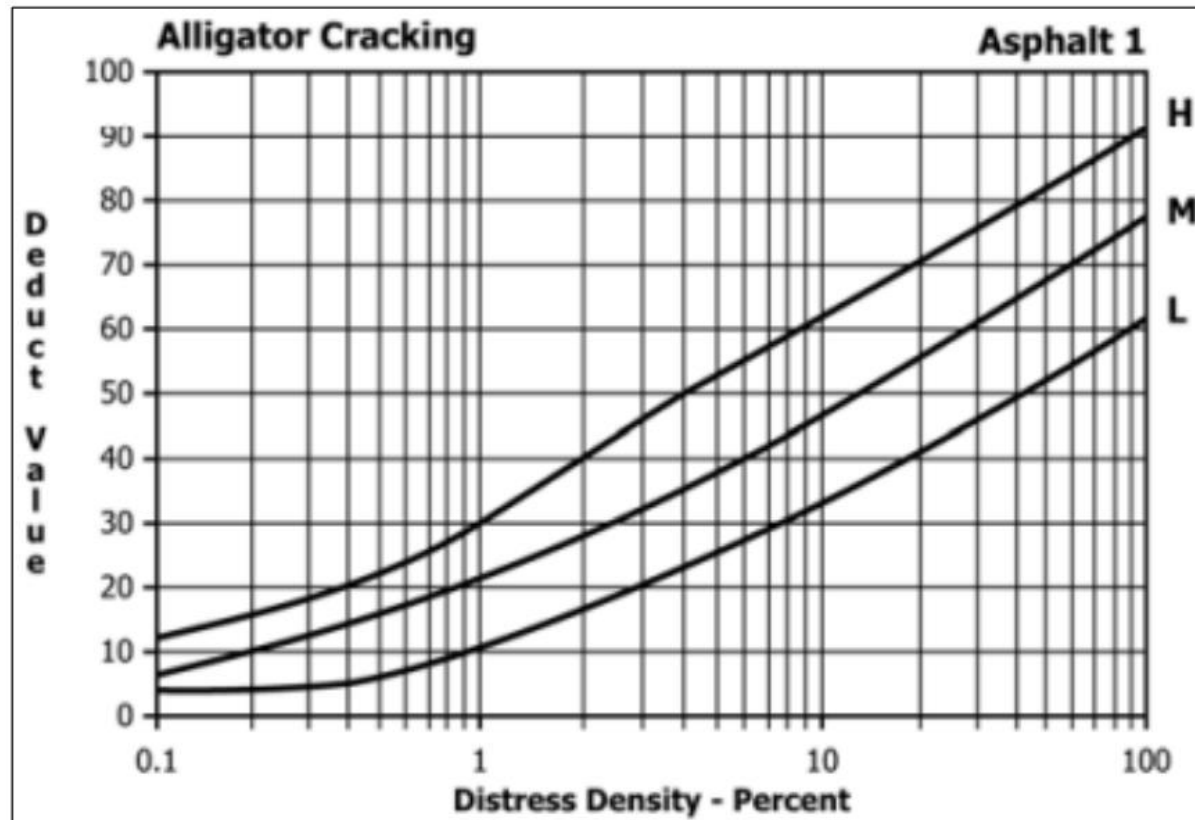


Ilustración 9: Valores deducidos para Agrietamiento por fatiga

Fuente: ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03)

b. AGRIETAMIENTO LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL

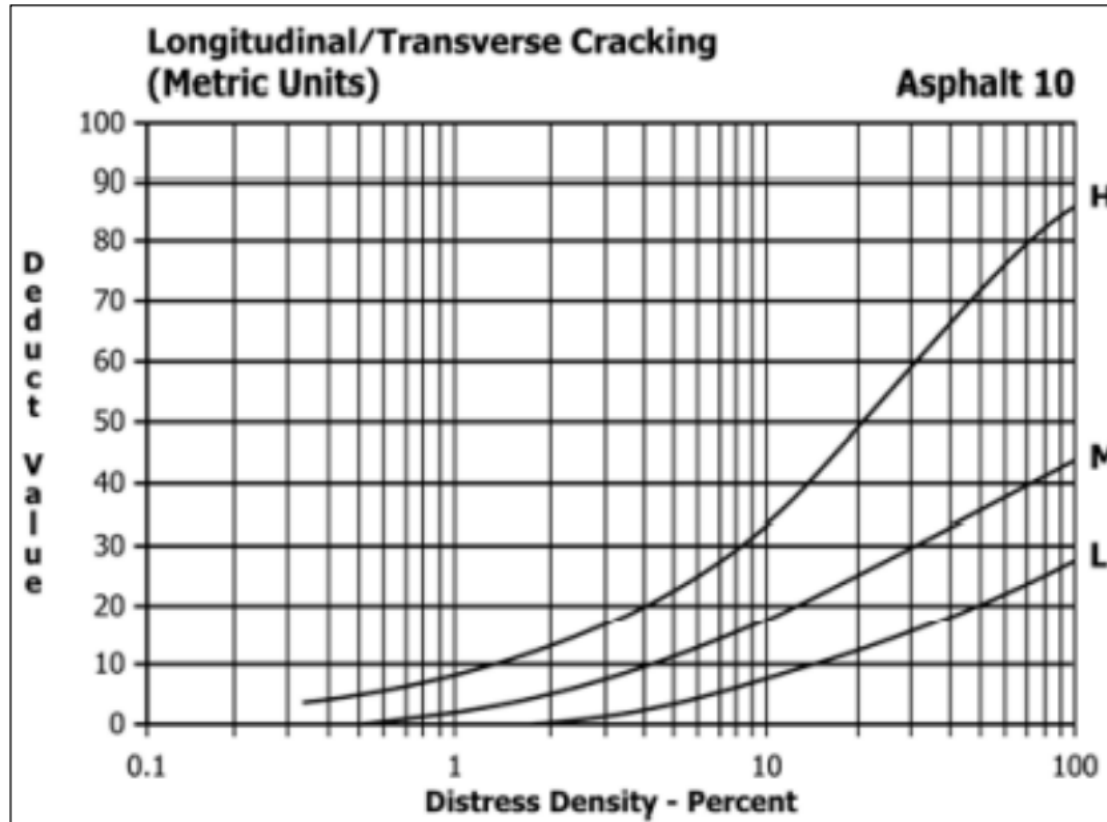


Ilustración 10: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal

Fuente: ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03)

c. AGRIETAMIENTO EN BLOQUE

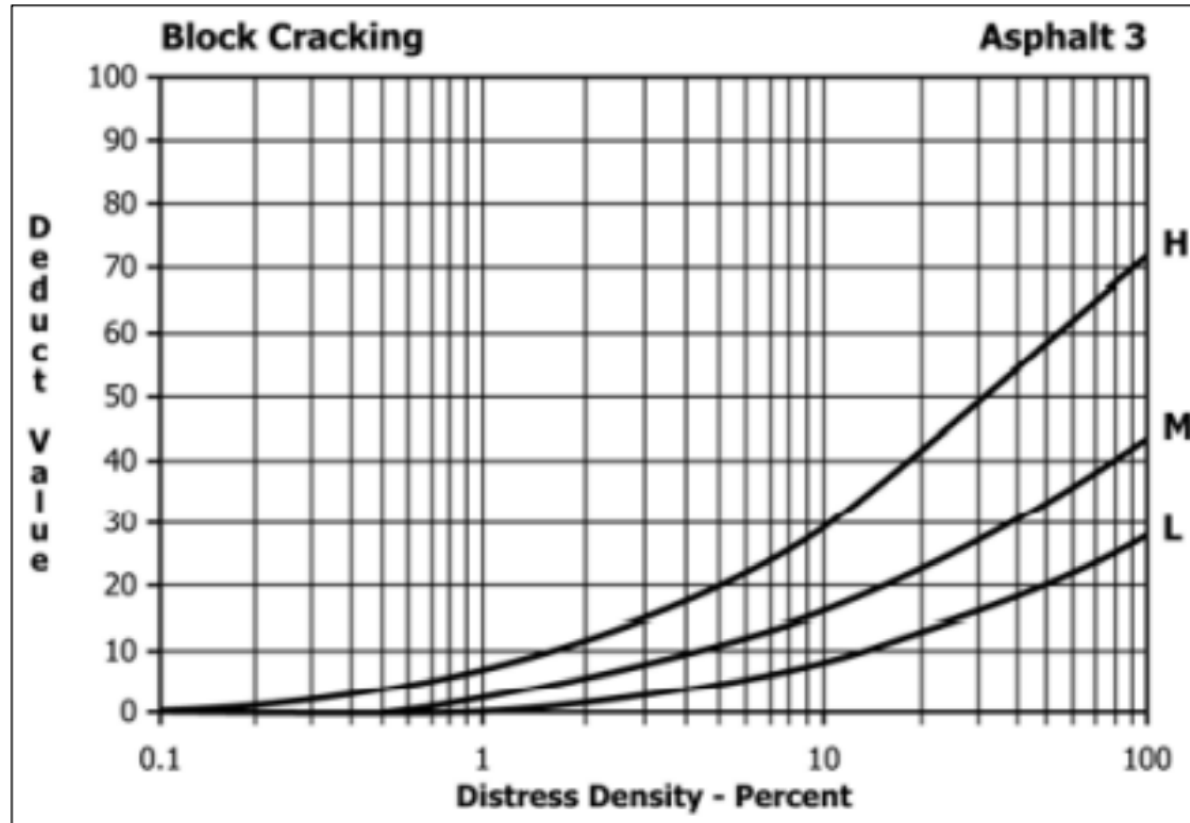


Ilustración 11: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal

Fuente: ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03)

d. AGRIETAMIENTO DE BORDES

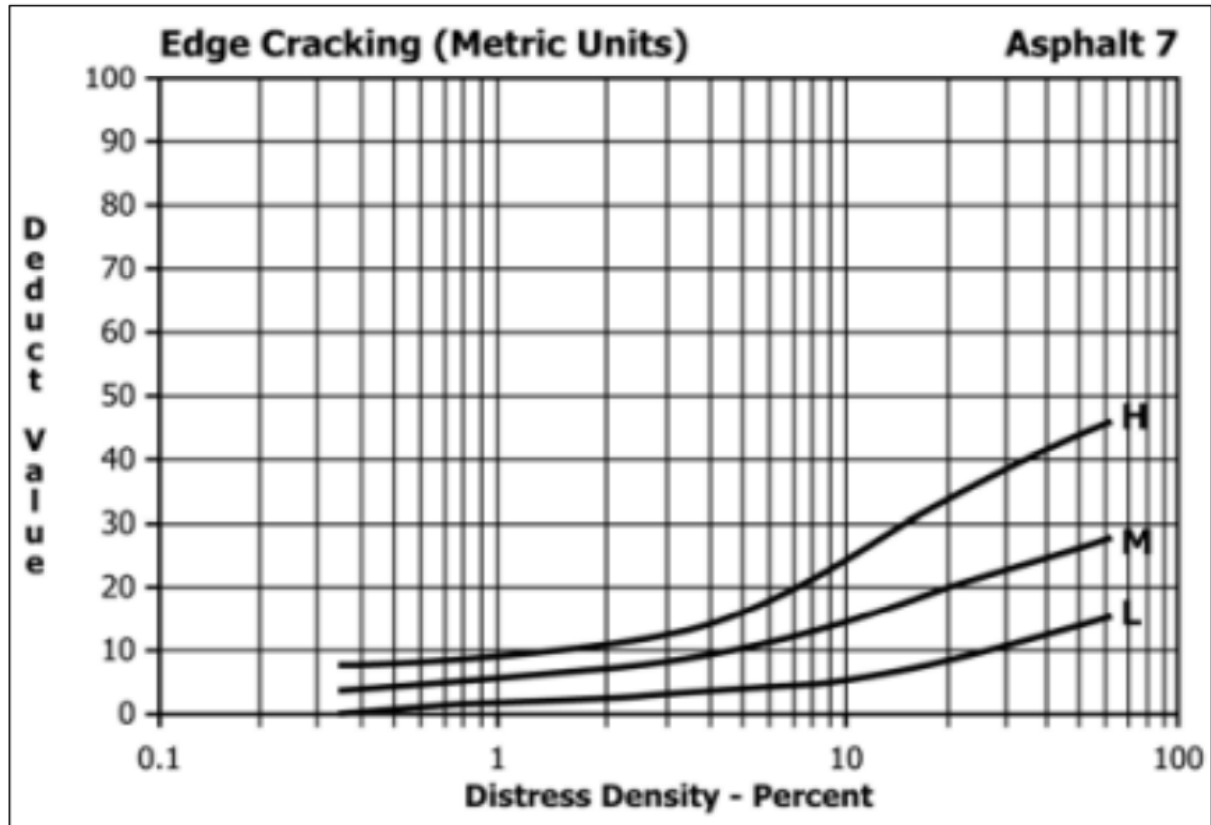


Ilustración 12: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal

Fuente: ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03)

e. AGRIETAMIENTO POR REFLEXIÓN EN JUNTAS

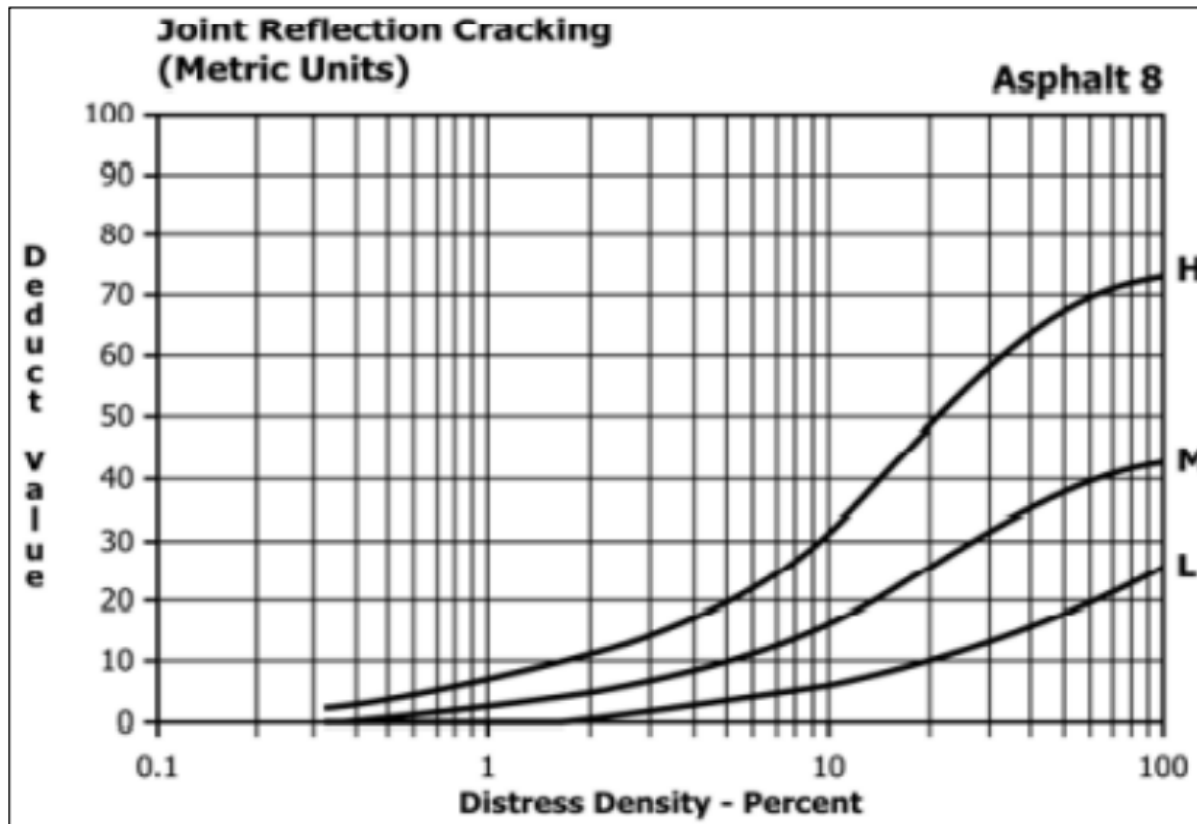


Ilustración 13: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal

Fuente: ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03)

f. AGRIETAMIENTO PARABÓLICO

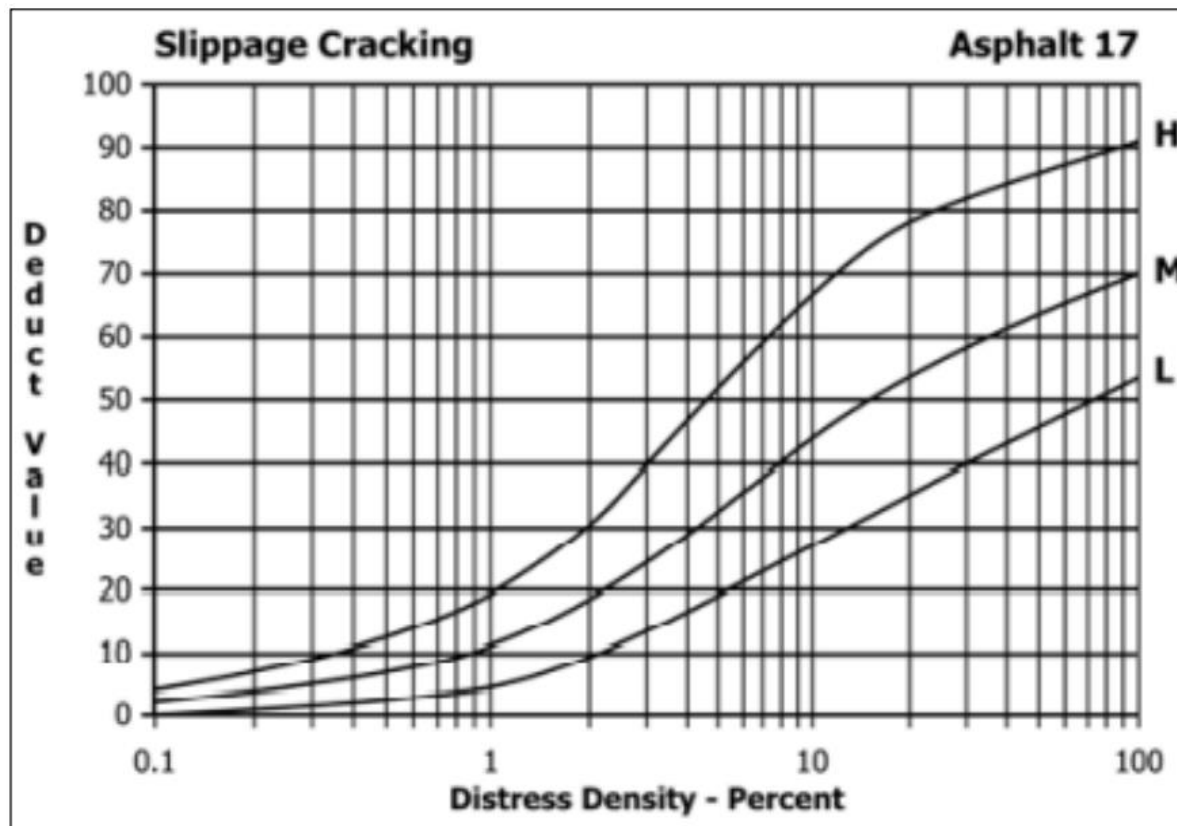


Ilustración 14: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal

Fuente: ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03)

g. DESNIVELES LOCALIZADOS (ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS)

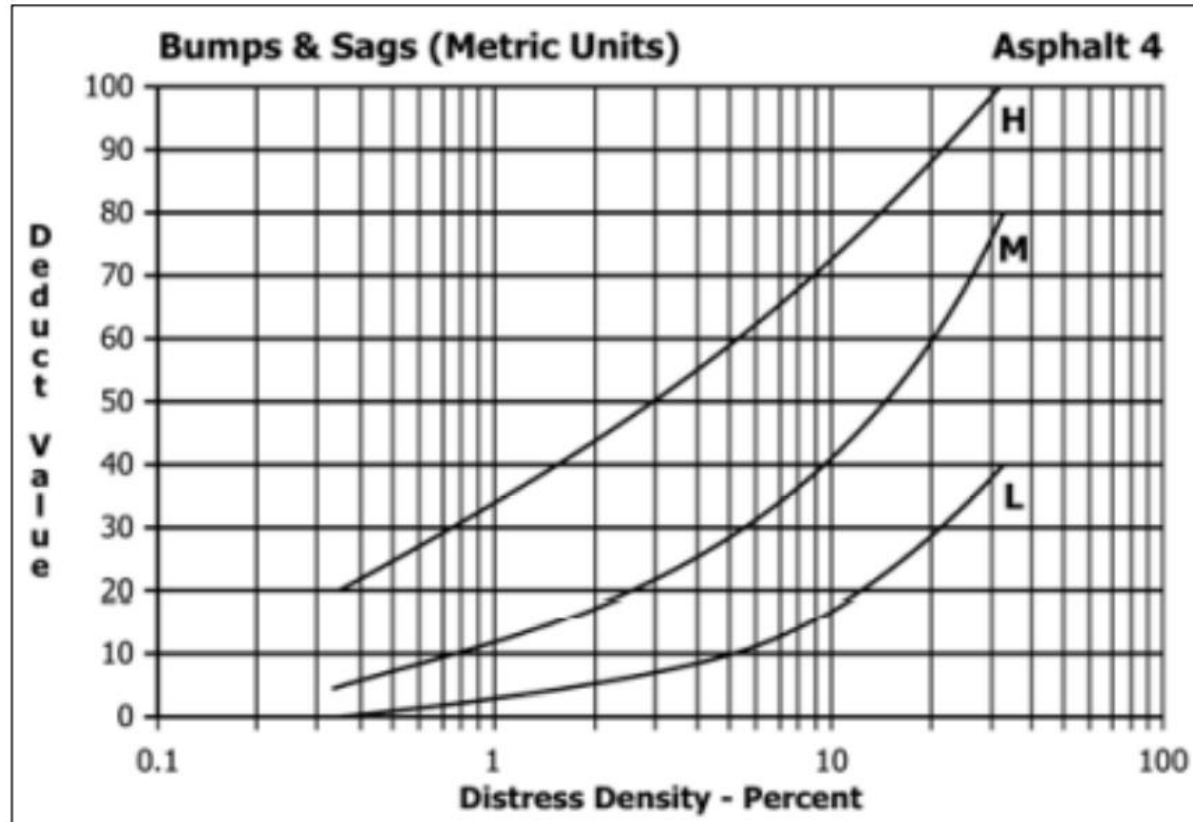


Ilustración 15: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal

Fuente: ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03)

h. CORRUGACIÓN

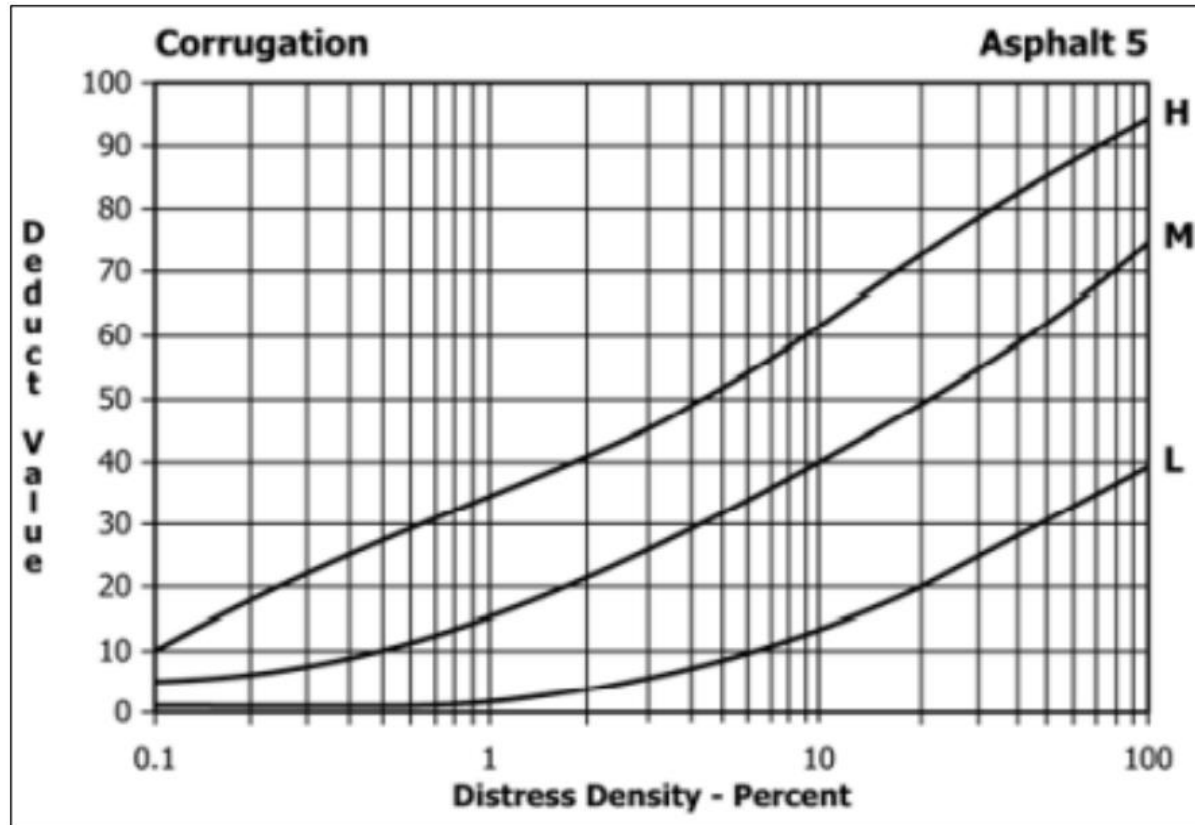


Ilustración 16: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal

Fuente: ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03)

i. HINCHAMIENTO

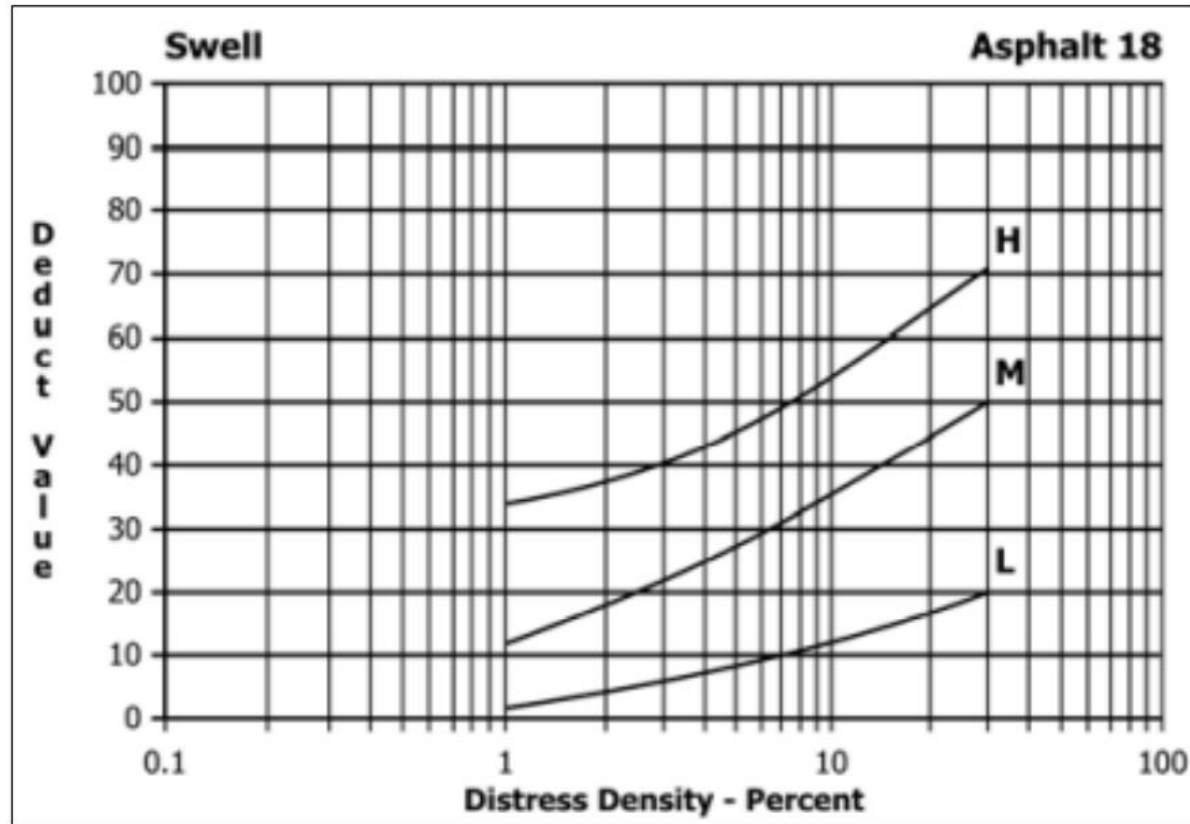


Ilustración 17: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal

Fuente: ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03)

j. *DEPRESIÓN*

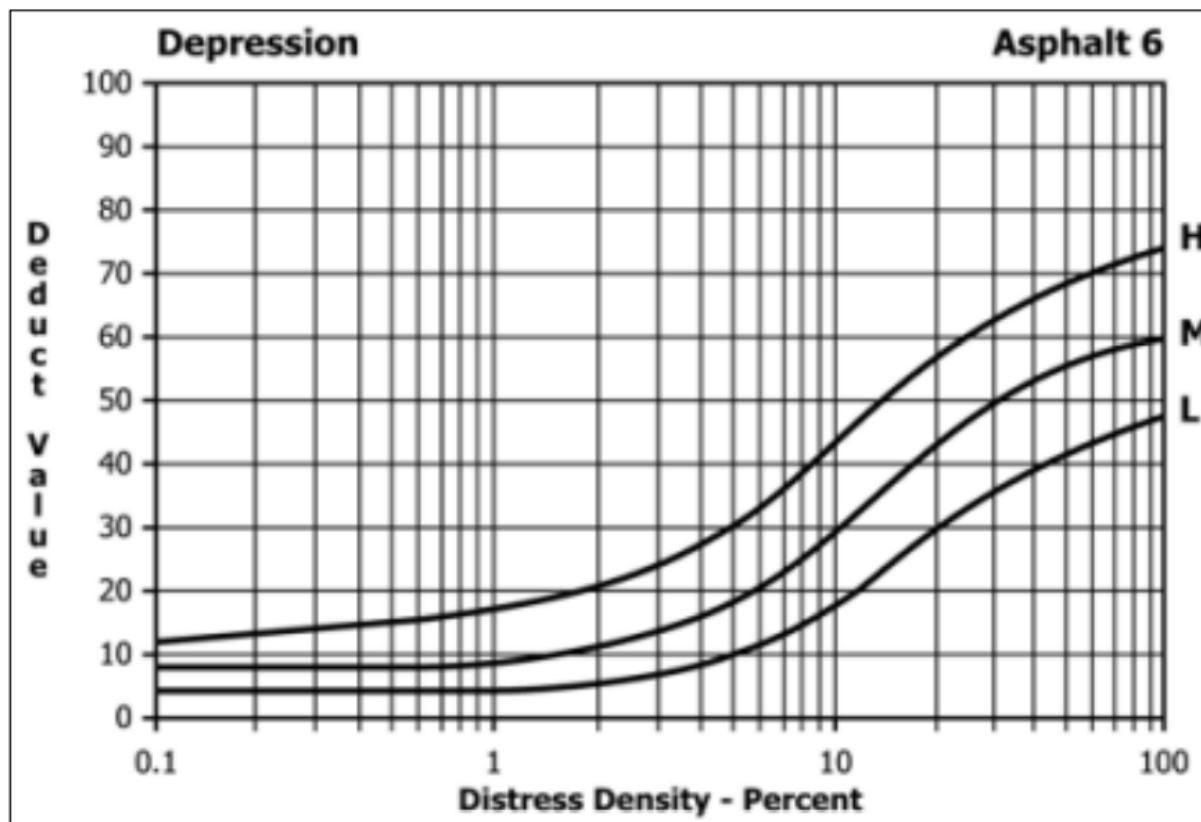


Ilustración 18: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal

Fuente: ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03)

k. AHUELLAMIENTO

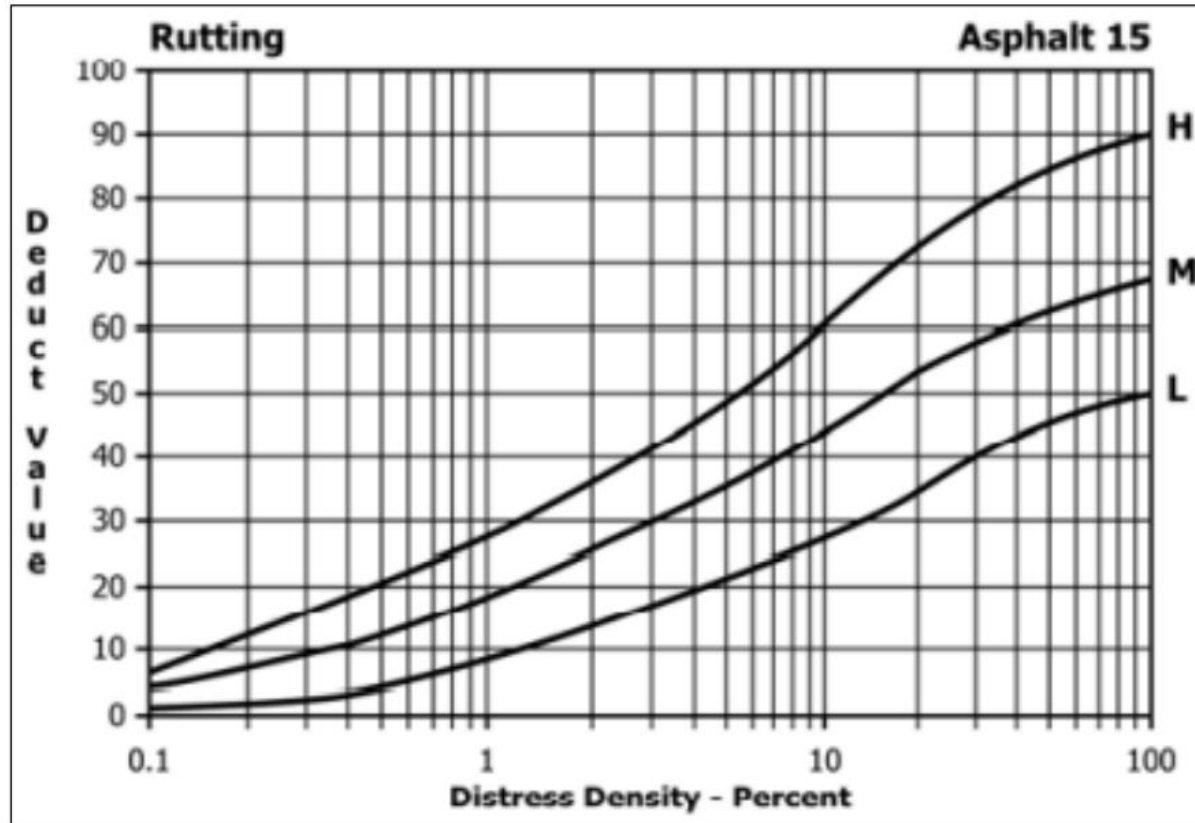


Ilustración 19: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal

Fuente: ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03)

1. DESPLAZAMIENTO

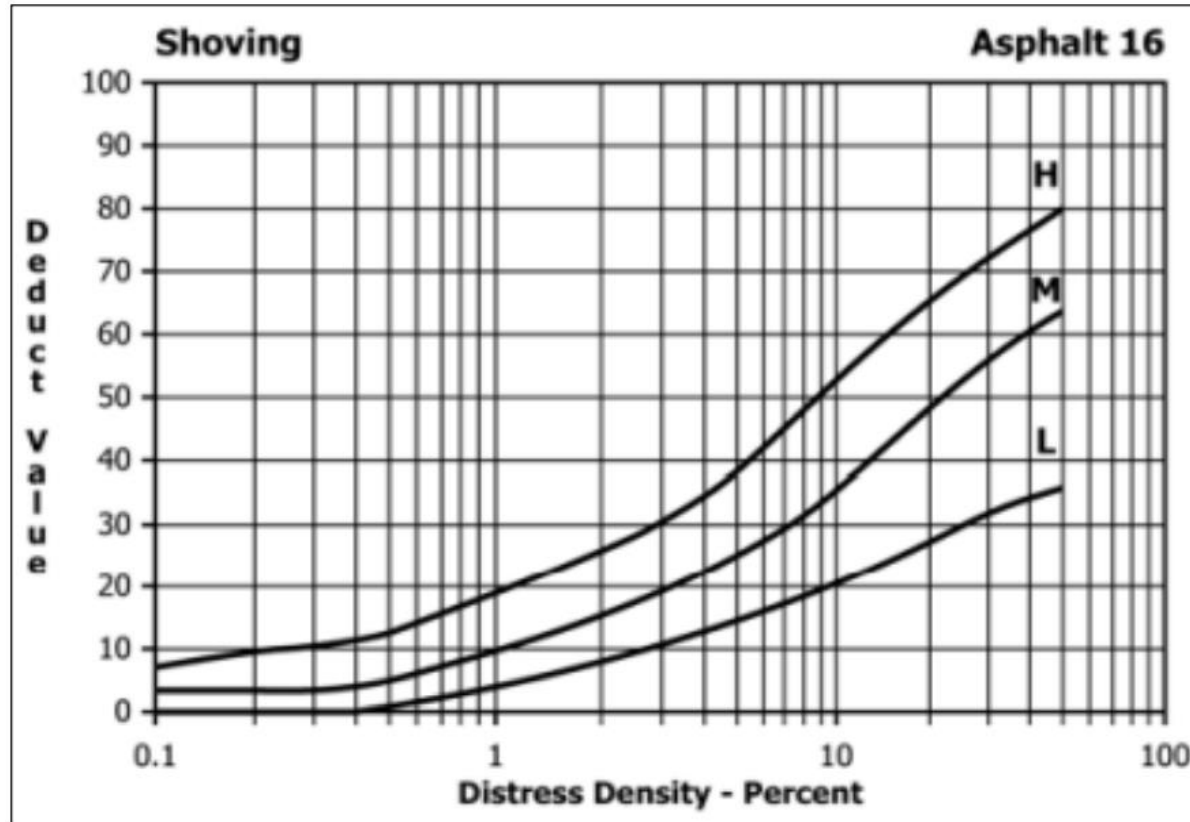


Ilustración 20: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal

Fuente: ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03)

m. BACHES

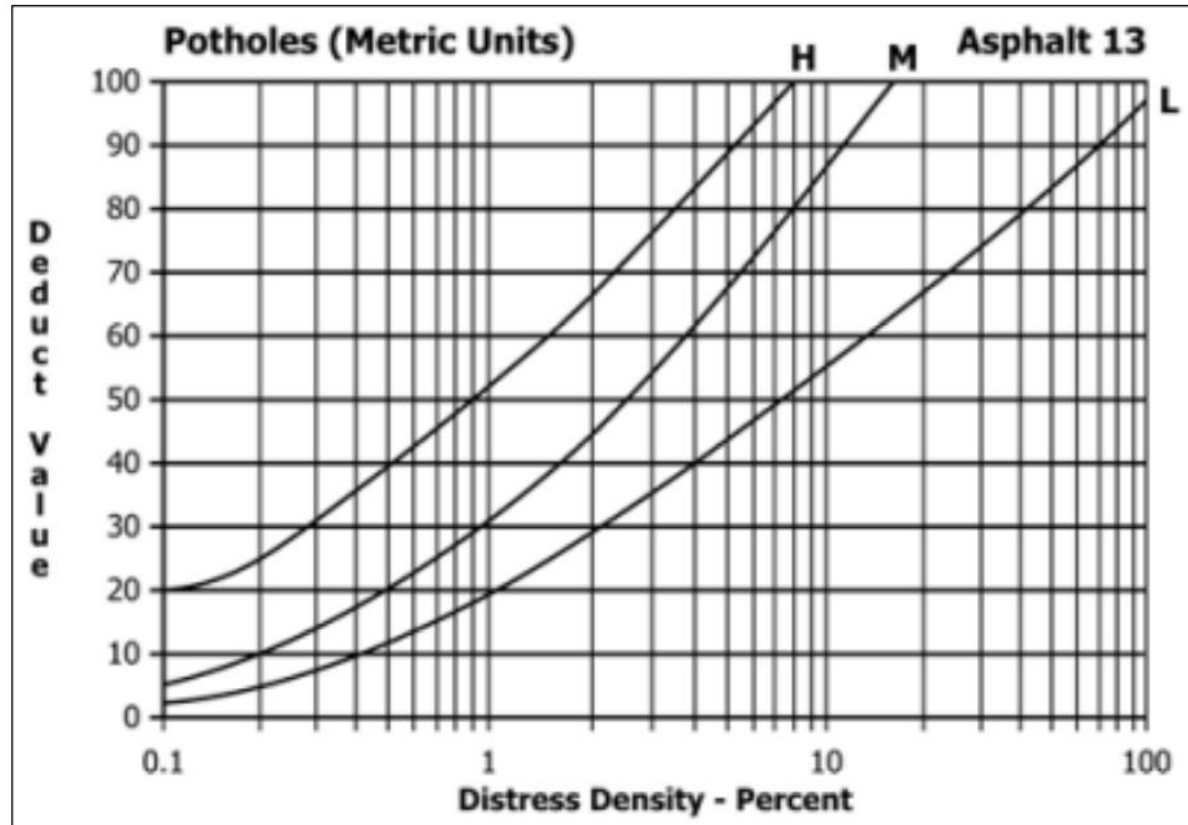


Ilustración 21: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal

Fuente: ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03)

n. *PARCHES Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS PÚBLICOS*

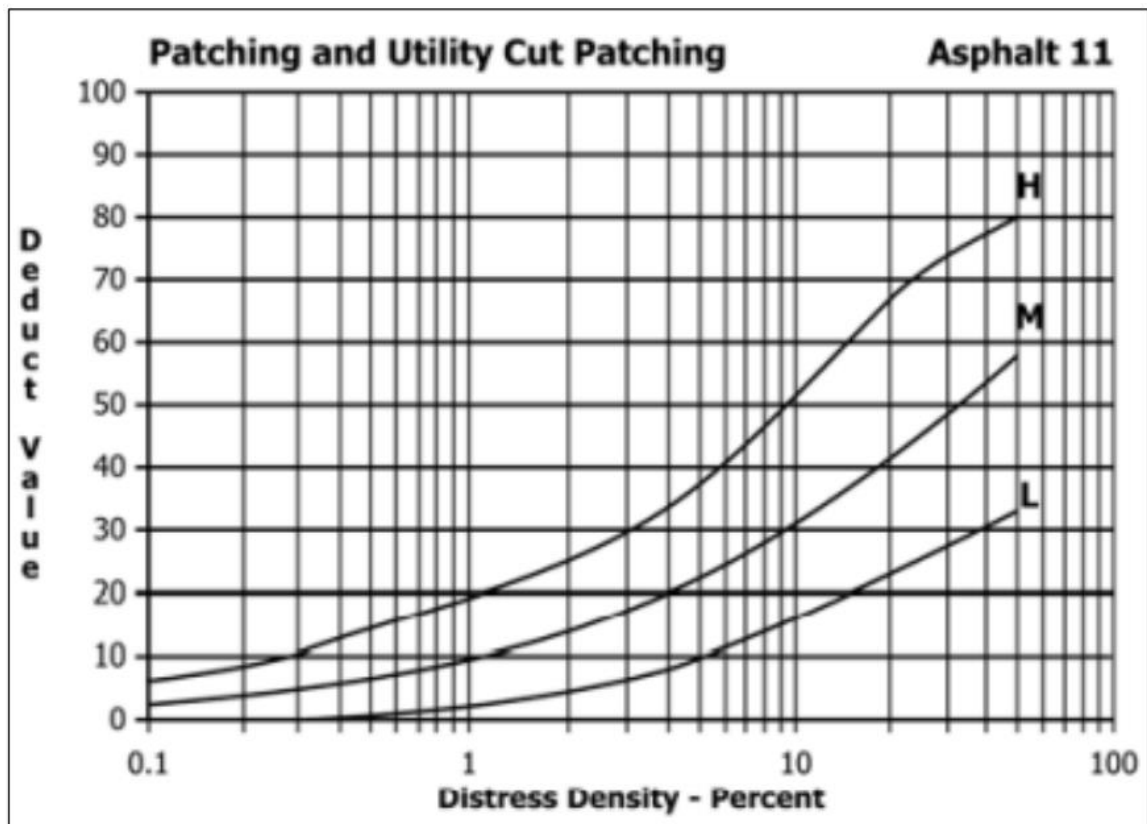


Ilustración 22: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal

Fuente: ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03)

o. PELADURA POR INTEMPERISMO Y DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS

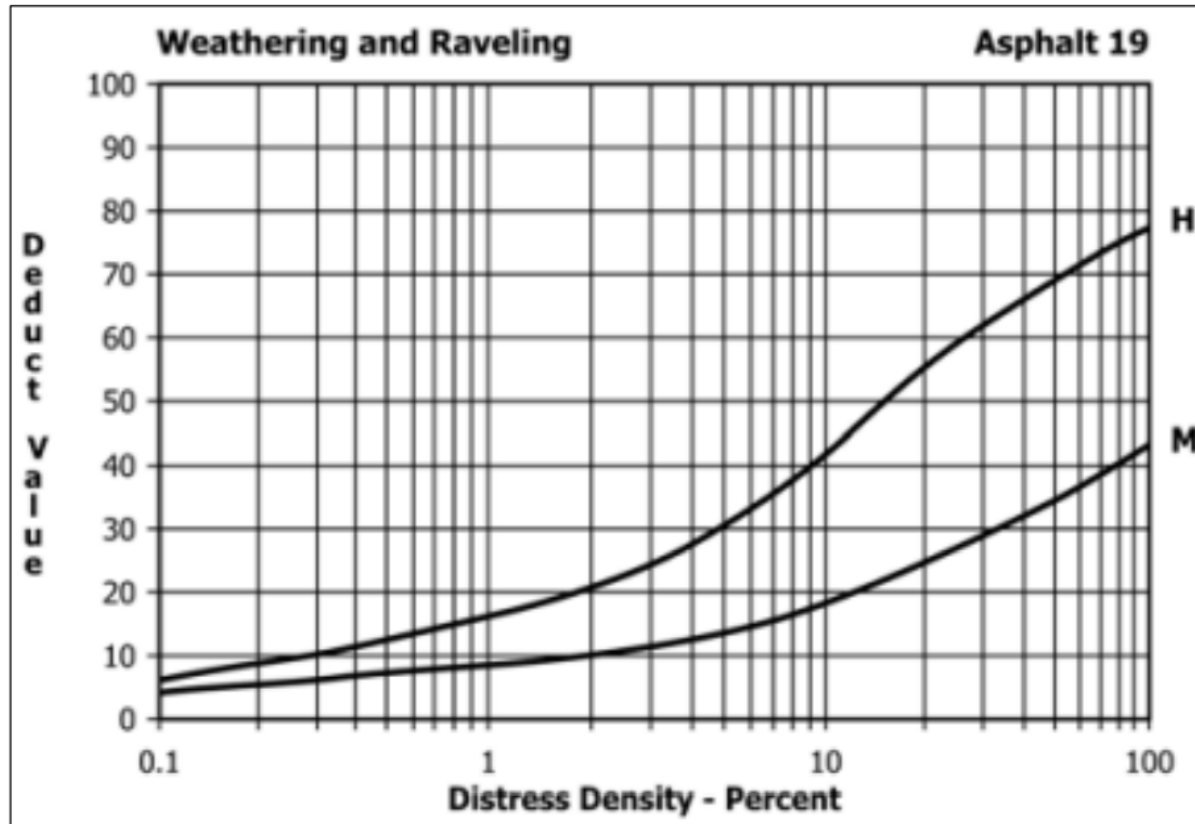


Ilustración 23: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal

Fuente: ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03)

p. PULIMENTO DE AGREGADOS

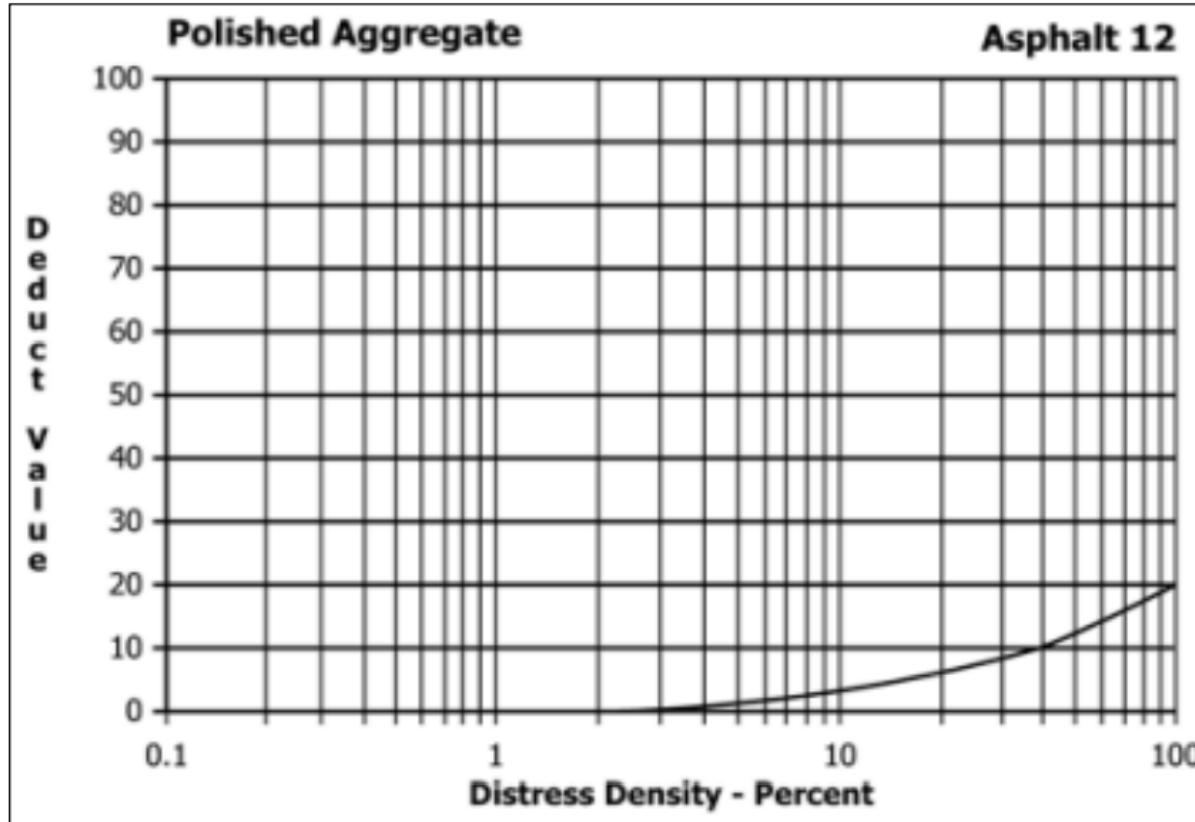


Ilustración 24: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal

Fuente: ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03)

q. EXUDACIÓN

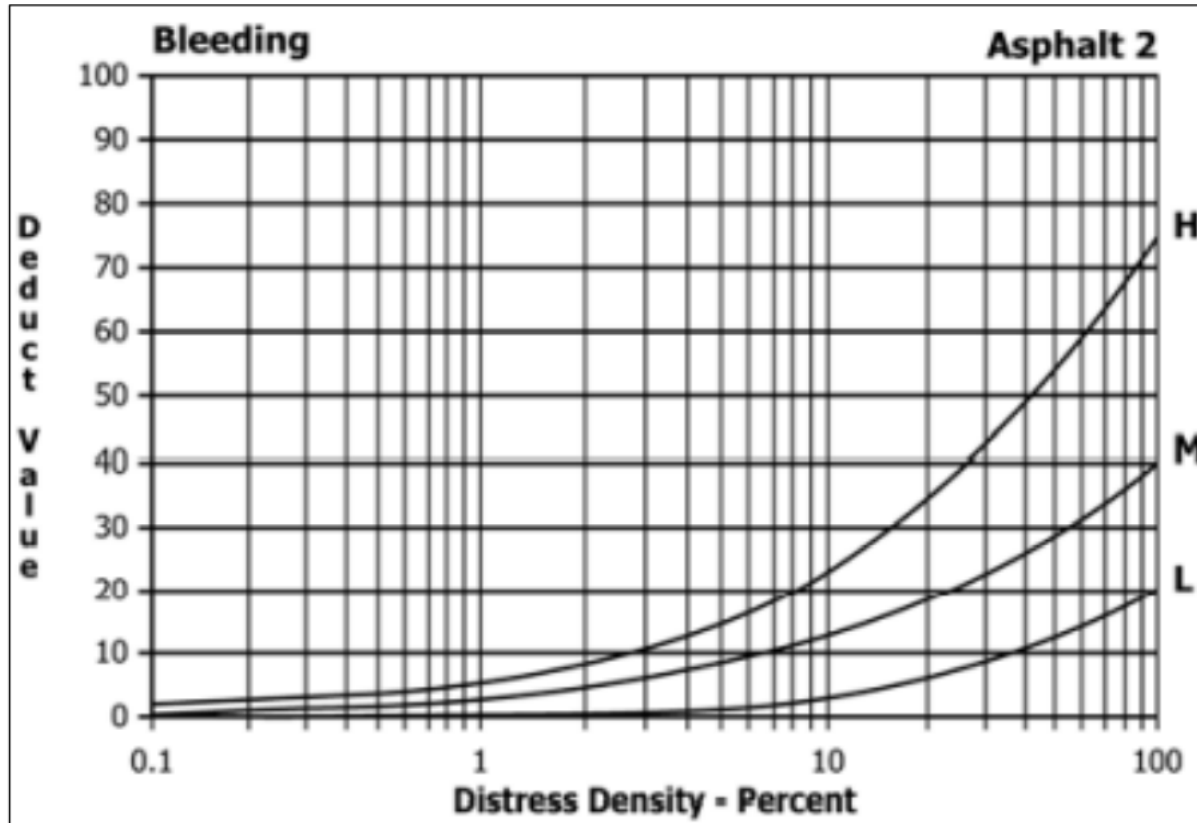


Ilustración 25: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal

Fuente: ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03)

r. ESCALONAMIENTO ENTRE CALZADA Y BERMA

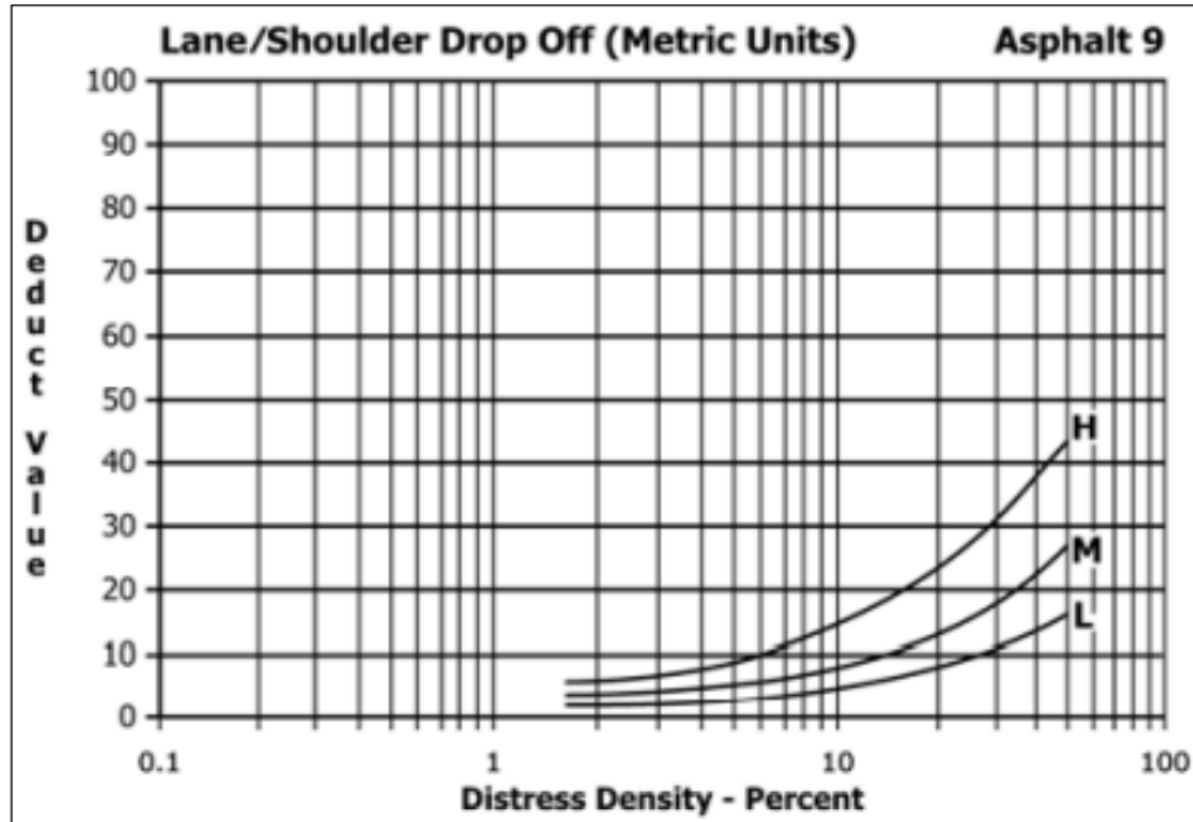


Ilustración 26: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal

Fuente: ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03)

s. CRUCE DE LÍNEA FÉRREA

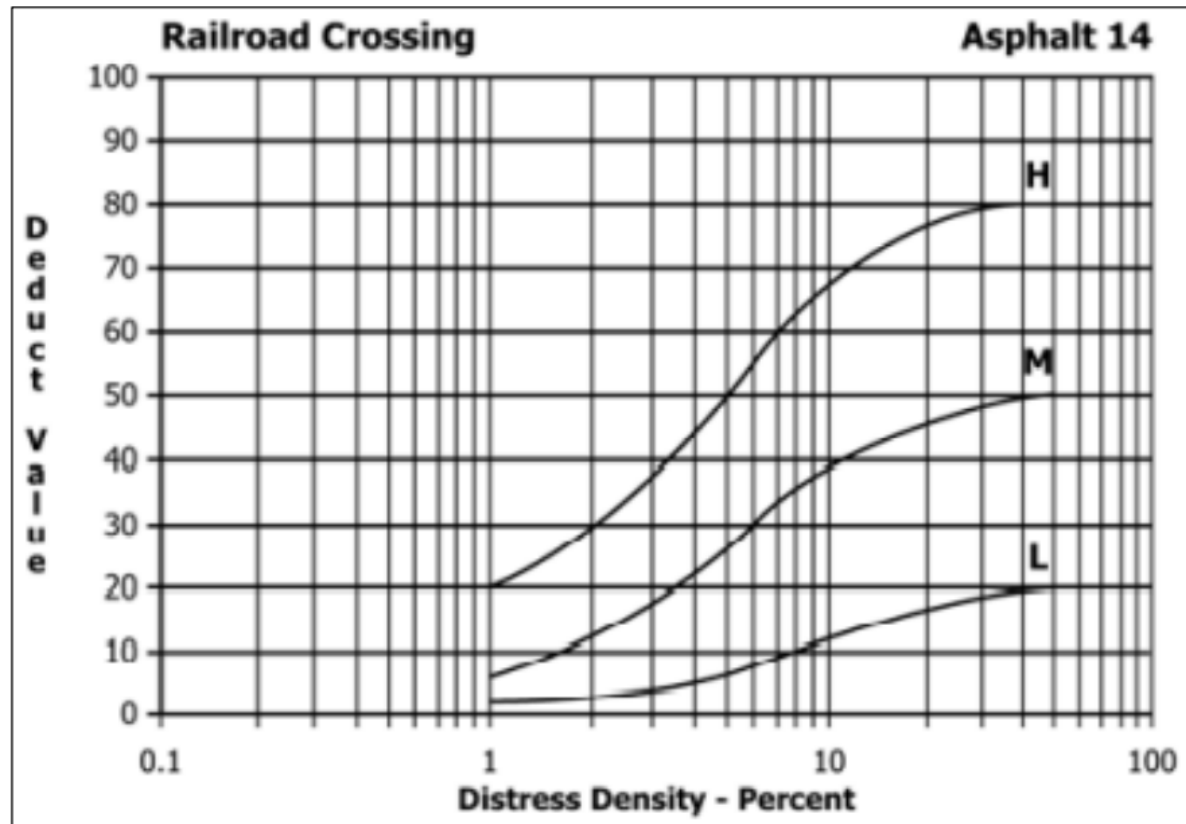


Ilustración 27: Valores deducidos para Agrietamiento longitudinal y transversal

Fuente: ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03)

ANEXO B: CURVAS DE VALORES DEDUCIDOS CORREGIDOS

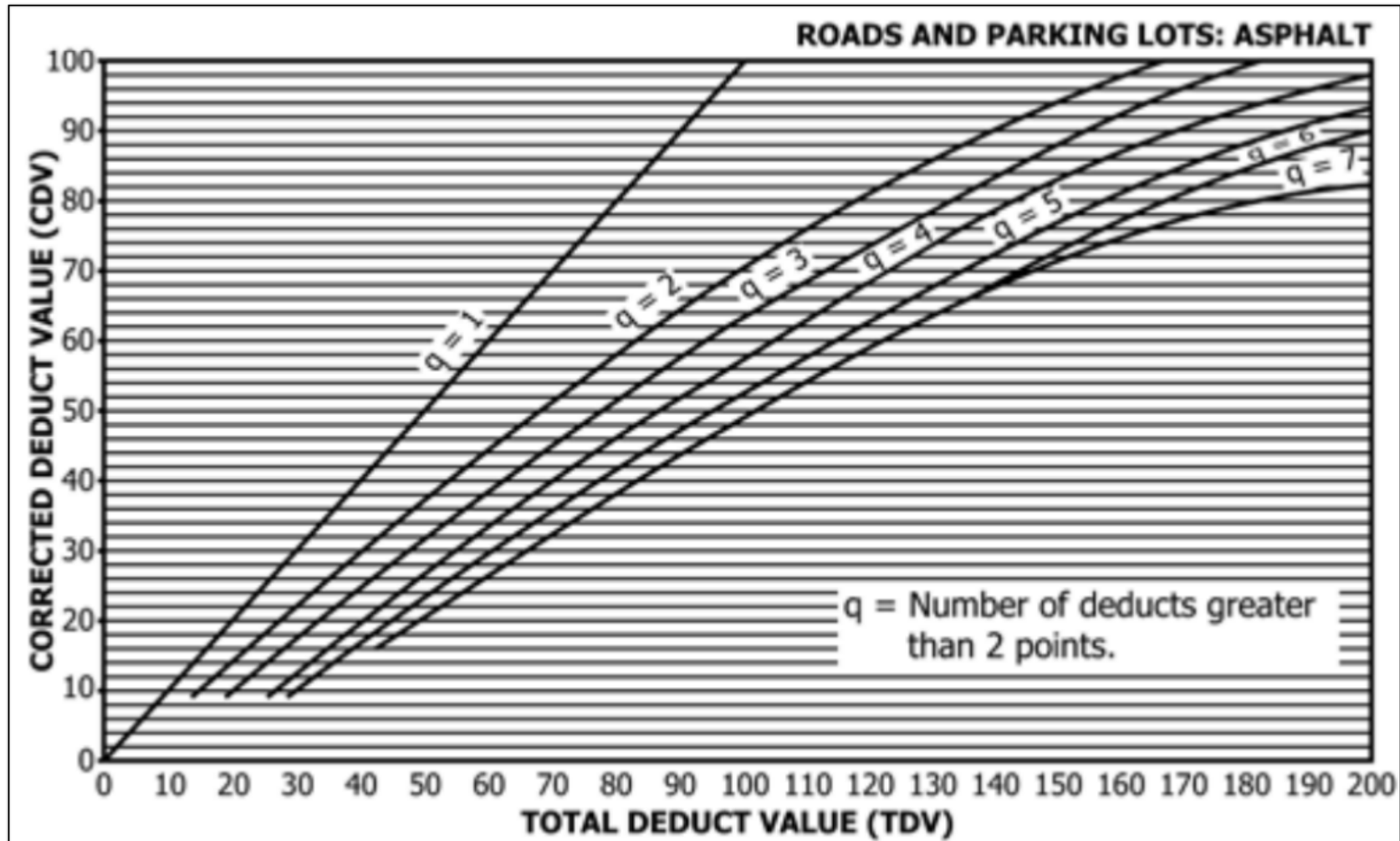


Ilustración 28: Valores deducidos corregidos

Fuente: ASTM International. *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys* (ASTM D6433-03)

**ANEXO C: DISTANCIAS A RECORRER POR CADA UNIDAD DE MUESTRA
(ABSCISADO)**

Tabla 41: Abscisado de unidades de muestra - Sección 1

N° TOTAL DE MUESTRAS	UNIDAD DE MUESTRA	ABS. INICIAL	ABS. FINAL
1	U-1	0+000	0+035
2		0+035	0+071
3		0+071	0+106
4		0+106	0+142
5		0+142	0+177
6		0+177	0+212
7		0+212	0+248
8		0+248	0+283
9		0+283	0+319
10		0+319	0+354
11		0+354	0+389
12		0+389	0+425
13		0+425	0+460
14		0+460	0+496
15		0+496	0+531
16	U-2	0+531	0+566
17		0+566	0+602
18		0+602	0+637
19		0+637	0+673
20		0+673	0+708
21		0+708	0+743
22		0+743	0+779
23		0+779	0+814
24		0+814	0+850
25		0+850	0+885
26		0+885	0+920
27		0+920	0+956
28		0+956	0+991
29		0+991	1+027
30		1+027	1+062
31	U-3	1+062	1+097
32		1+097	1+133
33		1+133	1+168
34		1+168	1+204
35		1+204	1+239
36		1+239	1+274
37		1+274	1+310
38		1+310	1+345
39		1+345	1+381

40		1+381	1+416
41		1+416	1+451
42		1+451	1+487
43		1+487	1+522
44		1+522	1+558
45		1+558	1+593
46	U-4	1+593	1+628
47		1+628	1+664
48		1+664	1+699
49		1+699	1+735
50		1+735	1+770
51		1+770	1+805
52		1+805	1+841
53		1+841	1+876
54		1+876	1+912
55		1+912	1+947
56		1+947	1+982
57		1+982	2+018
58		2+018	2+053
59		2+053	2+089
60		2+089	2+124
61	U-5	2+124	2+159
62		2+159	2+195
63		2+195	2+230
64		2+230	2+266
65		2+266	2+301
66		2+301	2+336
67		2+336	2+372
68		2+372	2+407
69		2+407	2+443
70		2+443	2+478
71		2+478	2+513
72		2+513	2+549
73		2+549	2+584
74		2+584	2+620
75		2+620	2+655
76	U-6	2+655	2+690
77		2+690	2+726
78		2+726	2+761
79		2+761	2+797
80		2+797	2+832
81		2+832	2+867
82		2+867	2+903
83		2+903	2+938
84		2+938	2+974
85		2+974	3+009

86		3+009	3+044
87		3+044	3+080
88		3+080	3+115
89		3+115	3+151
90		3+151	3+186
91	U-7	3+186	3+221
92		3+221	3+257
93		3+257	3+292
94		3+292	3+328
95		3+328	3+363
96		3+363	3+398
97		3+398	3+434
98		3+434	3+469
99		3+469	3+505
100		3+505	3+540
101		3+540	3+575
102		3+575	3+611
103		3+611	3+646
104		3+646	3+682
105		3+682	3+717
106	U-8	3+717	3+752
107		3+752	3+788
108		3+788	3+823
109		3+823	3+859
110		3+859	3+894
111		3+894	3+929
112		3+929	3+965
113		3+965	4+000
114		4+000	4+036
115		4+036	4+071
116		4+071	4+106
117		4+106	4+142
118		4+142	4+177
119		4+177	4+213
120		4+213	4+248
121	U-9	4+248	4+283
122		4+283	4+319
123		4+319	4+354
124		4+354	4+390
125		4+390	4+425
126		4+425	4+460
127		4+460	4+496
128		4+496	4+531
129		4+531	4+567
130		4+567	4+602
131		4+602	4+637

132		4+637	4+673
133		4+673	4+708
134		4+708	4+744
135		4+744	4+779
136	U-10	4+779	4+814
137		4+814	4+850
138		4+850	4+885
139		4+885	4+921
140		4+921	4+956
141		4+956	4+991
142		4+991	5+027
143		5+027	5+062
144		5+062	5+098
145		5+098	5+133
146		5+133	5+168
147		5+168	5+204
148		5+204	5+239
149		5+239	5+275
150		5+275	5+310
151	U-11	5+310	5+345
152		5+345	5+381
153		5+381	5+416
154		5+416	5+452
155		5+452	5+487
156		5+487	5+522
157		5+522	5+558
158		5+558	5+593
159		5+593	5+629
160		5+629	5+664
161		5+664	5+699
162		5+699	5+735
163		5+735	5+770
164		5+770	5+806
165		5+806	5+841
166	U-12	5+841	5+876
167		5+876	5+912
168		5+912	5+947
169		5+947	5+983
170		5+983	6+018
171		6+018	6+053
172		6+053	6+089
173		6+089	6+124
174		6+124	6+160
175		6+160	6+195
176		6+195	6+230
177		6+230	6+266

178		6+266	6+301
179		6+301	6+337
180		6+337	6+372
181	U-13	6+372	6+407
182		6+407	6+443
183		6+443	6+478
184		6+478	6+514
185		6+514	6+549
186		6+549	6+584
187		6+584	6+620
188		6+620	6+655
189		6+655	6+691
190		6+691	6+726
191		6+726	6+761
192		6+761	6+797
193		6+797	6+832
194		6+832	6+868
195		6+868	6+903
196	U-14	6+903	6+938
197		6+938	6+974
198		6+974	7+009
199		7+009	7+045
200		7+045	7+080
201		7+080	7+115
202		7+115	7+151
203		7+151	7+186
204		7+186	7+222
205		7+222	7+257
206		7+257	7+292
207		7+292	7+328
208		7+328	7+363
209		7+363	7+399
210		7+399	7+434
211	U-15	7+434	7+469
212		7+469	7+500

Elaboración propia

Tabla 42: Abscisado de unidades de muestra - Sección 2


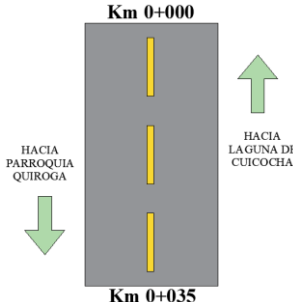
N° TOTAL DE MUESTRAS	UNIDAD DE MUESTRA	ABS. INICIAL	ABS. FINAL
1	U-16	7+500	7+532
2		7+532	7+563
3		7+563	7+595
4		7+595	7+626
5		7+626	7+658
6		7+658	7+689
7	U-17	7+689	7+721
8		7+721	7+752
9		7+752	7+784
10		7+784	7+815
11		7+815	7+847
12		7+847	7+878
13	U-18	7+878	7+910
14		7+910	7+941
15		7+941	7+973
16		7+973	8+004
17		8+004	8+036
18		8+036	8+067
19	U-19	8+067	8+099
20		8+099	8+130
21		8+130	8+162
22		8+162	8+193
23		8+193	8+225
24		8+225	8+256
25	U-20	8+256	8+288
26		8+288	8+319
27		8+319	8+351
28		8+351	8+382
29		8+382	8+414
30		8+414	8+445
31	U-21	8+445	8+477
32		8+477	8+508
33		8+508	8+540
34		8+540	8+571
35		8+571	8+603
36		8+603	8+634
37	U-22	8+634	8+666
38		8+666	8+697
39		8+697	8+729
40		8+729	8+760
41		8+760	8+792
42		8+792	8+823
43	U-23	8+823	8+855

44		8+855	8+886
45		8+886	8+918
46		8+918	8+949
47		8+949	8+981
48		8+981	9+012
49	U-24	9+012	9+044
50		9+044	9+075
51		9+075	9+107
52		9+107	9+138
53		9+138	9+170
54		9+170	9+201
55	U-25	9+201	9+233
56		9+233	9+264
57		9+264	9+296
58		9+296	9+327
59		9+327	9+359
60		9+359	9+390
61	U-26	9+390	9+422
62		9+422	9+453
63		9+453	9+485
64		9+485	9+516
65		9+516	9+548
66		9+548	9+579
67	U-27	9+579	9+611
68		9+611	9+642
69		9+642	9+674
70		9+674	9+705
71		9+705	9+737
72		9+737	9+768
73	U-28	9+768	9+800
74		9+800	9+831
75		9+831	9+863
76		9+863	9+894
77		9+894	9+926
78		9+926	9+957
79	U-29	9+957	9+989
80		9+989	10+000

Elaboración propia

ANEXO D: EVALUACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTRA DE LA VÍA LAGUNA DE CUICOCHA – PARROQUIA QUIROGA

a. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DE MUESTRA “U-1”

		HOJA DE REGISTRO POR UNIDAD DE MUESTRA ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (PCI)																									
NOMBRE DE LA VÍA: Laguna de Cuicocha-Parroquia Quiroga FECHA Y HORA: 29/04/2022 08:00am EVALUADO POR: Karina Andrade CONDICIÓN CLIMÁTICA: Soleado N° UNIDAD DE MUESTRA: U-1										LONGITUD DE MUESTRA (m): 35,40 m ANCHO DE CALZADA MUESTRA (m): 6,50 m ABSCISA INICIAL (Km): 0+000 ABSCISA FINAL (Km): 0+035 ÁREA UNIDAD DE MUESTRA (m²): 230,10 m²																	
TIPOS DE FALLAS															ESQUEMA												
1. Agrietamiento por fatiga (m²) 2. Agrietamiento longitudinal y transversal (m) 3. Agrietamiento en bloque (m²) 4. Agrietamiento de bordes (m) 5. Agrietamiento por reflexión en juntas (m) 6. Agrietamiento parabólico (m²) 7. Abultamientos y Hundimientos (m²) 8. Corrugación (m²) 9. Hinchamiento (m²) 10. Depresión (m²)										11. Ahuellamiento (m²) 12. Desplazamiento (m²) 13. Baches (u) 14. Parches (m²) 15. Desprendimiento de agregados(m²) 16. Pulimento de agregados (m²) 17. Exudación (m²) 18. Escalonamiento calzada-berma (m) 19. Cruce de línea férrea (m²)																	
NIVEL DE SEVERIDAD																											
Baja - Low (L)					Media - Medium (M)					Alta - High (H)																	
TIPO FALLA	NIVEL SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD PARCIAL																		TOTAL	%DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO				
2	L	m	2,20	2,00	3,60	3,90	0,70	1,80	4,40	3,00	1,20	4,10	1,50	3,60	1,60	1,40	1,10	4,30	1,50	1,50	1,60				45,00	19,56	12,0
4	H	m	35,40	35,40																					70,80	30,77	39,0
7	L	m²	9,90	2,80	3,30																				16,00	6,95	13,0
18	L	m	35,40	35,40																					70,80	30,77	11,0
																				VDT		75,00					

Número valores deducidos > 2 (q) = 4

Mayor valor deducido (HDV) = 39

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV)$$
$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 39) = 6,60 > 4$$

N°	VALORES DEDUCIDOS				TOTAL	q	VDC
1	39,0	13,0	12,0	11,0	75,0	4	43
2	39,0	13,0	12,0	2,0	66,0	3	42
3	39,0	13,0	2,0	2,0	56,0	2	41
4	39,0	2,0	2,0	2,0	45,0	1	45
MÁX VDC							45
VALOR PCI							55
CALIFICACIÓN							REGULAR

Número valores deducidos > 2 (q) = 8

Mayor valor deducido (HDV) = 39

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

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 39) = 6,60 < 8$$

N°	VALORES DEDUCIDOS							TOTAL	q	VDC
1	39,0	24,0	14,0	12,0	11,0	11,0	4,2	115,2	7	56
2	39,0	24,0	14,0	12,0	11,0	11,0	2,0	113,0	6	55
3	39,0	24,0	14,0	12,0	11,0	2,0	2,0	104,0	5	54
4	39,0	24,0	14,0	12,0	2,0	2,0	2,0	95,0	4	54
5	39,0	24,0	14,0	2,0	2,0	2,0	2,0	85,0	3	54
6	39,0	24,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	73,0	2	53
7	39,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	51,0	1	50
								MÁX VDC	56	
								VALOR PCI	44	
								CALIFICACIÓN	REGULAR	

Número valores deducidos > 2 (q) = 7


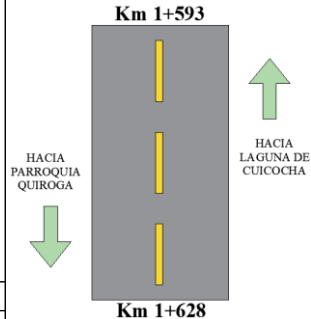
Mayor valor deducido (HDV) = 39

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

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 39) = 6,60 < 7$$

N°	VALORES DEDUCIDOS							TOTAL	q	VDC
1	39,0	21,0	11,0	11,0	8,0	7,0	4,2	101,2	7	49
2	39,0	21,0	11,0	11,0	8,0	7,0	2,0	99,0	6	48
3	39,0	21,0	11,0	11,0	8,0	2,0	2,0	94,0	5	49
4	39,0	21,0	11,0	11,0	2,0	2,0	2,0	88,0	4	51
5	39,0	21,0	11,0	2,0	2,0	2,0	2,0	79,0	3	51
6	39,0	21,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	70,0	2	51
7	39,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	51,0	1	50
									MÁX VDC	51
									VALOR PCI	49
									CALIFICACIÓN	REGULAR

d. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DE MUESTRA “U-4”

			HOJA DE REGISTRO POR UNIDAD DE MUESTRA ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (PCI)																									
NOMBRE DE LA VÍA: Laguna de Cuicocha-Parroquia Quiroga FECHA Y HORA: 29/04/2022 09:30am EVALUADO POR: Karina Andrade CONDICIÓN CLIMÁTICA: Soleado N° UNIDAD DE MUESTRA: U-4										LONGITUD DE MUESTRA (m): 35,40 m ANCHO DE CALZADA MUESTRA (m): 6,50 m ABSCISA INICIAL (Km): 1+593 ABSCISA FINAL (Km): 1+628 ÁREA UNIDAD DE MUESTRA (m²): 230,10 m²																		
TIPOS DE FALLAS															ESQUEMA													
1. Agrietamiento por fatiga (m²) 2. Agrietamiento longitudinal y transversal (m) 3. Agrietamiento en bloque (m²) 4. Agrietamiento de bordes (m) 5. Agrietamiento por reflexión en juntas (m) 6. Agrietamiento parabólico (m²) 7. Abultamientos y Hundimientos (m²) 8. Corrugación (m²) 9. Hinchamiento (m²) 10. Depresión (m²)										11. Ahuellamiento (m²) 12. Desplazamiento (m²) 13. Baches (u) 14. Parches (m²) 15. Desprendimiento de agregados(m²) 16. Pulimento de agregados (m²) 17. Exudación (m²) 18. Escalonamiento calzada-berma (m) 19. Cruce de línea férrea (m²)																		
NIVEL DE SEVERIDAD																												
Baja - Low (L)							Media - Medium (M)							Alta - High (H)														
TIPO FALLA	NIVEL SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD PARCIAL																	TOTAL	%DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO						
2	L	m	6,00	0,80	0,80	3,00	2,00	1,20	2,90	1,80	3,00															21,50	9,34	7,0
4	H	m	35,40	35,40																						70,80	30,77	39,0
7	L	m²	0,28																							0,28	0,12	0,0
13	L	u	1,00	1,00																						2,00	0,87	18,0
14	L	m²	0,35																							0,35	0,15	3,0
18	L	m	35,40	35,40																						70,80	30,77	11,0
																									VDT	78,00		

Número valores deducidos > 2 (q) = 5

Mayor valor deducido (HDV) = 39

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV)$$
$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 39) = 6,60 > 5$$

N°	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	VDC
1	39,0	18,0	11,0	7,0	3,0	78,0	5	40
2	39,0	18,0	11,0	7,0	2,0	77,0	4	44
3	39,0	18,0	11,0	2,0	2,0	72,0	3	46
4	39,0	18,0	2,0	2,0	2,0	63,0	2	46
5	39,0	2,0	2,0	2,0	2,0	47,0	1	47
							MÁX VDC	47
							VALOR PCI	53
							CALIFICACIÓN	REGULAR

e. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DE MUESTRA “U-5”

TIPO FALLA			CANTIDAD PARCIAL																	TOTAL	%DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO			
1	L	m ²	0,25	0,15	1,22																		1,62	0,70	8,0
1	M	m ²	0,78	0,72	1,08																		2,58	1,12	22,0
2	L	m	4,00	1,10	1,50	1,90	2,10	1,45	1,65	1,70	0,95	1,60	1,75	0,50	0,35	1,70	2,85						25,10	10,91	19,0
2	M	m	0,70	1,10	1,30	0,90	3,60	5,50	2,60	1,00	2,00	1,60	0,90	3,05	2,80	0,65							27,70	12,04	19,0
4	H	m	35,40	35,40																			70,80	30,77	39,0
7	L	m ²	0,96																				0,96	0,42	0,0
13	H	u	1,00																				1,00	0,43	37,0
14	L	m ²	1,56	2,17																			3,73	1,62	5,0
18	L	m	35,40	35,40																			70,80	30,77	11,0
																							VDT	160,00	

Número valores deducidos > 2 (q) = 8


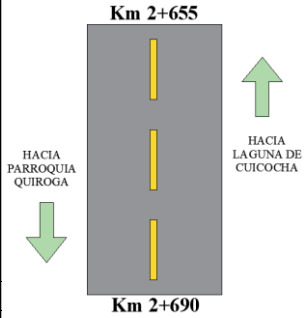
Mayor valor deducido (HDV) = 39

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

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 39) = 6,60 < 8$$

N°	VALORES DEDUCIDOS							TOTAL	q	VDC	
1	39,0	37,0	22,0	19,0	19,0	11,0	4,8	151,8	7	72	
2	39,0	37,0	22,0	19,0	19,0	11,0	2,0	149,0	6	70	
3	39,0	37,0	22,0	19,0	19,0	2,0	2,0	140,0	5	73	
4	39,0	37,0	22,0	19,0	2,0	2,0	2,0	123,0	4	69	
5	39,0	37,0	22,0	2,0	2,0	2,0	2,0	106,0	3	66	
6	39,0	37,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	86,0	2	61	
7	39,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	51,0	1	50	
									MÁX VDC		73
									VALOR PCI		27
									CALIFICACIÓN		MALO

f. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DE MUESTRA “U-6”

			HOJA DE REGISTRO POR UNIDAD DE MUESTRA ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (PCI)																													
NOMBRE DE LA VÍA: Laguna de Cuicocha-Parroquia Quiroga FECHA Y HORA: 29/04/2022 10:30am EVALUADO POR: Karina Andrade CONDICIÓN CLIMÁTICA: Soleado N° UNIDAD DE MUESTRA: U-6											LONGITUD DE MUESTRA (m): 35,40 m ANCHO DE CALZADA MUESTRA (m): 6,50 m ABSCISA INICIAL (Km): 2+655 ABSCISA FINAL (Km): 2+690 ÁREA UNIDAD DE MUESTRA (m²): 230,10 m²																					
TIPOS DE FALLAS											ESQUEMA																					
1. Agrietamiento por fatiga (m²) 2. Agrietamiento longitudinal y transversal (m) 3. Agrietamiento en bloque (m²) 4. Agrietamiento de bordes (m) 5. Agrietamiento por reflexión en juntas (m) 6. Agrietamiento parabólico (m²) 7. Abultamientos y Hundimientos (m²) 8. Corrugación (m²) 9. Hinchamiento (m²) 10. Depresión (m²)											11. Ahuellamiento (m²) 12. Desplazamiento (m²) 13. Baches (u) 14. Parches (m²) 15. Desprendimiento de agregados(m²) 16. Pulimento de agregados (m²) 17. Exudación (m²) 18. Escalonamiento calzada-berma (m) 19. Cruce de línea férrea (m²)																					
NIVEL DE SEVERIDAD																																
Baja - Low (L)								Media - Medium (M)								Alta - High (H)																
TIPO FALLA	NIVEL SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD PARCIAL																		TOTAL	%DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO									
1	L	m²	1,28	1,17	0,32																		2,77	1,20	12,0							
2	L	m	2,70	2,30	0,55	2,00	0,75	0,75	2,50	1,30	0,60													13,45	5,85	5,0						
2	M	m	3,15	1,65	2,10	2,80	8,70																	18,40	8,00	6,0						
4	H	m	35,40	35,40																				70,80	30,77	39,0						
7	L	m²	0,81	1,13																				1,93	0,84	3,0						
13	H	u	1,00																					1,00	0,43	37,0						
14	L	m²	0,33	0,48	0,69																			1,49	0,65	1,0						
14	M	m²	1,04																					1,04	0,45	7,0						
15	L	m²	3,60																					3,60	1,56	0,0						
18	L	m	35,40	35,40																				70,80	30,77	11,0						
																							VDT	121,00								

Número valores deducidos > 2 (q) = 8

Mayor valor deducido (HDV) = 39

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

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 39) = 6,60 < 8$$

N°	VALORES DEDUCIDOS							TOTAL	q	VDC
1	39,0	37,0	12,0	11,0	7,0	6,0	3,0	115,0	7	56
2	39,0	37,0	12,0	11,0	7,0	6,0	2,0	114,0	6	56
3	39,0	37,0	12,0	11,0	7,0	2,0	2,0	110,0	5	58
4	39,0	37,0	12,0	11,0	2,0	2,0	2,0	105,0	4	60
5	39,0	37,0	12,0	2,0	2,0	2,0	2,0	96,0	3	61
6	39,0	37,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	86,0	2	61
7	39,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	51,0	1	50
									MÁX VDC	61
									VALOR PCI	39
									CALIFICACIÓN	MALO

Número valores deducidos > 2 (q) = 6

Mayor valor deducido (HDV) = 52

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

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 52) = 5,41 < 6$$

N°	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	VDC
1	52,0	39,0	15,0	11,0	10,0	1,2	128,2	6	62
2	52,0	39,0	15,0	11,0	10,0	2,0	129,0	5	67
3	52,0	39,0	15,0	11,0	2,0	2,0	121,0	4	69
4	52,0	39,0	15,0	2,0	2,0	2,0	112,0	3	69
5	52,0	39,0	2,0	2,0	2,0	2,0	99,0	2	70
6	52,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	62,0	1	61
								MÁX VDC	70
								VALOR PCI	30
								CALIFICACIÓN	MALO

Número valores deducidos > 2 (q) = 7


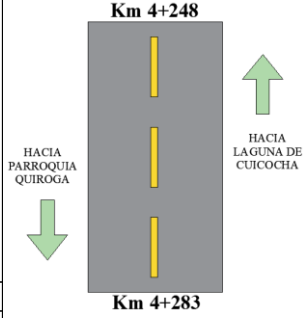
Mayor valor deducido (HDV) = 48

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

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 48) = 5,78 < 7$$

N°	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	VDC
1	48,0	41,0	39,0	15,0	12,0	4,5	159,5	6	74
2	48,0	41,0	39,0	15,0	12,0	2,0	157,0	5	80
3	48,0	41,0	39,0	15,0	2,0	2,0	147,0	4	87
4	48,0	41,0	39,0	2,0	2,0	2,0	134,0	3	80
5	48,0	41,0	2,0	2,0	2,0	2,0	97,0	2	68
6	48,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	58,0	1	57
MÁX VDC									87
VALOR PCI									13
CALIFICACIÓN									MUY MALO

i. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DE MUESTRA “U-9”

			HOJA DE REGISTRO POR UNIDAD DE MUESTRA ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (PCI)																						
NOMBRE DE LA VÍA: Laguna de Cuicocha-Parroquia Quiroga FECHA Y HORA: 29/04/2022 12:00am EVALUADO POR: Karina Andrade CONDICIÓN CLIMÁTICA: Soleado N° UNIDAD DE MUESTRA: U-9										LONGITUD DE MUESTRA (m): 35,40 m ANCHO DE CALZADA MUESTRA (m): 6,50 m ABSCISA INICIAL (Km): 4+248 ABSCISA FINAL (Km): 4+283 ÁREA UNIDAD DE MUESTRA (m²): 230,10 m²															
TIPOS DE FALLAS																ESQUEMA									
1. Agrietamiento por fatiga (m²) 2. Agrietamiento longitudinal y transversal (m) 3. Agrietamiento en bloque (m²) 4. Agrietamiento de bordes (m) 5. Agrietamiento por reflexión en juntas (m) 6. Agrietamiento parabólico (m²) 7. Abultamientos y Hundimientos (m²) 8. Corrugación (m²) 9. Hinchamiento (m²) 10. Depresión (m²)										11. Ahuellamiento (m²) 12. Desplazamiento (m²) 13. Baches (u) 14. Parches (m²) 15. Desprendimiento de agregados(m²) 16. Pulimento de agregados (m²) 17. Exudación (m²) 18. Escalonamiento calzada-berma (m) 19. Cruce de línea férrea (m²)															
NIVEL DE SEVERIDAD																									
Baja - Low (L)							Media - Medium (M)							Alta - High (H)											
TIPO FALLA	NIVEL SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD PARCIAL																		TOTAL	%DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
1	M	m²	3,00	4,56	1,90	1,43	3,99	12,18															27,06	11,76	47,0
1	H	m²	6,38																				6,38	2,77	45,0
4	H	m	35,40	35,40																			70,80	30,77	39,0
6	L	m²	3,60	2,56	2,64																		8,80	3,82	17,0
13	H	u	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00										11,00	4,78	88,0
14	L	m²	2,97	3,34	2,98	1,80	1,22	1,30	12,75	1,43	6,40	4,03											38,20	16,60	20,0
14	M	m²	0,96	1,51																			2,47	1,07	10,0
18	M	m	35,40	35,40																			70,80	30,77	18,0
																						VDT	284,00		

Número valores deducidos > 2 (q) = 8

Mayor valor deducido (HDV) = 88

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV)$$
$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 88) = 2,10 < 8$$

N°	VALORES DEDUCIDOS			TOTAL	q	VDC
1	88,0	47,0	4,5	139,5	3	83
2	88,0	47,0	2,0	137,0	2	89
3	88,0	2,0	2,0	92,0	1	91
MÁX VDC						91
VALOR PCI						9
CALIFICACIÓN						FALLADO

Número valores deducidos > 2 (q) = 7

Mayor valor deducido (HDV) = 39

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

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 39) = 6,60 < 7$$

N°	VALORES DEDUCIDOS							TOTAL	q	VDC
1	39,0	35,0	34,0	11,0	11,0	5,0	1,8	136,8	7	66
2	39,0	35,0	34,0	11,0	11,0	5,0	2,0	137,0	6	66
3	39,0	35,0	34,0	11,0	11,0	2,0	2,0	134,0	5	70
4	39,0	35,0	34,0	11,0	2,0	2,0	2,0	125,0	4	71
5	39,0	35,0	34,0	2,0	2,0	2,0	2,0	116,0	3	71
6	39,0	35,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	84,0	2	60
7	39,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	51,0	1	50
									MÁX VDC	71
									VALOR PCI	29
									CALIFICACIÓN	MALO

k. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DE MUESTRA “U-11”

Pontificia Universidad Católica del Ecuador			HOJA DE REGISTRO POR UNIDAD DE MUESTRA ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (PCI)																					
NOMBRE DE LA VÍA: Laguna de Cuicocha-Parroquia Quiroga FECHA Y HORA: 03/05/2022 08:00am EVALUADO POR: Karina Andrade CONDICIÓN CLIMÁTICA: Soleado N° UNIDAD DE MUESTRA: U-11			LONGITUD DE MUESTRA (m): 35,40 m ANCHO DE CALZADA MUESTRA (m): 6,50 m ABSCISA INICIAL (Km): 5+310 ABSCISA FINAL (Km): 5+345 ÁREA UNIDAD DE MUESTRA (m²): 230,10 m²																					
TIPOS DE FALLAS 1. Agrietamiento por fatiga (m²) 2. Agrietamiento longitudinal y transversal (m) 3. Agrietamiento en bloque (m²) 4. Agrietamiento de bordes (m) 5. Agrietamiento por reflexión en juntas (m) 6. Agrietamiento parabólico (m²) 7. Abultamientos y Hundimientos (m²) 8. Corrugación (m²) 9. Hinchamiento (m²) 10. Depresión (m²)															11. Ahuellamiento (m²) 12. Desplazamiento (m²) 13. Baches (u) 14. Parches (m²) 15. Desprendimiento de agregados(m²) 16. Pulimento de agregados (m²) 17. Exudación (m²) 18. Escalonamiento calzada-berma (m) 19. Cruce de línea férrea (m²)					ESQUEMA 				
NIVEL DE SEVERIDAD																								
Baja - Low (L)							Media - Medium (M)							Alta - High (H)										
TIPO FALLA	NIVEL SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD PARCIAL																	TOTAL	%DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
1	M	m²	16,20	11,50	4,65	2,52	14,40	6,60														55,87	24,28	58,0
1	L	m²	1,20	2,20	19,00																	22,40	9,73	32,0
4	L	m	35,40	35,40																		70,80	30,77	1,0
14	M	m²	2,66																			2,66	1,16	10,0
16	-	m²	67,50																			67,50	29,34	8,0
18	L	m	35,40	35,40																		70,80	30,77	11,0
																						VDT	120,00	



Número valores deducidos > 2 (q) = 5

Mayor valor deducido (HDV) = 58

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV)$$
$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 58) = 4,86 < 5$$

N°	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	VDC
1	58,0	32,0	11,0	10,0	6,9	117,9	5	61
2	58,0	32,0	11,0	10,0	2,0	113,0	4	64
3	58,0	32,0	11,0	2,0	2,0	105,0	3	66
4	58,0	32,0	2,0	2,0	2,0	96,0	2	68
5	58,0	2,0	2,0	2,0	2,0	66,0	1	65
							MÁX VDC	68
							VALOR PCI	32
							CALIFICACIÓN	MALO

1. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DE MUESTRA “U-12”

			HOJA DE REGISTRO POR UNIDAD DE MUESTRA ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (PCI)																					
NOMBRE DE LA VÍA: Laguna de Cuicocha-Parroquia Quiroga FECHA Y HORA: 03/05/2022 08:30am EVALUADO POR: Karina Andrade CONDICIÓN CLIMÁTICA: Soleado N° UNIDAD DE MUESTRA: U-12										LONGITUD DE MUESTRA (m): 35,40 m ANCHO DE CALZADA MUESTRA (m): 6,50 m ABSCISA INICIAL (Km): 5+841 ABSCISA FINAL (Km): 5+876 ÁREA UNIDAD DE MUESTRA (m²): 230,10 m²														
TIPOS DE FALLAS															ESQUEMA									
1. Agrietamiento por fatiga (m²) 2. Agrietamiento longitudinal y transversal (m) 3. Agrietamiento en bloque (m²) 4. Agrietamiento de bordes (m) 5. Agrietamiento por reflexión en juntas (m) 6. Agrietamiento parabólico (m²) 7. Abultamientos y Hundimientos (m²) 8. Corrugación (m²) 9. Hinchamiento (m²) 10. Depresión (m²) 11. Ahuellamiento (m²) 12. Desplazamiento (m²) 13. Baches (u) 14. Parches (m²) 15. Desprendimiento de agregados(m²) 16. Pulimento de agregados (m²) 17. Exudación (m²) 18. Escalonamiento calzada-berma (m) 19. Cruce de línea férrea (m²)																								
NIVEL DE SEVERIDAD																								
Baja - Low (L)							Media - Medium (M)							Alta - High (H)										
TIPO FALLA	NIVEL SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD PARCIAL																		TOTAL	%DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
1	M	m²	4,20	3,14	2,00	5,10	6,00	10,00	2,40													32,84	14,27	50,0
1	H	m²	5,55																			5,55	2,41	43,0
2	L	m	0,95	1,40	1,15	1,20																4,70	2,04	1,0
2	M	m	1,40																			1,40	0,61	1,0
4	M	m	35,40	35,40																		70,80	30,77	23,0
13	H	u	1,00	1,00																		2,00	0,87	49,0
14	M	m²	4,59																			4,59	1,99	4,0
18	L	m	35,40	35,40																		70,80	30,77	11,0
																						VDT	182,00	

Número valores deducidos > 2 (q) = 6

Mayor valor deducido (HDV) = 50

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

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 50) = 5,59 < 6$$

N°	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	VDC
1	50,0	49,0	43,0	23,0	11,0	2,4	178,4	6	84
2	50,0	49,0	43,0	23,0	11,0	2,0	178,0	5	88
3	50,0	49,0	43,0	23,0	2,0	2,0	169,0	4	90
4	50,0	49,0	43,0	2,0	2,0	2,0	148,0	3	88
5	50,0	49,0	2,0	2,0	2,0	2,0	107,0	2	74
6	50,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	60,0	1	60
								MÁX VDC	90
								VALOR PCI	10
								CALIFICACIÓN	FALLADO

Número valores deducidos $> 2 (q) = 10$

Mayor valor deducido (HDV) = 43

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

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 43) = 6,23 < 10$$

N°	VALORES DEDUCIDOS							TOTAL	q	VDC
1	43,0	35,0	17,0	14,0	11,0	11,0	1,8	132,8	7	64
2	43,0	35,0	17,0	14,0	11,0	11,0	2,0	133,0	6	65
3	43,0	35,0	17,0	14,0	11,0	2,0	2,0	124,0	5	65
4	43,0	35,0	17,0	14,0	2,0	2,0	2,0	115,0	4	66
5	43,0	35,0	17,0	2,0	2,0	2,0	2,0	103,0	3	64
6	43,0	35,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	88,0	2	62
7	43,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	55,0	1	54
									MÁX VDC	66
									VALOR PCI	34
									CALIFICACIÓN	MALO


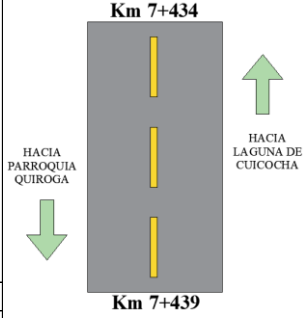
Número valores deducidos $> 2 (q) = 11$

Mayor valor deducido (HDV) = 94

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV)$$
$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 94) = 1,55 < 11$$

N°	VALORES DEDUCIDOS		TOTAL	q	VDC
1	94,0	38,5	132,5	2	86
2	94,0	2,0	96,0	1	95
MÁX VDC					95
VALOR PCI					5
CALIFICACIÓN					FALLADO

o. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DE MUESTRA “U-15”

			HOJA DE REGISTRO POR UNIDAD DE MUESTRA ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (PCI)																								
NOMBRE DE LA VÍA: Laguna de Cuicocha-Parroquia Quiroga FECHA Y HORA: 03/05/2022 10:00am EVALUADO POR: Karina Andrade CONDICIÓN CLIMÁTICA: Soleado N° UNIDAD DE MUESTRA: U-15										LONGITUD DE MUESTRA (m): 35,40 m ANCHO DE CALZADA MUESTRA (m): 6,50 m ABSCISA INICIAL (Km): 7+434 ABSCISA FINAL (Km): 7+469 ÁREA UNIDAD DE MUESTRA (m²): 230,10 m²																	
TIPOS DE FALLAS															ESQUEMA												
1. Agrietamiento por fatiga (m²) 2. Agrietamiento longitudinal y transversal (m) 3. Agrietamiento en bloque (m²) 4. Agrietamiento de bordes (m) 5. Agrietamiento por reflexión en juntas (m) 6. Agrietamiento parabólico (m²) 7. Abultamientos y Hundimientos (m²) 8. Corrugación (m²) 9. Hinchamiento (m²) 10. Depresión (m²)										11. Ahuellamiento (m²) 12. Desplazamiento (m²) 13. Baches (u) 14. Parches (m²) 15. Desprendimiento de agregados(m²) 16. Pulimento de agregados (m²) 17. Exudación (m²) 18. Escalonamiento calzada-berma (m) 19. Cruce de línea férrea (m²)																	
NIVEL DE SEVERIDAD																											
Baja - Low (L)							Media - Medium (M)							Alta - High (H)													
TIPO FALLA	NIVEL SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD PARCIAL																	TOTAL	%DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO					
1	L	m²	13,50																						13,50	5,87	27,0
1	M	m²	1,40	17,55	5,17	1,00																			25,12	10,92	47,0
2	M	m	2,30	1,55	0,65																				4,50	1,96	5,0
2	H	m	1,05																						1,05	0,46	4,0
3	M	m²	3,26	5,40																					8,66	3,76	9,0
4	L	m	35,40																						35,40	15,38	7,0
13	H	u	1,00	1,00	1,00	1,00																			4,00	1,74	64,0
14	L	m²	0,98																						0,98	0,43	1,0
18	L	m	35,40																						35,40	15,38	6,0
																							VDT	170,00			


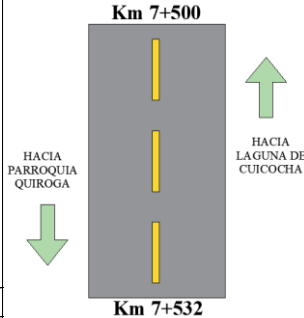
Número valores deducidos > 2 (q) = 8

Mayor valor deducido (HDV) = 64

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV)$$
$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 64) = 4,31 < 8$$

N°	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	VDC
1	64,0	47,0	27,0	9,0	2,2	149,2	5	76
2	64,0	47,0	27,0	9,0	2,0	149,0	4	82
3	64,0	47,0	27,0	2,0	2,0	142,0	3	84
4	64,0	47,0	2,0	2,0	2,0	117,0	2	79
5	64,0	2,0	2,0	2,0	2,0	72,0	1	71
							MÁX VDC	84
							VALOR PCI	16
							CALIFICACIÓN	MUY MALO

p. *EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DE MUESTRA “U-16”*

			HOJA DE REGISTRO POR UNIDAD DE MUESTRA ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (PCI)																							
NOMBRE DE LA VÍA: Laguna de Cuicocha-Parroquia Quiroga FECHA Y HORA: 03/05/2022 10:30am EVALUADO POR: Karina Andrade CONDICIÓN CLIMÁTICA: Soleado N° UNIDAD DE MUESTRA: U-16											LONGITUD DE MUESTRA (m): 31,50 m ANCHO DE CALZADA MUESTRA (m): 7,30 m ABSCISA INICIAL (Km): 7+500 ABSCISA FINAL (Km): 7+532 ÁREA UNIDAD DE MUESTRA (m²): 229,95 m²															
TIPOS DE FALLAS																ESQUEMA										
1. Agrietamiento por fatiga (m²) 2. Agrietamiento longitudinal y transversal (m) 3. Agrietamiento en bloque (m²) 4. Agrietamiento de bordes (m) 5. Agrietamiento por reflexión en juntas (m) 6. Agrietamiento parabólico (m²) 7. Abultamientos y Hundimientos (m²) 8. Corrugación (m²) 9. Hinchamiento (m²) 10. Depresión (m²)											11. Ahuellamiento (m²) 12. Desplazamiento (m²) 13. Baches (u) 14. Parches (m²) 15. Desprendimiento de agregados(m²) 16. Pulimento de agregados (m²) 17. Exudación (m²) 18. Escalonamiento calzada-berma (m) 19. Cruce de línea férrea (m²)															
NIVEL DE SEVERIDAD																										
Baja - Low (L)								Media - Medium (M)								Alta - High (H)										
TIPO FALLA	NIVEL SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD PARCIAL																		TOTAL	%DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO			
1	M	m²	3,20																					3,20	1,39	24,0
2	L	m	1,30	2,40	1,60	2,00	1,10	1,85	0,65	0,60	0,60	1,50	0,80											14,40	6,26	5,0
2	M	m	1,75	1,55	2,25	1,60	0,70	0,55	1,45	1,60	1,05	1,30												13,80	6,00	13,0
2	H	m	4,60																					4,60	2,00	14,0
3	L	m²	4,20	1,43																				5,63	2,45	3,0
4	L	m	31,50																					31,50	13,70	6,0
13	H	u	1,00																					1,00	0,43	37,0
14	L	m²	1,84																					1,84	0,80	2,0
15	L	m²	12,00																					12,00	5,22	14,0
18	L	m	31,50																					31,50	13,70	5,0
																		VDT	123,00							

Número valores deducidos > 2 (q) = 9

Mayor valor deducido (HDV) = 37

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

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 37) = 6,79 < 9$$

N°	VALORES DEDUCIDOS							TOTAL	q	VDC	
1	37,0	24,0	14,0	14,0	13,0	6,0	4,0	112,0	7	55	
2	37,0	24,0	14,0	14,0	13,0	6,0	2,0	110,0	6	54	
3	37,0	24,0	14,0	14,0	13,0	2,0	2,0	106,0	5	55	
4	37,0	24,0	14,0	14,0	2,0	2,0	2,0	95,0	4	54	
5	37,0	24,0	14,0	2,0	2,0	2,0	2,0	83,0	3	53	
6	37,0	24,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	71,0	2	52	
7	37,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	49,0	1	49	
									MÁX VDC		55
									VALOR PCI		45
									CALIFICACIÓN		REGULAR

Número valores deducidos $> 2 (q) = 11$


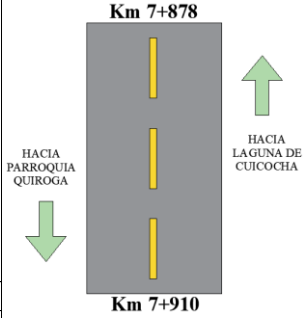
Mayor valor deducido (HDV) = 57

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

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 57) = 4,95 < 11$$

N°	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	VDC
1	57,0	45,0	27,0	17,0	13,3	159,3	5	81
2	57,0	45,0	27,0	17,0	2,0	148,0	4	82
3	57,0	45,0	27,0	2,0	2,0	133,0	3	80
4	57,0	45,0	2,0	2,0	2,0	108,0	2	75
5	57,0	2,0	2,0	2,0	2,0	65,0	1	65
MÁX VDC								82
VALOR PCI								18
CALIFICACIÓN								MUY MALO

r. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DE MUESTRA “U-18”

			HOJA DE REGISTRO POR UNIDAD DE MUESTRA ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (PCI)																				
NOMBRE DE LA VÍA: Laguna de Cuicocha-Parroquia Quiroga FECHA Y HORA: 03/05/2022 11:30am EVALUADO POR: Karina Andrade CONDICIÓN CLIMÁTICA: Soleado N° UNIDAD DE MUESTRA: U-18										LONGITUD DE MUESTRA (m): 31,50 m ANCHO DE CALZADA MUESTRA (m): 7,30 m ABSCISA INICIAL (Km): 7+878 ABSCISA FINAL (Km): 7+910 ÁREA UNIDAD DE MUESTRA (m²): 229,95 m²													
TIPOS DE FALLAS																	ESQUEMA						
1. Agrietamiento por fatiga (m²) 2. Agrietamiento longitudinal y transversal (m) 3. Agrietamiento en bloque (m²) 4. Agrietamiento de bordes (m) 5. Agrietamiento por reflexión en juntas (m) 6. Agrietamiento parabólico (m²) 7. Abultamientos y Hundimientos (m²) 8. Corrugación (m²) 9. Hinchamiento (m²) 10. Depresión (m²)										11. Ahuellamiento (m²) 12. Desplazamiento (m²) 13. Baches (u) 14. Parches (m²) 15. Desprendimiento de agregados(m²) 16. Pulimento de agregados (m²) 17. Exudación (m²) 18. Escalonamiento calzada-berma (m) 19. Cruce de línea férrea (m²)													
NIVEL DE SEVERIDAD																							
Baja - Low (L)							Media - Medium (M)							Alta - High (H)									
TIPO FALLA	NIVEL SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD PARCIAL																	TOTAL	%DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
1	L	m²	6,60																		6,60	2,87	19,0
1	M	m²	2,10	3,10	3,83																9,03	3,92	35,0
2	L	m	3,20	1,50	2,70	3,10	3,50	0,90	1,40	4,10	2,80	2,70	3,10	1,95	3,15	2,65					36,75	15,98	11,0
2	M	m	5,55	3,25	1,25	1,90	0,90	2,80	1,60												17,25	7,50	15,0
2	H	m	3,25																		3,25	1,41	10,0
3	M	m²	18,90	13,52																	32,42	14,10	18,0
4	H	m	31,50																		31,50	13,70	28,0
13	L	u	1,00	1,00	1,00	1,00															4,00	1,74	28,0
14	L	m²	5,44																		5,44	2,37	5,0
14	M	m²	0,28	0,33	17,00	0,24															17,85	7,76	28,0
18	L	m	31,50																		31,50	13,70	5,0
																					VDT	202,00	

Número valores deducidos $> 2 (q) = 11$


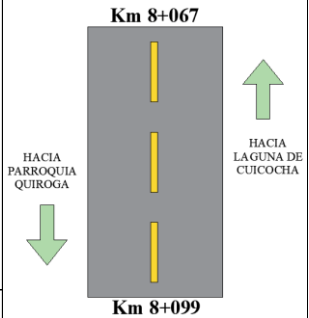
Mayor valor deducido (HDV) = 35

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

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 35) = 6,97 < 11$$

N°	VALORES DEDUCIDOS							TOTAL	q	VDC
1	35,0	28,0	28,0	28,0	19,0	18,0	14,6	170,6	7	77
2	35,0	28,0	28,0	28,0	19,0	18,0	2,0	158,0	6	76
3	35,0	28,0	28,0	28,0	19,0	2,0	2,0	142,0	5	73
4	35,0	28,0	28,0	28,0	2,0	2,0	2,0	125,0	4	71
5	35,0	28,0	28,0	2,0	2,0	2,0	2,0	99,0	3	63
6	35,0	28,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	73,0	2	53
7	35,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	47,0	1	47
									MÁX VDC	77
									VALOR PCI	23
									CALIFICACIÓN	MUY MALO

s. **EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DE MUESTRA “U-19”**

			HOJA DE REGISTRO POR UNIDAD DE MUESTRA ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (PCI)																							
NOMBRE DE LA VÍA: Laguna de Cuicocha-Parroquia Quiroga FECHA Y HORA: 03/05/2022 12:00am EVALUADO POR: Karina Andrade CONDICIÓN CLIMÁTICA: Soleado N° UNIDAD DE MUESTRA: U-19										LONGITUD DE MUESTRA (m): 31,50 m ANCHO DE CALZADA MUESTRA (m): 7,30 m ABSCISA INICIAL (Km): 8+067 ABSCISA FINAL (Km): 8+099 ÁREA UNIDAD DE MUESTRA (m²): 229,95 m²																
TIPOS DE FALLAS																		ESQUEMA								
1. Agrietamiento por fatiga (m²) 2. Agrietamiento longitudinal y transversal (m) 3. Agrietamiento en bloque (m²) 4. Agrietamiento de bordes (m) 5. Agrietamiento por reflexión en juntas (m) 6. Agrietamiento parabólico (m²) 7. Abultamientos y Hundimientos (m²) 8. Corrugación (m²) 9. Hinchamiento (m²) 10. Depresión (m²)										11. Ahuellamiento (m²) 12. Desplazamiento (m²) 13. Baches (u) 14. Parches (m²) 15. Desprendimiento de agregados(m²) 16. Pulimento de agregados (m²) 17. Exudación (m²) 18. Escalonamiento calzada-berma (m) 19. Cruce de línea férrea (m²)																
NIVEL DE SEVERIDAD																										
Baja - Low (L)							Media - Medium (M)							Alta - High (H)												
TIPO FALLA	NIVEL SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD PARCIAL																		TOTAL	%DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO			
1	L	m²	9,60	7,70	2,68	3,72	4,65																	28,35	12,33	35,0
2	L	m	0,90	0,75	1,50	2,90	3,00	1,85	3,40	2,15	1,05	0,95	0,85	3,10	2,45	1,70								26,55	11,55	8,0
2	M	m	3,20	2,50	1,90	1,15	3,15	2,80	3,00	1,85	1,60	2,70	1,40											25,25	10,98	18,0
2	H	m	6,55	4,15																				10,70	4,65	22,0
3	L	m²	17,60	12,45																				30,05	13,07	9,0
3	M	m²	10,13																					10,13	4,40	10,0
14	M	m²	1,80																					1,80	0,78	8,0
																		VDT		110,00						

Número valores deducidos > 2 (q) = 7

Mayor valor deducido (HDV) = 35

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

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 35) = 6,97 < 7$$

N°	VALORES DEDUCIDOS							TOTAL	q	VDC
1	35,0	22,0	18,0	10,0	9,0	8,0	7,8	109,8	7	54
2	35,0	22,0	18,0	10,0	9,0	8,0	2,0	104,0	6	51
3	35,0	22,0	18,0	10,0	9,0	2,0	2,0	98,0	5	52
4	35,0	22,0	18,0	10,0	2,0	2,0	2,0	91,0	4	52
5	35,0	22,0	18,0	2,0	2,0	2,0	2,0	83,0	3	53
6	35,0	22,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	67,0	2	49
7	35,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	47,0	1	47
									MÁX VDC	54
									VALOR PCI	46
									CALIFICACIÓN	REGULAR

t. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DE MUESTRA “U-20”

TIPO FALLA			CANTIDAD PARCIAL																				TOTAL	%DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
2	L	m	0,50	0,85	1,20	2,20	1,45	3,10	1,40	1,85	2,45	1,20	1,85	3,15	1,65	1,90	1,60	2,60	2,40	1,35	0,95	1,00	1,10	2,80	38,55	16,76	11,0
2	M	m	2,50	1,95	3,40	2,80	1,80	1,65	3,85	2,45	2,10	2,10	2,80	1,05	2,90	0,80	3,40								35,55	15,46	22,0
2	H	m	1,15	2,30	3,40																			6,85	2,98	18,0	
3	L	m ²	17,60																					17,60	7,65	7,0	
4	M	m	31,50																					31,50	13,70	17,0	
7	L	m ²	1,80																					1,80	0,78	10,0	
																									VDT	85,00	

Número valores deducidos > 2 (q) = 6

Mayor valor deducido (HDV) = 22

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

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 22) = 8,16 < 6$$

N°	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	VDC
1	22,0	18,0	17,0	11,0	10,0	7,0	85,0	6	41
2	22,0	18,0	17,0	11,0	10,0	2,0	80,0	5	41
3	22,0	18,0	17,0	11,0	2,0	2,0	72,0	4	41
4	22,0	18,0	17,0	2,0	2,0	2,0	63,0	3	41
5	22,0	18,0	2,0	2,0	2,0	2,0	48,0	2	35
6	22,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	32,0	1	31
MÁX VDC									41
VALOR PCI									59
CALIFICACIÓN									BUENO

u. *EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DE MUESTRA “U-21”*

TIPO FALLA			NIVEL DE SEVERIDAD																	TOTAL	%DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO				
			Baja - Low (L)					Media - Medium (M)					Alta - High (H)													
TIPO FALLA	NIVEL SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD PARCIAL																							
1	M	m ²	5,63	3,30	3,05	4,29																	16,27	7,07	43,0	
1	L	m ²	4,28	1,47	4,34	2,42																	12,50	5,44	27,0	
2	M	m	2,45	1,20	1,85	3,15	2,45	1,20	1,85	3,15	1,35	0,95	1,00	1,45	3,10	1,40	1,85							28,40	12,35	19,0
2	L	m	2,50	2,45	1,20	1,85	3,15	0,95	1,00	1,10	2,80	1,20	1,45	2,15										21,80	9,48	8,0
3	M	m ²	110,25	15,00																			125,25	54,47	35,0	
3	L	m ²	8,40																				8,40	3,65	4,0	
7	H	m ²	3,00	3,98																			6,98	3,03	50,0	
																								VDT	186,00	



HOJA DE REGISTRO POR UNIDAD DE MUESTRA
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (PCI)

NOMBRE DE LA VÍA: Laguna de Cuicocha-Parroquia Quiroga
FECHA Y HORA: 04/05/2022 08:00am
EVALUADO POR: Karina Andrade
CONDICIÓN CLIMÁTICA: Soleado
N° UNIDAD DE MUESTRA: U-21

LONGITUD DE MUESTRA (m): 31,50 m
ANCHO DE CALZADA MUESTRA (m): 7,30 m
ABSCISA INICIAL (Km): 8+445
ABSCISA FINAL (Km): 8+477
ÁREA UNIDAD DE MUESTRA (m²): 229,95 m²

TIPOS DE FALLAS

- | | |
|---|---|
| 1. Agrietamiento por fatiga (m ²) | 11. Ahuellamiento (m ²) |
| 2. Agrietamiento longitudinal y transversal (m) | 12. Desplazamiento (m ²) |
| 3. Agrietamiento en bloque (m ²) | 13. Baches (u) |
| 4. Agrietamiento de bordes (m) | 14. Parches (m ²) |
| 5. Agrietamiento por reflexión en juntas (m) | 15. Desprendimiento de agregados(m ²) |
| 6. Agrietamiento parabólico (m ²) | 16. Pulimento de agregados (m ²) |
| 7. Abultamientos y Hundimientos (m ²) | 17. Exudación (m ²) |
| 8. Corrugación (m ²) | 18. Escalonamiento calzada-berma (m) |
| 9. Hinchamiento (m ²) | 19. Cruce de línea férrea (m ²) |
| 10. Depresión (m ²) | |

ESQUEMA



Número valores deducidos > 2 (q) = 7

Mayor valor deducido (HDV) = 50

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

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 50) = 5,59 < 7$$

N°	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	VDC
1	50,0	43,0	35,0	27,0	19,0	4,7	178,7	6	84
2	50,0	43,0	35,0	27,0	19,0	2,0	176,0	5	87
3	50,0	43,0	35,0	27,0	2,0	2,0	159,0	4	87
4	50,0	43,0	35,0	2,0	2,0	2,0	134,0	3	80
5	50,0	43,0	2,0	2,0	2,0	2,0	101,0	2	71
6	50,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	60,0	1	60
								MÁX VDC	87
								VALOR PCI	13
								CALIFICACIÓN	MUY MALO

Número valores deducidos > 2 (q) = 9

Mayor valor deducido (HDV) = 58

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

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 58) = 4,86 < 9$$

N°	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	VDC
1	58,0	36,0	24,0	23,0	15,5	156,5	5	79
2	58,0	36,0	24,0	23,0	2,0	143,0	4	80
3	58,0	36,0	24,0	2,0	2,0	122,0	3	75
4	58,0	36,0	2,0	2,0	2,0	100,0	2	70
5	58,0	2,0	2,0	2,0	2,0	66,0	1	64
							MÁX VDC	80
							VALOR PCI	20
							CALIFICACIÓN	MUY MALO

Número valores deducidos > 2 (q) = 7


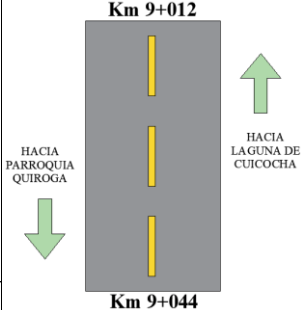
Mayor valor deducido (HDV) = 53

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

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 53) = 5,32 < 7$$

N°	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	VDC
1	53,0	41,0	37,0	18,0	17,0	2,6	168,6	6	80
2	53,0	41,0	37,0	18,0	17,0	2,0	168,0	5	84
3	53,0	41,0	37,0	18,0	2,0	2,0	153,0	4	84
4	53,0	41,0	37,0	2,0	2,0	2,0	137,0	3	82
5	53,0	41,0	2,0	2,0	2,0	2,0	102,0	2	72
6	53,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	63,0	1	62
								MÁX VDC	84
								VALOR PCI	16
								CALIFICACIÓN	MUY MALO

x. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DE MUESTRA “U-24”

			HOJA DE REGISTRO POR UNIDAD DE MUESTRA ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (PCI)																									
NOMBRE DE LA VÍA: Laguna de Cuicocha-Parroquia Quiroga FECHA Y HORA: 04/05/2022 09:30am EVALUADO POR: Karina Andrade CONDICIÓN CLIMÁTICA: Soleado N° UNIDAD DE MUESTRA: U-24										LONGITUD DE MUESTRA (m): 31,50 m ANCHO DE CALZADA MUESTRA (m): 7,30 m ABSCISA INICIAL (Km): 9+012 ABSCISA FINAL (Km): 9+044 ÁREA UNIDAD DE MUESTRA (m²): 229,95 m²																		
TIPOS DE FALLAS															ESQUEMA													
1. Agrietamiento por fatiga (m²) 2. Agrietamiento longitudinal y transversal (m) 3. Agrietamiento en bloque (m²) 4. Agrietamiento de bordes (m) 5. Agrietamiento por reflexión en juntas (m) 6. Agrietamiento parabólico (m²) 7. Abultamientos y Hundimientos (m²) 8. Corrugación (m²) 9. Hinchamiento (m²) 10. Depresión (m²)										11. Ahuellamiento (m²) 12. Desplazamiento (m²) 13. Baches (u) 14. Parches (m²) 15. Desprendimiento de agregados(m²) 16. Pulimento de agregados (m²) 17. Exudación (m²) 18. Escalonamiento calzada-berma (m) 19. Cruce de línea férrea (m²)																		
NIVEL DE SEVERIDAD																												
Baja - Low (L)							Media - Medium (M)							Alta - High (H)														
TIPO FALLA	NIVEL SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD PARCIAL																	TOTAL	%DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO						
1	L	m²	15,98	14,40																					30,38	13,21	35,0	
2	L	m	1,75	1,10	0,40	1,60	2,40	1,40	2,15	1,55	2,05	1,95	1,90	1,70	2,05	2,00	2,50	1,00	2,30							29,80	12,96	9,0
2	M	m	3,20	1,85	4,50	2,40	4,20	2,00																		18,15	7,89	15,0
3	L	m²	28,80	22,88																						51,68	22,47	4,0
4	M	m	31,50	31,50																						63,00	27,40	23,0
																								VDT		86,00		

Número valores deducidos > 2 (q) = 5

Mayor valor deducido (HDV) = 35

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV)$$
$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 35) = 6,97 > 5$$

N°	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	VDC
1	35,0	23,0	15,0	9,0	4,0	86,0	5	45
2	35,0	23,0	15,0	9,0	2,0	84,0	4	48
3	35,0	23,0	15,0	2,0	2,0	77,0	3	49
4	35,0	23,0	2,0	2,0	2,0	64,0	2	47
5	35,0	2,0	2,0	2,0	2,0	43,0	1	43
							MÁX VDC	49
							VALOR PCI	51
							CALIFICACIÓN	REGULAR

Número valores deducidos $> 2 (q) = 10$


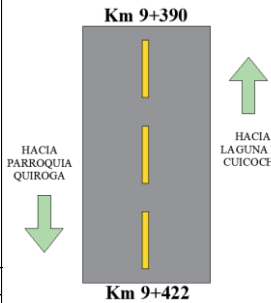
Mayor valor deducido (HDV) = 54

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

$$m = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - 54) = 5,22 < 10$$

N°	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	VDC
1	54,0	42,0	37,0	29,0	23,0	5,1	190,1	6	87
2	54,0	42,0	37,0	29,0	23,0	2,0	187,0	5	90
3	54,0	42,0	37,0	29,0	2,0	2,0	166,0	4	89
4	54,0	42,0	37,0	2,0	2,0	2,0	139,0	3	83
5	54,0	42,0	2,0	2,0	2,0	2,0	104,0	2	72
6	54,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	64,0	1	64
								MÁX VDC	90
								VALOR PCI	10
								CALIFICACIÓN	FALLADO

z. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DE MUESTRA “U-26”

			HOJA DE REGISTRO POR UNIDAD DE MUESTRA ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (PCI)																						
NOMBRE DE LA VÍA: Laguna de Cuicocha-Parroquia Quiroga FECHA Y HORA: 04/05/2022 10:30am EVALUADO POR: Karina Andrade CONDICIÓN CLIMÁTICA: Soleado N° UNIDAD DE MUESTRA: U-26										LONGITUD DE MUESTRA (m): 31,50 m ANCHO DE CALZADA MUESTRA (m): 7,30 m ABSCISA INICIAL (Km): 9+390 ABSCISA FINAL (Km): 9+422 ÁREA UNIDAD DE MUESTRA (m²): 229,95 m²															
TIPOS DE FALLAS															ESQUEMA										
1. Agrietamiento por fatiga (m²) 2. Agrietamiento longitudinal y transversal (m) 3. Agrietamiento en bloque (m²) 4. Agrietamiento de bordes (m) 5. Agrietamiento por reflexión en juntas (m) 6. Agrietamiento parabólico (m²) 7. Abultamientos y Hundimientos (m²) 8. Corrugación (m²) 9. Hinchamiento (m²) 10. Depresión (m²)										11. Ahuellamiento (m²) 12. Desplazamiento (m²) 13. Baches (u) 14. Parches (m²) 15. Desprendimiento de agregados(m²) 16. Pulimento de agregados (m²) 17. Exudación (m²) 18. Escalonamiento calzada-berma (m) 19. Cruce de línea férrea (m²)															
NIVEL DE SEVERIDAD																									
Baja - Low (L)							Media - Medium (M)							Alta - High (H)											
TIPO FALLA	NIVEL SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD PARCIAL																	TOTAL	%DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO			
1	M	m²	12,00	2,66	4,02	1,08	4,55	1,38															25,69	11,17	48,0
1	H	m²	3,56	7,30	10,20	7,70	9,50																38,26	16,64	67,0
2	L	m	0,70	1,10	0,80	0,70	1,40	0,75	0,95	0,30	0,65	0,50	0,30	1,65	3,00	2,30	1,55	0,65	1,55	2,10			20,95	9,11	8,0
2	M	m	1,50	2,85	3,15	1,65	2,10	2,80	7,20	5,60													26,85	11,68	19,0
3	L	m²	1,95	3,30	6,48	2,88	3,06																17,67	7,68	6,0
3	M	m²	6,21	3,52																			9,73	4,23	10,0
4	M	m	31,50																				31,50	13,70	17,0
4	H	m	31,50																				31,50	13,70	28,0
7	M	m²	0,96	3,20	1,33	2,50	0,89	2,97	2,81	3,23	2,56												20,46	8,90	39,0
7	H	m²	2,25	1,96	1,76																		5,96	2,59	47,0
10	M	m²	2,50																				2,50	1,09	9,0
13	L	u	1,00	1,00																			2,00	0,87	18,0
13	H	u	1,00	1,00	1,00	1,00																	4,00	1,74	63,0
14	M	m²	1,87	3,26																			5,13	2,23	15,0
14	L	m²	0,90																				0,90	0,39	1,0
																						VDT	395,00		

Número valores deducidos $> 2 (q) = 14$

Mayor valor deducido (HDV) = 67

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

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 67) = 4,03 < 14$$

N°	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	VDC
1	67,0	63,0	48,0	47,0	1,2	226,2	5	100
2	67,0	63,0	48,0	47,0	2,0	227,0	4	100
3	67,0	63,0	48,0	2,0	2,0	182,0	3	100
4	67,0	63,0	2,0	2,0	2,0	136,0	2	89
5	67,0	2,0	2,0	2,0	2,0	75,0	1	75
MÁX VDC							100	
VALOR PCI							0	
CALIFICACIÓN							FALLADO	

Número valores deducidos $> 2 (q) = 12$


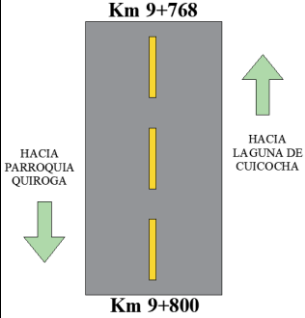
Mayor valor deducido (HDV) = 67

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

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 67) = 4,03 < 12$$

N°	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	VDC
1	67,0	62,0	61,0	58,0	1,1	249,1	5	100
2	67,0	62,0	61,0	58,0	2,0	250,0	4	100
3	67,0	62,0	61,0	2,0	2,0	194,0	3	100
4	67,0	62,0	2,0	2,0	2,0	135,0	2	88
5	67,0	2,0	2,0	2,0	2,0	75,0	1	75
MÁX VDC							100	
VALOR PCI							0	
CALIFICACIÓN							FALLADO	

bb. EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DE MUESTRA “U-28”

			HOJA DE REGISTRO POR UNIDAD DE MUESTRA ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (PCI)																								
NOMBRE DE LA VÍA: Laguna de Cuicocha-Parroquia Quiroga FECHA Y HORA: 04/05/2022 11:30am EVALUADO POR: Karina Andrade CONDICIÓN CLIMÁTICA: Soleado N° UNIDAD DE MUESTRA: U-28										LONGITUD DE MUESTRA (m): 31,50 m ANCHO DE CALZADA MUESTRA (m): 7,30 m ABSCISA INICIAL (Km): 9+768 ABSCISA FINAL (Km): 9+800 ÁREA UNIDAD DE MUESTRA (m²): 229,95 m²																	
TIPOS DE FALLAS															ESQUEMA												
1. Agrietamiento por fatiga (m²) 2. Agrietamiento longitudinal y transversal (m) 3. Agrietamiento en bloque (m²) 4. Agrietamiento de bordes (m) 5. Agrietamiento por reflexión en juntas (m) 6. Agrietamiento parabólico (m²) 7. Abultamientos y Hundimientos (m²) 8. Corrugación (m²) 9. Hinchamiento (m²) 10. Depresión (m²)										11. Ahuellamiento (m²) 12. Desplazamiento (m²) 13. Baches (u) 14. Parches (m²) 15. Desprendimiento de agregados(m²) 16. Pulimento de agregados (m²) 17. Exudación (m²) 18. Escalonamiento calzada-berma (m) 19. Cruce de línea férrea (m²)																	
NIVEL DE SEVERIDAD																											
Baja - Low (L)					Media - Medium (M)					Alta - High (H)																	
TIPO FALLA	NIVEL SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD PARCIAL																	TOTAL	%DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO					
2	M	m	1,25	3,10	1,25	3,20	1,85	2,10	3,10	3,15	2,85	0,80	1,10	1,95	1,00	2,65									29,35	12,76	20,0
2	H	m	1,85	4,30	2,85	3,00	3,10																		15,10	6,57	26,0
4	M	m	31,50	31,50																					63,00	27,40	22,0
7	H	m²	3,11																						3,11	1,35	37,0
13	H	u	1,00	1,00	1,00	1,00																			4,00	1,74	64,0
13	M	u	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00															8,00	3,48	58,0
13	H	u	1,00	1,00	1,00																				3,00	1,30	57,0
14	M	m²	2,25	0,24	0,96	0,67																			4,12	1,79	13,0
15	M	m²	0,42	0,61	0,75	0,50	0,36	1,60	0,78	0,68	0,50	0,30	0,85												7,34	3,19	12,0
																	VDT		309,00								

Número valores deducidos > 2 (q) = 9

Mayor valor deducido (HDV) = 64

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV)$$
$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 64) = 4,31 < 9$$

N°	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	VDC
1	64,0	58,0	57,0	37,0	8,1	224,1	5	100
2	64,0	58,0	57,0	37,0	2,0	218,0	4	100
3	64,0	58,0	57,0	2,0	2,0	183,0	3	100
4	64,0	58,0	2,0	2,0	2,0	128,0	2	85
5	64,0	2,0	2,0	2,0	2,0	72,0	1	71
							MÁX VDC	100
							VALOR PCI	0
							CALIFICACIÓN	FALLADO

Número valores deducidos > 2 (q) = 8

Mayor valor deducido (HDV) = 68

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV)$$
$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 68) = 3,94 < 8$$

N°	VALORES DEDUCIDOS				TOTAL	q	VDC
1	68,0	63,0	57,0	44,2	232,2	4	100
2	68,0	63,0	57,0	2,0	190,0	3	100
3	68,0	63,0	2,0	2,0	135,0	2	88
4	68,0	2,0	2,0	2,0	74,0	1	72
MÁX VDC							100
VALOR PCI							0
CALIFICACIÓN							FALLADO

ANEXO E: REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LAS FALLAS PREDOMINANTES