



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Ingeniería Vial

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS EN FUNCIÓN A SU ÍNDICE
DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) Y CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD EN TRES
SEGMENTOS DEL TRAMO CA-01 OCCIDENTE DE ESTACIÓN 018+815 A ESTACIÓN
124+200**

Ing. Juan Carlos Hernández Bámaca
Asesorado por el MSc. Ing. Luis Rolando Román Ávila

Guatemala, julio de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS EN FUNCIÓN A SU ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) Y CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD EN TRES SEGMENTOS DEL TRAMO CA-01 OCCIDENTE DE ESTACIÓN 018+815 A ESTACIÓN 124+200

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. JUAN CARLOS HERNÁNDEZ BÁMACA
ASESORADO POR EL MSC. ING. LUIS ROLANDO ROMÁN ÁVILA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN ARTES EN INGENIERÍA VIAL

GUATEMALA, JULIO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
DIRECTOR	Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	MSc. Ing. Armando Fuentes Roca
EXAMINADOR	M.A. Ing. Gustavo Adolfo Cancinos
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

DTG. 147.2020.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS EN FUNCIÓN A SU ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) Y CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD EN TRES SEGMENTOS DEL TRAMO CA-01 OCCIDENTE DE ESTACIÓN 018+815 A ESTACIÓN 124-200**, presentado por el Ingeniero **Juan Carlos Hernández Bámaca**, estudiante de la **Maestría en Artes en Ingeniería Vial** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, julio de 2020.

AACE/asga

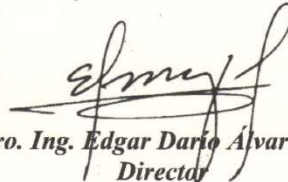
Guatemala, Julio de 2020

EEPMI-655-2020

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y verificar la aprobación del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística al Trabajo de Graduación titulado: **“EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS EN FUNCIÓN A SU ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) Y CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD EN TRES SEGMENTOS DEL TRAMO CA-01 OCCIDENTE DE ESTACIÓN 018+815 A ESTACIÓN 124-200”** presentado por el Ingeniero **Juan Carlos Hernández Bámaca** quien se identifica con Carné **100012539**, correspondiente al programa de **Maestría en Artes en Ingeniería Vial** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director



Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

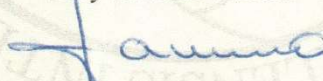
Guatemala, Julio de 2020

EEPFI-655-2020

Como Coordinador de la **Maestría en Artes en Ingeniería Vial** doy el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **“EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS EN FUNCIÓN A SU ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) Y CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD EN TRES SEGMENTOS DEL TRAMO CA-01 OCCIDENTE DE ESTACIÓN 018+815 A ESTACIÓN 124-200”** presentado por el Ingeniero **Juan Carlos Hernández Bámaca** quien se identifica con Carné **100012539**.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Mtro. Ing. Armando Fuentes Roca
Coordinador de Maestría
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Guatemala, Julio de 2020

EEPTI-657-2020

En mi calidad como Asesor del **Ingeniero Juan Carlos Hernández Bámaca** quien se identifica con carné **100012539** procedo a dar el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **"EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS EN FUNCIÓN A SU ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) Y CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD EN TRES SEGMENTOS DEL TRAMO CA-01 OCCIDENTE DE ESTACIÓN 018+815 A ESTACIÓN 124-200"** quien se encuentra en el programa de Maestría en Artes en Ingeniería Vial en la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Rolando Román Ávila
MSc. ING. CIVIL
COLEGIADO 6451


Mtro. Ing. Luis Rolando Román Ávila
Asesor

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS EN FUNCIÓN A SU ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) Y CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD EN TRES SEGMENTOS DEL TRAMO CA-01 OCCIDENTE DE ESTACIÓN 018+815 A ESTACIÓN 124+200

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 25 de junio de 2018.

Ing. Juan Carlos Hernández Bámaca

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	A Él sea la gloria y la majestad, el imperio y la potencia, ahora y por todos los siglos, amén.
Mi familia	En especial, a mis padres y hermanos.
Mis amigos	Quienes colaboraron y fueron partícipes de este sueño.
Usted en especial	Que me acompaña.

AGRADECIMIENTOS A:

USAC

La casa de estudios que por muchos años ha brindado su conocimiento científico y tecnológico para contribuir con este trabajo al desarrollo de nuestra nación.

Facultad de Ingeniería

Por ser el lugar donde se forjó nuestro carácter y nuestras capacidades para resolver con eficacia los retos de la vida.

MSc. Ing. Rolando Román

Por su colaboración y apoyo para la realización de este trabajo.

Y extensivamente a todas las personas que desinteresadamente me apoyaron para que la realización de este trabajo fuera un éxito.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XVII
ANTECEDENTES	XIX
INTRODUCCIÓN	XXIII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	XXVII
JUSTIFICACIÓN	XXXIII
OBJETIVOS	XXXV
ALCANCES DEL TEMA	XXXVII
NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	XLI
Hipótesis	XLIV
1. CAPÍTULO UNO. MARCO CONCEPTUAL	1
1.1. Gestión de proyectos viales	1
1.2. Definición de una estructura de pavimento	1
1.2.1. Estructura de pavimentos rígidos	2
1.2.2. Variantes a estructuras de pavimento conocidas	3
1.3. Distribución actual de las carreteras por tipo	7
1.4. Entidades rectoras de la gestión de carreteras pavimentadas	10
1.5. Ciclo de vida de carreteras pavimentadas	14
1.5.1. Vida útil	17
1.5.2. Vida económica	18
1.6. Definición de desempeño de carreteras pavimentadas	21

1.7.	Índice de condición del pavimento (PCI).....	22
1.8.	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI).....	24
1.9.	Conservación y prolongación de vida de los pavimentos.....	25
1.10.	Infraestructura vial y competitividad	29
1.10.1.	Infraestructura vial.....	29
1.10.2.	Competitividad.....	30
1.11.	Alianzas público privadas.....	32
2.	CAPÍTULO DOS. MARCO TEÓRICO.....	39
2.1.	Tipologías de pavimentos	39
2.1.1.	Pavimento rígido	42
2.1.1.1.	Pavimento de concreto simple con juntas (JPCP)	44
2.1.1.2.	Pavimento de concreto reforzado con juntas (JRCP)	46
2.1.1.3.	Pavimento de concreto con refuerzo continuo (CRCP)	47
2.1.2.	Pavimento flexible	48
2.2.	Evaluación de pavimentos por su (PCI) y criterios de sostenibilidad	50
2.2.1.	Desempeño de los pavimentos por su (PCI).....	52
2.2.1.1.	Desempeño funcional y estructural	53
2.2.1.2.	Interpretación de resultados del PCI	55
2.2.2.	Desempeño de los pavimentos por criterios de sostenibilidad.....	61
2.2.2.1.	Criterios de sostenibilidad económica.....	63
2.2.2.2.	Criterios de sostenibilidad ambiental....	63
2.2.2.3.	Criterios de sostenibilidad social	65

3.	CAPÍTULO TRES. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	69
3.1.	Elementos que conforman la metodología de evaluación	70
3.1.1.	Evaluación técnica del pavimento por su (PCI)	72
3.1.1.1.	Evaluación técnica de desempeño funcional y estructural.....	72
3.1.1.2.	Evaluación técnica del pavimento por su (PCI)	75
3.1.2.	Evaluación técnica por criterios de sostenibilidad...	87
3.1.2.1.	Criterios de sostenibilidad económica	87
3.1.2.2.	Criterios de sostenibilidad ambiental ...	88
3.1.2.3.	Criterios de sostenibilidad social.....	89
3.1.3.	Superposición de datos obtenidos para análisis.....	90
4.	CAPÍTULO CUATRO. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	99
4.1.	Análisis de resultados del desempeño y (PCI) del pavimento	100
4.2.	Análisis de resultados de criterios de sostenibilidad del pavimento	103
4.3.	Resumen del análisis	106
	CONCLUSIONES	109
	RECOMENDACIONES	113
	BIBLIOGRAFÍA.....	115
	APÉNDICES	121
	ANEXOS	191

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de obtención del (PCI) de los pavimentos.....	XLIII
2.	Tipología común de estructuras de pavimento.....	2
3.	Estructura de pavimento rígido	3
4.	Tipología de intervención de los pavimentos	4
5.	Proceso de asfalto espumado con recicladora.....	6
6.	Migración de estructura de pavimento flexible a rígido	6
7.	Arreglo de maquinaria utilizada para trabajar asfalto espumado	7
8.	Ciclo general de vida útil de los pavimentos	19
9.	Ciclo de vida de los pavimentos para Guatemala	20
10.	Evaluación de serviciabilidad de carreteras	25
11.	Determinación del PCI, serviciabilidad y sostenibilidad	27
12.	Índices de desempeño en gestión vial	30
13.	Estructura de pavimento rígido	42
14.	Variante 1, pavimento de concreto simple con juntas (JPCP).....	44
15.	Variante 2, pavimento de concreto simple con juntas (JPCP).....	45
16.	Pavimento de concreto reforzado con juntas (JRCP)	46
17.	Pavimento de concreto con refuerzo continuo	47
18.	Estructura típica de pavimento flexible.....	48
19.	PCI sectorizado del segmento 1	77
20.	Fallas recurrentes del segmento 1	77
21.	PCI sectorizado del segmento 1	81
22.	Fallas recurrentes del segmento 2	81
23.	PCI sectorizado del segmento 3	85

24.	Fallas recurrentes del segmento 3.....	85
-----	--	----

TABLAS

I.	Longitud de la red vial de la República de Guatemala.....	10
II.	Acuerdo gubernativo de la creación de la DGC y sus funciones	11
III.	Acuerdo gubernativo de la creación de COVIAL y sus funciones.....	13
IV.	Escala de clasificación del PCI	23
V.	Portafolio de proyectos ANADIE, noviembre de 2017	38
VI.	Diferenciación entre pavimentos rígidos y flexibles	39
VII.	Actividades de mantenimiento básicas de COVIAL.....	59
VIII.	Mantenimiento recomendado de acuerdo a su PCI.....	60
IX.	PCI del segmento 1 y su desempeño	76
X.	Resumen de resultados del segmento 1.....	78
XI.	PCI del segmento 2 y su desempeño	80
XII.	Resumen de resultados del segmento 2.....	82
XIII.	PCI del segmento 3 y su desempeño	84
XIV.	Resumen de resultados del segmento 3.....	86
XV.	Evaluación individual de criterios de sostenibilidad económica	87
XVI.	Evaluación individual de criterios de sostenibilidad ambiental.....	89
XVII.	Evaluación individual de criterios de sostenibilidad social	90
XVIII.	Matriz de riesgo e impacto del segmento 1	93
XIX.	Matriz de riesgo e impacto del segmento 2	95
XX.	Matriz de riesgo e impacto del segmento 3	98
XXI.	Resultados del (PCI) promedio y promedio ponderado	100
XXII.	Listado de fallas recurrentes encontradas en el tramo	101
XXIII.	Resultados del PSI promedio	103
XXIV.	Resumen del (PCI) promedio y sostenibilidad del tramo	106
XXV.	Resumen del (PSI) promedio del tramo.....	107

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
D_L	Drenaje longitudinal: son canales abiertos. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H)
D_t	Drenaje transversal: son tuberías o bóvedas. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H)
D_R	Derrumbe: cuando el terreno sede sobre la pista, inhabilita un carril y otros habilitados (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), cubre la totalidad de la pista (H)
D_z	Deslizamiento: cuando el terreno sede de la pista hacia ladera, inhabilita un carril y otros habilitados (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), destrucción de la pista (H)
°C	Grados Celsius
m	Metro
m²	Metro cuadrado
mm	Milímetro
Km/h	Kilómetros por hora
P%	Pendiente porcentual: es la inclinación del terreno o diferencia promedio de niveles entre dos puntos

	observados, divididos entre la longitud que los separa, medida en forma porcentual (%)
Temp	Temperatura: frío (M, si $4 < \text{Temp} < 12$ °C), templado (L, si $12 < \text{Temp} < 30$ °C), Cálido (H, si $\text{Temp} > 30$ °C) aplicable a reparaciones de pavimento
Tt	Tipo de terreno: (PL) plano o llano ($P\% < 5\% = L$), (Lo) ligeramente ondulado ($5\% < P\% < 7\% = L$), (Mo) moderadamente ondulado ($7\% < P\% < 15\% = M$), (Mt) montañoso ($15\% < P\% < 30\% = H$)
Sv	Señalización vertical: puede ser preventiva, restrictiva o informativa). Si existe (L), si existe pero está dañada (M), si no existe o está muy deteriorada (H)
Sh	Señalización horizontal: si las líneas centrales, laterales y marcadores reflectivos existen (L), si existen pero están dañadas (M), si no existen o están muy deterioradas (H)
Vo	Velocidad de operación: es la velocidad a la que el usuario conduce confortablemente (L, si $V_o > 60$), el usuario reduce la velocidad (M, si $40 < V_o < 60$), el usuario frena y no es confortable el manejo (H, si $V_o < 40$)
Vp	Velocidad permitida: es la velocidad a la que las entidades regularizadoras del tránsito restringen la locomoción en el tramo (L)

GLOSARIO

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials (Asociación Americana de Carreteras del Estado y Oficiales de Transporte).
ACI	American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto).
ACPA	American Concrete Pavement Association (Asociación Americana de Pavimentos en Concreto).
ANADIE	Alianzas para el Desarrollo de Infraestructura Económica.
APP	Alianzas público privadas.
ASTM	American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Ensayos y Materiales).
Bache	Es la deformación superficial en un pavimento (rígido o flexible) que por factores externos provoca que sea intransitable el lugar donde este se encuentra; se manifiesta como un hundimiento de la superficie por pérdida de su desempeño estructural.

CA-01-W	La carretera CA-01 Occidente es una ruta centroamericana de primer orden, que interconecta al resto del país con la frontera mexicana; carretera en la cual se transportan insumos, mercancías de cualquier variedad y personas de toda la región, especialmente del occidente de la república; en tal caso, es de suma importancia su estudio ya que de esta depende gran cantidad del comercio y transporte de la región.
Calicata	Son excavaciones a cielo abierto, para toma de muestras alteradas, con el objeto de saber la composición cualitativa y cuantitativa de la estructura subyacente de los suelos.
Calzada	En carreteras se denomina así a espacio físico donde circulan todo tipo de vehículos de transporte, estas pueden tener varios carriles de circulación para velocidades determinadas, las más comunes son carreteras con una calzada de dos sentidos.
Calzada derecha (DER)	Calzada del lado derecho.
Calzada izquierda (IZQ)	Calzada del lado izquierdo.
CIV	Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda.

CLACDS	Centro Latinoamericano para la Competitividad y el Desarrollo Sostenible.
COGUANOR	Comité Guatemalteco de Normas.
CONADIE	Consejo Nacional de Alianzas para el Desarrollo de Infraestructura Económica.
CONADUR	Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Rural.
COVIAL	Unidad Ejecutora de Conservación Vial.
CRCP	<i>Continuously reinforced concrete pavement</i> (pavimento de concreto con armadura continua).
Desempeño estructural	Se define como la capacidad que tiene una estructura de pavimento para ser transitada a través de su ciclo de vida sin que se manifieste mayor deterioro operacional más allá de los estándares permitidos.
Desempeño funcional	Se refiere básicamente a la calidad de comodidad y seguridad que el usuario percibe al desplazarse sobre la vía.
DGA	Departamento de Gestión Ambiental, de la Dirección General de Caminos.
DGC	Dirección General de Caminos.

EEP	Escuela de Estudios de Postgrado
EIA	Estudio de impacto ambiental.
ENADE	Encuentro Nacional de Empresarios.
Escalonamiento	Es la variación de altura entre juntas constructivas del pavimento, las cuales se manifiestan como una sensación de vibración al momento de conducir sobre el mismo.
FHWA	The Federal Highway Administration (Administración Federal de Carreteras).
Fuerza de fricción	Se define como la fuerza que se opone al deslizamiento de un vehículo en movimiento.
FUNDESA	Fundación para el Desarrollo de Guatemala.
FWD	<i>Falling weight deflectometer</i> (deflectómetro por caída de peso).
Gestor vial	Persona individual o jurídica especialista en la administración de proyectos de carreteras.
Hormigón	Es un sinónimo de concreto, utilizado en el idioma español.
IDAEH	Instituto de Antropología e Historia.

IRI	<i>International roughness index</i> (índice internacional de rugosidad).
Isla de calor	Se manifiesta como el incremento sensible de la temperatura de las zonas urbanizadas, respecto a zonas más alejadas a la misma, por la gran cantidad de elementos urbanos que producen acumulación de calor.
IVA	Impuesto al valor agregado.
JPCP	<i>Jointed plain concrete pavement</i> (pavimento de concreto con junta simple).
JRCP	<i>Jointed reinforced concrete pavement</i> (pavimento de concreto con juntas reforzadas).
Junta de pavimento	Son las operaciones de cortar la superficie de concreto para homogenizar el apareamiento de grietas de manera controlada.
Losas cortas	Losas que con medidas no tradicionales de diseño y que en este caso son mayores a 1.80m x 1.80m.
MEPDG	<i>Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide</i> (guía de diseño mecanístico-empírico de pavimento).
MINGOB	Ministerio de Gobernación.

MIPYME	El término se utiliza para designar a las micro, pequeñas y medianas empresas.
Mitigar	Se refiere a las acciones que se realizan para atenuar o reducir el efecto negativo de algún evento que se prevé sea dañino, contraproducente o de carácter destructivo de una vía de comunicación o carretera.
Norma ASTM D6433-16	Es la norma utilizada por la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales, para el cálculo de desempeño de los pavimentos por PCI. El numeral 16 se refiere al año de actualización de dicha norma.
PCA	<i>Portland Cement Association</i> (Asociación del Cemento Portland).
PCC	<i>Portland Cement Concrete</i> (concreto de cemento Portland).
PCI	<i>Pavement condition index</i> (índice de condición del pavimento).
Perfilado superficial	Son las operaciones de desgaste mecánico de una superficie, para reducir las irregularidades (escalonamiento) entre las juntas de un pavimento rígido; el grado de intervención se define de acuerdo al daño estructural que se manifieste.
PNC	Policía Nacional Civil.

PRONACOM	Programa Nacional de Competitividad.
PSI	<i>Pavement serviciability index</i> (índice de serviciabilidad del pavimento).
Resilencia	Es la capacidad que tienen los materiales para resistirse a los esfuerzos de deformación, ante la aplicación de cargas repetidas, estáticas o dinámicas.
Sector	Cada segmento tiene sectores puntuales (entre estacionamientos de kilometrajes definidos) en los cuales se identifica un daño particular o desempeño estructural o funcional que es necesario intervenir.
SEGEPLAN	Secretaria General de Planificación.
Segmento	Se utilizará indistintamente esta definición para designar a cada uno de los subtramos que conforman el tramo general de pavimento rígido en estudio.
Segmento 1	Km 18+815, San Cristóbal, a km 30+00, San Lucas, Sacatepéquez.
Segmento 2	Km 61+000, Zaragoza, Chimaltenango, a km 89+700, bifurcación Santa Apolonia, Chimaltenango.
Segmento 3	Km 89+700, bifurcación Santa Apolonia, a km 124+200, hacia Las Trampas, Sololá.

Subbase	Es una estructura de suelo, a la cual se le han adicionado materiales clasificados, provenientes de la explotación de bancos de materiales idóneos, los cuales después de ser homogenizados, mezclados y conformados pueden recibir y distribuir uniformemente las cargas de diseño preestablecidas.
Subrasante	Es una estructura de suelo existente, la cual después de ser homogenizada, mezclada y conformada puede recibir y distribuir uniformemente las cargas de diseño preestablecidas.
Temporada	Se refiere a las estaciones o temporadas de invierno y verano normales en Guatemala.
Temporalidad	Se refiere al momento en que se realiza la evaluación de las condiciones de desempeño funcional o estructural de la vía.

RESUMEN

La necesidad de evaluar el desempeño del tramo carretero pavimentado CA-01-Occidente de la estación 018+815 a la estación 124+200 en tres segmentos de pavimento rígido representativos del desempeño del tramo principal en estudio, es resultado del análisis histórico que se tiene respecto a la problemática del deterioro de la red vial pavimentada de Guatemala.

Por lo que al índice de condición del pavimento (PCI), se le concatenan criterios de sostenibilidad (técnicos, económicos, ambientales y sociales), con lo cual se potencializa la forma de evaluar el desempeño de las carreteras.

Esta concatenación permite obtener una metodología que valoriza su daño estructural y su grado de vulnerabilidad.

Finalmente se obtiene una matriz de impacto, que relaciona la valorización numérica obtenida del PCI y la valorización numérica de los criterios de sostenibilidad. Los datos obtenidos a través de la matriz de impacto, son determinantes para la intervención del segmento, de acuerdo daño encontrado y la vulnerabilidad que manifiesta.

Por lo que el gestor vial, ya sea este una institución pública o privada, tendrá los elementos necesarios para la toma de decisiones y así dirigir los recursos donde se puedan aplicar acciones para mitigar esta vulnerabilidad; por lo que puede adoptarse como una herramienta metodológica para la gestión de pavimentos.

ANTECEDENTES

La necesidad de evaluar el desempeño del tramo carretero pavimentado CA-01-Occidente de la estación 018+815 a la estación 124+200 en tres segmentos de pavimento rígido representativos del desempeño del tramo principal en estudio, es resultado del análisis histórico que se tiene respecto a la problemática del deterioro de la red vial pavimentada de Guatemala, que influye directamente en la falta de confort e inseguridad de conducción en carretera, lo que contribuye al aumento del tiempo de viaje de punto a punto y al mayor consumo de combustibles e insumos.

Se añade a la problemática existente, a que no se han construido, ampliado o concluido suficientes vías de comunicación; o liberadores viales con el objeto de reducir el congestionamiento vehicular en zonas urbanas; se tiene como resultado la reducción del desempeño funcional de las vías de comunicación.

En consideración a lo descrito anteriormente, se ha establecido que se adolece de dos preceptos importantes: el primero de orden técnico que involucra el desempeño funcional y estructural de la carretera pavimentada y el segundo de orden socioeconómico y ambiental, a lo que se le denomina en este trabajo sostenibilidad.

Se han tomado como antecedentes cronológicos importantes, las declaraciones vertidas en el Encuentro Nacional de Empresarios (ENADE) y algunas aseveraciones que especialistas han hecho respecto al deterioro del índice de condición de carreteras en Guatemala que a continuación se citan:

- Año 2012

Actualmente Guatemala tiene una red vial de 16,000 km, de los cuales unos 6,000 km están pavimentados y el resto de 10,000 son de terracería, aparte de unos 9,000 km de tierra no inventariados que han sido construidos por organizaciones ajenas a la Dirección General de Caminos y no llenan requerimientos mínimos de funcionalidad. Esto significa que el 63% de caminos de la red vial son de terracería y si se toma en cuenta los no inventariados son el 76% del total de unos 25,000 kilómetros. (Erdmenger, 2012, pp. 14-15)

- Año 2013

Transportistas reportaron que varias carreteras de concreto, que fueron contratadas para durar 20 años, ya presentan múltiples daños. El tramo de la CA1 Occidente entre Chimaltenango y Cuatro Caminos, que tiene menos de seis años de haber sido construida, ya tiene más de 700 planchas dañadas. En igual situación se encuentra la autopista de ingreso al Puerto Quetzal. En otro párrafo menciona que: ...se dan atrasos de tiempo en el tema de importaciones y exportaciones, e incrementos en el costo de los productos, señala Fanny D. Estrada, directora de competitividad de la Asociación Guatemalteca de Exportadores. Acajabón, F. (21 de octubre de 2013). Informe revela fallas en bacheo de carreteras. El Periódico, pp. 4-5.

- Año 2017

Se menciona la situación de las carreteras pavimentadas; se describe que “el tiempo de vida útil, al menos el 84 por ciento de la red vial del país ya expiró, informó este miércoles Julio Estrada, Ministro de finanzas” (Gamarro, 2017, p. 1).

- Año 2017

Al revisar las cifras disponibles en Guatemala provistas por el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, entre el año 1985 y el 2013, la red vial creció 80%, equivalente a un aumento de 7,335 kilómetros (tasa de crecimiento igual a un 1.80% anual). No obstante, desde el año 2,014 no se ha construido ni un kilómetro adicional de red vial, y desde el año 2,011 no se ha ampliado la red vial pavimentada. (CACIF-FUNDESA, 2017, p. 19)

INTRODUCCIÓN

La carretera CA-01 Occidente es una ruta centroamericana de primer orden, que interconecta al resto del país con la frontera mexicana; carretera en la cual circulan insumos y mercancías de cualquier variedad; adicionalmente, sirve de vía de transporte de personas de toda la región Occidente de la república; en tal caso es de suma importancia su estudio ya que de ella depende gran cantidad del comercio y transporte de la región.

Por esta razón, se evalúa el desempeño del tramo carretero pavimentado CA-01-Occidente de la estación 018+815 a la estación 124+200 en tres segmentos de pavimento rígido representativos del desempeño del tramo principal en estudio, en función al índice de condición del pavimento y criterios de sostenibilidad.

Para el desarrollo de este trabajo se reunirá información necesaria de fuentes primarias y secundarias, registros particulares generados por instituciones de gobierno que ejecutan la construcción y el mantenimiento de carreteras en Guatemala, complementada con la documentación de la información que se obtenga durante la evaluación física de los segmentos previamente establecidos para evaluar el desempeño y sostenibilidad del tramo general propuesto.

Finalmente, se evaluará el desempeño y la sostenibilidad del tramo, cuyos criterios darán como resultado la metodología básica de análisis con lo cual se concluirá y recomendará con base en resultados que lo respalden.

La inclusión de los componentes de desempeño y sostenibilidad se proyectan relevantes a corto plazo como herramienta básica para la evaluación de pavimentos rígidos, previendo el aumento del porcentaje de estas vías, en cuyo caso será necesaria, ya que su aplicación es efectiva, rápida de establecer y de bajo costo.

- Capítulo uno, marco conceptual: se explicará de manera sencilla la gestión de proyectos viales así como las instituciones que intervienen en su gestión; también, se definen las tipologías de estructuras de pavimentos existentes, la distribución actual de carreteras, por tipo, en el territorio nacional; seguidamente, se explicarán los conceptos de ciclo de vida de los proyectos de carreteras, desempeño y deterioro de los pavimentos así como su preservación; finalmente, se introducen los conceptos de índice de condición del pavimento (PCI) y de serviciabilidad (PSI) de los pavimentos, así como el concepto de sostenibilidad y algunos comentarios generales respecto a infraestructura vial y competitividad y alianzas público privadas.
- Capítulo dos, marco teórico: se definirán las tipologías clásicas de pavimentos rígidos y los elementos que lo conforman; también, se explica brevemente como están conformadas las estructuras de pavimentos flexibles. En la parte final del capítulo, se explicará la forma de evaluar el desempeño de los pavimentos por medio de su (PCI) y la evaluación de desempeño por medio de los criterios de sostenibilidad (económica, ambiental y social).
- Capítulo tres, metodología de evaluación de pavimentos rígidos: esta se aplicará al tramo de pavimento rígido en estudio. Inicialmente, se explicarán los elementos básicos de la metodología a aplicar en la evaluación técnica de los pavimentos rígidos; seguidamente, se realizarán las evaluaciones técnicas individuales de desempeño funcional y estructural del pavimento rígido y la

evaluación su respectivo (PCI); posteriormente, se evaluarán técnicamente los criterios económicos, ambientales y sociales que conformarán el criterio de sostenibilidad; finalmente, se superpondrán los resultados obtenidos para su análisis final.

- Capítulo cuatro, análisis e interpretación de resultados: aquí se presentan los exámenes de resultados de las evaluaciones de desempeño del índice de condición del pavimento (PCI) y los criterios de sostenibilidad de manera resumida. Finalmente, el resultado de los análisis y su interpretación serán la base para realizar las conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para el desarrollo del tema propuesto se efectuará un análisis teórico que orientará y dará a conocer al lector las características y los factores a considerar para establecer la existencia de reducción del desempeño funcional y estructural que una carretera presenta, en relación directa con el índice de condición y los criterios de sostenibilidad.

Hay muchos factores que contribuyen al deterioro del desempeño funcional y estructural de los pavimentos a lo largo de su ciclo de vida, entre los cuales se pueden mencionar el aumento de la carga vehicular así como sus pesos y dimensiones, factores relacionados al clima como (temperatura, precipitación pluvial y viento) otros relacionados a la sismicidad, que aumenta la ocurrencia de deslizamientos o derrumbes; todos estos factores ocasionan la reducción de la movilidad y el deterioro o destrucción de los pavimentos e infraestructura existente.

También, se debe considerar la influencia de la calidad y el origen de los materiales utilizados para construir la estructura de los pavimentos, la ubicación geográfica del tramo y las condiciones de topografía imperante, que son causantes también del deterioro prematuro de los pavimentos.

Otros factores a considerarse son las metodologías y técnicas constructivas para la construcción de las carreteras y sus sistemas de control de calidad y supervisión.

Específicamente existen dos tipos de deterioro de desempeño de los pavimentos:

- Primer tipo, deterioro por desempeño funcional
 - Relacionado al aumento de tiempo de recorrido de un punto A hacia un punto B de un usuario común de una carretera; o los relacionados a la movilidad de mercaderías o transporte masivo de personas; se tiene como resultante un mayor consumo de combustibles e insumos de los vehículos.
 - El desempeño funcional también se ve reflejado en la percepción de la reducción de seguridad y bajo confort de manejo, por lo que la velocidad de conducción estará por debajo de la velocidad de diseño de la carretera.
- Segundo tipo, deterioro por desempeño estructural
 - Desgaste de la textura natural del pavimento la cual genera el aumento de la distancia de frenado de los vehículos por la pérdida de la fuerza fricción.
 - Incremento de la cantidad de baches, fuentes comunes de la generación de accidentes.
 - Incremento de losas fracturadas, agrietamientos o daños en el pavimento.
 - Pérdida de sello de juntas.
 - Asentamientos o hundimientos de los suelos subyacentes, los cuales generan pérdida de uniformidad de la vía (escalonamiento de losas).

La evaluación inicial del caso y el análisis de los antecedentes indagados, revela la existencia de un alto deterioro en las carreteras pavimentadas del país; destacan aspectos que se consideran han contribuido a dicho deterioro y de los cuales pueden hacerse referencia inmediata, algunos de ellos, de la forma siguiente:

- Deterioro de la red vial por incumplimiento de los programas de gestión de carreteras relacionadas al mantenimiento y rehabilitación vial.
 - Deterioro de la infraestructura vial producto de eventos climatológicos y eventos sísmicos que provocan derrumbes o deslizamiento de suelos, destrucción de puentes, inundaciones, azolvamiento de tuberías, entre otros.
 - Deterioro de la red vial por deficiencia en el monitoreo periódico de las mismas.
 - Deterioro de la red vial por pérdida de desempeño funcional y estructural de la estructura de pavimento y suelos subyacentes.
- Efectos generales
 - El ciclo de vida de la red vial del país se ha visto degradado por las razones arriba descritas, lo que ha provocado que la movilidad, el confort, la seguridad y el transporte de punto a punto se vean afectados de forma negativa.

- Planteamiento del problema
 - Considerando que la evaluación inicial del caso revela la existencia de un alto deterioro en las carreteras pavimentadas del país aunado a las constantes solicitudes de mejoras que los usuarios de las carreteras demandan, se hace necesario establecer si los criterios que se han empleado con anterioridad para evaluar el desempeño de los pavimentos cumplen con su objetivo de forma adecuada.
 - También, se hace necesario responder a la interrogante sobre si es o no acertada la aplicación de dichos criterios de evaluación, que propicia la utilización o ampliación de criterios que puedan contribuir a una mejor evaluación de pavimentos, sin dejar de tomar como referencia los conceptos de evaluación de desempeño y el deterioro de pavimentos existentes.
- Delimitación del problema de deterioro por desempeño
 - Tomando en cuenta que la realización de estudios especializados de campo son muy onerosos y requieren de equipos especializados para su ejecución, y que los estudios existentes son difíciles de obtener, se hace necesario ampliar los conceptos de índice de condición y sostenibilidad como criterios de evaluación de deterioro de los pavimentos rígidos; por lo que se evaluará el tramo carretero pavimentado CA-01-Occidente de la estación 018+815 a la estación 124+200, en tres segmentos de pavimento rígido representativos del desempeño del tramo principal en estudio, en función de su condición actual, con el fin de generar una metodología de evaluación en función del índice de condición y los criterios sostenibilidad del pavimento, que considere: antecedentes, condición y desempeño

estructural, condiciones topográficas imperantes, ocurrencia de derrumbes o deslizamientos, velocidad de conducción, confort y demás factores que provocan el deterioro del desempeño funcional y estructural del pavimento.

Para la ejecución de este trabajo de investigación, se excluyen las carreteras con pavimento flexible y las no pavimentadas u otro tipo de infraestructura dentro del tramo carretero propuesto, debido a que su comportamiento es distinto; sin embargo, el concepto deterioro de la infraestructura a través de tiempo es el mismo; por lo que la aplicabilidad metodológica presentada es factible con las modificaciones que correspondan.

JUSTIFICACIÓN

Se ha podido constatar que el deterioro de la red vial pavimentada ha sido provocado por muchos factores: 1) deterioro de desempeño por reducción de la capacidad funcional y estructural del pavimento y 2) deterioro del pavimento por causas ambientales y socioeconómicas a las que se les conoce como sostenibilidad, por lo que se ha decidido ampliar estos conceptos de manera individual para su mejor comprensión y utilización posterior.

Analizando los antecedentes relacionados con los criterios de evaluación de desempeño de los pavimentos, se evaluará el desempeño del tramo carretero pavimentado CA-01-Occidente de la estación 018+815 a la estación 124+200 en tres segmentos de pavimento rígido representativos del desempeño del tramo principal en estudio. Se analizarán individualmente criterios técnicos como el índice de condición de los pavimentos y los criterios de sostenibilidad que involucra conceptos (económicos, ambientales y sociales).

La importancia del estudio radica en que los criterios a evaluar pueden ser superpuestos, crean así un concepto único que permite a los gestores de proyectos tener una herramienta para la toma de decisiones administrativas y ejecutivas prácticas; adicionalmente, cumplir con los lineamientos existentes de administración de proyectos entre los cuales está el concepto de mejora continua.

- Beneficio esperado
 - Formular una metodología destinada a coadyuvar y mejorar la gestión de pavimentos ya que la misma tiene factibilidad de uso práctico, debido a

que involucra los objetivos presentes en las estrategias y políticas de gestión de carreteras tanto públicas como de alianzas público privadas.

Entonces, la aplicabilidad de los conceptos de índice de condición y sostenibilidad serán de gran ayuda a los gestores de proyectos viales y para las entidades rectoras de la construcción y conservación de la red vial pavimentada; ya que la aplicación de los conceptos en estudio generará la información necesaria para darle seguimiento al comportamiento de los pavimentos en el tiempo y su oportuna intervención.

También, se considera necesario contar con todas las herramientas posibles para tomar decisiones acertadas que generen propuestas oportunas destinadas a mitigar el deterioro prematuro de las vías; que mejora así la gestión de pavimentos en su ciclo de vida, en función de los registros existentes de las condiciones actuales de los pavimentos y su deterioro.

Finalmente, se puede afirmar que los usuarios de la red vial pavimentada serán los más beneficiados con la aplicación de los planes de gestión de carreteras cuando sean intervenidas de manera oportuna al aplicar estos conceptos.

OBJETIVOS

Objetivo general

Proporcionar una herramienta metodológica que sirva para advertir sobre el deterioro de las carreteras pavimentadas por medio de la evaluación de desempeño de un tramo de carretera pavimentada en función de su índice de condición del pavimento y sus criterios de sostenibilidad.

Objetivos específicos

1. Evaluar y analizar el desempeño del tramo carretero pavimentado CA-01-Occidente de la estación 018+815 a la estación 124+200 en tres segmentos de pavimento rígido representativos del desempeño del tramo principal en estudio; donde se aplicarán individualmente criterios técnicos en función de su índice de condición del pavimento y criterios de sostenibilidad, que involucra conceptos (económicos, ambientales y sociales).
2. Ampliar y favorecer la inclusión de los conceptos de índice de condición del pavimento y sostenibilidad para gestión de pavimentos los cuales generarán la información necesaria de seguimiento al comportamiento de los pavimentos en su tiempo de vida útil, para su oportuna intervención.
3. Verificar la existencia de una correlación entre el deterioro en el desempeño de los pavimentos rígidos y la deficiente gestión en el mantenimiento de los pavimentos, en función al índice de condición del pavimento y criterios de sostenibilidad.

4. Propiciar que la información vertida en este trabajo sea la base de estudios posteriores donde se pueda aplicar esta metodología para carreteras de pavimento flexible con sus respectivas variantes.
5. Analizar el ciclo de vida, en la fase de operación, del tramo carretero pavimentado CA-01-Occidente de la estación 018+815 a la estación 124+200 en tres segmentos de pavimento rígido representativos del desempeño del tramo principal en estudio.

ALCANCES DEL TEMA

- Alcances

Este trabajo analizará y evaluará técnicamente el desempeño del tramo carretero pavimentado CA-01-Occidente de la estación 018+815 a la estación 124+200 en tres segmentos de pavimento rígido representativos del desempeño del tramo principal en estudio; se aplicarán individualmente criterios técnicos en función de su índice de condición y criterios de sostenibilidad; este último que a su vez involucra conceptos (económicos, ambientales y sociales).

Para el efecto, se analizará la condición actual del tramo propuesto; seguidamente, se enumerarán factores que se tomarán en cuenta para la evaluación de índice de condición y sostenibilidad de los pavimentos; estos factores formarán la metodología básica de análisis con lo cual se concluirá y se recomendará con base en los resultados y valores tangibles que se obtengan.

Se presentará una propuesta metodológica para concatenar los factores de índice de condición y sostenibilidad para ampliar su conceptualización; de tal manera que pueda ser utilizada por los gestores de infraestructura vial y así tener una herramienta útil que permitirá analizar técnicamente las vías pavimentadas, con el objeto de presentar propuestas oportunas de intervención para mitigar su deterioro prematuro y mejorar así la gestión de pavimentos a lo largo de su ciclo de vida.

El análisis general del caso reunirá la información necesaria del tramo propuesto, se concatenan con criterios de evaluación del desempeño; inicia en el año 2008 a la fecha; finaliza con la recolección y el procesamiento de los

registros de condiciones físicas actuales. Se considera que es en esta década (2008 a 2018), en la que se ha manifestado el mayor deterioro de desempeño de las carreteras pavimentadas en Guatemala.

El análisis del tramo carretero propuesto contempla visitas de campo que se realizarán al tramo carretero pavimentado CA-01-Occidente de la estación 018+815 a la estación 124+200 en tres segmentos de pavimento rígido representativos del desempeño del tramo principal en estudio; se verificará la validez de la información existente y se complementará con los datos obtenidos por medio de la aplicación de los criterios de índice de condición y los criterios de sostenibilidad para la evaluación de desempeño del pavimento rígido y obtener una actual y adecuada evaluación del tramo.

- Limitaciones

Mucha de la información para el estudio será obtenida de fuentes primarias y secundarias, debido a que la realización de estudios especializados de campo es muy onerosa y requiere de equipos especializados para su ejecución, y los existentes son difíciles de obtener; por tanto, se hace necesario ampliar los conceptos de índice de condición y sostenibilidad como criterios de evaluación de deterioro de los pavimentos.

Para la ejecución de este trabajo de investigación, se excluyen de su análisis, las carreteras con pavimento flexible y las no pavimentadas u otro tipo de infraestructura dentro del tramo carretero propuesto debido a que su comportamiento es distinto; sin embargo, el concepto deterioro de la infraestructura a través de tiempo es el mismo; por lo que la aplicabilidad metodológica presentada es factible con las modificaciones que correspondan.

El beneficio esperado: formular una metodología destinada a coadyuvar y mejorar la gestión de pavimentos ya que la misma tiene factibilidad de uso práctico, debido a que involucra los objetivos presentes en las estrategias y políticas de gestión de carreteras tanto públicas como de alianzas público privadas.

NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

- Necesidades a cubrir

El trabajo está enfocado en evaluar técnicamente el desempeño del tramo carretero pavimentado CA-01-Occidente de la estación 018+815 a la estación 124+200 en tres segmentos de pavimento rígido representativos del desempeño del tramo principal en estudio, con el objetivo de formular una metodología para concatenar y ampliar los criterios de índice de condición del pavimento y sostenibilidad.

La característica principal de la metodología evaluación presentada radica en la inclusión de criterios de sostenibilidad que concatenados con el índice de condición de pavimento, conocido como (PCI), harán más clara la evaluación de desempeño tanto estructural como funcional de los pavimentos rígidos.

La aplicabilidad de esta metodología es extensiva a todos los tramos carreteros de pavimento rígido a nivel nacional; y toma en cuenta los alcances y las limitaciones mencionadas en este trabajo de investigación.

La metodología de evaluación a presentar se convertirá entonces en una herramienta que pueda ser utilizada por los gestores de infraestructura vial, la cual permitirá evaluar las condiciones existentes de las vías pavimentadas, con el objetivo de generar propuestas oportunas destinadas a mitigar la existencia el deterioro prematuro de las vías, para mejorar así la gestión de pavimentos en su ciclo de vida.

Otra aplicabilidad de la metodología presentada es reducir la brecha existente de evaluación de una carretera pavimentada y propuesta de intervención para su conservación o rehabilitación.

Se considera como ejemplo la última evaluación del índice de condición del pavimento (PCI) realizada a la red vial del país, por medio de la Unidad de Conservación Vial, COVIAL, en el año 2015 y que es de difícil acceso público, cuyos resultados fueron dados a conocer por fuentes secundarias de información en octubre del año 2017, cuyo resultado de PCI nacional para el año 2016, fue de (50.43) puntos. (CACIF-FUNDESA, 2017, p. 25).

Por lo que la brecha de tiempo contabilizada desde la realización del estudio de índice de condición del pavimento (PCI) y la presentación de resultados de manera pública fue de dos años.

En tal contexto, la metodología de evaluación cubre la necesidad de evaluar tramos de pavimento rígido con una metodología sencilla, sin tener que recurrir directamente a estudios onerosos que requieren de equipos especializados para su ejecución; también toma en cuenta que los estudios existentes son difíciles de obtener.

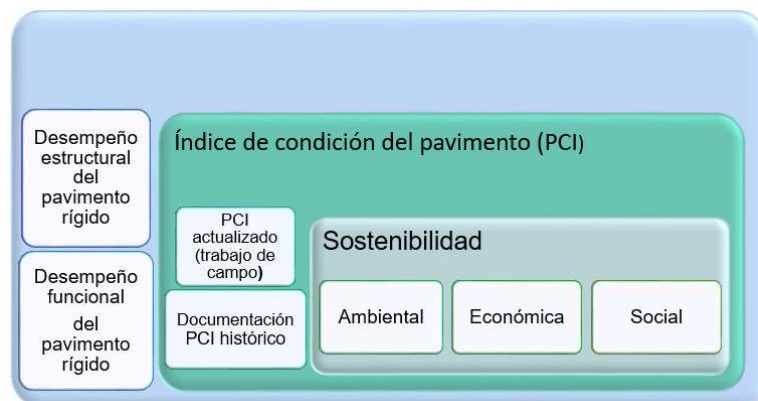
Finalmente, la metodología tiene validez a largo plazo, ya que se prevé el aumento futuro de construcción de tramos carreteros con pavimento rígido; por lo cual será necesaria esta herramienta de evaluación, cuya aplicación se verá reflejada en el mejoramiento de la competitividad relacionada al transporte de cargas, mercaderías, personas, insumos y otras relacionadas al usuario de la vía: confort y seguridad de conducción en la carretera y mejoramiento de tiempos de traslado.

- Esquema de solución

El desempeño estructural y funcional existente de los pavimentos rígidos, se obtendrá de la evaluación de campo del índice de condición del pavimento (PCI) del tramo de pavimento rígido en estudio; se concatena con las evaluaciones de los criterios de sostenibilidad, que servirán de base para generar propuestas oportunas destinadas a advertir y mitigar la existencia el deterioro prematuro de las vías, para mejorar así la gestión de pavimentos en su ciclo de vida.

A nivel académico, la metodología antes descrita cumple con el objetivo general del programa de postgrado de ingeniería vial que se transcribe a continuación: “que mediante la investigación científica con las técnicas más modernas en el campo de las carreteras y la tecnología informática se logre el aprovechamiento óptimo de los recursos que requiere la problemática de la infraestructura vial” (Usac, Facultad de Ingeniería, Escuela de estudios de postgrado, 2009, Brochure del programa de maestría en ingeniería vial. p. 1).

Figura 1. **Esquema de obtención del (PCI) de los pavimentos**



Fuente: elaboración propia.

Hipótesis

El deterioro en el desempeño de pavimentos rígidos resulta prematuro respecto a las características iniciales de diseño; tiene significancia negativa por la deficiente gestión de los pavimentos, en función de la variación del índice de condición y criterios de sostenibilidad.

Variables

Se tienen consideradas variables que generan el criterio establecido de forma inicial en la hipótesis presentada y que a continuación se describen:

- Variable dependiente (Vd): deterioro del desempeño de pavimentos rígidos.
- Variable independiente (Vi1): Índice de condición
- Variable independiente (Vi2): criterios de sostenibilidad

1. CAPÍTULO UNO. MARCO CONCEPTUAL

1.1. Gestión de proyectos viales

Se define como las estrategias administrativas destinadas a conservar o rehabilitar una vía de manera oportuna con el objeto de mitigar su deterioro prematuro, recuperado sus estándares e índice de condición iguales o mejores a los del diseño original, dependiendo la estrategia de intervención elegida.

La gestión de proyectos viales se refiere a la aplicación de procesos administrativos a proyectos en las fases de planificación, diseño, construcción, puesta en funcionamiento y monitoreo hasta el final de la vida útil de la misma, con el fin de garantizar la libre circulación sin restricciones sobre esta.

La administración de carreteras, desde su diseño y construcción, tiene como función principal el monitoreo constante, el registro documental del desempeño funcional y estructural de la vía, con el fin de plantear propuestas de mejoramiento o acciones correctivas a la misma.

Finalmente, es muy importante mencionar que estas actividades administrativas incluyen de forma implícita concatenar factores del tipo económico, social y ambiental destinadas a promover carreteras sostenibles.

1.2. Definición de una estructura de pavimento

Es un arreglo diseñado de multicapas de suelos subyacentes donde las cargas vehiculares se transmiten por medio de una placa superficial de

pavimento rígido o flexible hacia las mismas. Se crea así un elemento capaz de soportar dichas cargas con un nivel de desempeño adecuado en un periodo de diseño preestablecido.

A continuación, se presentan dos tipologías de estructuras de pavimentos comunes utilizados en las carreteras guatemaltecas.

Figura 2. **Tipología común de estructuras de pavimento**

Estructura típica de pavimento rígido		Estructura típica de pavimento flexible	
	Carpeta de rodadura: concreto hidráulico		Carpeta de rodadura: asfalto
Espesor 2	Base	Espesor 3	Base
Espesor 1	Subrasante	Espesor 2	Subbase
		Espesor 1	Subrasante

Fuente: elaboración propia.

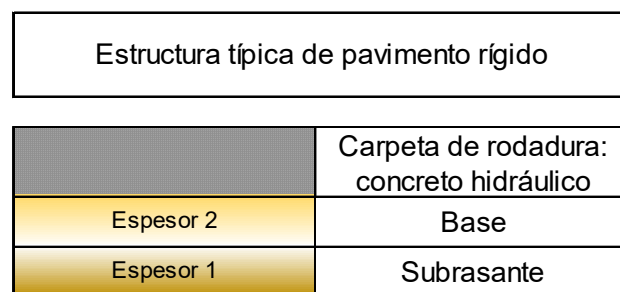
En teoría, un pavimento rígido tiene un periodo de vida económica mayor que la de un pavimento flexible

1.2.1. Estructura de pavimentos rígidos

Estructura interpuesta entre los vehículos y el suelo, compuesta de losas de concreto con un módulo de elasticidad elevado respecto a los materiales de cimentación, lo que resulta en que su capacidad de carga, en una gran proporción, este determinada por las características de la losa y en menor grado por los materiales que la soportan. (Universidad del Concreto Mixto Listo, 2013, p. 3)

La versatilidad que tiene la estructura de pavimento rígido es que su capacidad de resistir cargas compresivas es sumamente alta, comparada con su capacidad de ser tensado o flexionado; de ahí, la importancia de su utilización.

Figura 3. **Estructura de pavimento rígido**



Fuente: elaboración propia.

1.2.2. **Variantes a estructuras de pavimento conocidas**

- Variante de capas de refuerzo con hormigón

Es una cubierta (capa) o losa de refuerzo con hormigón, que se coloca sobre las estructuras de pavimento rígido o flexible existentes, con el fin de mejorar sus condiciones de desempeño.

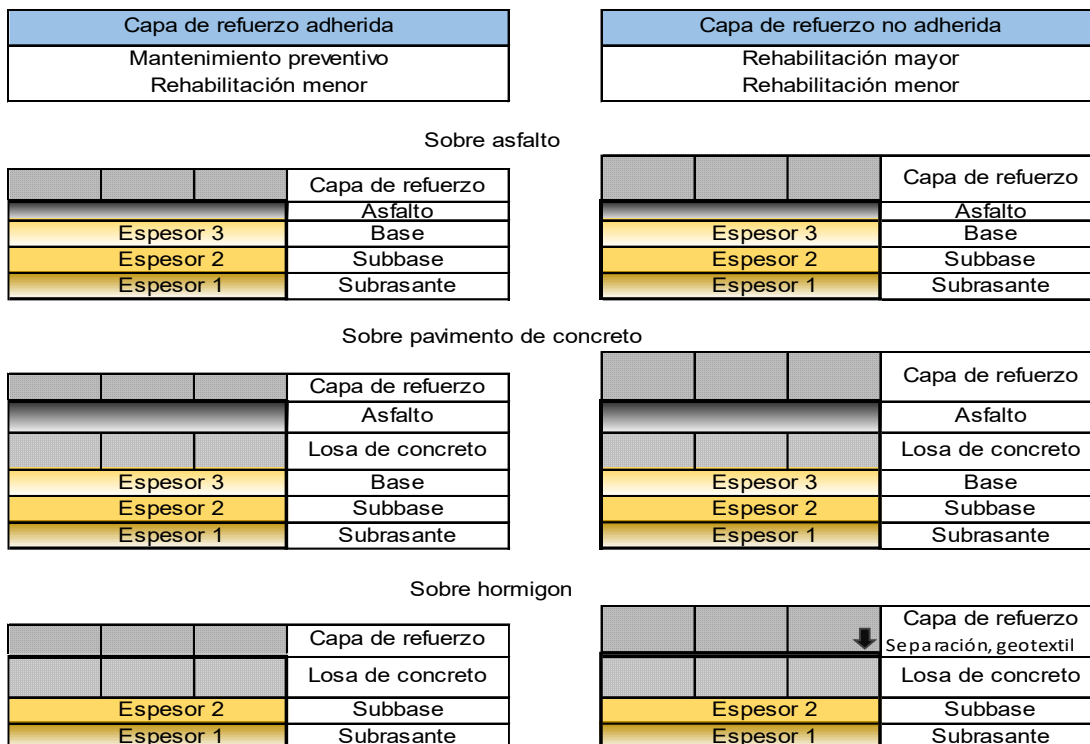
La ACPA, clasifica a esta cubierta (capa) o losa de refuerzo con hormigón como adherido y no adherido, de esta manera:

Las capas de refuerzo adheridas se incluyen como parte del espesor del pavimento, en tanto que los refuerzos no adheridos son esencialmente pavimentos nuevos contruidos sobre una base estable (el pavimento

existente). Las opciones de refuerzo adherido requieren que el pavimento existente se encuentre en buenas condiciones estructurales. Permite eliminar deterioros superficiales, trabajando el nuevo refuerzo y el pavimento existente como un sólo pavimento monolítico. Las opciones de refuerzo no adherido agregan capacidad estructural al pavimento existente, no siendo necesario que exista adherencia entre las capas. Pueden colocarse sobre pavimentos en malas condiciones o incluso deteriorados, siempre que presenten uniformidad. (ACPA, 2018, p. 2)

A continuación, se presentan algunos tipos de intervención recomendados por la ACPA, dependiendo de la determinación de su (PCI).

Figura 4. **Tipología de intervención de los pavimentos**



Fuente: ACPA (2015). *Figura 2: tipos de capas de refuerzo con hormigón.*

- Variante, de estabilización y recuperación pavimento existente con asfalto espumado, 3.25% cemento asfáltico

La técnica de asfalto espumado permite que la estructura de un pavimento flexible deteriorado, pueda ser reutilizada o rehabilitada como una nueva base estructural, sobre la cual se coloca una placa o capa de pavimento flexible o rígido, dependiendo de los requerimientos de diseño o utilidad final que se le quiera dar a la vía.

Esta técnica es de gran utilidad para migrar de pavimento flexible a pavimento rígido, ya que utiliza el 100% de los materiales de la estructura de pavimento existente y la adición de una cantidad mínima de materiales de aporte que sirven para mejorar las condiciones de la estructura existente.

En contexto con el tema, es importante mencionar que los métodos de estabilización equivalentes al mencionado, resultan ser sostenibles, debido a que se aprovechan los recursos o estructuras existentes en un alto porcentaje y provocan menos impacto ambiental.

Definición de asfalto espumado o betún espumado:

Es un proceso de reutilización del asfalto. El término betún espumado se deriva de la acción de espumar, ejercida por el betún. Esto incluye la inyección de una cantidad pequeña de agua y de aire bajo una alta presión en el betún calentado, con lo que el betún produce espuma y su volumen aumenta a un tamaño 20 veces mayor. A continuación, la espuma se añade directamente a la mezcladora a través de unas toberas de inyección y se procesa perfectamente con los materiales de construcción fríos y húmedos. (Wirtgen-Group, 2017, p. 7)

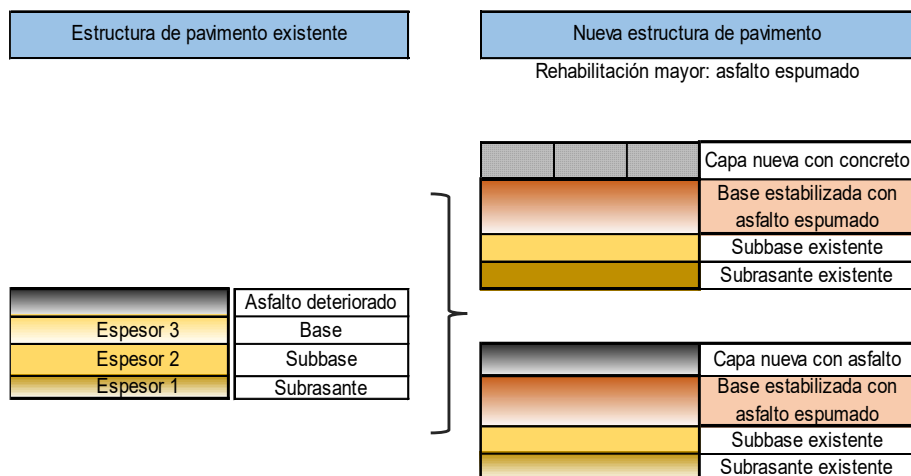
Esta variante de estabilización es de mucha utilidad, ya que permite el reciclaje de la estructura de pavimento existente; la estructura modificada, puede que ser utilizada para colocar una nueva capa de pavimento flexible o migrar hacia la colocación de una capa de pavimento rígido.

Figura 5. **Proceso de asfalto espumado con recicladora**



Fuente: Wirtgen Group (2017). *Producción de betún espumado*.

Figura 6. **Migración de estructura de pavimento flexible a rígido**



Fuente: elaboración propia.

Figura 7. **Arreglo de maquinaria utilizada para trabajar asfalto espumado**



Fuente: Servicios Especiales de Movimiento de Tierras, S.A.

Ubicación: kilómetro 62.80, carretera Parramos, Sacatepéquez, Guatemala, 2009.

1.3. **Distribución actual de las carreteras por tipo**

En Guatemala, se clasifican las carreteras, por su tipo de estructura y por red o ruta a la que le presta el servicio; sin embargo, los caminos rurales, prácticamente, se tratan de forma individual.

- Clasificación general de las carreteras
 - Por su tipo de estructura: pavimento asfáltico, pavimento rígido, terracerías.
 - Por red vial: primaria, secundaria y terciaria, los caminos rurales se tratan individualmente.

- Por tipo de ruta: centroamericanas (CA), nacionales (RN) y departamentales (RD).

- Clasificación de la red vial y rutas

La dirección General de Caminos (DGC) a través de la División de Planificación y Estudios, Departamento de Ingeniería de Tránsito, tiene una clasificación de la red vial del país, así como sus rutas, que se define de la siguiente manera:

- Red vial primaria

Tiene como propósito el facilitar y fortalecer la comunicación directa a nivel macro regional, entre las regiones, políticas continuas establecidas según decreto 70-86 (ley preliminar de regionalización) e internacional al comunicar de y hacia los principales puertos marítimos y puertos fronterizos con los países vecinos, constituyendo la red básica de carreteras troncales o colaterales. Actualmente la red vial primaria está conformada por las rutas centroamericanas (CA), tramos específicos de rutas nacionales (RN) y rutas departamentales (RD), así como la franja transversal del norte (FTN). (Departamento de Ingeniería de Tránsito, DGC, 2015, p. 20)

- Red vial secundaria

Su objetivo es completar la red vial primaria, facilitando la comunicación regional, así como el proveer de una comunicación directa en lo posible entre las cabeceras de departamentos contiguos, orientadas a comunicar hacia y desde los mayores centros de población y/o producción conformando una red complementaria y/o alterna a la red vial primaria. La

constituyen; rutas nacionales y tramos específicos de rutas departamentales. (Departamento de Ingeniería de Tránsito, DGC, 2015, p. 20)

- Red vial terciaria

Su propósito es el completar la red vial primaria y secundaria, proporcionando comunicación en la medida de lo posible entre cabeceras departamentales y sus respectivos municipios y aldeas. La misma está orientada a permitir el ingreso y egreso de insumos y servicios desde y hacia los centros de consumo y producción. La constituyen en su mayor parte caminos de terracería y/o balasto y caminos rurales. (Departamento de Ingeniería de Tránsito, DGC, 2015, p. 21)

Otra definición importante respecto a las rutas primarias, secundarias y terciarias se mencionan en el Acuerdo Gubernativo Número 5-2010 de fecha 19 de enero de 2010, reforma del Acuerdo Gubernativo Número 736-98, acuerdo de creación y regulación de la Unidad Ejecutora de Conservación Vial, COVIAL; como sigue:

- Red vial primaria

Conjunto de rutas viales, donde circula la mayor cantidad de bienes y personas y que por su ubicación geográfica impactan directamente al desarrollo y la seguridad del Estado.

- Red vial secundaria

Conjunto de rutas viales, por donde circulan bienes y servicios en cantidades medias y su impacto es limitado a regiones de desarrollo.

- Red vial terciaria

Conjunto de rutas viales, por donde circulan bienes y servicios en cantidades bajas y su impacto es limitado al de desarrollo de un departamento. (Reformar el Acuerdo Gubernativo Numero 736-98, acuerdo creación y regulación de la Unidad Ejecutora de Conservación Vial de la red vial de carreteras del país. Acuerdo Gubernativo No. 5-2010. Diario de Centroamérica. Guatemala, 2010, p. 2).

A continuación, se presenta la tabla de clasificación y longitud de la red vial de la república de Guatemala, de acuerdo a su red y tipología de rodadura.

Tabla I. **Longitud de la red vial de la República de Guatemala**

Red vial	Pavimento asfáltico	Pavimento rígido	Terracería	(Km)	%
Primaria	3,049.00	153.00	504.00	3,706.00	22.5%
Secundaria	1,440.00	0.00	368.00	1,808.00	11.0%
Terciaria	2,621.00	60.00	3,935.00	6,616.00	40.2%
Caminos rurales	15.00	4.00	4,308.00	4,327.00	26.3%
Total	7,125.00	217.00	9,115.00	16,457.00	100%

Fuente: CACIF-FUNDESA (2017). *Red vial existente.*

1.4. Entidades rectoras de la gestión de carreteras pavimentadas

Existen dos entidades pertenecientes al Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, CIV, las cuales son: la Dirección General de Caminos

(DGC) y la Unidad de conservación Vial, COVIAL, que tienen como función principal la gestión y administración de la red vial del país.

- Dirección General de Caminos (DGC)
 - La Dirección General de Caminos fue creada según acuerdo del poder ejecutivo del 28 de mayo de 1920; sus funciones se presentan a continuación y están plenamente descritas en el Acuerdo Gubernativo No. 520-99 de fecha 29 de junio de 1999 en el artículo 8.

A continuación, se presentan acuerdos gubernativos de importancia, que ayudarán a entender las funciones de la Dirección General de Caminos.

Tabla II. **Acuerdo gubernativo de la creación de la DGC y sus funciones**

Acuerdo Gubernativo No.	De fecha	Fecha de publicación	Descripción
520-99	29/06/1999	16/08/1999	<p>Reglamento interno del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, donde se describen las funciones de la Dirección General De Caminos.</p> <p>La Dirección General de Caminos Fue creada con fecha 28/05/1920.</p>

Fuente: elaboración propia.

- Las funciones más importantes que tiene a su cargo la Dirección General de Caminos, DGC, algunas se citan a continuación:

Realizar, mantener, actualizar, ejecutar planes regionales de construcción, rehabilitación, mejoramiento y mantenimiento de carreteras y obras conexas de acuerdo a los programas correspondientes y políticas establecidas por el Ministerio del ramo.

Evaluar las necesidades nacionales de la infraestructura de transporte por carretera coordinadamente con las demás dependencias del estado que tengan relación con el sector transporte, aplicando criterios económicos y técnicos que le permitan establecer prioridades dentro de sus programas de ejecución.

Mantener las carreteras en óptimas condiciones de transitabilidad en toda época del año y proporcionar el mantenimiento adecuado a los puentes de la red vial del país que estén bajo su responsabilidad.

Ejecutar las obras de infraestructura vial de interés colectivo, de acuerdo con los planes que promuevan el desarrollo y el aprovechamiento racional de los recursos del país, para el bienestar de la población.

Ejecutar en forma inmediata las actividades tendientes a subsanar los problemas viales, ocasionados por emergencias y catástrofes nacionales. (Reglamento orgánico interno del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. Acuerdo Gubernativo No. 520-99. Diario de Centroamérica. Guatemala, 1999, p. 5)

Las otras funciones de la Dirección General de Caminos (DGC) se consideran gestiones administrativas.

- COVIAL

Es la Unidad Ejecutora de Conservación Vial, que fue creada según el Acuerdo Gubernativo No. 736-98, y sus modificaciones: Reforma del Acuerdo Gubernativo número 736-98 y Reforma por adición del Acuerdo Gubernativo Número 5-2010, según tabla adjunta.

Tabla III. **Acuerdo gubernativo de la creación de COVIAL y sus funciones**

Acuerdo Gubernativo	De fecha	Fecha de publicación en el Diario de Centroamérica	Descripción
736-98	14/10/1998	S/f	Acuerdo gubernativo de creación y regulación de la Unidad Ejecutora de Conservación Vial.
5-2010	19/01/2010	22/01/2010	Reforma del Acuerdo Gubernativo número 736-98. Acuerdo de creación y regulación de la Unidad Ejecutora de Conservación Vial.
50-2010	1/02/2010	3/02/2010	Reforma por adición del Acuerdo Gubernativo Número 5-2010, de fecha 19 enero 2010.

Fuente: elaboración propia.

- Las funciones más importantes que tiene a su cargo la Unidad de Conservación Vial, COVIAL, se citan a continuación:

Mantener la red vial del país, en las mejores condiciones de transitabilidad, incluyéndose dentro de la misma, las pistas de aterrizaje de los distintos aeropuertos nacionales y carreteras no pavimentadas, llevando a cabo trabajos o servicios de mantenimiento rutinario, periódico, preventivo y de emergencia.

Determinar las rutas viales que requieren de mantenimiento periódico mayor e informar a la Dirección General de Caminos (DGC), para que esta institución las incluya en su programación de ejecución respectiva.

Proponer al Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, la Política Nacional, para la Conservación de la Red Vial Nacional, de acuerdo con las políticas de Gobierno.

Recopilar, analizar y depurar, con fines estadísticos y de planificación, los proyectos de Conservación Vial. (Reformar el Acuerdo Gubernativo Numero 736-98, acuerdo creación y regulación de la Unidad Ejecutora de Conservación Vial de la red vial de carreteras del país. Acuerdo Gubernativo No. 5-2010. Diario de Centroamérica. Guatemala, 2010, p. 2)

Las otras funciones de la Unidad Ejecutora de Conservación Vial (COVIAL) se consideran gestiones administrativas.

1.5. Ciclo de vida de carreteras pavimentadas

El ciclo de vida de las carreteras pavimentadas comúnmente se divide en fases para lograr tener el control administrativo del proyecto, desde su conceptualización, construcción, puesta en servicio, cambios o mejoras hasta la

finalización de la vida útil del proyecto; estas fases pueden dividirse de la siguiente manera:

- Fase de planificación diseño
 - Incluye la investigación de los antecedentes de la vía y la revisión de estudios existentes o su realización de no existir tal información.
 - Algunos estudios que se pueden mencionar son: estudios de suelos, estudios geotécnicos, hidráulicos, hidrológicos, socioeconómicos, ambientales que contemplan las necesidades culturales que sean representativas y prioritarias del lugar y los estudios propios de tránsito para el diseño de la estructura de pavimento de las carreteras.
 - Estos estudios, serán la base para realizar los diseños generales de la carretera como el diseño geométrico vertical y horizontal de la vía.
 - Otros diseños relacionados a la estructura de pavimento (subrasantes, subbases y bases), estructuras de subdrenaje y drenaje, diseño de mezclas para pavimento, diseños complementarios de macroestructura, microestructura, cuidados especiales por evapotranspiración y curado del concreto cuando corresponda.
 - Diseños complementarios como los de señalización vial horizontal y vertical baja y alta y otras consideraciones respecto a los derechos de vía. También, debe comprender diseño de protecciones de taludes para mitigación ambiental, restauración de bancos de materiales de préstamo o botaderos de materiales de desperdicio.

- En el diseño también se deben incluir las especificaciones de construcción así como la metodología recomendada para la realización de los trabajos.
- Fase de producción o construcción
 - En esta etapa se incluye el seguimiento físico del proyecto entre los cuales está la supervisión y el control de la calidad de utilización de materiales, mano de obra, equipos, procedimientos de ejecución, cuidado, protección y puesta en funcionamiento de la vía.
 - Entre otras actividades está el seguimiento de control financiero del proyecto, donde se controla la calidad de la inversión y el cumplimiento de los programas de su ejecución.
 - El seguimiento físico y financiero es aplicable tanto al ejecutor de la obra como para el ente supervisor del proyecto y se considera la etapa más importante en la gestión de proyectos, ya que de este depende que los lineamientos considerados de diseño se cumplan, que dan como resultado un alto grado de garantía de durabilidad esperada en los trabajos ejecutados.
- Fase de operación y monitoreo
 - Esta fase se entrelaza con la anterior y es en ella donde se pone en funcionamiento el proyecto; también, se inicia el monitoreo de comportamiento de la vía para gestionar los futuros trabajos de mantenimiento o rehabilitación de la carretera. En esta fase se deben llevar los registros generales de gastos de operación y mantenimiento del proyecto para su control estadístico y de funcionamiento.

- Fase de declive
 - En esta fase ya existe una falla irreversible de la carretera; sin embargo, queda un valor residual que los gestores de carreteras, deben aprovechar para la fase de reconstrucción de la vía. Ejemplo de ese aprovechamiento ecológico son la estabilización de subrasantes, subbases o bases existentes.

1.5.1. Vida útil

La vida útil puede definirse simplemente como el período (expresado usualmente en años), que un activo sirve o está disponible en la actividad para la que fue diseñado. Sin embargo, un activo puede estar en servicio muchos años y tener diferentes propietarios, de manera que, para efectos de tomar decisiones económicas, la vida útil de un activo debe considerarse como el número de años que ese activo estará en servicio para el propietario que tomará la decisión económica sobre ese activo; incluye el hecho de que un inversionista compre un activo usado. (Baca Urbina, 2007, p. 136)

En este caso, la vida útil de una carretera se puede definir como el periodo en años que la vía puede ser transitada sin perder los estándares mínimos para los cuales fue diseñada.

A medida que los estándares de diseño se van perdiendo, se hace necesaria la intervención de las carreteras dependiendo el grado de deterioro que se haya observado, medido y registrado; estas intervenciones pueden ser empleadas con la finalidad de la conservación o mantenimiento de la vía, que a su vez pueden ser mantenimientos del tipo preventivo, mantenimiento menor o

mayor, y por último, la rehabilitación o reconstrucción del tramo carretero en su nivel de falla.

Cabe hacer notar que en Guatemala el periodo de diseño común para pavimentos ha sido de 20 años; por lo que la vida útil teórica esperada para tramos pavimentados podría ser equivalente al periodo de diseño más el tiempo que se estime el activo estará funcionando adecuadamente con intervenciones oportunas de mantenimiento; las cuales deberían ser programadas con antelación para su ejecución física como presupuestaria, o en su defecto las intervenciones que resultaren necesarias realizar después del monitoreo de la de condición real del pavimento en un momento determinado de su periodo de vida útil; razón por la cual es adecuado hacer una evaluación técnica del mismo con la metodología del PCI y criterios de sostenibilidad.

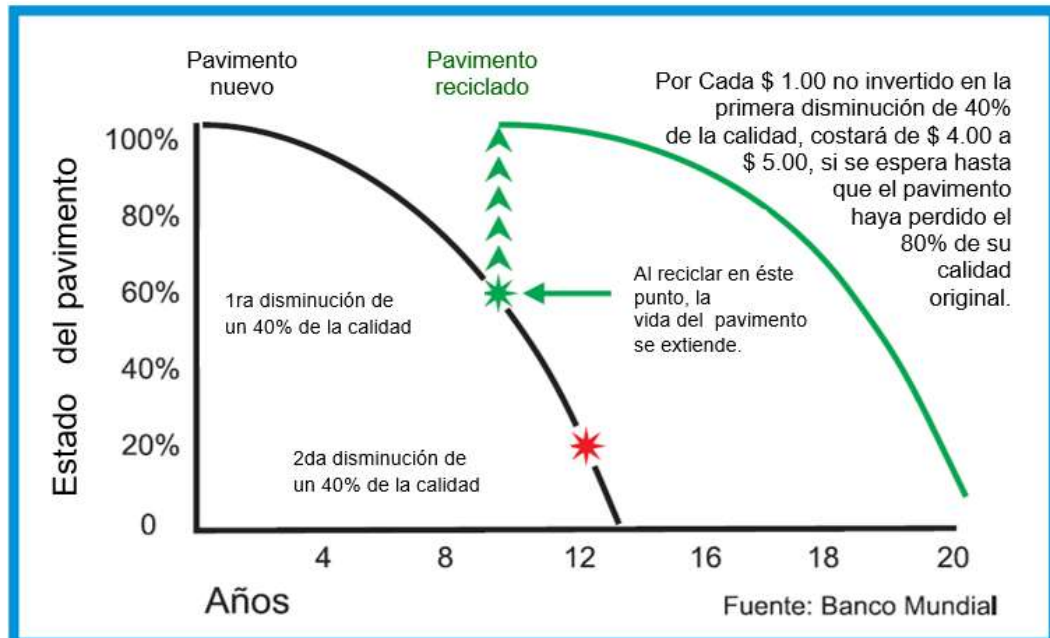
En teoría la vida útil de un pavimento rígido es mayor que la de un pavimento flexible; todo depende de la existencia una buena gestión de mantenimiento de carreteras, para mitigar los daños en el pavimento a lo largo su ciclo de vida.

1.5.2. Vida económica

“El periodo durante el cual se debe utilizar el activo atendiendo a razones económicas se le denomina (vida útil económica) del activo” (Orellana ,2001, p. 135). El autor complementa el concepto así: “...la vida útil económica se prolonga hasta cuando económicamente, es justificable sostener el activo.” *Ibíd*em, p. 134.

La vida económica para una vía se resume así: es el período máximo de tiempo en el cual económicamente la infraestructura vial puede ser intervenida de tal manera que se garantice el libre tránsito de manera cómoda y segura de personas, insumos y mercaderías, sin llegar a reconstruirla.

Figura 8. Ciclo general de vida útil de los pavimentos



Fuente: Martec Recycling Corporation (2004). *Carreteras sostenibles*.

Como ejemplo está la figura 8 que por cada unidad monetaria no invertida en la primera disminución de 40% (equivalente a un PCI 60), se tendrá un sobre costo futuro equivalente a cuatro a cinco unidades monetarias más, respecto al costo de mantenimiento inicial.

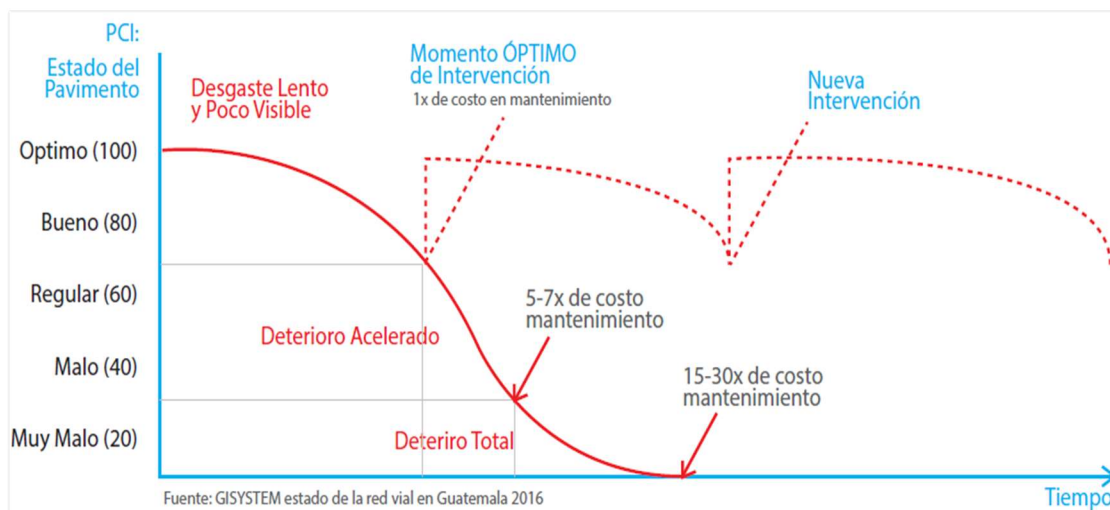
Por otra parte, si se espera a que el pavimento llegue a perder el 80% de su desempeño (equivalente a un PCI 20), en tal caso la vida económica del pavimento habrá terminado, y ya no sería justificable su conservación o mantenimiento.

Otro ejemplo en el cual se toma en cuenta la red vial guatemalteca, es el expresado en el informe de CACIF-FUNDESA (2017). Donde se establece

gráficamente, que el momento óptimo de intervención de un pavimento es cuando su disminución de desempeño es de 30% (PCI 70). p. 25.

Si el pavimento llegara a tener una segunda disminución de desempeño del 70% (PCI 30) podría causar que el costo futuro de mantenimiento se quintuplique o septuplique.

Figura 9. **Ciclo de vida de los pavimentos para Guatemala**



Fuente: CACIF-FUNDESA. (2017). *Estado de la red vial en Guatemala*.

De ahí en adelante la vida económica del pavimento habrá terminado, y no sería justificable su conservación o mantenimiento.

El costo de intervención de un pavimento totalmente deteriorado estaría en el rango de quince a treinta unidades monetarias más, respecto al costo de mantenimiento inicial, lo cual sobrepasa todo pronóstico y está fuera de la realidad de una buena gestión de carreteras. Para el efecto ver la figura siguiente.

1.6. Definición de desempeño de carreteras pavimentadas

Entre las características principales de desempeño que debe cumplir una estructura ideal de pavimento están las siguientes:

- **Desempeño funcional**

Se refiere básicamente a la calidad de comodidad y seguridad que el usuario percibe al desplazarse sobre la vía.

- Efectos de deterioro por funcionalidad: está directamente relacionado al aumento de tiempo de recorrido de un punto A hacia un punto B (origen y destino) de un usuario de una carretera; o los relacionados directamente a la movilidad de mercaderías, bienes o transporte masivo de personas; lo cual resulta en un mayor consumo de combustibles e insumos de los vehículos.
- El desempeño funcional también se ve reflejado en la percepción de la reducción de seguridad y bajo confort de manejo, por lo que la velocidad de conducción estará por debajo de la velocidad de diseño de la carretera y difícilmente se llegará a circular a la velocidad de diseño máxima.

- **Desempeño estructural**

Se define como la capacidad que tiene una estructura de pavimento para ser transitada a través de su ciclo de vida sin que se manifieste deterioro operacional más allá de los estándares permitidos. El deterioro operacional en mención, se manifiesta superficialmente y en las capas subyacentes de la estructura de pavimento y su grado de deterioro es medible por su PCI.

- Características que dan origen al deterioro estructural
 - Desgaste de la textura natural del pavimento la cual genera el aumento de la distancia de frenado de los vehículos por la pérdida de la fuerza de fricción.
 - Incremento de la cantidad de baches, fuentes comunes de la generación de accidentes.
 - Incremento de losas fracturadas, agrietamientos o daños en el pavimento.
 - Pérdida de sello de juntas.
 - Asentamientos o hundimientos de los suelos subyacentes, los cuales generan pérdida de uniformidad de la vía (escalonamiento de losas).

1.7. Índice de condición del pavimento (PCI)

- Índice de condición del pavimento o PCI (*Pavement condition index*)

El ingeniero Luis Ricardo Vásquez Varela, especialista en vías y transporte de la universidad de Colombia lo define así:

El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima. (Varela, 2002, p. 2)

La escala de clasificación según la Norma ASTM D6433-16, se estandariza de acuerdo a la acumulación de daños o deterioro observado que pueda tener la vía; la nota de puntuación más alta es cien (100), que representa un pavimento en óptimas condiciones y la más baja es cero (0), que representa un pavimento fallado o colapsado.

Tabla IV. **Escala de clasificación del PCI**

Rango	Escala estándar de clasificación PCI	
	Desempeño	
100-85	Good	(Bueno)
85-70	Satisfactory	(Satisfactorio)
70-55	Fair	(justo)
55-40	Poor	(Pobre)
40-25	Very poor	(Muy pobre)
25-10	Serious	(Daño severo)
10-0	Failed	(Fallado)

Fuente: ASTM International. (2017). *Índice de condición del pavimento*.

La Norma ASTM D6433-16 basa el cálculo del PCI, con la evaluación física y clasificación de daños que influyen en el desempeño de los pavimentos.

Tanto la clasificación de daños, su densidad, ocurrencia y severidad, se tabulan con base en el procedimiento preestablecido en la Norma ASTM D6433; lo que da como resultado, un parámetro que mide el grado de deterioro y la

valoración de desempeño de la vía; también, proporciona al gestor de carreteras la información necesaria para la toma de decisiones de intervención ya sea de mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción.

1.8. Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)

- Índice de serviciabilidad del pavimento o (PSI)

La serviciabilidad de un pavimento está expresada en términos del índice de serviciabilidad (*Pavement Serviceability Index*). Este PSI es obtenido de las medidas de rugosidad y daños, por ejemplo, agrietamiento, parchados y profundidad del ahuellamiento (pavimento flexible), en un momento particular durante la vida de servicio del pavimento. La rugosidad es el factor dominante en la estimación del PSI de un pavimento. (AASHTO 93,1997, p. 9)

- Esta serviciabilidad se define como la percepción que el usuario tiene respecto al estado de la carretera en cuanto al grado de confort, seguridad o de su funcionalidad, cuyos rangos numéricos van desde cinco (5) para una carretera perfectamente transitable y cero (0) para una carretera imposible de transitar.
- Para efectos de diseño, la Guía para diseño de estructuras de pavimento 1993 sugiere “un índice de serviciabilidad terminal de 2.5 o 3.0 para carreteras principales y 2.0 para carreteras de clasificación menor” *Ibíd*em, p. 13.

A continuación, se muestra un gráfico de evaluación individual de serviciabilidad de carreteras.

Figura 10. Evaluación de serviciabilidad de carreteras

Formas de evaluación individual	
AASHO Road Test	Canadian Good Roads Association
<p>¿Aceptable?</p> <p>Sí <input type="checkbox"/></p> <p>No <input type="checkbox"/></p> <p>Indeciso <input type="checkbox"/></p>	<p>10</p> <p>9</p> <p>8</p> <p>7</p> <p>6</p> <p>5</p> <p>4</p> <p>3</p> <p>2</p> <p>1</p> <p>0</p> <p>Calificación</p>
<p>5</p> <p>4</p> <p>3</p> <p>2</p> <p>1</p> <p>0</p> <p>Calificación</p>	<p>Muy bueno</p> <p>Bueno</p> <p>Regular</p> <p>Malo</p> <p>Muy malo</p>
<p>Sección: _____</p> <p>Fecha: _____</p> <p>Vehículo: _____</p>	<p>Evaluador: _____</p> <p>Carretera N°: _____</p> <p>Sección N°: _____</p> <p>Fecha: _____</p> <p>¿El pavimento es de calidad aceptable?</p> <p>Sí <input type="radio"/></p> <p>No <input type="radio"/></p> <p>Indeciso <input type="radio"/></p> <p>Observaciones: _____</p>

Fuente: de Solminihac. (2006). *Conceptos asociados a serviciabilidad de los pavimentos*.

Como comentario final respecto a la evaluación de serviciabilidad se debe hacer énfasis en que el PSI de las carreteras, tiene amplias diferencias con el IRI, "...debido a que ambos parámetros tienen principios contrarios; mientras que uno es sentido [PSI], el otro es medido (IRI)", tal y como lo explica a detalle el (Instituto Mexicano del Transporte, 1998, en la publicación técnica No. 108. pp. 7-8).

1.9. Conservación y prolongación de vida de los pavimentos

Inicialmente debe considerarse que la gestión de proyectos viales involucra la búsqueda de la prolongación de la vida útil y la vida económica de los pavimentos que están en funcionamiento, con acciones tendientes a la revitalización del desempeño de la vía tanto estructural como funcional, por

medio de intervenciones que garanticen su estabilidad y como mínimo el tiempo establecido en su periodo de diseño.

En consideración de lo anteriormente descrito, se deben realizar ciertas tareas con el objeto de determinar la condición de desempeño de los pavimentos con los cuales se definirá el tipo y grado de intervención a realizar a la carretera, de la siguiente manera.

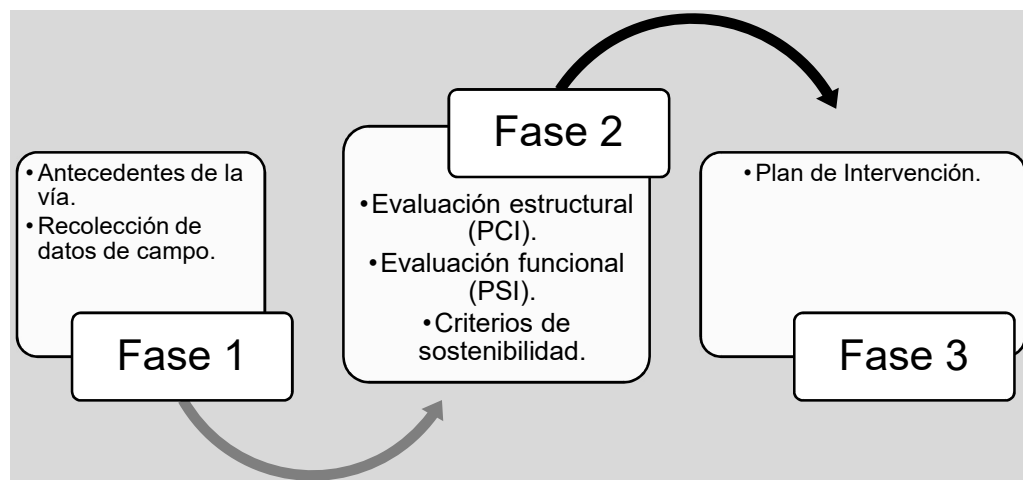
- Fase 1: recolección y procesamiento de datos relativos a los antecedentes de la vía, así como la recolección de datos obtenidos en campo previos a su evaluación.
- Fase 2: procesamiento de datos para la evaluación estructural, de funcionalidad y criterios de sostenibilidad del tramo, con el objetivo de determinar del grado de deterioro de la vía.
- Fase 3: elaboración del plan de intervención de la vía, de acuerdo al deterioro existente.

En todo caso, el gestor vial, sea este una entidad del estado, empresa privada o especialista individual, deberá crear una lista de chequeo inicial que contemple los pormenores a revisar en la vía para la resolución del problema o problemas planteados.

A continuación, se presenta un desglose de actividades básicas recomendadas para obtener el índice de condición del pavimento (PCI), y criterios de sostenibilidad de los pavimentos; que tiene como objetivo, encontrar un plan adecuado de intervención a realizarse en la vía.

Cabe mencionar que la consideración del (PSI) es un complemento a la evaluación de las carreteras ya que da una percepción sentida del comportamiento funcional de la vía, y sirve como parámetro de referencia únicamente.

Figura 11. **Determinación del PCI, serviciabilidad y sostenibilidad**



Fuente: elaboración propia.

- Antecedentes de la vía
 - Ubicación geográfica: que se define como el entorno físico en el cual se planificó y construyó la carretera. Tipo de pavimento: (rígido o flexible). Conformación de la estructura del pavimento y su espesor: para el efecto se pueden realizar calicatas de la estructura de suelos subyacentes y perforaciones para toma de muestras de núcleos para el establecimiento de espesores de la carpeta de rodadura. Tipo de red vial: primaria, secundaria, terciaria. Tipo de ruta: CA, RN, RD. Historial: fecha de construcción e intervenciones realizadas a la vía. Otros como: velocidad

de diseño, evaluaciones geológicas, geotécnicas ambientales y/o de vulnerabilidad si hubiesen.

- Recolección de datos de campo
 - Fecha de toma de datos, recolección de datos para evaluar el PCI según la (Norma ASTM D6433-16), recolección de datos para evaluación del índice de serviciabilidad (PSI) de acuerdo a las hojas de evaluación presentadas en este estudio, velocidad de operación, velocidad permitida, pendientes máximas y mínimas (para establecer el tipo de terreno), longitud y ancho de la vía, derecho de vía asignado. Existencia y estado de obras complementarias: drenajes, cunetas, arcenes, señalización vertical y horizontal, evaluación visual de macro textura del pavimento. Alineamiento vertical: plano, ondulado o montañoso, alineamiento horizontal: recto, sinuoso. Otros definidos por el Gestor Vial, de acuerdo a la necesidad del proyecto, como zonas de derrumbes o deslizamientos, invasión del derecho de vía, accidentalidad, clima, etc.

- Evaluación estructural (PCI)
 - Procesamiento de datos y obtención del PCI según (Norma ASTM D6433-16).

- Evaluación funcional (PSI)
 - Obtención del índice de serviciabilidad (PSI), bajo los términos de como el usuario percibe su transitar por la carretera, únicamente, que va desde una puntuación de serviciabilidad muy buena (cinco=5) a una

serviciabilidad muy mala (cero=0), de acuerdo a lo explicado anteriormente para tal efecto.

- Criterios de sostenibilidad
 - Determinación del grado de vulnerabilidad y determinación de sostenibilidad del tramo.

- Plan de intervención
 - Incluye la concatenación de información para la gestión y priorización de ejecución de los trabajos de mantenimiento preventivo, mantenimiento menor, mantenimiento mayor, o reconstrucción, de acuerdo a los resultados obtenidos.

1.10. Infraestructura vial y competitividad

El crecimiento de la infraestructura vial, permite el desarrollo integral del país, al mejorar su capacidad de transportar personas, insumos y mercaderías de manera eficiente, al coadyuvar a la mejora de los niveles competitividad.

1.10.1. Infraestructura vial

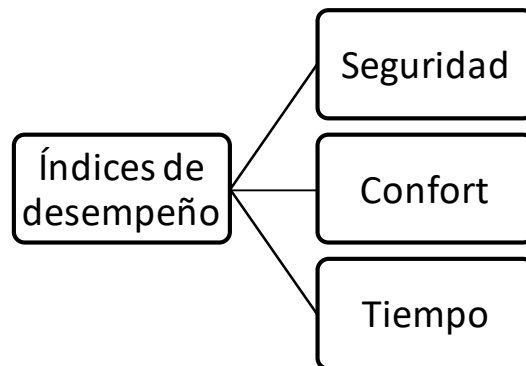
A continuación, se presentan dos formas de analizar la infraestructura vial: la primera la define como un medio y la segunda se refiere al fin que persigue, tal y como lo propone Jaramillo (2018):

En términos generales, se puede decir que la infraestructura vial es un medio cuya función principal es que se puedan trasladar productos, mercancías

y personas de un punto hacia otro punto distante, donde se debe garantizar la libre circulación entre ciudades, puertos, aeropuertos, zonas turísticas, fronteras, o la interconexión con infraestructuras similares de orden regional.

Por otra parte, el fin que persigue la infraestructura vial es garantizar el confort, seguridad y tiempo de recorrido adecuado para el traslado de productos, mercancías y personas a un lugar específico deseado de manera eficaz. De acuerdo a lo explicado anteriormente, el gestor vial debe considerar estos tres índices a los cuales se les denomina índices de desempeño.

Figura 12. **Índices de desempeño en gestión vial**



Fuente: elaboración propia.

1.10.2. Competitividad

Para entender este concepto, se muestran algunos ejemplos de cómo se ve la competitividad desde el punto de vista del sector privado o empresarial y del sector público, y de cómo se podrían concatenar estos dos para que el núcleo de la población pudiera ser beneficiado.

- La competitividad desde el punto de vista del sector público

En este caso se presentan dos aseveraciones muy acertadas, con las cuales se puede mostrar la relación intrínseca que existe entre el aumento de la competitividad por medio del buen desempeño de las carreteras, las cuales deben ser prioridad de los gobiernos de la región.

- Primera aseveración

Dado que históricamente la infraestructura del país ha sido pobre y limitada, es conveniente que en los próximos veinte años se aseguren las inversiones necesarias en este ramo, con miras a garantizar un crecimiento sólido y creciente. Es preciso priorizar, por ello, las actividades económicas que mayor contribución hacen al crecimiento inclusivo (turismo, comercio interno y externo, mipymes, industria, desarrollo rural); que mejoren la competitividad del país; que incentiven las cadenas productivas y la productividad; que mejoren el acceso de las personas a los servicios públicos y reduzcan las brechas existentes a nivel territorial. Para ello será necesario identificar, planificar, articular y gestionar los proyectos de infraestructura de manera conjunta con los diferentes actores del país. (Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Rural, 2014, p. 230)

- Segunda aseveración

“La falta de accesos rápidos, transitables en forma permanente y seguros, le resta competitividad al avance de las economías regionales de las diferentes zonas productivas, del mismo modo que además restringe el desarrollo de actividades turísticas” (Instituto del Cemento Pórtland Argentino, 2012, p. 2).

- La competitividad desde el punto de vista del sector privado
 - Este sector define su competitividad basado en el crecimiento económico de su industria enfocado especialmente en tener mayor rentabilidad en sus operaciones, por lo que requiere que el estado le proporcione una excelente infraestructura productiva.
 - Este cúmulo de ideas hace notar que para aumentar la competitividad de un país (en este caso Guatemala) con relación a los países de la región hace necesario que las vías que cumplan con estándares medibles como los llamados índices de desempeño (seguridad, confort y tiempo) mencionados anteriormente.
 - Su cumplimiento, se verá reflejado en la reducción de costos de transporte, reducción de accidentalidad, mejor desempeño de carreteras por la disminución de restricciones de movilización que mejora los tiempos de traslado de mercancías, personas e insumos.

1.11. Alianzas público privadas

- Decreto No. 16-2010 Ley de alianzas para el desarrollo de infraestructura económica

Se resume así: en la ley de alianzas para el desarrollo de infraestructura económica se reconoce la necesidad de fortalecimiento desarrollo del país, donde se promueve la ejecución estratégica de proyectos, en los cuales las entidades del sector público y privado tengan peculiar interés y donde conjuntamente se puedan invertir recursos con beneficios a corto, mediano y

largo plazo. Finalmente, la ley provee el marco normativo que garantiza el cumplimiento de los derechos y obligaciones de ambas partes.

- Otros datos importantes a mencionar del Decreto No. 16-2010:

Título I, capítulo II, principios generales, (artículo 4. Principios generales) literal h, temporalidad: todo contrato deberá contemplar un plazo máximo, el que, en ningún caso, incluyendo sus prórrogas, podrá exceder de treinta (30) años. La omisión de la estipulación del plazo máximo en el contrato lo hace nulo. (MINFIN, 2010, p. 5)

Título I, capítulo II, principios generales, (artículo 4. Principios generales) literal i, responsabilidad fiscal: los contratos que conlleven compromisos de pago futuros por parte del Estado al participante privado o a terceros, dentro del marco del contrato de alianzas para el desarrollo de infraestructura económica, serán considerados como deuda pública, por lo que para el efecto se deberán cumplir los requisitos previos de ley. (MINFIN, 2010, p. 5)

Título II, capítulo I, autoridades administrativas conformación del consejo: (artículo 10. Integración del Consejo Nacional de Alianzas para el Desarrollo de Infraestructura Económica). El Consejo Nacional de Alianzas para el Desarrollo de Infraestructura Económica –CONADIE–, estará integrado por: a. El Ministro de Finanzas Públicas, quien lo preside; b. El Ministro de Economía; c. El Ministro de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda; d. El Ministro de Energía y Minas; e. El Secretario de Planificación y Programación de la Presidencia de la República –SEGEPLAN–; f. El Director Ejecutivo del Programa Nacional de Competitividad –PRONACOM–; g. El Presidente del Comité Coordinador de Asociaciones Agrícolas,

Comerciales, Industriales y Financieras –CACIF-; h. El Presidente de la Cámara de la Construcción de Guatemala. (MINFIN, 2010, p. 7)

Título II, capítulo II, derechos y obligaciones del participante privado, (artículo 34. Derechos y obligaciones del participante privado) literal b...el participante privado deberá invertir un monto no menor del uno por ciento (1%) del valor total del contrato en proyectos de responsabilidad social empresarial, monto que deberá invertirse en las regiones de influencia del proyecto. (MINFIN, 2010, p. 18)

- Comentarios respecto a las alianzas público privadas
 - Debe hacerse hincapié en la importancia que tiene el cumplimiento total e incondicional del marco legal y las regulaciones que tienen las alianzas público privadas, que aunque incluyan representaciones de entidades privadas nacionales e internacionales, de manera administrativa, en la toma de decisiones para el desarrollo de la infraestructura del país; esto no tiene que representar motivo para realizar inversiones desproporcionadas o sobrevaloradas que a su vez fomenten y el incumplimiento del marco regulatorio para la convocatoria y contratación de obras como pretexto de acelerar el desarrollo del país.
 - Los poderes del estado, las entidades de gobierno y la ciudadanía en general deben ser observadoras y fiscalizadoras permanentes de la toma de decisiones en lo referente a las alianzas público privadas, en función del cumplimiento de las leyes, reglamentos y demás regulaciones locales donde se desarrolle infraestructura, con la finalidad de evitar la formación de grupos cerrados de conveniencia resultado de estas alianzas.

- Consideraciones respecto a las alianzas público privadas

Se debe considerar entonces algunos aspectos fundamentales para la transparencia en el accionar de las alianzas público privadas, y de las cuales se citan a continuación algunas fundamentales:

- Deben establecerse de forma específica para cada inversión en infraestructura, claramente las condiciones legales, regulatorias, financieras y técnicas de las alianzas para el desarrollo de infraestructura, así también sus alcances y objetivos, cumpliendo siempre con leyes nacionales.
- Considerando la inversión en el desarrollo de obras de infraestructura como el resultado de una alianza con el sector privado, donde todas las partes involucradas deben recibir desde el inicio del desarrollo de una obra de infraestructura un beneficio directo y no esperar que solamente que el estado sea el responsable fiscal de pagos futuros a terceros, ya que estos son considerados deuda pública.
- La toma de decisiones sobre inversión en infraestructura debe siempre contar con la asesoría de grupos multidisciplinarios en cada una de las áreas de desarrollo, así como los que representan a cada una de las partes involucradas, permitiendo de esta manera la transparencia en las decisiones y evitando el sesgo hacia un grupo específico.
- Debe promoverse la iniciativa de ley que modifique el marco regulatorio hacia las entidades involucradas en las alianzas para el desarrollo de infraestructura y alianzas público privadas para que todas ellas y el personal que lo conformen sean responsables legalmente y penalmente

sobre sus acciones al considerar que manejarán fondos públicos directa o indirectamente.

- Recuérdese que la ley de alianzas para el desarrollo de infraestructura económica está respaldada por el Decreto No. 16-2010, caso por el cual el estado debería ser el impulsor principal de proyectos bajo dicha modalidad.
- Las alianzas para el desarrollo de infraestructura económica, reconocen la necesidad de fortalecimiento y desarrollo económico del país por lo que se deberían priorizar tres ejes de desarrollo:
 - El primer eje atendería el fortalecimiento de infraestructura rural; el segundo eje atendería proyectos de desarrollo de competitividad empresarial y el tercer eje atendería al fortalecimiento y desarrollo de proyectos de carácter público como educación, salud y agua, como parte de la responsabilidad empresarial, ya que, la ley de alianzas público privadas no le da esta facultad directamente.
 - De esta manera, el Estado a través del CONADIE podría planificar políticas más acertadas de acuerdo a las necesidades de cada eje de desarrollo.
- Finalmente se hace necesario recordar la ley de alianzas para el desarrollo de infraestructura económica debe promover la ejecución estratégica de proyectos, en los cuales las entidades del sector público y privado tengan peculiar interés y donde conjuntamente se puedan invertir recursos con beneficios para la población a corto, mediano y largo plazo.

- Adicionalmente, se debe promover que este tipo de proyectos se apeguen estrictamente al marco normativo que garantiza el cumplimiento de los derechos y obligaciones de ambas partes.
- Portafolio de proyectos de ANADIE, hasta noviembre de 2017

Base legal: el Decreto No. 16-2010 Ley de alianzas para el desarrollo de infraestructura económica y su reglamento según Acuerdo Gubernativo No. 360-2011.

El portafolio ANADIE, hasta noviembre del año 2017, contiene seis proyectos prioritarios cuyos sectores de inversión son los sectores de servicios públicos, principalmente infraestructura de transporte. (ANADIE, 2017, pp. 7-14)

Se exceptúan los proyectos de infraestructura relacionados con lo descrito en el capítulo I, artículo 2, ámbito de aplicación: “la presente ley no será aplicable a la infraestructura en educación, salud y agua” (MINFIN, 2010, p. 2).

A continuación, se puede encontrar una descripción más detallada de los seis proyectos que ANADIE tiene planificado construir en varias regiones de la república de Guatemala.

El monto al que asciende la planificación es de un mil quinientos diez millones de dólares americanos (USD).

Cabe hacer notar que a la fecha la mayoría de proyectos está en situación de planificación (estudios de factibilidad y diseño), excepto el proyecto de la autopista Palín- Escuintla.

Tabla V. **Portafolio de proyectos ANADIE, noviembre de 2017**

No.	Proyecto	Alianza	Moto: millones USD	Construcción + Operación	Estatus
1	Centro Administrativo del Estado (CAE)	ICE- MINFIN	240.00	3 +20	<ul style="list-style-type: none"> •Precalificación terminada. •Gestiones de autorizaciones de ley.
2	Metro Riel (20.50 km)	ICE- FERROCARRILES DE GUATEMALA	770.00	3+27	<ul style="list-style-type: none"> •Estudio de factibilidad terminado. •Gestiones de autorizaciones de ley. •Contratación de asesoría.
3	Vía Exprés Nor-Oriente (27.60 km)	ICE- CIV	180.00	3+27	<ul style="list-style-type: none"> •Estudios de factibilidad en elaboración. •Diagnóstico y estudio de demanda terminando. •Estudio técnico en discusión.
4	Modernización del Aeropuerto Internacional La Aurora	ICE- CIV, DGAC	200.00	2+15	<ul style="list-style-type: none"> •Estudios de factibilidad en elaboración.
5	Puerto Seco Intermodal Tecún Umán II	ICE- MINECO	40.00	2+20	<ul style="list-style-type: none"> •SAT, diseñando e implementando aduana modelo. •Implementación de la primera fase del proyecto.
6	Autopista Escuintla – Puerto Quetzal	ICE-CIV	80.00	2+28	<ul style="list-style-type: none"> •Precalificación terminada. •Iniciado con publicación del proyecto de bases de licitación (prebases) en Guatecompras (NOG: 7109547).

Fuente: elaboración propia.

2. CAPÍTULO DOS. MARCO TEÓRICO

2.1. Tipologías de pavimentos

Las dos tipologías básicas de pavimentos son: rígido y el flexible, que se diferencian el uno del otro por la estructura que lo conforma y también por su comportamiento físico-mecánico ante la aplicación de cargas vehiculares.

La utilización de cada uno de estos pavimentos depende también de factores políticos, económicos, sociales, de funcionalidad o factores como los climáticos, geográficos y topográficos entre otros; por lo que se presentan algunas características generales que muestran tal diferenciación.

Tabla VI. **Diferenciación entre pavimentos rígidos y flexibles**

No.	Descripción	Comportamiento del pavimento rígido	Comportamiento del pavimento flexible
1	Comportamiento mecánico de la estructura del pavimento ante aplicación de cargas	La capa de pavimento rígido absorbe gran cantidad de carga superficial, la restante la distribuye a la estructura de suelos.	La capa de pavimento flexible absorbe menos cantidad de carga superficial, la restante la distribuye hacia la estructura de suelos.
2	Superficie	Su superficie rugosa hace que se perciba más vibración lo que la hace menos cómoda al conducir sobre la vía.	Su superficie es menos rugosa lo que la hace cómoda al manejar sobre la vía. Se deforma con el tiempo.
3	Transferencia de cargas	Se manifiesta algún nivel de (escalonamiento) por mala transferencia de cargas.	En el pavimento flexible no se manifiesta escalonamiento, ya que es un lienzo continuo.

Continuación de tabla VI.

4	Reflectividad y luminosidad	Su capacidad reflectiva hace que absorba menos energía calorífica, que produce efectos de contracción y expansión por gradiente de temperatura.	Es menos reflectivo que el pavimento rígido lo que crea la llamada isla de calor.
5	Periodos de Mantenimiento en su ciclo de vida	En teoría se requiere menos mantenimiento inicial y mantenimientos periódicos más extendidos.	Requiere más cuidado de mantenimiento inicial y mantenimientos periódicos más cortos.
6	Comportamiento ante efectos climáticos	Es muy resiliente, por lo que requiere mantenimiento más espaciado en su ciclo de vida.	Su resiliencia depende del grado de mantenimiento que tenga la vía.
7	Ejecución de los trabajos de mantenimiento	Las intervenciones pueden ser superficiales o profundas, algunas de las cuales requieren de elementos externos como acero de refuerzo o epóxicos especiales para reparación del concreto o para sello de juntas.	Las intervenciones pueden ser superficiales o profundas. Su versatilidad permite que el área afectada pueda ser sustituida por una capa de pavimento flexible. En el caso de intervenciones profundas, se necesita del mejoramiento de la estructura de suelos.
8	Facilidad de intervención	La intervención del pavimento rígido requiere más tiempo de ejecución y de habilitación.	La intervención del pavimento flexible requiere menos tiempo ejecución y de habilitación.
9	Costo inicial y acumulado en su tiempo de vida	Tiene un costo inicial mayor pero costos de mantenimiento menores lo que lo hace más económico en su ciclo de vida teóricamente.	Tiene un costo inicial de menor, pero costos de mantenimiento mayores, lo que en teoría lo hace más caro en su ciclo de vida.
10	Migración de una estructura a otra	No es común migrar de pavimento rígido a flexible.	Es factible migrar de pavimento flexible a rígido.

Fuente: elaboración propia.

- Estructura de pavimento

Es un arreglo de multicapas de suelos subyacentes donde las cargas vehiculares se transmiten por medio de una placa superficial de pavimento rígido o pavimento flexible hacia las mismas.

- Arreglo de multicapas de suelos subyacentes

Son las capas de suelo existente homogenizado por intervención mecánica, modificado por estabilización o sustituido para el mejoramiento de las características estructurales existentes de los mismos.

Comúnmente, los suelos existentes deben ser retirados por que no cumplen con los requerimientos de un diseño previo, otras veces pueden ser sustituidos o mezclados con suelos con mejores características físico-mecánicas. Actualmente, se intervienen los suelos agregándole estabilizadores como cemento o cal o compuestos asfálticos, con el objeto de mejorar sus características físico-mecánicas.

Existen variantes de estas estructuras, que ayudan a mejorar su desempeño, que son necesarios para la solución de problemas puntuales, de los cuales se pueden tomar como referencia los mencionados en el numeral 1.2.2 Variantes a estructuras de pavimento conocidas.

Todos estos trabajos de sustitución o estabilización de suelos tienen su propia metodología de construcción con características y espesores particulares, que comúnmente comienzan con la llamada subrasante, seguida de subbase y luego la base y su respectiva capa de rodadura de pavimento flexible o rígido, que conforman la llamada estructura de pavimento.

2.1.1. Pavimento rígido

- Estructura de pavimento rígido

Es un arreglo de multicapas de suelos subyacentes donde las cargas vehiculares se transmiten por medio de una placa de concreto hidráulico u hormigón, compuesto por una mezcla compuesta de (material ligante: cemento hidráulico con adición de agua y materiales granulares gruesos y finos).

Una de las características importantes de este pavimento es su elevado módulo de elasticidad (rigidez), que le permite absorber gran cantidad de esfuerzos generados por cargas repetidas de tránsito.

En este punto cabe mencionar que se pueden mejorar las características de respuesta estructural de los pavimentos rígidos de concreto, con la inclusión de elementos adicionales como dovelas, barras de transferencia y acero de refuerzo; sin embargo, el estricto control sobre todos los componentes de la estructura de pavimento, que culmina con la pavimentación propiamente dicha, garantizará la mayor durabilidad de las vías.

Figura 13. Estructura de pavimento rígido

Estructura típica de pavimento rígido	
	Carpeta de rodadura: concreto hidráulico
Espesor 2	Base
Espesor 1	Subrasante

Fuente: elaboración propia.

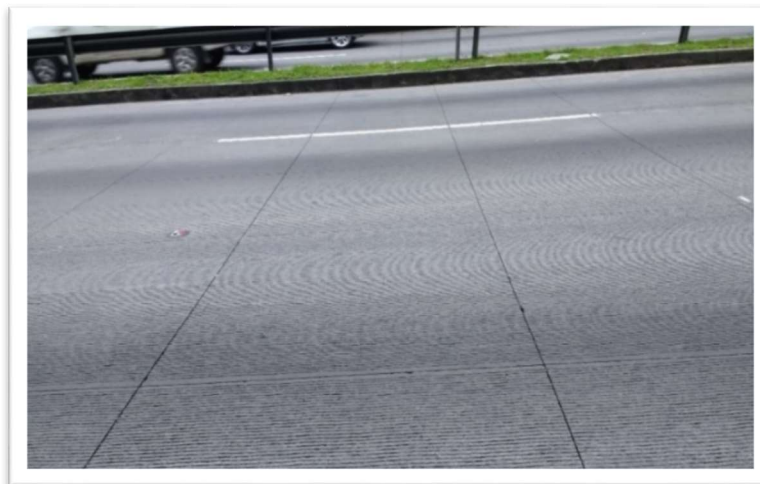
- Algunas de las características más importantes del pavimento rígido son:
 - La capa de pavimento rígido absorbe gran cantidad de carga superficial, la carga restante, la distribuye a la estructura subyacente se suelo.
 - Su superficie rugosa hace que se perciba más vibración lo que la hace menos cómoda al manejar sobre la vía.
 - Es común que se hallen deflexiones (con manifestación de escalonamientos) por efecto de mala transferencia de cargas, la cual se puede mejorar con colocar de acero de refuerzo, normado para tal efecto.
 - Su capacidad reflectiva hace que absorba menos energía calorífica.
 - En teoría, requiere menos mantenimiento inicial y mantenimientos periódicos más extendidos, a lo largo de su ciclo de vida.
 - Es muy resiliente, por lo que requiere mantenimiento más espaciado en su ciclo de vida.
 - Las intervenciones pueden ser de superficie o profundas, las cuales requieren de refuerzos externos como barras de transferencia, o epóxicos especiales para intervención del concreto o sus juntas.
 - La intervención de las vías de concreto requiere de más tiempo en su ejecución como de habilitación.
 - Tiene un costo inicial mayor con subsecuentes costos de mantenimiento menores lo que lo hace más económico en su ciclo de vida.

2.1.1.1. Pavimento de concreto simple con juntas (JPCP)

El pavimento de concreto simple con juntas (JPCP - *jointed plain concrete pavement*) se caracteriza, porque el concreto es colocado directamente dentro de la formaleta que lo contiene; sin embargo, después de esta operación, se manifiestan contracciones o expansiones propias del concreto, que hacen que se agriete de manera irregular; por lo que es necesario aserrar la superficie de concreto para homogenizar el apareamiento de grietas de manera controlada, para crear las denominadas (juntas de pavimento).

Su primer variante no incluye refuerzos adicionales de acero para transferencia de cargas, solamente existe adhesión físico-mecánica de los materiales pétreos que constituyen el concreto.

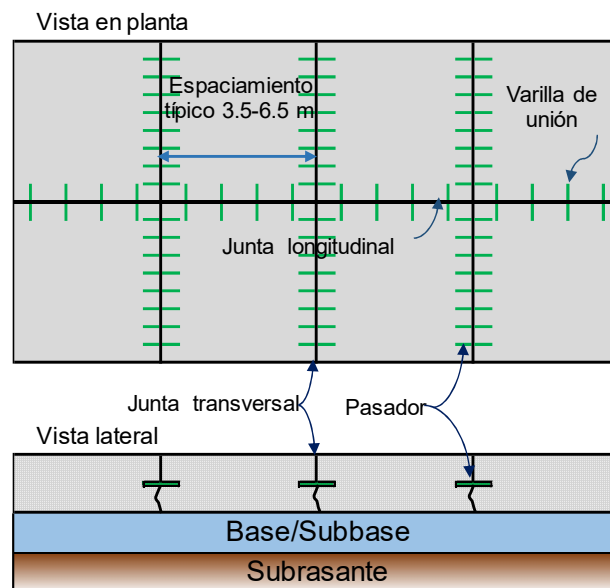
Figura 14. Variante 1, pavimento de concreto simple con juntas (JPCP)



Fuente: elaboración propia. Ubicación: km 23, boulevard San Cristóbal hacia San Lucas Sacatepéquez, Guatemala, 2018.

La segunda variante, de pavimentación con concreto simple con juntas, es la adición de refuerzos con barras de acero para transferencia de cargas, mejorando sustancialmente el efecto de escalonamiento entre placas de concreto.

Figura 15. **Variante 2, pavimento de concreto simple con juntas (JPCP)**



Fuente: Salgado. (2017). *Pavimento de concreto simple con juntas*.

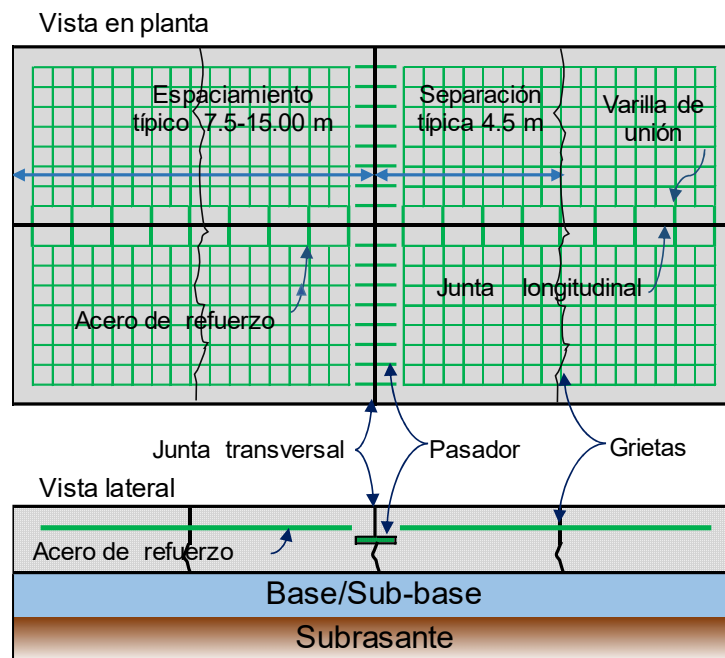
- Otras razones por las cuales se emplean juntas en los pavimentos de hormigón

Dividir el pavimento dentro de las pistas de construcción o ensanches. Acomodar los movimientos de losa. Proporcionar la transferencia de carga a través de las barras de traspaso de carga (dovelas). Proporcionar depósito para el sello, para aprovechar el espaciamiento de las juntas en el diseño. (Salgado, 2017, p. 9)

2.1.1.2. Pavimento de concreto reforzado con juntas (JRCP)

El pavimento de concreto reforzado con juntas (JRCP - *jointed reinforced concrete pavement*) incluye refuerzos longitudinales y transversales de acero, con los que se mejoran las condiciones de desempeño del concreto, especialmente en sus juntas; mantiene de manera controlada los efectos de contracción y expansión propias del concreto; también, se mejoran las condiciones de comportamiento de las placas de concreto, a causa de su exposición al clima y cambios de temperatura a lo largo del día, que son los causantes más comunes de alabeo cóncavo o convexo.

Figura 16. Pavimento de concreto reforzado con juntas (JRCP)

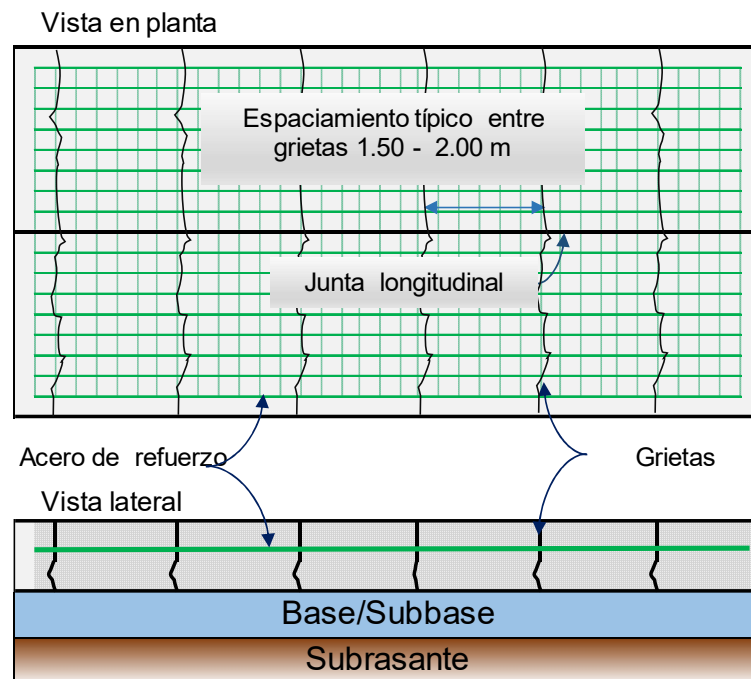


Fuente: Salgado (2017). *Pavimento de concreto reforzado con juntas*.

2.1.1.3. Pavimento de concreto con refuerzo continuo (CRCP)

El pavimento de concreto con refuerzo continuo (CRCP - *continuously reinforced concrete pavement*) coloca su refuerzo principal longitudinalmente, para absorber los efectos de contracción propios del concreto, los ocasionados por efectos del clima y gradientes de temperatura, en tanto que los refuerzos transversales de acero son opcionales.

Figura 17. Pavimento de concreto con refuerzo continuo



Fuente: Salgado (2017). *Pavimento de concreto con refuerzo continuo*.

Este pavimento no tiene juntas transversales, excepto las de construcción, debido a que el refuerzo de acero controla el espaciamiento y la apertura

de grieta por retracción. Sin embargo, se espera la aparición de fisuras a lo largo de todo el pavimento, cuyo distanciamiento va desde los 0.60 a 2.00 m.

La guía de diseño MEPDG ya no considera su empleo, esto se debe a que su desempeño no ha sido el óptimo. (Sanhueza, 2016, p. 15)

2.1.2. Pavimento flexible

- Estructura de pavimento flexible

Es un arreglo de multicapas de suelos subyacentes donde las cargas vehiculares se transmiten por medio de una carpeta de rodadura superficial formada de concreto asfáltico compuesto por (cemento asfáltico y materiales granulares gruesos y finos), que es colocada y compactada de una manera estandarizada.

Figura 18. Estructura típica de pavimento flexible

Estructura típica de pavimento flexible	
	Carpeta de rodadura: asfalto
Espesor 3	Base
Espesor 2	Subbase
Espesor 1	Sub-rasante

Fuente: elaboración propia.

- Algunas de las características importantes del pavimento flexible son:
 - La capa de pavimento flexible absorbe menos cantidad de carga superficial respecto a un pavimento rígido, la carga restante la distribuye hacia la estructura subyacente de suelo.
 - Su superficie es menos rugosa lo que la hace más cómoda al conducir sobre la vía, pero se deforma por la aplicación de cargas vehiculares con el transcurrir del tiempo.
 - En el pavimento flexible no se manifiestan escalonamientos, ya que es un lienzo continuo, pero también son comunes los ahuellamientos longitudinales.
 - Es menos reflectivo que el pavimento rígido lo que crea la llamada isla de calor.
 - Requiere más cuidado de mantenimiento inicial y mantenimientos periódicos más cortos, a lo largo de su ciclo de vida.
 - Su resiliencia depende del grado de mantenimiento que tenga la vía.
 - Las intervenciones pueden ser de superficie o profundas. Su versatilidad permite que el área afectada pueda ser sustituida por una capa de pavimento flexible.
 - En el caso de intervenciones más profundas, se necesita el mejoramiento de las capas subyacentes de subbase, base o tratamiento de baches.

- La intervención de vías con pavimento flexible requieren de menos tiempo ejecución como de habilitación.
- En teoría tiene un costo inicial de construcción menor pero costos de mantenimiento mayores, lo que lo hace más caro a lo largo de su ciclo de vida.
- Es factible la utilización de su estructura para migrar de pavimento flexible a rígido.

2.2. Evaluación de pavimentos por su (PCI) y criterios de sostenibilidad

- Evaluación de pavimentos por su (PCI)

Se sabe que el ciclo de vida de las carreteras pavimentadas se ve prolongado hasta un punto donde las intervenciones de conservación o rehabilitación son económicamente factibles; lo que hace necesario una gestión de pavimentos que incluya el monitoreo constante, evaluación y propuesta de intervención; ya que la deficiencia o ausencia de esta, provoca el deterioro prematuro de la vía, de ahí la importancia de evaluar la condición de los pavimentos o (PCI).

- Evaluación de pavimentos por criterios de sostenibilidad
 - Componente económico

Este contempla los criterios de inversión necesarios para con el mantenimiento periódico de la vía, ya que su ausencia provoca inversiones económicas mayores por deterioro prematuro de las vías de comunicación;

este componente puede ser analizado con la evaluación de su vida útil y vida económica.

- Componente ambiental

Se puede ejemplificar con una matriz de probabilidad e impacto estacional, de manera que se contemplen los resultados que se puedan obtener de los estudios multidisciplinarios de las condiciones climáticas, topográficas, hidráulicas e hidrológicas y calidad de los suelos existentes; ya que cada componente ambiental se comporta de forma diferente o estacional en (épocas de invierno y verano) creando contingencias que pueden ser mitigadas con la aplicación de la matriz de probabilidad e impacto.

Tomando en cuenta una evaluación estacional (épocas de invierno y verano) del tramo se podrá tener un mejor criterio de construcción de obras que protejan la estructura de mantos freáticos, o de exceso de humedad del subsuelo que muchas veces provoca que la estructura de pavimento se sobresature y colapse internamente manifestándose en deflexiones o hundimientos que son necesarios prever.

Por otra parte, con el uso de esta matriz de probabilidad e impacto se pueden proponer obras de mitigación de daños como sistemas de subdrenaje, sistemas de disipación de energía cinética, sistemas de protección de taludes, todas estas obras están destinadas a la protección integral de los pavimentos.

Los datos obtenidos a través de la matriz, son determinantes para la intervención del segmento carretero, de acuerdo daño encontrado y la vulnerabilidad que manifiesta.

- Componente social

Aquí el protagonista principal es el usuario de la vía, quien puede ser individual o colectivo, casual o permanente, que a su vez percibe la funcionalidad de la vía por diferentes factores como el aumento de tiempo de recorrido de un punto A hacia un punto B (origen y destino), gasto mayor de combustible, sensación de inseguridad por condiciones de deterioro de la estructura del pavimento y falta de confort.

2.2.1. Desempeño de los pavimentos por su (PCI)

A lo largo del ciclo de vida de los pavimentos, se van manifestando daños o deterioros en el mismo, los cuales van aumentando gradualmente por la acumulación de cargas repetidas de tránsito, principalmente, aunadas con otros deterioros propios de la estructura de pavimento.

Otros factores que pueden influir en el deterioro acelerado de los pavimentos pueden ser a consecuencia eventos no predecibles como derrumbes, sismos, inundaciones, erupciones volcánicas, o similares.

A consecuencia de buscar una relación de deterioros por desempeño, se creó la metodología de evaluación del desempeño de los pavimentos por su (PCI).

Esta define mide claramente en la operatividad de la vía que va desde excelente hasta muy mala, y finalmente un tramo con operatividad nula o fallada.

En tal contexto para calcular el Índice de condición del pavimento (PCI) de la vía, se utilizará como guía metodológica la Norma ASTM D6433-16.

El valor numérico obtenido proporciona al gestor de carreteras la información necesaria para la toma de decisiones de intervención ya sea de mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción.

Seguidamente, se han de considerar los temas de conservación de carreteras que contempla actividades tanto administrativas como ejecutivas, destinadas a volver a restaurar y conservar los estándares de una vía cuantas veces sea necesario a lo largo de la útil de la vía.

Sin embargo, podría darse el caso que el daño fuera tal que se necesite analizar la posibilidad de reconstruir la vía en vez de realizar trabajos de conservación, en tal circunstancia los criterios de vida económica y vida útil de proyectos se pueden utilizar para la toma de decisiones de conservación o reconstrucción.

2.2.1.1. Desempeño funcional y estructural

- Desempeño funcional

Se refiere básicamente a la calidad de comodidad y seguridad que el usuario percibe de la vía.

- Efectos de deterioro por funcionalidad

Se percibe relacionado al aumento de tiempo de recorrido de un punto A hacia un punto B (origen y destino) de un usuario común de una carretera; o los relacionados a la movilidad de mercaderías o transporte masivo de personas, al

tener como resultante un mayor consumo de combustibles e insumos de los vehículos.

El desempeño funcional también se ve reflejado en la percepción de la reducción de seguridad y bajo confort de manejo, por lo que la velocidad de conducción estará por debajo de la velocidad de diseño de la carretera.

- Desempeño estructural

Se define como la capacidad de que tiene una estructura de pavimento para ser transitada a través de su ciclo de vida, sin que se manifieste deterioro operacional más allá de los estándares permitidos.

- Efectos de deterioro estructural

- Desgaste de la textura natural del pavimento la cual genera el aumento de la distancia de frenado de los vehículos por la pérdida de la fuerza de fricción.
- Incremento de la cantidad de baches, fuentes comunes de la generación de accidentes.
- Incremento de losas fracturadas, agrietamientos o daños en el pavimento.
- Pérdida de sello de juntas.
- Asentamientos o hundimientos de los suelos subyacentes, los cuales generan pérdida de uniformidad de la vía (escalonamiento de losas).

- Efectos de deterioro por eventos climáticos y sísmicos

Estos eventos influyen en la pérdida de infraestructura por derrumbes, deslizamientos, inundaciones o eventos sísmicos entre otros, no importando que la estructura de pavimento así como sus obras complementarias estén funcionando de manera adecuada.

- Efectos de deterioro por deficiencias de ponderación de probabilidad e impacto

Se refiere básicamente a la ausencia o deficiencia en la elaboración de estudios y diseños propios del proyecto donde no se consideran los efectos climáticos, temperatura de la región, condición topografía del lugar, agua subterránea, mantos freáticos, degradación o deforestación del lugar, tipo y calidad de suelos, existencia de zonas sísmicas en constante movimiento dinámico, zonas susceptibles a crecidas entre otras.

Todos estos efectos se van manifestando unos de forma superficial y por simple observación y otros cuyos efectos se ven reflejados a lo largo de tiempo sin deterioro aparente del pavimento hasta que colapsa.

2.2.1.2. Interpretación de resultados del PCI

Para interpretar los resultados del índice de condición del pavimento (PCI), cabe aclarar que éste mide el desempeño estructural del pavimento de acuerdo a su comportamiento superficial, no así su capacidad estructural o mecánica.

Sin embargo, marca una clara diferenciación de su desempeño y operatividad a lo largo de su vida útil.

- Rangos generales para interpretación del PCI
 - (Rangos de PCI) 100-85, 85-70 y 70-55: pavimento en condición de transitabilidad de buena a satisfactoria y justa; por lo que, el desempeño del tramo puede recuperarse de manera apropiada.
 - (Rangos de PCI) 55-40 y 40-25: pavimento en condición de pobre a muy pobre; por lo que el desempeño del tramo puede revertirse o mitigarse, al tomar en cuenta el umbral con (PCI) de (40) en el cual se pueden recuperar las condiciones de transitabilidad del tramo.
 - (Rangos de PCI) 25-10 y 10-0: pavimento en condición de transitabilidad con daño severo a fallada, cuya vía es difícil o imposible de transitar y es bastante difícil recuperar o mitigar los daños.

- Tipos de intervenciones generales para pavimentos rígidos

Las instituciones gubernamentales como la Unidad Ejecutora de Conservación Vial (COVIAL) define ciertos tipos de intervenciones a las carreteras, las cuales definen sus alcances.

Sin embargo, es necesario aclarar que la experiencia nacional respecto a mantenimiento de carreteras con pavimento rígido es escasa, tomando en cuenta lo descrito en la tabla I. Longitud de la red vial de la República de Guatemala, donde se muestra que de la totalidad de kilómetros de pavimento rígido registrado son de solamente 217.00 kilómetros, por lo que desde ya se hace necesario ampliar las definiciones de intervención para carreteras con pavimento rígido.

- Tipos de intervención que define COVIAL

- Mantenimiento

Conjunto de tareas de limpieza, reemplazo y reparación que se realizan de manera regular ordenada en una carretera, para asegurar su buen funcionamiento y la prolongación de su vida de servicio, al máximo compatible con las previsiones de diseño y construcción de la obra. (Unidad Ejecutora de Conservación Vial, 2017, p. 15)

- Mejoramiento

“Ejecución de las actividades necesarias para dotar a una carretera existente de mejores condiciones físicas y operativas de las que disponía anteriormente, para ampliar su capacidad o simplemente ofrecer un mejor nivel de servicio” (Unidad Ejecutora de Conservación Vial, 2017, p.15).

- Tipos de intervención que define la DGC

- Rehabilitación

Se conceptualiza de acuerdo a la sección 502 para la intervención de pavimentos de concreto de cemento hidráulico, de las especificaciones para la construcción de carreteras y puentes de Guatemala de la DGC.

“502.01 definición. Rehabilitación de pavimentos de concreto de cemento hidráulico: es la restauración de un pavimento de concreto de cemento hidráulico existente, que ha sufrido diferentes tipos de fallas” (Dirección General de Caminos, 2001, p. 502-1).

502.02 descripción. Este trabajo consiste en el fresado de la superficie con discos de diamante, la reparación de espesor parcial, la reparación de espesor completo, la reparación de juntas, la reparación de grietas, el sellado inferior y estabilización de losas, la colocación de dovelas en las juntas y/o la pulverización de la superficie. (Dirección General de Caminos, 2001, p. 502-1)

- Grado de intervención

La Unidad Ejecutora de Conservación Vial (COVIAL), tiene perfectamente definidas las actividades de mantenimiento de acuerdo a su tipo y severidad; para tal efecto se toma como ejemplo algunas actividades contenidas en las especificaciones técnicas COVIAL 2018.

Ejemplo de ello son las actividades de intervención directa que COVIAL realiza al pavimento, como los de la división 300, excepto la sección 317, que se refiere a cunetas y bordillos; la división 400 destina trabajos de construcción de sistemas de contención; la división 600 destina trabajos de señalización vertical y horizontal, excepto la sección 603, que se refiere a mantenimiento de defensas metálicas; y la división 1200, destina sus actividades a la limpieza del derecho de vía, drenajes longitudinales y transversales, así como la limpieza de derrumbes menores; para ello, ver la tabla siguiente:

A continuación, se describe a detalle de las actividades de mantenimiento de COVIAL.

Tabla VII. **Actividades de mantenimiento básicas de COVIAL**

División No.	Sección No.	Descripción	Página
300	314	Sellado de Juntas en pavimentos de concreto hidráulico.	99
	315	Sellado de fisuras en pavimentos de concreto hidráulico.	101
	316	Reparación de losas defectuosas.	102
	317	Cunetas revestidas y bordillos.	104
	318	Fresado de pavimento.	107
400	401	Gaviones.	115
	402	Mampostería.	117
	403	Muros o rellenos de piedra.	118
600	601	Señalización horizontal (pintura).	142
	602	Señalización vertical.	154
	603	Mantenimiento de defensas metálicas.	159
	604	Marcadores reflectivos de pavimento (ojos de gato).	163
1200	1201 y 1202	Limpieza del derecho de vía y drenajes longitudinales y transversales y retiro de derrumbes pequeños en la red Vial pavimentada.	178 y 182

Fuente: elaboración propia.

Es claro que el requerimiento de intervenciones de mantenimiento menor, mayor, o rehabilitaciones menores o mayores no se limitan a estos renglones o actividades de trabajo.

Tabla VIII. **Mantenimiento recomendado de acuerdo a su PCI**

Rango	PCI	Operatividad	Acción recomendada
100-85	Bueno	Proyecto nuevo, en condiciones ideales de desempeño. Operatividad normal.	Monitoreo general. Mantenimiento preventivo: de ser necesario.
85-70	Satisfactorio	Condiciones de falla de baja incidencia. Severidad (L y M). Operatividad normal	Monitoreo periódico. Mantenimiento preventivo: sello de juntas y grietas.
70-55	Justo	Condiciones de falla recurrente. Severidad (L, M y H). Operatividad de normal a dificultosa	Monitoreo periódico. Mantenimiento menor: reparación losas de concreto, sello de juntas, grietas y perfilado superficial.
55-40	Pobre	Condiciones de falla recurrente Severidad (L, M y H) Operatividad de normal a dificultosa; manifestada en la reducción de velocidad de operación (V_o).	Monitoreo periódico. Mantenimiento mayor disperso: reparación dispersa de losas de concreto y/o base, subbase y subrasante. Tramo en el umbral de deterioro.
40-25	Muy pobre	Condiciones de falla recurrente. Severidad (L, M y H) Operatividad dificultosa, manifestada en la reducción drástica de velocidad de operación (V_o).	Monitoreo periódico y gestión de reparaciones. Rehabilitación mayor sectorizada: reparación de sectores de losas de concreto y/o base, subbase y subrasante. Tramo abajo del umbral de deterioro.
25-10	Daño serio	Severidad (M Y H), prácticamente fuera de estándares de locomoción. Operatividad de alto riesgo para el usuario. No existe confort.	Monitoreo periódico y gestión de reparaciones. Rehabilitación mayor: reconstrucción de sectores o subtramos, por pérdida parcial.
10-0	Fallado	Proyecto totalmente deteriorado o destruido.	Monitoreo periódico y gestión de reparaciones. Reconstrucción del tramo, por pérdida total.

Fuente: elaboración propia.

2.2.2. Desempeño de los pavimentos por criterios de sostenibilidad

Los criterios de sostenibilidad se evaluarán de tal manera que se contemple su temporalidad, dado que la severidad o impacto que presentan estos criterios están ligados al tiempo de funcionamiento que tiene el proyecto.

- Ejemplo de criterios de sostenibilidad
 - Criterio de sostenibilidad económica
 - Define el momento oportuno de asignación de presupuesto para la intervención (mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción) de la carretera a lo largo del ciclo de vida de la vía.
 - Criterio de sostenibilidad ambiental
 - Está ligado a los daños a la carretera, originados por eventos climáticos, especialmente, los de la época lluviosa (temporales, tormentas tropicales o huracanes) o eventos geológicos como (erupciones volcánicas, sismos o terremotos).

Por lo que el criterio de sostenibilidad ambiental debe ser evaluado periódicamente, para ver el comportamiento del tramo carretero tanto en épocas de verano como de invierno, o después de eventos geológico como los ya mencionados.

En este punto, es necesario saber que dependiendo de la ubicación geográfica, conformación topográfica del terreno, tipos de suelos

existentes y la conformación geométrica de la carretera, así será su vulnerabilidad ante los eventos antes mencionados.

- Criterio de sostenibilidad social

- Se ve enmarcado en la calidad de servicio que el usuario percibe de la carretera; en este caso la temporalidad se manifiesta en que no es lo mismo manejar en condiciones de lluvia o en condiciones de neblina, o en una vía cuyo desempeño se ha ido reduciendo por falta de mantenimiento o por ausencia o deficiencia en la señalización vertical y horizontal del tramo.

- Generalidades de evaluación de pavimentos por criterios de sostenibilidad

- Sostenibilidad

El concepto de sostenibilidad es muy general y se basa en tres aspectos que son: aspectos económicos, ambientales y sociales, las cuales se mencionan en el plan operativo anual de la Dirección General de Caminos, que se transcribe a continuación:

El plan operativo anual, POA 2017 de la DGC, responde a los cinco ejes del plan: Guatemala, urbana y rural; bienestar para la gente; riqueza para todos y todas; recursos naturales; hoy y para el futuro; y El Estado como garante de los derechos humanos y conductor del desarrollo. (Dirección General de Caminos, 2017, p. 3)

Por tal razón, es importante tomar en cuenta los criterios de sostenibilidad (económico, ambiental y social) ya que forman parte en la toma

de decisiones al momento de definir las políticas y estrategias de construcción y conservación de carreteras.

2.2.2.1. Criterios de sostenibilidad económica

- Criterio económico

Se basa en la evaluación de la vida útil y la vida económica de la carretera en su ciclo de vida, ya que es de suma importancia saber el momento de hacer una intervención adecuada a las carreteras, ya que no es lo mismo una intervención después de algunos años de haberla construido que una intervención aproximándose al final del periodo de su diseño.

En cada caso, el considerar los efectos de temporalidad que el criterio económico tiene es muy importante, ya que cada tipo de intervención tiene un costo diferente que se incrementa con el pasar de los años dentro del ciclo de vida del proyecto.

2.2.2.2. Criterios de sostenibilidad ambiental

- Criterio ambiental

Se basa en la evaluación estacional de las condiciones climáticas, topográficas, hidráulicas e hidrológicas y calidad de los suelos existentes y otros como los de señalización vertical y señalización horizontal de la carretera.

Teniendo claro que cada componente ambiental se comporta de forma diferente (o estacional) en épocas de invierno y verano, se podrá tener un mejor criterio de construcción de obras que protejan la estructura integral de los

pavimentos, para reducir así el número de contingencias a ser mitigadas con su aplicación.

A continuación, se presentan algunos componentes que dan soporte a criterio de sostenibilidad ambiental, así como el rango de severidad que los identifica, que va desde un rango bajo de severidad (L), rango medio de severidad (M) y un rango alto de severidad (H).

- Componente climático
 - Temperatura promedio: frío ($M < 4\text{ °C}$, $4 < L < 19\text{ °C}$), templado ($19 < L < 30\text{ °C}$), Cálido $> 30\text{ °C}$ (H), aplicable a reparaciones de pavimento.
- Componente topográfico
 - Pendiente: es la inclinación del terreno o diferencia promedio de niveles entre dos puntos observados divididos entre la longitud que los separa. Está relacionada con el tipo de terreno.
 - Tipo de terreno: se clasifica por su inclinación o pendiente de la siguiente manera, (P_L) plano o llano ($L < 5\%$), (L_o) ligeramente ondulado ($5\% < L < 7\%$), (M_o) moderadamente ondulado ($7\% < M < 15\%$), (M_t) montañoso ($15\% < H < 30\%$).
- Componente hidráulico (drenajes)
 - Drenaje longitudinal: cunetas o canales abiertos. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).

- Drenaje transversal: tuberías o bóvedas. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).
- Componente relacionado a derrumbes y deslizamientos
 - Derrumbe (cuando el terreno se desplaza sobre la pista): inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), cubre la totalidad de la pista (H).
 - Deslizamiento (cuando el terreno se desplaza de la pista hacia ladera): inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), destrucción de la pista (H) .

2.2.2.3. Criterios de sostenibilidad social

- Criterio social

Es la evaluación sentida de como el usuario de la vía percibe el estado y la calidad del servicio de la carretera, que valora el confort y la seguridad al manejar de un punto a otro, y los obstáculos que se encuentran a lo largo de su recorrido, ejemplo de ello son:

- Aumento o disminución del tiempo de traslado del usuario, con el incremento del gasto de combustible.
- Disminución de la velocidad por deterioro funcional o estructural de la carretera.

- Ausencia o deficiencia en la señalización vertical y horizontal, lo que hace peligrosa la movilización del usuario al momento de manejar en condiciones normales o adversas como lluvia, neblina, o poca visibilidad nocturna.

- Componente relacionado a la señalización de las carreteras
 - Señalización vertical baja (S_v): cuando la señalización preventiva, restrictiva o informativa existe (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H).

 - Señalización horizontal (S_h): cuando las líneas centrales, laterales y marcadores reflectivos existen (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H).

- Componente relacionado a la velocidad
 - Velocidad de operación (V_o): velocidad en la cual conduce el usuario confortablemente (L), el usuario reduce la velocidad considerablemente (M), el usuario frena constantemente y no es confortable el manejo (H).

 - Velocidad permitida (V_p): es la velocidad a la que las entidades regularizadoras del tránsito restringen la locomoción en el tramo (L).

 - En tal caso, se puede evaluar este componente de acuerdo al gráfico de evaluación individual de serviciabilidad de carreteras, cuyos rangos numéricos van desde cinco (5) para una carretera perfectamente transitable y cero (0) para una carretera imposible de transitar. Una

explicación más detallada esta descrita en el numeral 1.8. Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI) de este informe.

- Anotaciones adicionales

Cabe hacer mención que la definición de usuario tal y como se menciona en el decreto No. 16-2010 Ley de alianzas para el desarrollo de infraestructura económica, la amplia de la siguiente manera:

Capítulo I, finalidad y ámbito de aplicación, artículo 3. Definiciones. Para efectos de interpretación de la presente ley, se entenderá que el “usuario: es la persona, individual o jurídica, que se beneficia de un proyecto de alianzas para el desarrollo de infraestructura económica” (MINFIN, 2010, p. 4).

Esta ampliación a la definición de lo que es un usuario determina que existen obligaciones y derechos inherentes de uso y de prestación de servicios por la utilización de las vías de comunicación como son la infraestructura general de carreteras.

3. CAPÍTULO TRES. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Se considera que la información para el estudio será obtenida de fuentes primarias y secundarias, instituciones de gobierno que realizan la construcción y el mantenimiento de carreteras en Guatemala y la recolección de los registros existentes desde el año 2008; complementada con la información de datos que se obtengan durante la evaluación física existente de los pavimentos durante el desarrollo del trabajo de investigación.

También, se realizarán visitas de campo al tramo carretero pavimentado CA-01-Occidente de la estación 018+815 a la estación 124+200 en tres segmentos de pavimento rígido representativos del desempeño del tramo principal en estudio; del cual se llenarán sus respectivas fichas técnicas de visita que contemplen tanto parámetros de ubicación geográfica, descripción del entorno, aspectos físicos y de condición de los pavimentos; y otras condiciones de tipo climático para corroborar la información obtenida y relacionarla a fin de evaluar del tramo de forma adecuada.

En la fase final se procesarán todos los datos recabados, con la evaluación del índice de condición y los criterios de sostenibilidad de los cuales resultará la propuesta metodológica para concatenar los factores antes mencionados, ampliando su conceptualización; de tal manera que pueda ser utilizada por los gestores de infraestructura vial, y así tener una herramienta útil que permitirá analizar técnicamente las vías pavimentadas, con el objeto de presentar propuestas oportunas de intervención tendientes a mitigar su deterioro prematuro para mejorar así la gestión de pavimentos a lo largo de su ciclo de vida.

3.1. Elementos que conforman la metodología de evaluación

- Obtención de información de fuentes primarias y secundarias

La información necesaria será obtenida de instituciones de gobierno que realizan la construcción y mantenimiento de carreteras en Guatemala como la Dirección General de Caminos (DGC), la Unidad de Conservación Vial (COVIAL), el Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda (CIV) y otras fuentes como periódicos, revistas, informes, impresos o digitales, sitios web especializados en el tema e instituciones como ANADIE y FUNDESA.

- Información de campo

Tres vistas de campo estacionales una en época de invierno (evaluación funcional y estructural del tramo, con fecha 1/08/2018) y las otras dos en época de verano (evaluación de comportamiento, con fecha 22/12/2018 y 12/03/2019) en el tramo carretero pavimentado CA-01-Occidente de la estación 18+815 a la estación 124+200.

- Establecimiento de la longitud de estudio

Se contempla extender el estudio hasta las estaciones donde hubiese cambio de estructura de pavimento de flexible a rígido; para registrar también, de manera documental el comportamiento funcional y estructural de las juntas de transición entre los dos tipos de pavimento.

Tramo carretero pavimentado CA-01-Occidente que comprende de la estación 18+815 a la estación 124+200 en tres segmentos de pavimento rígido representativos del desempeño del tramo principal en estudio.

- Segmento 1: km 18+815, San Cristóbal a km 30+00 San Lucas, Sacatepéquez.
 - Segmento 2: km 61+000, Zaragoza, Chimaltenango a km 89+700, bifurcación Santa Apolonia, Chimaltenango.
 - Segmento 3: km 89+700, bifurcación Santa Apolonia a km 124+200, hacia Las Trampas, Sololá.
- Tabulación de datos, procesamiento, registro documental y evaluación
 - Tabulación, procesamiento y registro documental de evaluación de campo (ver apéndices correspondientes).
 - Evaluación funcional (PSI).
 - Hoja de evaluación del índice de condición del pavimento (PCI).
 - Hoja de valoración de sostenibilidad.
 - Tablas y gráficos complementarios.
 - Superposición de datos obtenidos para análisis y evaluación final
 - Evaluación de desempeño y obtención del (PCI) de cada segmento y (PCI) general del tramo.
 - Evaluación técnica y valoración de cada segmento por criterios de sostenibilidad general del tramo.

- Superposición de datos obtenidos para análisis final.

3.1.1. Evaluación técnica del pavimento por su (PCI)

La característica principal de la metodología de evaluación presentada radica en la inclusión de criterios de sostenibilidad que, concatenados con el índice de condición del pavimento, conocido como (PCI), harán más clara la evaluación de desempeño tanto estructural como funcional de los pavimentos rígidos.

En tal contexto la metodología de evaluación cubre la necesidad principal de evaluar tramos de pavimento rígido con una metodología sencilla, sin tener que recurrir directamente a estudios onerosos que requieren de equipos especializados para su ejecución; también toma en cuenta que la información de los estudios existentes es difícil de obtener.

Por lo que se analizará la condición del tramo carretero pavimentado CA-01-Occidente que se extiende desde la estación 18+815 a la estación 124+200 en tres segmentos de pavimento rígido representativos del desempeño del tramo principal en estudio, tal y como fue descrito con anterioridad.

3.1.1.1. Evaluación técnica de desempeño funcional y estructural

Para realizar la evaluación técnica de desempeño funcional y estructural del tramo carretero pavimentado CA-01-Occidente que se extiende desde la estación 18+815 a la estación 124+200 en tres segmentos de pavimento rígido

representativos del desempeño del tramo principal en estudio, se registrarán los siguientes datos para cada segmento.

- Datos con los cuales se definirá el desempeño funcional de cada segmento
 - Desempeño funcional de la vía

Se considerará el valor numérico obtenido por medio del índice de serviciabilidad (PSI): como ya se explicó, no es más que la precepción sentida del estado de la carretera; con valor numérico que va desde cinco (5) para un pavimento en excelentes condiciones hasta cero (0) para un pavimento fallado o intransitable.

- Otras variables de visualización del desempeño funcional
 - Velocidad de operación (V_o): (km/h).
 - Velocidad permitida (V_p): (km/h).
 - Longitud: (km).
 - Tiempo promedio del recorrido en horas: (h).
 - Tipo de terreno por su pendiente ($P\%$): (P_L), (L_o), (M_o), (M_t).

Otras consideraciones: presencia de escalonamiento, reducción de velocidad por deterioro de la superficie, poca visibilidad por efectos climáticos (por ejemplo, bancos de niebla), deficiencia o ausencia de señalización horizontal y vertical.

- Datos con los cuales se define el desempeño estructural de cada segmento
 - Desempeño estructural

Se verá reflejado por un valor numérico obtenido por medio del índice de condición del pavimento (PCI): que se obtiene con la evaluación física y clasificación de daños, así como la densidad de ocurrencia y su severidad, con base en el procedimiento preestablecido en la Norma ASTM D6433-16. Este valor numérico que va desde cien (100) para un pavimento en excelentes condiciones hasta cero (0) para un pavimento fallado o intransitable.

- Clasificación de fallas recurrentes: según la Norma ASTM D6433-16.
- Densidad de fallas.
- Severidad de fallas: baja (L), media (M), alta (H).
- Otros efectos de desempeño estructural a inspeccionar
 - Desgaste de la textura natural del pavimento: la cual genera el aumento de la distancia de frenado de los vehículos por la pérdida de la fuerza de fricción.
 - Incremento de la cantidad de baches: fuentes comunes de la generación de accidentes.
 - Incremento de losas fracturadas, agrietamientos o daños en el pavimento.

- Pérdida o ausencia de sello de juntas.
- Asentamientos o hundimientos de los suelos subyacentes, los cuales generan pérdida de uniformidad de la vía (escalonamiento de losas).

3.1.1.2. Evaluación técnica del pavimento por su (PCI)

- Segmento 1: km 18+815, San Cristóbal a km 30+00 San Lucas, Sacatepéquez.
 - Evaluación funcional (PSI)

Evaluación funcional (PSI): valor numérico (4) bueno.

El segmento 1 presenta calidad de manejo en ambas calzadas de circulación, la velocidad de operación (V_o) es constante, sin reducciones bruscas; solamente las reducciones de velocidad propias de la circulación vehicular a lo largo del segmento.

La condición general superficial del pavimento rígido es satisfactoria en toda su longitud.

La sensación de confort y seguridad de manejo en el tramo es buena, la visibilidad a lo largo del tramo es adecuada.

Las condiciones topográficas de pendiente del terreno, como el trazo geométrico de la carretera, son adecuadas para manejo.

La señalización tanto horizontal como vertical es deficiente aunque al momento de la evaluación, se pudo observar que han estado realizando trabajos de renovación y su complementación.

- Evaluación del (PCI)

Tabla IX. **PCI del segmento 1 y su desempeño**

Descripción	PCI	Escala estándar	Desempeño
PCI máximo en el segmento 1	79.00	85-70	Satisfactorio
PCI promedio en el segmento 1	77.83	85-70	Satisfactorio
PCI mínimo en el segmento 1	74.00	70-55	Satisfactorio

Fuente: elaboración propia.

Fallas recurrentes: levantamiento/pandeo 21L, escalonamiento 25M, daño en sello de juntas 26L (*) desnivel en carril/berma 27H, desgaste superficial (pulimiento) 31L.

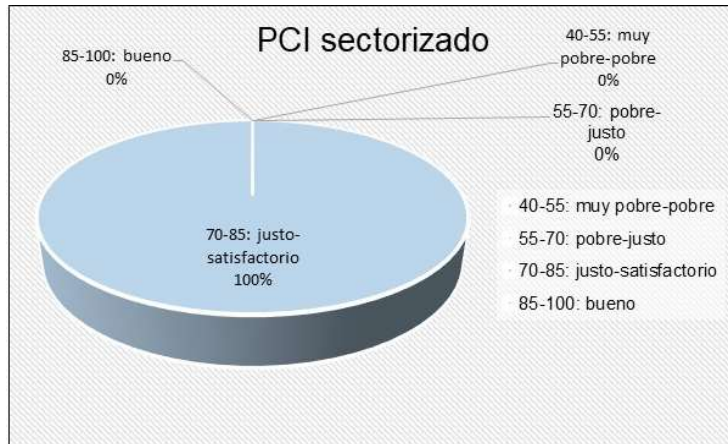
- Intervención recomendada según el PCI obtenido para el segmento 1

Para todos los sectores del segmento 1, con desempeño satisfactorio, realizar mantenimiento preventivo (sello de juntas y grietas).

A continuación, se presenta el resumen de los resultados obtenidos de la evaluación segmento 1: km 18+815, San Cristóbal a km 30+00 San Lucas, Sacatepéquez.

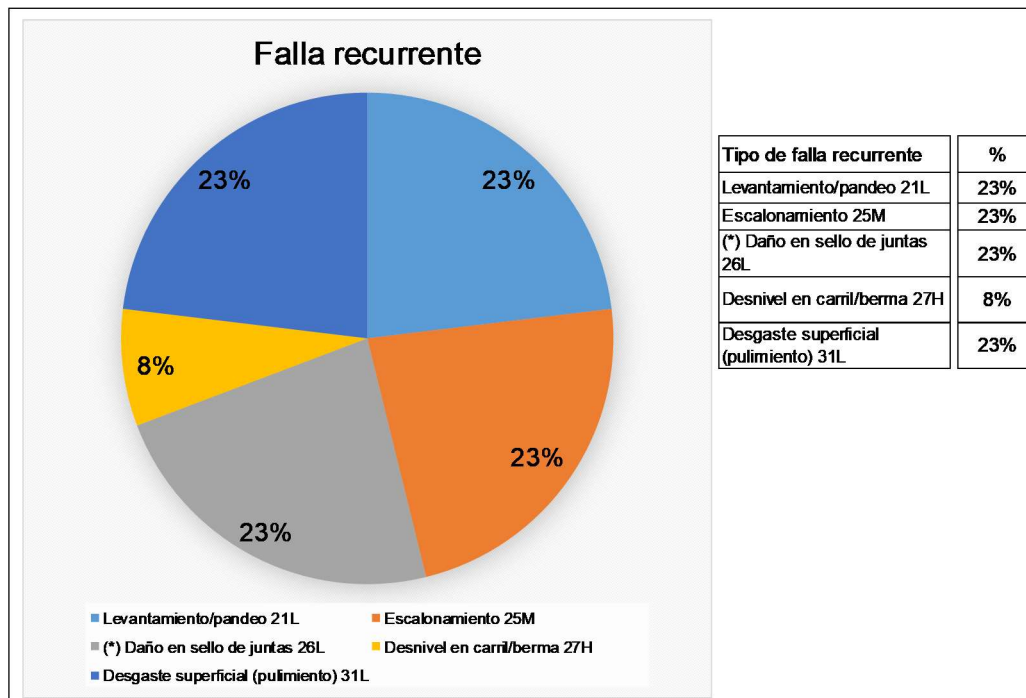
(*)No se clasifica por densidad, sino por la condición general del sello.

Figura 19. **PCI sectorizado del segmento 1**



Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Fallas recurrentes del segmento 1**



Fuente: elaboración propia.

Tabla X. Resumen de resultados del segmento 1

Tramo:	CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200		
Segmento 1:	Km 18+815, San Cristóbal a km 30+00, San Lucas, Sacatepéquez.		
Velocidad de operación (V_o):	55.00	Km/h	% Variación de velocidad
Velocidad permitida (V_p):	70.00	Km/h	$V_o < V_p$ 21%
Velocidad máxima (V_{max}):	73.00	Km/h	$V_{max} > V_p$ 4%
Longitud:	11.185	Km	
Tiempo promedio del recorrido:	0.41	h	
Tipo de terreno: ligeramente ondulado	± (5% a 7%)	L_o	

Evaluación estructural					Evaluación de sostenibilidad	Evaluación funcional	
Est. Anterior	Est. Pivote	Est. Posterior	Evaluación	PCI	Valoración de sostenibilidad	PSI	Funcionalidad percibida
-	18+815	18+879	Estado: satisfactorio. Mantenimiento preventivo: sello de juntas y grietas	74.00	Impacto bajo	4.00	Bueno
20+968	21+000	21+032	Estado: satisfactorio. Mantenimiento preventivo: sello de juntas y grietas	79.00	Impacto bajo	4.00	Bueno
23+102	23+150	23+198	Estado: satisfactorio. Mantenimiento preventivo: sello de juntas y grietas	78.00	Impacto medio alto	4.00	Bueno
24+952	25+000	25+048	Estado: satisfactorio. Mantenimiento preventivo: sello de juntas y grietas	79.00	Impacto medio bajo	4.00	Bueno
24+952	26+000	26+048	Estado: satisfactorio. Mantenimiento preventivo: sello de juntas y grietas	78.00	Impacto bajo	4.00	Bueno
29+924	30+000	30+020	Estado: satisfactorio. Mantenimiento preventivo: sello de juntas y grietas	79.00	Impacto bajo	4.00	Bueno
			PCI máximo: satisfactorio	79.00		4.00	PSI Max. (4), bueno
			PCI promedio: satisfactorio	77.83	Condición general: impacto de bajo a medio bajo	4.00	PSI Prom. (4), bueno
			PCI mínimo: satisfactorio	74.00		4.00	PSI Min. (4), bueno

Fuente: elaboración propia.

- Segmento 2: km 61+000, Zaragoza, Chimaltenango a km 89+700, bifurcación Santa Apolonia, Chimaltenango.
 - Evaluación funcional (PSI)

Evaluación funcional (PSI): valor numérico (3.70) bueno.

El segmento 2 presenta calidad de manejo en ambas calzadas de circulación, la velocidad de operación (V_o) es constante, sin reducciones bruscas; solamente las reducciones de velocidad propias de la circulación vehicular a lo largo del segmento y otras reducciones por deterioro de algún carril.

La condición general superficial del pavimento rígido es satisfactoria, aunque existen algunos sectores con deficiencias que lo hacen intransitable en alguno de sus carriles.

La sensación de confort y seguridad de manejo en el tramo es buena, la visibilidad a lo largo del tramo es adecuada; aunque existen sectores de la carretera donde la circulación es dificultosa.

Las condiciones topográficas de pendiente del terreno, como el trazo geométrico de la carretera, son adecuadas para manejo.

La señalización tanto horizontal como vertical es deficiente aunque al momento de la evaluación, se pudo observar que han estado realizando trabajos de renovación y su complementación.

- Evaluación del (PCI)

Tabla XI. **PCI del segmento 2 y su desempeño**

Descripción	PCI	Escala estándar	Desempeño
PCI máximo en el segmento 2	80.00	85-70	Satisfactorio
PCI promedio en el segmento 2	71.50	85-70	Satisfactorio
PCI mínimo en el segmento 2	55.00	55-40	Pobre

Fuente: elaboración propia.

Fallas recurrentes: levantamiento/pandeo 21L, grieta de esquina 22L, losa dividida por grietas 23L, losa dividida por grietas 23H, escalonamiento 25L, daño en sello de juntas 26L(*), desnivel en carril/berma 27M, bache grande >0.50 m² 29L, desgaste superficial (pulimiento) 31L, bombeo 33M, desprendimiento de esquinas 38M, desprendimiento de juntas 39L.

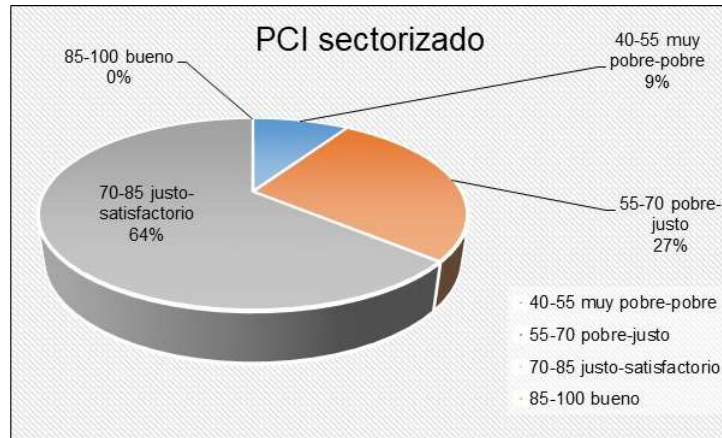
- Intervención recomendada según PCI obtenido para el segmento 2

Para sectores con desempeño satisfactorio, realizar mantenimiento preventivo (sello de juntas y grietas). Para sectores con desempeño justo, realizar mantenimiento menor (reparación de losas de concreto, sello de juntas, grietas y perfilado superficial). Para sectores con desempeño pobre, realizar mantenimiento mayor disperso (reparación dispersa de losas de concreto y base, subbase y subrasante).

A continuación, se presenta el resumen de los resultados obtenidos de la evaluación segmento 2: km 61+000, Zaragoza, Chimaltenango a km 89+700, bifurcación Santa Apolonia, Chimaltenango.

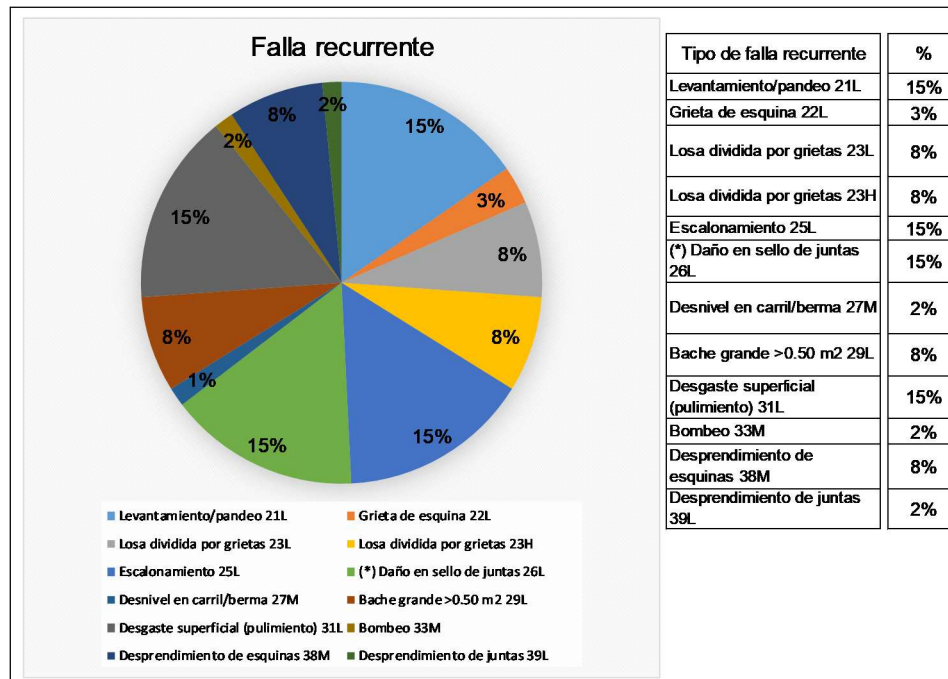
(*No se clasifica por densidad, sino por la condición general del sello

Figura 21. PCI sectorizado del segmento 1



Fuente: elaboración propia.

Figura 22. Fallas recurrentes del segmento 2



Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. Resumen de resultados del segmento 2

Tramo:		CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200					
Segmento 2		Km 61+00, Zaragoza, Chimaltenango a km 89+700, bifurcación Santa Apolonia, Chimaltenango.					
Velocidad de operación (V_o):	64.00	Km/h		% Variación de velocidad			
Velocidad permitida (V_p):	70.00	Km/h	$V_o < V_p$	9%			
Velocidad máxima (V_{max}):	111.00	Km/h	$V_{max} > V_p$	37%			
Longitud:	28.73	Km					
Tiempo promedio del recorrido:	0.45	h					
Tipo de terreno: plano o llano	± (3%)	P_L					
Evaluación estructural							
Evaluación de sostenibilidad							
Evaluación funcional							
Est. Anterior	Est. Pivote	Est. Posterior	Evaluación	PCI	Valoración de sostenibilidad	PSI	Funcionalidad Percibida
-	61+000	61+096	Estado: satisfactorio. Mantenimiento preventivo: sello de juntas y grietas.	74.00	Impacto medio bajo	4.00	Bueno
62+952	63+000	63+048	Estado: satisfactorio. Mantenimiento preventivo: sello de juntas y grietas.	80.00	Impacto medio bajo	4.00	Bueno
66+952	67+000	67+048	Estado: satisfactorio. Mantenimiento preventivo: sello de juntas y grietas.	80.00	Impacto medio bajo	4.00	Bueno
69+952	70+000	70+048	Estado: satisfactorio. Mantenimiento preventivo: sello de juntas y grietas.	72.00	Impacto medio alto	4.00	Bueno
72+952	73+000	73+048	Estado: lo justo. Mantenimiento menor: reparación de losas de concreto, sello de juntas, grietas y perfilado superficial.	70.00	Impacto medio bajo	4.00	Bueno
75+924	76+000	76+020	Estado: satisfactorio. Mantenimiento preventivo: sello de juntas y grietas.	78.00	Impacto medio bajo	4.00	Bueno
78+952	79+000	79+048	Estado: satisfactorio. Mantenimiento preventivo: sello de juntas y grietas.	80.00	Impacto medio bajo	4.00	Bueno
83+452	83+500	83+548	Estado: pobre. Mantenimiento mayor disperso: reparación dispersa de losas de concreto y/o base, subbase y subrasante. Umbral de mantenimiento.	55.00	Impacto medio bajo	3.00	Regular
84+952	85+000	85+048	Estado: lo justo. Mantenimiento menor: reparación de losas de concreto, sello de juntas, grietas y perfilado superficial.	62.00	Impacto medio bajo	3.00	Regular
88+952	89+000	89+048	Estado: lo justo. Mantenimiento menor: reparación de losas de concreto, sello de juntas, grietas y perfilado superficial.	64.00	Impacto medio bajo	3.00	Regular
			PCI máximo: satisfactorio	80.00		4.00	PSI Max. (4) bueno
			PCI promedio: satisfactorio	71.50	Condición general: impacto de medio bajo a medio alto	3.70	PSI Prom. (3.7) bueno
			PCI mínimo: pobre	55.00		3.00	PSI Min. (3) regular

Fuente: elaboración propia.

- Segmento 3: km 89+700, bifurcación Santa Apolonia a km 124+200, hacia Las Trampas, Sololá.
 - Evaluación funcional (PSI)

Evaluación funcional (PSI): valor numérico (3.31) de bueno a regular.

El tramo presenta variaciones respecto a la calidad de manejo: la calzada derecha tiene dificultad de manejo, mientras que para la calzada izquierda presenta mejor comodidad de manejo. La velocidad de operación (V_o) no es constante y se manifiestan reducciones bruscas de velocidad en varios sectores del segmento, por deterioro sus carriles, especialmente en la calzada derecha.

La condición general superficial del pavimento rígido es satisfactoria, aunque existen algunos sectores con deficiencias y daños severos del pavimento que lo hacen intransitable en algunos de sus carriles.

La sensación de confort y seguridad de manejo en el tramo va de buena a regular, la visibilidad a lo largo del tramo es adecuada, aunque existen sectores donde es recurrente la aparición de niebla.

Las condiciones topográficas de pendiente del terreno, como el trazo geométrico de la carretera, son adecuadas para manejo.

La señalización tanto horizontal como vertical es deficiente aunque al momento de la evaluación, se observó que han estado realizando trabajos de renovación y su complementación.

- Evaluación del (PCI)

Tabla XIII. **PCI del segmento 3 y su desempeño**

Descripción	PCI	Escala estándar	Desempeño
PCI máximo en el segmento 3	80.00	85-70	Satisfactorio
PCI promedio en el segmento 3	66.69	70-55	Lo justo
PCI mínimo en el segmento 3	54.00	55-40	Pobre

Fuente: elaboración propia.

Fallas recurrentes: levantamiento/pandeo 21L, grieta de esquina 22L, losa dividida por grietas 23L, losa dividida por grietas 23M, losa dividida por grietas 23H, escalonamiento 25L, escalonamiento 25M, daño en sello de juntas 26L(*), desnivel en carril/berma 27M, agrietamiento lineal 28L, agrietamiento lineal 28M, bache grande >0.50 m² 29M, desgaste superficial (pulimiento) 31L, desprendimiento de esquinas 38L, desprendimiento de juntas 39M.

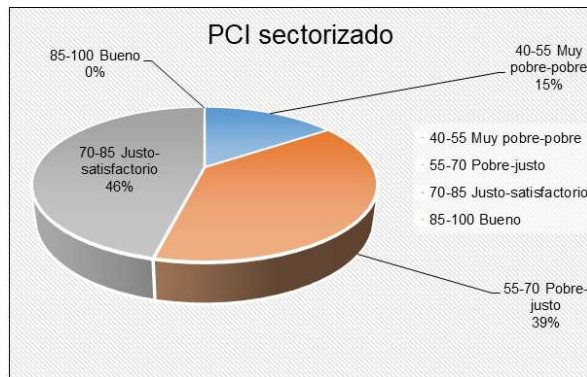
- Intervención recomendada según PCI obtenido para el segmento 2

Para sectores con desempeño satisfactorio, realizar mantenimiento preventivo (sello de juntas y grietas). Para sectores con desempeño justo, realizar mantenimiento menor (reparación de losas de concreto, sello de juntas, grietas y perfilado superficial). Para sectores con desempeño pobre, realizar mantenimiento mayor disperso (reparación dispersa de losas de concreto y/o base, subbase y subrasante).

(*)No se clasifica por densidad, sino por la condición general del sello

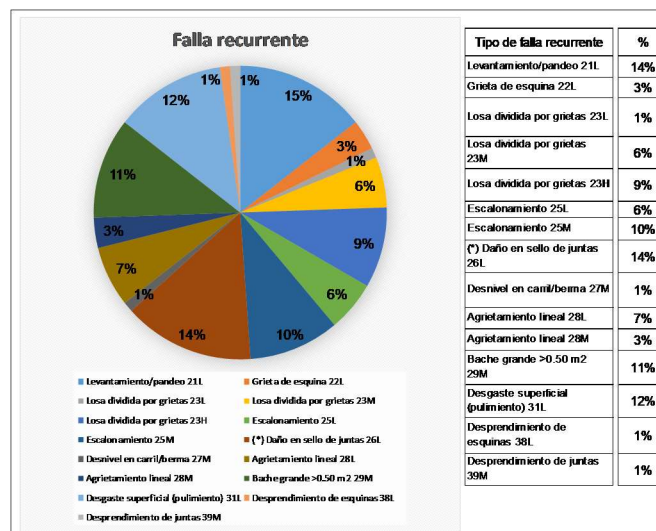
A continuación, se presenta el resumen de los resultados obtenidos de la evaluación segmento 3: km 89+700, bifurcación Santa Apolonia a km 124+200, hacia Las Trampas, Sololá.

Figura 23. **PCI sectorizado del segmento 3**



Fuente: elaboración propia.

Figura 24. **Fallas recurrentes del segmento 3**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. Resumen de resultados del segmento 3

Tramo:		CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200					
Segmento 3:		Km 89+700, Bifurcación Santa Apolonia a km 124+200, Hacia Las Trampas, Sololá.					
Velocidad de operación (V_o):	51.00	Km/h		% Variación de velocidad			
Velocidad permitida (V_p):	60.00	Km/h	$V_o < V_p$	15%			
Velocidad máxima (V_{max}):	83.00	Km/h	$V_{max} > V_p$	28%			
Longitud:	34.83	Km					
Tiempo promedio del recorrido:	0.67	h					
Tipo de terreno: Ligeramente ondulado a moderadamente ondulado		\pm (5 a 9%)	L_o a M_b				
Evaluación estructural					Evaluación funcional		
Est. Anterior	Est. Pivote	Est. Posterior	Evaluación	PCI	Valoración de sostenibilidad	PSI	Funcionalidad Percibida
92+952	93+000	93+048	Estado: lo justo. Mantenimiento menor: reparación de losas de concreto, sello de juntas, grietas y perfilado superficial	62.00	Impacto medio bajo	3.00	Regular
94+952	95+000	95+048	Estado: lo justo. Mantenimiento menor: reparación de losas de concreto, sello de juntas, grietas y perfilado superficial	64.00	Impacto medio alto	3.00	Regular
97+952	98+000	98+048	Estado: lo justo. Mantenimiento menor: reparación de losas de concreto, sello de juntas, grietas y perfilado superficial	64.00	Impacto medio alto	3.00	Regular
100+952	101+000	101+048	Estado LD: satisfactorio. Mantenimiento preventivo: sello de juntas y grietas	80.00	Impacto medio alto	4.00	Bueno
100+952	101+000	101+048	Estado LI: lo justo. Mantenimiento menor: reparación de losas de concreto, sello de juntas, grietas y perfilado superficial	70.00	Impacto medio alto	4.00	Bueno
103+952	104+000	104+048	Estado: satisfactorio. Mantenimiento preventivo: sello de juntas y grietas	80.00	Impacto medio alto	4.00	Bueno
107+924	108+000	108+020	Estado: pobre. Mantenimiento mayor disperso: reparación dispersa de losas de concreto y/o base, subbase y subrasante. Umbral de mantenimiento.	51.00	Impacto medio alto	3.00	Regular
111+952	112+000	112+048	Estado: lo justo. Mantenimiento menor: reparación de losas de concreto, sello de juntas, grietas y perfilado superficial	56.00	Impacto medio alto	3.00	Regular
114+952	115+000	115+048	Estado: pobre. Mantenimiento mayor disperso: reparación dispersa de losas de concreto y/o base, subbase y subrasante. Umbral de mantenimiento.	54.00	Impacto medio bajo	3.00	Regular
117+952	118+000	118+048	Estado LD: satisfactorio. Mantenimiento preventivo: sello de juntas y grietas	80.00	Impacto medio bajo	4.00	Bueno
117+952	118+000	118+048	Estado LI: satisfactorio. Mantenimiento preventivo: sello de juntas y grietas	74.00	Impacto medio alto	3.00	Regular
120+952	121+000	121+048	Estado: satisfactorio. Mantenimiento preventivo: sello de juntas y grietas	72.00	Impacto medio bajo	3.00	Regular
123+952	124+000	124+048	Estado: lo justo. Mantenimiento menor: reparación de losas de concreto, sello de juntas, grietas y perfilado superficial.	60.00	Impacto medio alto	3.00	Regular
			PCI máximo: satisfactorio	80.00		4.00	PSI Max. (4) bueno
			PCI promedio: lo justo	66.69	Condición general: impacto medio alto a medio bajo	3.31	PSI Prom. (3.31) bueno
			PCI mínimo: pobre	54.00		3.00	PSI Min. (3) regular

Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Evaluación técnica por criterios de sostenibilidad

Los criterios de sostenibilidad se evaluarán de tal manera que se contemple su temporalidad, dado que la severidad o impacto que presentan estos criterios están ligados al tiempo de funcionamiento que tiene el proyecto.

Por tal razón, es importante tomar en cuenta los criterios de sostenibilidad (económico, ambiental y social) ya que forman parte en la toma de decisiones al momento de definir las políticas y estrategias de construcción y conservación de carreteras.

3.1.2.1. Criterios de sostenibilidad económica

El criterio de sostenibilidad económica define el momento oportuno de asignación de presupuesto para la intervención (mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción) de la carretera a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Para el efecto, y tomando como base los criterios de vida útil y vida económica de los proyectos de carreteras pavimentadas se toma como base el siguiente cuadro resumen aplicado al tramo en evaluación.

Tabla XV. **Evaluación individual de criterios de sostenibilidad económica**

Segmento No.	PCI	Sostenibilidad económica
Segmento 1: km 18+815, San Cristóbal a km 30+00 San Lucas, Sacatepéquez.	77.83 (78)	Está en el rango de sostenibilidad donde es factible manejar costos de mantenimiento óptimos.

Continuación de la tabla XV.

<p>Segmento 2: km 61+000, Zaragoza, Chimaltenango a km 89+700, bifurcación Santa Apolonia, Chimaltenango.</p>	<p>71.50 (72)</p>	<p>Está en el rango de sostenibilidad donde es factible manejar costos de mantenimiento óptimos; sin embargo, hay sectores que necesitan ser intervenidos.</p>
<p>Segmento 3: km 89+700, bifurcación Santa Apolonia a km 124+200 hacia Las Trampas, Sololá</p>	<p>66.69 (67)</p>	<p>Está en el rango de sostenibilidad donde es factible manejar costos de mantenimiento óptimos. Sin embargo, su PCI muestra que existen sectores que necesitan ser intervenidos con urgencia; ya que si ocurriera algún evento climático, geológico de carácter extremo, probablemente se tendría que invertir a futuro entre 4 a 5 unidades monetarias más, respecto al costo de mantenimiento inicial, debido a la ausencia de mantenimiento o su deficiencia. Ver el numeral 1.5.2. Vida económica.</p>

Fuente: elaboración propia.

3.1.2.2. Criterios de sostenibilidad ambiental

El criterio de sostenibilidad ambiental está ligado y valora los componentes: climáticos, topográficos, hidráulicos (drenajes longitudinales y transversales) y los relacionados a derrumbes o deslizamientos; los cuales tienen relevancia en el comportamiento de daños a la carretera, especialmente, los de la época lluviosa (temporales, tormentas tropicales o huracanes) o eventos geológicos como (erupciones volcánicas, sismos o terremotos).

Tabla XVI. **Evaluación individual de criterios de sostenibilidad ambiental**

Segmento No.	Valoración ambiental general	Sostenibilidad ambiental
Segmento 1: km 18+815, San Cristóbal a km 30+00 San Lucas, Sacatepéquez.	Impacto de bajo a medio bajo	Su impacto se puede mitigar. ^(*)
Segmento 2: km 61+000, Zaragoza, Chimaltenango a km 89+700, bifurcación Santa Apolonia, Chimaltenango.	Impacto de medio bajo a medio alto	Su impacto se puede mitigar. ^(*)
Segmento 3: km 89+700, bifurcación Santa Apolonia a km 124+200, hacia Las Trampas, Sololá.	Impacto medio alto a medio bajo	Su impacto se puede mitigar; sin embargo, es necesaria la intervención de la vía. ^(*)

Fuente: elaboración propia.

3.1.2.3. Criterios de sostenibilidad social

Finalmente, el criterio de sostenibilidad social se ve enmarcado en la calidad de servicio que el usuario percibe de la carretera, como su velocidad de desplazamiento, confort y seguridad.

También, se toma en cuenta la temporalidad (época de año y horario en el cual el usuario utiliza la carretera) ya que se manifiesta en que no es lo mismo manejar en condiciones de lluvia o en condiciones de neblina, o en una vía cuyo

^(*) Ver resultados en las hojas de valoración de sostenibilidad correspondiente.

desempeño se ha ido reduciendo por falta de mantenimiento o por ausencia o deficiencia en la señalización vertical y horizontal del tramo. Aquí se valoran los componentes siguientes: señalización vertical y horizontal y velocidad de operación (V_o), cuyo parámetro de referencia se fija a un desplazamiento no menor a 40 km/h.

Tabla XVII. **Evaluación individual de criterios de sostenibilidad social**

Segmento No.	Valoración social general	Sostenibilidad social
Segmento 1: km 18+815, San Cristóbal a km 30+00 San Lucas, Sacatepéquez.	PSI 4.00 (4) Bueno	Su impacto se puede mitigar. (*)
Segmento 2: km 61+000, Zaragoza, Chimaltenango a km 89+700, bifurcación Santa Apolonia, Chimaltenango.	PSI 3.70 (4) Bueno	Su impacto se puede mitigar; sin embargo, es necesaria la intervención de la vía. (*)
Segmento 3: km 89+700, bifurcación Santa Apolonia a km 124+200 hacia Las Trampas, Sololá	PSI 3.31 (3) Regular	Su impacto se puede mitigar, sin embargo, es necesaria la intervención inmediata de la vía. (*)

Fuente: elaboración propia

3.1.3. Superposición de datos obtenidos para análisis

La superposición de datos obtenidos de PCI conjuntamente con la respectiva valoración de los criterios de sostenibilidad (económica, ambiental y social) forman una matriz, donde se concatena el índice de condición del pavimento (PCI) que va desde un desempeño bueno (100) hasta fallado (0) a la

(*) Ver resultados en las hojas de valoración de sostenibilidad correspondiente.

cual se le agrega la valoración que viene dada por el grado de vulnerabilidad e impacto que tiene el segmento carretero previamente analizado, que van desde riesgo bajo hasta riesgo alto.

- Interpretación de la matriz y su clasificación
 - El PCI marcado con (L) significa que el tramo está en condiciones que van desde un (desempeño bueno, satisfactorio, hasta desempeño justo).
 - El PCI marcado con (M) significa que el tramo está en condiciones que van desde un (desempeño pobre hasta un desempeño muy pobre).
 - El PCI marcado con (H) significa que el tramo está en condiciones que van desde un (desempeño con daño severo hasta fallado).
 - Los criterios de sostenibilidad tienen rangos desde riesgo bajo, medio bajo, medio alto hasta riesgo alto.

En resumen: la superposición del PCI concatenado con los criterios de sostenibilidad genera una matriz que es capaz de mostrar por sí misma la vulnerabilidad general del tramo carretero en estudio. Adicionalmente, se puede detectar un umbral de mantenimiento con rango de PCI (70) a PCI (40), donde es viable revertir el daño de un tramo carretero específico.

En contraposición, para un valor PCI menor a (40) de un tramo carretero, se considera que los daños no se pueden revertir o que económicamente no es viable debido al alto costo que representa su rehabilitación o reconstrucción según sea el caso.

- Superposición y diagnóstico final del segmento 1: km 18+815, San Cristóbal a km 30+00 San Lucas, Sacatepéquez.
 - El segmento 1, tiene un PCI 77.83 (78) promedio, que en la escala PCI se considera que es un pavimento con desempeño satisfactorio.
 - El segmento 1, tiene un criterio de sostenibilidad con riesgo que va de bajo a medio bajo, pero predomina el riesgo bajo.
 - Sostenibilidad del segmento 1
 - Sostenibilidad económica: es factible manejar costos de mantenimiento óptimos.
 - Sostenibilidad ambiental: componentes climáticos, topográficos, hidráulicos (drenajes longitudinales y transversales) y los relacionados a derrumbes o deslizamientos. Su impacto se puede mitigar.
 - Sostenibilidad social: velocidad de operación (V_o) adecuada, sin reducciones bruscas; solamente las reducciones de velocidad propias de la circulación vehicular a lo largo del segmento. La señalización vertical y horizontal, deficiente, aunque al momento de la evaluación, se pudo observar que está completando. Su impacto se puede mitigar.
 - El segmento 1 tiene un índice de serviciabilidad de PSI (4) y lo caracteriza como bueno, lo que hace percibir un segmento con características de confort, seguridad y manejo seguro.

- Intervención recomendada según el PCI obtenido para el segmento 1
 - Para todos los sectores del segmento 1, con desempeño satisfactorio, realizar mantenimiento preventivo (sello de juntas y grietas).

Tabla XVIII. **Matriz de riesgo e impacto del segmento 1**

Valoración de sostenibilidad			1.00-3.00	3.00-6.00	6.00-21.00	21.00-30.00
Rangos (pci)	Criterio		Riesgo bajo	Riesgo medio bajo	Riesgo medio alto	Riesgo alto
100-85	Bueno	L	L-riesgo bajo	L-riesgo medio bajo	L-riesgo medio alto	L-riesgo alto
85-70	Satisfactorio	L	L-riesgo bajo	L-riesgo medio bajo	L-riesgo medio alto	L-riesgo alto
70-55	Lo Justo	L	L-riesgo bajo	L-riesgo medio bajo	L-riesgo medio alto	L-riesgo alto
55-40	pobre	M	M-riesgo bajo	M-riesgo medio bajo	M-riesgo medio alto	M-riesgo alto
40-25	Muy pobre	M	M-riesgo bajo	M-riesgo medio bajo	M-riesgo medio alto	M-riesgo alto
25-10	Daño severo	H	H-riesgo bajo	H-riesgo medio bajo	H-riesgo medio alto	H-riesgo alto
10-0	Fallado	H	H-riesgo bajo	H-riesgo medio bajo	H-riesgo medio alto	H-riesgo alto

PCI 77.83 (78)

Fuente: elaboración propia.

Las actividades como limpieza y/o reparación de drenajes longitudinales (cunetas), limpieza y/o reparación de drenajes transversales (alcantarillas o bóvedas) y remoción de derrumbes, son propias del mantenimiento periódico vial de carreteras; por lo que no se consideran en el listado; tampoco, las que resultaren de eventos climáticos extremos, erupciones volcánicas o sismos.

- Superposición y diagnostico final del segmento 2: km 61+000, Zaragoza, Chimaltenango a km 89+700, bifurcación Santa Apolonia, Chimaltenango.

- El segmento 2, tiene un PCI 71.50 (72) promedio, que en la escala PCI se considera que es un pavimento con desempeño satisfactorio.
- El segmento 2, tiene un criterio de sostenibilidad con riesgo que va de medio bajo a medio alto, pero predomina el riesgo medio bajo.
- Sostenibilidad del segmento 2
 - Sostenibilidad económica: es factible manejar costos de mantenimiento óptimos; sin embargo, hay sectores que necesitan ser intervenidos.
 - Sostenibilidad ambiental: componentes climáticos, topográficos, hidráulicos (drenajes longitudinales y transversales) y los relacionados a derrumbes o deslizamientos. Su impacto se puede mitigar; sin embargo, es necesaria la intervención de la vía.
 - Sostenibilidad social: velocidad de operación (V_o) es adecuada, sin reducciones bruscas; solamente las reducciones de velocidad propias de la circulación vehicular a lo largo del segmento y otras reducciones por deterioro de algún carril. La señalización vertical y horizontal, deficiente, aunque al momento de la evaluación, se pudo observar que se está completando, lo que hace percibir un segmento con características de confort, seguridad y manejo seguro. Su impacto se puede mitigar, sin embargo, es necesaria la intervención de la vía.
- El segmento 2 tiene un índice de serviciabilidad de PSI (3.70) y lo caracteriza como bueno lo que hace percibir un segmento con

características de confort, seguridad y manejo seguro; cabe mencionar, que hay sectores donde hay que escoger un carril adecuado para poder circular.

- Intervención recomendada según el PCI obtenido para el segmento 2
 - Para los sectores con desempeño satisfactorio, realizar mantenimiento preventivo (sello de juntas y grietas). Para los sectores con desempeño justo, realizar mantenimiento menor (reparación de losas de concreto, sello de juntas, grietas y perfilado superficial) . Para los sectores con desempeño pobre, realizar mantenimiento mayor disperso (reparación dispersa de losas de concreto y/o base, subbase y subrasante).

Tabla XIX. **Matriz de riesgo e impacto del segmento 2**

Valoración de sostenibilidad			1.00-3.00	3.00-6.00	6.00-21.00	21.00-30.00
Rangos (pci)	Criterio		Riesgo bajo	Riesgo medio bajo	Riesgo medio alto	Riesgo alto
100-85	Bueno	L	L-Riesgo bajo	L-Riesgo medio bajo	L-Riesgo medio alto	L-Riesgo alto
85-70	Satisfactorio	L	L-Riesgo bajo	L-Riesgo medio bajo	L-Riesgo medio alto	L-Riesgo alto
70-55	Lo Justo	L	L-Riesgo bajo	L-Riesgo medio bajo	L-Riesgo medio alto	L-Riesgo alto
55-40	pobre	M	M-Riesgo bajo	M-Riesgo medio bajo	M-Riesgo medio alto	M-Riesgo alto
40-25	Muy pobre	M	M-Riesgo bajo	M-Riesgo medio bajo	M-Riesgo medio alto	M-Riesgo alto
25-10	Daño severo	H	H-Riesgo bajo	H-Riesgo medio bajo	H-Riesgo medio alto	H-Riesgo alto
10-0	Fallado	H	H-Riesgo bajo	H-Riesgo medio bajo	H-Riesgo medio alto	H-Riesgo alto

PCI 71.50 (72)

Fuente: elaboración propia.

Las actividades como limpieza y/o reparación de drenajes longitudinales (cunetas), limpieza y/o reparación de drenajes transversales (alcantarillas o bóvedas) y remoción de derrumbes, son propias del mantenimiento periódico vial de carreteras; por lo que no se consideran en el listado; tampoco, las que resultaren de eventos climáticos extremos, erupciones volcánicas o sismos.

- Superposición y diagnostico final del segmento 3: km 89+700, bifurcación Santa Apolonia a km 124+200, hacia Las Trampas, Sololá.
 - El segmento 3, tiene un PCI 66.69 (67) promedio, que en la escala PCI se considera que es un pavimento con desempeño justo.
 - El segmento 3, tiene un criterio de sostenibilidad con riesgo que va de medio alto a medio bajo, pero predomina el riesgo medio alto.
 - Sostenibilidad del segmento 3
 - Sostenibilidad económica: es factible manejar costos de mantenimiento óptimos; sin embargo, su PCI muestra que existen sectores que necesitan ser intervenidos con urgencia; ya que si ocurriera algún evento climático, geológico de carácter extremo, probablemente se tendría que invertir a futuro entre 4 a 5 unidades monetarias más, respecto al costo de mantenimiento inicial, debido a la ausencia de mantenimiento o su deficiencia.
 - Sostenibilidad ambiental: componentes climáticos, topográficos, hidráulicos (drenajes longitudinales y transversales) y los relacionados a derrumbes o deslizamientos. Su impacto se puede mitigar; sin embargo, es necesaria la intervención de la vía.

- Sostenibilidad social: la velocidad de operación (V_o) no es constante y se manifiestan reducciones bruscas de velocidad en varios sectores del segmento, por deterioro sus carriles, especialmente en la calzada derecha. La señalización vertical y horizontal, deficiente, aunque al momento de la evaluación, se pudo observar que se está completando, lo que hace percibir un segmento con características de confort, seguridad y manejo seguro. Su impacto se puede mitigar; sin embargo, es necesaria la intervención inmediata de la vía.
- El segmento 3, tiene un índice de serviciabilidad de PSI (3.31) y lo caracteriza de bueno a regular, lo que hace percibir un segmento con características de confort, seguridad y manejo seguro, sin embargo; cabe mencionar, que hay sectores donde hay que escoger un carril adecuado para poder circular.
- Intervención recomendada según el PCI obtenido para el segmento 3
 - Para los sectores con desempeño satisfactorio, realizar mantenimiento preventivo (sello de juntas y grietas). Para los sectores con desempeño justo, realizar mantenimiento menor (reparación de losas de concreto, sello de juntas, grietas y perfilado superficial) . Para los sectores con desempeño pobre, realizar mantenimiento mayor disperso (reparación dispersa de losas de concreto y/o base, subbase y subrasante).

Las actividades como limpieza y/o reparación de drenajes longitudinales (cunetas), limpieza y/o reparación de drenajes transversales (alcantarillas o bóvedas) y remoción de derrumbes, son propias del mantenimiento periódico

vial de carreteras; por lo que no se consideran en el listado; tampoco, las que resultaren de eventos climáticos extremos, erupciones volcánicas o sismos.

Tabla XX. **Matriz de riesgo e impacto del segmento 3**

Valoración de sostenibilidad			1.00-3.00	3.00-6.00	6.00-21.00	21.00-30.00
Rangos (pci)	Criterio		Riesgo bajo	Riesgo medio bajo	Riesgo medio alto	Riesgo alto
100-85	Bueno	L	L-Riesgo bajo	L-Riesgo medio bajo	L-Riesgo medio alto	L-Riesgo alto
85-70	Satisfactorio	L	L-Riesgo bajo	L-Riesgo medio bajo	L-Riesgo medio alto	L-Riesgo alto
70-55	Lo Justo	L	L-Riesgo bajo	L-Riesgo medio bajo	L-Riesgo medio alto	PCI 66.69 (67)
55-40	pobre	M	M-Riesgo bajo	M-Riesgo medio bajo	M-Riesgo medio alto	M-Riesgo alto
40-25	Muy pobre	M	M-Riesgo bajo	M-Riesgo medio bajo	M-Riesgo medio alto	M-Riesgo alto
25-10	Daño severo	H	H-Riesgo bajo	H-Riesgo medio bajo	H-Riesgo medio alto	H-Riesgo alto
10-0	Fallado	H	H-Riesgo bajo	H-Riesgo medio bajo	H-Riesgo medio alto	H-Riesgo alto

Fuente: elaboración propia.

4. CAPÍTULO CUATRO. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se presenta el resumen de la evaluación de los datos obtenidos a lo largo de la aplicación de la metodología de obtención del (PCI) y la concatenación de los resultados obtenidos de los criterios de sostenibilidad (económica, ambiental y social).

Esta concatenación se interpreta como el desempeño del pavimento rígido a través de su PCI y los criterios de sostenibilidad muestran el impacto y la vulnerabilidad adicional que pudieran afectar indirectamente al tramo carretero en análisis, así como a sus usuarios.

Debe considerarse que el tramo carretero en estudio se dividió en tres segmentos, como resultado de las visitas de campo realizadas; se puede observar que tanto su topografía, ubicación geográfica, geometría, velocidad de operación (V_o) entre otros, hacen que cada uno de los segmentos se comporten de manera particular, de ahí la necesidad de subdividirlos.

Sin embargo, se tiene como finalidad presentar una evaluación general del tramo carretero pavimentado CA-01-0occidente que se extiende desde la estación 18+815 a la estación 124+200 en tres segmentos de pavimento rígido representativos del desempeño del tramo principal en estudio, que reflejarán su condición y vulnerabilidad obtenidos de los criterios de sostenibilidad aplicados.

De esta manera se tendrán los elementos necesarios para la toma de decisiones y así dirigir los recursos para mitigar su vulnerabilidad.

4.1. Análisis de resultados del desempeño y (PCI) del pavimento

El desempeño estructural del tramo carretero desde la estación 18+815 a la estación 124+200 en tres segmentos de pavimento rígido representativos del desempeño del tramo principal en estudio, presentan un PCI promedio de 72.01 (72), y un PCI ponderado de acuerdo al porcentaje de participación según la longitud de cada segmento equivalente a 70.21 (70), lo que lo hace un tramo con características aceptables, cuya clasificación estándar de PCI lo califica como tramo satisfactorio en cuanto a su desempeño.

Sin embargo, el tramo general se debe analizar por segmentos, debido a que su comportamiento es variable y con características climáticas y topográficas que van cambiando a lo largo de su recorrido; comienza por un terreno plano, pasa a terrenos ligeramente ondulados y sectores de montaña. Por ejemplo, el segmento 3 presenta zonas de montaña donde los riesgos de deslizamiento o derrumbes son más probables que en los segmentos 1 y 2.

Tabla XXI. Resultados del (PCI) promedio y promedio ponderado

Segmento 1: Km 18+815, San Cristóbal a km 30+00, San Lucas, Sacatepéquez.	Segmento 2: Km 61+00, Zaragoza, Chimaltenango a km 89+700, bifurcación Santa Apolonia, Chimaltenango.	Segmento 3: Km 89+700, bifurcación Santa Apolonia a km 124+200, hacia Las Trampas, Sololá.
PCI promedio satisfactorio: 77.83 (78)	PCI promedio satisfactorio: 71.5 (72)	PCI promedio justo: 66.69 (67)
Longitud (km) y porcentaje de contribución (%)	Longitud (km) y porcentaje de contribución (%)	Longitud (km) y porcentaje de contribución (%)
11.19 km (15%)	28.73 km (38%)	34.83 km (47%)
PCI promedio general del tramo en estudio (km 18+815 al km 124+200): satisfactorio.		72.01
PCI ponderado, según (%) longitud de los sub-tramos en estudio (km 18+815 al km 124+100): satisfactorio		70.21

Fuente: elaboración propia.

Otra característica que se ha observado es que los segmentos con características topográficas de terreno ligeramente ondulado y terreno plano, como los segmentos 1 y 2, que presentan un mejor desempeño de acuerdo su PCI (78 y 72), mientras que el segmento 3 presenta una reducción considerable a su desempeño de acuerdo a su PCI (67).

- Fallas recurrentes encontradas en el tramo

La tabla siguiente, muestra el resumen de las fallas encontradas a lo largo del tramo en estudio, las cuales deben ser tratadas de forma individual y de acuerdo a su grado de severidad y densidad porcentual de recurrencia.

Tabla XXII. **Listado de fallas recurrentes encontradas en el tramo**

Fallas recurrentes del segmento	
Levantamiento/pandeo 21L	Grieta de esquina 22L
Losa dividida por grietas 23L	Losa dividida por grietas 23M
Losa dividida por grietas 23H	Escalonamiento 25L
Escalonamiento 25M	Daño en sello de juntas 26L (*)
Desnivel en carril/berma 27M	Desnivel en carril/berma 27H
Agrietamiento lineal 28L	Agrietamiento lineal 28M
Bache grande >0.50 m ² 29L	Bache grande >0.50 m ² 29M
Desgaste superficial (pulimiento) 31L	Bombeo 33M
Desprendimiento de esquinas 38L	Desprendimiento de esquinas 38M
Desprendimiento de juntas 39L	Desprendimiento de juntas 39M

Fuente: elaboración propia.

- Acciones a seguir para reestablecer el desempeño de los segmentos

El segmento 1 solo necesita mantenimiento preventivo; los segmentos 2 y 3, necesitan mantenimiento preventivo, mantenimiento menor y mantenimiento mayor disperso; y se debe intervenir de acuerdo los resultados obtenidos y en sectores que tengan comportamiento similar.

Por lo que ha de contemplarse en forma general las actividades como sellos de juntas y grietas, perfilado superficial para disminuir el escalonamiento de la pista y reparaciones dispersas de losas de concreto y/o capas subyacentes de la estructura de pavimento (subbase, base y subrasante) de acuerdo al tipo de daño que exista.

Las actividades como limpieza y/o reparación de drenajes longitudinales (cunetas), limpieza y/o reparación de drenajes transversales (alcantarillas o bóvedas) y remoción de derrumbes, son propias del mantenimiento periódico vial de carreteras; por lo que no se consideran en el listado; tampoco, las que resultaren de eventos climáticos extremos, erupciones volcánicas o sismos.

Considerando las condiciones descritas anteriormente, se ha establecido que el tramo carretero pavimentado CA-01-Occidente que se extiende desde la estación 18+815 a la estación 124+200 en tres segmentos de pavimento rígido representativos del desempeño del tramo principal en estudio, aún no ha superado el umbral de deterioro; por lo que es posible el restablecimiento de mejores condiciones de desempeño tanto estructural como funcional.

De forma complementaria se hace mención al índice de serviciabilidad del tramo que es de (3.67) en promedio, el cual muestra una funcionalidad buena,

sin embargo, el tramo comienza a presentar dificultad de manejo, la velocidad de operación (V_o) ya no es constante y existen sectores donde es necesario frenar y hacer maniobras de evasión para evitar baches existentes en la vía, por lo que las condiciones o índices de seguridad confort y tiempo se ven reducidos.

A continuación, se presenta los resultados obtenidos del PSI promedio.

Tabla XXIII. **Resultados del PSI promedio**

Segmento 1: km 18+815, San Cristóbal a km 30+00, San Lucas, Sacatepéquez.	Segmento 2: km 61+00, Zaragoza, Chimaltenango a km 89+700, bifurcación Santa Apolonia, Chimaltenango.	Segmento 3: km 89+700, bifurcación Santa Apolonia a km 124+200, hacia Las Trampas, Sololá.
PSI Prom. (4) bueno	PSI Prom. (3.7) bueno	PSI Prom. (3.31) bueno
PSI promedio general del tramo en estudio: km 18+815 al km 124+100.		PSI Prom. (3.67) bueno

Fuente: elaboración propia.

4.2. **Análisis de resultados de criterios de sostenibilidad del pavimento**

- Segmento 1

Se analizaron los componentes obtenidos de la hoja de valoración de sostenibilidad que muestra una velocidad de operación ($V_o=55$ km/h) que resulta ser adecuada; sin reducciones bruscas, solamente las reducciones de velocidad propias de la circulación vehicular a lo largo del segmento; por otra parte, tiene una configuración con topografía sinuosa y pendientes entre $\pm 5\%$ a $\pm 7\%$ que lo hace un terreno ligeramente ondulado (L_o) con taludes de corte y relleno que periódicamente causan derrumbes.

Los drenajes tanto longitudinales como transversales se aprecian funcionando adecuadamente, aunque existen algunos que están obstruidos de manera puntual; sin embargo, se les da mantenimiento institucional. De igual manera, se puede mencionar que la señalización tanto vertical como horizontal es deficiente, aunque se está completando, lo que hace percibir un segmento con características de confort, seguridad y manejo seguro. Su impacto se puede mitigar.

En la hoja de valoración de sostenibilidad se puede establecer que tiene un impacto que va de bajo a medio bajo, pero predomina el riesgo bajo. Por lo que se deduce que se puede reducir o mitigar la vulnerabilidad del segmento, ya que es factible aplicar con costos de mantenimiento óptimos.

- Segmento 2

Se analizaron los componentes obtenidos de la hoja de valoración de sostenibilidad que muestra una velocidad de operación ($V_o=64$ km/h) que resulta ser adecuada; sin reducciones bruscas, solamente las reducciones de velocidad propias de la circulación vehicular a lo largo del segmento y otras reducciones por deterioro de algún carril; por otra parte, tiene una configuración con topografía sinuosa y pendientes entre $\pm 3\%$ que lo hace un terreno plano (P_L) con taludes de corte y relleno que periódicamente causan derrumbes.

Los drenajes tanto longitudinales como transversales se aprecian funcionando adecuadamente, aunque existen algunos que están obstruidos de manera puntual; sin embargo, se les da mantenimiento institucional. De igual manera, se puede mencionar que la señalización tanto vertical como horizontal es deficiente, aunque se está completando, lo que hace percibir un segmento con

características de confort, seguridad y manejo seguro. Su impacto se puede mitigar.

En la hoja de valoración de sostenibilidad se puede establecer que tiene un impacto que va de medio bajo a medio alto pero predomina el riesgo medio bajo. Por lo que se deduce que se puede reducir o mitigar la vulnerabilidad del segmento, ya que es factible manejar costos de mantenimiento óptimos; sin embargo, hay sectores que necesitan ser intervenidos.

- Segmento 3

Se analizaron los componentes obtenidos de la hoja de valoración de sostenibilidad que muestra una velocidad de operación ($V_o = 51$ km/h) que resulta ser inconstante y se manifiestan reducciones bruscas de velocidad en varios sectores del segmento, por deterioro sus carriles, especialmente en la calzada derecha; por otra parte, tiene una configuración con topografía sinuosa y pendientes entre $\pm 5\%$ a $\pm 9\%$ que lo hace un terreno ligeramente ondulado a moderadamente ondulado (L_o a M_o) con taludes de corte y relleno que periódicamente causan derrumbes.

Los drenajes tanto longitudinales como transversales se aprecian funcionando adecuadamente, aunque existen algunos que están obstruidos de manera puntual; sin embargo, se les da mantenimiento institucional. De igual manera, se puede mencionar que la señalización tanto vertical como horizontal es deficiente, aunque se está completando, lo que hace percibir un segmento con características de confort, seguridad y manejo seguro. Su impacto se puede mitigar.

En la hoja de valoración de sostenibilidad se puede establecer que tiene un impacto que va de medio alto a medio bajo, pero predomina el riesgo medio alto. Por lo que se deduce que se puede mitigar la vulnerabilidad del subtramo.

En este momento, aun es factible manejar costos de mantenimiento óptimos; sin embargo, su PCI muestra que existen sectores que necesitan ser intervenidos con urgencia, ya que si ocurriera algún evento climático, geológico de carácter extremo, probablemente se tendría que invertir a futuro entre 4 a 5 unidades monetarias más, respecto al costo de mantenimiento inicial, debido a la ausencia de mantenimiento o su deficiencia.

4.3. Resumen del análisis

- Resumen de evaluación del (PCI) y sostenibilidad

Tabla XXIV. **Resumen del (PCI) promedio y sostenibilidad del tramo**

Descripción	PCI promedio	Escala estándar	Desempeño	Sostenibilidad
Segmento 1	77.83	85-70	Satisfactorio	Riesgo bajo
Segmento 2	71.50	85-70	Satisfactorio	Riesgo medio bajo
Segmento 3	66.69	70-55	Lo justo	Riesgo medio alto
PCI promedio	72.01	85-70	Satisfactorio	Riesgo bajo a medio alto

Fuente: elaboración propia.

- Resumen de evaluación funcional (PSI)

Tabla XXV. **Resumen del (PSI) promedio del tramo**

Descripción	PSI promedio	Escala estándar	Sostenibilidad
Segmento 1	4.00	4-3	Bueno
Segmento 2	3.70	4-3	Bueno
Segmento 3	3.31	4-3	Bueno
PSI promedio	3.67	4-3	Bueno

Fuente: elaboración propia.

- Resumen general concatenado
 - Segmento 1
 - Tiene un desempeño general satisfactorio de acuerdo con la escala de clasificación de la Norma ASTM D6433-16 y muestra un grado de vulnerabilidad de riesgo bajo, y un PSI con serviciabilidad buena, lo que lo hace un segmento estable y sustentable.
 - El segmento 1 de forma sectorizada, se observa que es homogéneo en toda su longitud; con desempeño que está en el rango de satisfactorio a justo con un PCI entre (70-85) en un (100%). Por lo que el segmento solamente necesita mantenimiento preventivo con el fin de mantenerlo en condiciones estables de transitabilidad.
 - El segmento 1 se caracteriza por tener las mejores condiciones de transitabilidad comparado con los otros dos segmentos.

- Segmento 2

- Tiene un desempeño general satisfactorio de acuerdo con la escala de clasificación de la Norma ASTM D6433-16 y muestra un grado de vulnerabilidad de riesgo medio bajo, y un PSI con serviciabilidad buena, lo que lo hace un segmento estable y sustentable.
- Al analizar el segmento 2 de forma sectorizada, se observa que es heterogéneo; su desempeño está en el rango de satisfactorio a justo con un PCI entre (70-85) en un (64 %); desempeño de justo a pobre con un PCI entre (55-70) en un (27 %) y desempeño de pobre a muy pobre con un PCI entre (40-55) en un (9 %). Por lo que es necesario intervenir la vía con actividades de mantenimiento preventivo, mantenimiento menor y mantenimiento mayor disperso.

- Segmento 3

- Tiene un desempeño general justo de acuerdo con la escala de clasificación de la Norma ASTM D6433-16 y muestra un grado de vulnerabilidad de riesgo medio alto, y un PSI con serviciabilidad buena, lo que lo hace un segmento relativamente estable pero en peligro de no ser sustentable y por lo tanto vulnerable.
- Segmento 3 de forma sectorizada: se observa que es heterogéneo; su desempeño está en el rango de satisfactorio a justo con un PCI entre (70-85) en un (46 %); desempeño de justo a pobre con un PCI entre (55-70) en un (39 %) y desempeño de pobre a muy pobre con un PCI entre (40-55) en un (15 %). Por lo que es necesario intervenir la vía de manera inmediata, con actividades de mantenimiento preventivo, mantenimiento menor y mantenimiento mayor disperso.

CONCLUSIONES

1. Después de aplicar los procedimientos descritos en la Norma ASTM D6433-16 y los criterios de sostenibilidad, como herramienta metodológica, al tramo en estudio, se ha establecido que se potencializa la forma de analizar el desempeño de las carreteras; de tal manera que se pudo obtener el índice de condición del tramo carretero y también se conoce su grado de vulnerabilidad, así como los segmentos o sectores más sensibles donde se puedan aplicar acciones para mitigar esta vulnerabilidad; por lo que puede adoptarse como una herramienta metodológica para la gestión de pavimentos.
2. La evaluación de desempeño general del tramo carretero pavimentado CA-01-Occidente que se extiende desde la estación 18+815 a la estación 124+200 en tres segmentos de pavimento rígido representativos del desempeño del tramo principal en estudio, presenta un desempeño satisfactorio de forma general; cuyos resultados se pueden observar a mayor detalle en la tabla XXI, que muestra un PCI promedio de 72.01 (72) con desempeño satisfactorio de acuerdo con la escala de clasificación de la Norma ASTM D6433-16, y la tabla XXV, que muestra un PSI de (3.67) con serviciabilidad buena.
3. La aplicación de los conceptos de índice de condición del pavimento (PCI) y criterios de sostenibilidad, generan la información necesaria para la toma de decisiones y de intervención oportuna, de lo cual se toma como ejemplo los resultados presentados en la tabla X, tabla XII y tabla XIV de este trabajo, que muestran que el segmento 1 es homogéneo en su

comportamiento y sostenible el cual requiere una intervención preventiva. El segmento 2 no es homogéneo en su comportamiento, pero si es sostenible, el cual requiere una intervención preventiva en algunos sectores e intervenciones con mantenimiento menor y mayor en otros, lo que incluye actividades como reparación de losas de concreto y/o la reparación de bases, subbases y subrasantes. El segmento 3 no es homogéneo en su comportamiento, ya que existen sectores donde ya no es sostenible, el cual requiere una intervención preventiva en algunos sectores e intervenciones con mantenimiento menor y mayor en otros, y otros sectores donde ya está en el umbral de deterioro y falla total, por lo que es prioritario atenderlo; lo que incluye actividades como reparación de losas de concreto y/o la reparación de bases, subbases y subrasantes y reconstrucción en otros sectores.

4. Se comprobó después de las visitas de campo respectivas, que el mantenimiento del tramo carretero en estudio es deficiente y que no tiene continuidad en su ejecución, lo que contribuye a su deterioro acelerado; por lo que sí existe una correlación directa entre el deterioro de su desempeño y la deficiente gestión del mantenimiento. Sin embargo, se puede ampliar que sumado a esta deficiencia de orden técnico, existen factores como los criterios de sostenibilidad, que hacen que el deterioro se magnifique de manera no homogénea o desordenada; lo que hace que en un mismo segmento existan sectores con un PCI con desempeño satisfactorio y otros con un PCI con desempeño justo con tendencia a descender hacia el umbral de mantenimiento lo que lo haría fallar, para el efecto se puede ver la tabla XXIV, donde se muestran los resultados para los segmentos que conforman el tramo general de estudio.

5. Dado que quedó demostrada la aplicabilidad de la herramienta metodológica que concatena la metodología de la Norma ASTM D6433-16 y criterios de sostenibilidad, presentada en este trabajo, y a la vez que se ha verificado su utilidad para la toma de decisiones de intervención, en cuanto a la gestión de carreteras se refiere, se considera que es propicia para su aplicación tanto a tramos carreteros de pavimento rígido como de pavimento flexible, con sus respectivas variantes.

6. La condición actual del tramo carretero pavimentado CA-01-Occidente que se extiende desde la estación 18+815 a la estación 124+200 en tres segmentos de pavimento rígido representativos del desempeño del tramo principal en estudio, según los resultados obtenidos de acuerdo la tabla XXIV, muestran que un tramo presenta un PCI promedio de 72.01 (72) con desempeño satisfactorio y grado de vulnerabilidad que esta entre riesgo bajo a medio alto. Lo que revela que debe decidirse en su intervención inmediata con el objetivo prolongar su operatividad y vida útil, y aun recuperar sus características de desempeño, dependiendo del grado de intervención que las entidades rectoras de la conservación y mantenimiento de las carreteras elijan y ejecuten.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar la caracterización del tramo principal en estudio, la cual es óptima para la toma de decisiones prioritarias de inversión a nivel económico, político y social; desde el punto de vista técnico, es necesario analizar el tramo general en estudio, de manera separada en tres secciones o segmentos que lo conforman, ya que se da la posibilidad de dirigir, de forma puntual, las actividades de intervención e inversión de manera eficiente, ya que cada uno tiene prioridades diferentes.
2. La concatenación de PCI y los criterios de sostenibilidad deben ser utilizados por los planificadores, ejecutores, investigadores y gestores de proyectos de infraestructura y especialmente gestores viales; ya que esta concatenación, permite ver el grado de desempeño funcional, estructural y de sostenibilidad del tramo, así como de acciones a seguir para mitigar la vulnerabilidad del tramo carretero.
3. La metodología aplicada considerando el PCI de las carreteras pavimentadas y la evaluación de los criterios de sostenibilidad deben ser realizados periódicamente para dar seguimiento al comportamiento de los pavimentos (en el tiempo) lo cual conlleva a generar una oportuna intervención sobre un tramo en particular.
4. Es importante que las entidades rectoras de la gestión y el mantenimiento vial posean un sistema de monitoreo constante que sea capaz de analizar la situación estructural de las carreteras, con énfasis en las rutas que por

su importancia sea necesario que estén en óptimas condiciones para prestar los servicios públicos adecuados y de transporte seguro.

5. Tomar en cuenta que aunque el tramo carretero pavimentado CA-01-Occidente que para efecto de análisis, se extiende desde la estación 18+815 a la estación 124+200 dividido en tres segmentos de pavimento rígido representativos del desempeño del tramo principal en estudio, está en condiciones de desempeño justo, es necesario destinar recursos tanto para el monitoreo de desempeño de pavimentos como de mantenimiento preventivo, menor y mayor, ya que las intervenciones observadas en el periodo de tiempo del estudio muestran que no existe un programa formal de intervención; o bien se cuenta con un programa de intervención deficiente que debe corregirse.
6. Es necesario que las entidades responsables del monitoreo de desempeño de pavimentos y rectoras de la conservación y mantenimiento de carreteras, específicamente del tramo carretero pavimentado CA-01-Occidente que se extiende desde la estación 18+815 a la estación 124+200 en tres segmentos de pavimento rígido representativos del desempeño del tramo principal en estudio, prioricen el tipo de intervención (preventivo, menor o mayor) a realizar, con énfasis en el segmento 3, que según los datos y registros obtenidos es el más vulnerable.
7. Priorizar el mantenimiento de los sectores que tienen la más baja puntuación de desempeño, aquellos que se encuentren en el umbral de mantenimiento con PCI entre (70 a 40), con el objetivo de hacer que el segmento carretero se vuelva homogéneo en su comportamiento; se logra así que el confort y la seguridad de manejo a lo largo del segmento sea uniforme.

BIBLIOGRAFÍA

1. AASHTO 93. (1997). *Guía AASHTO para diseño de estructuras de pavimento*. Recuperado de kupdf.net: https://kupdf.net/download/guia-aashto-93-version-en-espa-ntilde-ol.pdf_58f653bedc0d606c02da9854_pdf.
2. Acajabón, Felix. (21 de octubre de 2013). Informe revela fallas en bacheos de carreteras. *El Periódico*, 17(6059). 5 p.
3. ACPA. (2018). *Guía para capas de refuerzo con hormigón*. Recuperado de intrans.iastate.edu: https://intrans.iastate.edu/app/uploads/2018/08/Overlays_3rd_edition_Spanish.pdf.
4. Acuerdo Gubernativo No. 520-99. *Diario de Centroamérica*. Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda. (16 de agosto de 1999). Recuperado de www.caminos.gob.gt: [https://www.caminos.gob.gt/ley_accesoinformacionpublica/Articulo%2010%20-%20Numeral%2001/Reglamento%20Organico%20Interno%20CIV%20\(Ac.Gub.%20520-99%20y%20sus%20Reformas\).pdf](https://www.caminos.gob.gt/ley_accesoinformacionpublica/Articulo%2010%20-%20Numeral%2001/Reglamento%20Organico%20Interno%20CIV%20(Ac.Gub.%20520-99%20y%20sus%20Reformas).pdf).
5. Acuerdo Gubernativo No. 5-2010. *Diario de Centroamérica*, CCLXXVIII(61). Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda. (22 de enero 2010). Recuperado de www.caminos.gob.gt: http://www.covial.gob.gt/downloads/AcuerdoGubernativoNo_5-2010.pdf.

6. ANADIE. (2017). *Portafolio de proyectos ANADIE 2017*. Recuperado de [www.agenciadealianzas.gob.gt: http://nuevo.agenciadealianzas.gob.gt/wp-content/uploads/2017/12/Portafolio-de-Proyectos.pdf](http://www.agenciadealianzas.gob.gt/wp-content/uploads/2017/12/Portafolio-de-Proyectos.pdf).
7. ASTM International. (2017). *Norma ASTM D6433-16*. Recuperado de [edoc.site: https://edoc.site/queue/astm-d433-16-pdf-free.html](https://edoc.site/queue/astm-d433-16-pdf-free.html).
8. Baca Urbina, G. (2007). *Fundamentos de Ingeniería Económica*. México, D.F., México: McGraw-Hill, Interamericana Editores, S. A. de C.V.
9. CACIF-FUNDESA. (12 de octubre de 2017). Infraestructura vial como punto de partida. *Revista mejoremos Guate., Edición 16*.
10. Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Rural. (2014). *Plan Nacional de Desarrollo K'atun: nuestra Guatemala 2032*. Recuperado de [www.unpd.org: https://www.undp.org/content/dam/guatemala/docs/publications/undp_gt_PND_Katun2032.pdf](https://www.unpd.org/content/dam/guatemala/docs/publications/undp_gt_PND_Katun2032.pdf).
11. de Solminihaq, H. (8 de Septiembre de 2006). *Gestión de infraestructura*. Conferencia, Lima.
12. Departamento de Ingeniería de Tránsito, DGC. (2015). *Red vial de Guatemala año 2014*. Recuperado de [www.camino.gov.gt: https://www.camino.gov.gt/Descargas/Red%20Vial%20Registrada%202014.pdf](https://www.camino.gov.gt/Descargas/Red%20Vial%20Registrada%202014.pdf).
13. Dirección General de Caminos. (2001). *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala, Guatemala. Recuperado de [https://www.camino.gov.gt/Descargas/Especificaciones%20Generales%20para%20la%20Construccion%20de%20Carreteras%20y%20Puentes%20\(Libro%20Azul%20Edicion%20Sep-2001\).pdf](https://www.camino.gov.gt/Descargas/Especificaciones%20Generales%20para%20la%20Construccion%20de%20Carreteras%20y%20Puentes%20(Libro%20Azul%20Edicion%20Sep-2001).pdf).

14. Dirección General de caminos. (2017). *POA DGC 2017*. Recuperado de [www.caminos.civ.gob.gt: http://www.caminos.civ.gob.gt/files/Art10Num05-2016-PoaDGC.pdf](http://www.caminos.civ.gob.gt/files/Art10Num05-2016-PoaDGC.pdf).
15. Gamarro, U. B. (2017). *Al menos 84 por ciento de las carreteras esta deteriorado*. Recuperado de [www.prensalibre.com: https://www.prensalibre.com/guatemala/politica/al-menos-el-84-por-ciento-de-las-carreteras-esta-deteriorado/](https://www.prensalibre.com/guatemala/politica/al-menos-el-84-por-ciento-de-las-carreteras-esta-deteriorado/).
16. Instituto del Cemento Pórtland Argentino. (2012). *Soluciones para la optimización de la Infraestructura vial*. Recuperado de [www.icpa.org.ar: https://web.icpa.org.ar/wp-content/uploads/2019/04/2012-N04-Agosto-Art05-Optimizacion_infraestructura_vial.pdf](https://web.icpa.org.ar/wp-content/uploads/2019/04/2012-N04-Agosto-Art05-Optimizacion_infraestructura_vial.pdf).
17. Instituto Mexicano del Transporte. (1998). *Índice Internacional de Rugosidad, aplicación a la red carretera de México*. Recuperado de [www.imt.mx: https://www.imt.mx /archivos/PublicacionesPublicacionTecnica/pt108.pdf](https://www.imt.mx/archivos/PublicacionesPublicacionTecnica/pt108.pdf).
18. Instituto Nacional de Vías, República de Colombia. (2013). *Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos*. Recuperado de [www.invias.gov.co: https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/manuales-de-inspeccion-de-obras/664-manual-para-la-inspeccion-visual-de-pavimentos-rigidos/file](https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/manuales-de-inspeccion-de-obras/664-manual-para-la-inspeccion-visual-de-pavimentos-rigidos/file).
19. Jaramillo P., D. A. (4 de julio de 2018). *Soluciones para la infraestructura vial. Conferencia soluciones viales*. Guatemala, Guatemala: Cementos Progreso.

20. Lafuente Erdmenger, J. (5 de enero de 2012). Propuesta para lograr una solución estructurada del sistema vial. *Revista construcción*(172). p. 30. Cámara Guatemalteca de la Construcción.
21. *Ley de alianzas para el desarrollo de infraestructura económica decreto número 16-2010*. Ministerio de Finanzas Públicas (18 de agosto de 2010). Recuperado de www.minfin.gob.gt: https://www.minfin.gob.gt/images/downloads/dcp_alianzas/ley_de_alianzas.pdf.
22. *Ley de tránsito y sus reformas, Decreto 132-96 del Congreso de la República*. MINGOB. Departamento de Tránsito de la Policía Nacional Civil. (18 de marzo de 2015). Recuperado de transito.gob.gt: <https://transito.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/Ley-y-Reglamento-Transito.pdf>.
23. Martec Recycling Corporation. (2004). *Carreteras sostenibles por Martec.ca*. Recuperado de issuu.com: https://issuu.com/andreamolerorincon/docs/carreteras_sostenibles_martec.
24. Orellana B., S. (2011). *La vida útil de un activo y política de reemplazo de activos*. Recuperado de Universidad Esan <http://jefas.esan.edu.pe/index.php/jefas/article/view/114/105&ved=2ahUKEwjX-5y-o6ncAhVipVkkKHYQIAWIQFjAAegQIAHAB&usg=AOvVaw1RDihdQzfi9equEIUjg94v>.
25. Salgado Torres, M. (2017). *Criterios generales de diseño de pavimentos de concreto*. Guatemala, Sacatepéquez, Antigua Guatemala: Cementos Progreso.

26. Sanhueza Mejías, C. R. (2016). *Aplicación del análisis del costo del ciclo de vida*. Recuperado de repositorio.usm.cl: <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/23484/3560900232411UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
27. Unidad Ejecutora de Conservación Vial, COVIAL. (2017). *Especificaciones técnicas Covial 2018*. Recuperado de www.covial.gob.gt: <http://www.covial.gob.gt/comunicados/ESPECIFICACIONES%20TECNICAS%20COVIAL%202018%202112017.pdf>.
28. Universidad del Concreto Mixto Listo. (2013). *Pavimentos rígidos*. Guatemala, Guatemala: Mixto listo, S.A.
29. USAC, Escuela de Estudios de Postgrado, Facultad de Ingeniería. (1 de abril de 2009). *Brochure Ingeniería Vial*. Recuperado de postgrado.ingenieria.usac.edu.gt: https://postgrado.ingenieria.usac.edu.gt/?page_id=688.
30. Varela Vásquez, L. R. (2002). *Pavement condition index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. Recuperado de sjnavarro.wordpress.com: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>.
31. Wirtgen-Group. (2017). *¿Cómo se produce betún espumado?* Recuperado de media.Wirtgen-group.com: https://media.wirtgen-group.com/media/02_wirtgen/media_1/media_1_product_divisions/media_1_product_divisions_soil_stabilizers___cold_recyclers/W_brochure_Foamed-Bitumen_0116_ES.pdf.

APÉNDICES

Apéndice 1. Cálculo de unidades de muestreo, Norma ASTM D6433-16

Ítem	Descripción	Segmento1	Segmento 2	Segmento 3	Observaciones
1	Longitud del segmento (m)	11,185.00	28,700.00	34,500.00	Longitud del segmento (m)
2	Ancho promedio de la vía (m)	8.55	7.20	7.20	Ancho promedio (m)
3	Longitud del tramo de muestreo (m)	26.91	31.94	31.94	L=230 m ² /ancho promedio
4	N: número total de muestras	415.64	898.43	1,080.00	N = (Ítem 1)/(ítem 3)
5	n: unidades de muestra a ser evaluadas. e: error aceptable. s: desviación estándar.	33.20	35.65	34.87	Fórmula 1 ^(*) $n = \frac{N * s^2}{\left(\left(\frac{e^2}{4}\right)(N - 1) + s^2\right)}$
	i: intervalo	12.52	25.93	30.97	i=(Ítem 4)/(ítem 5)
7	i: intervalo (final)	12.00	25.00	30.00	i=Truncar el (ítem 6)
8	Sectores por muestra	3.00	3.00	3.00	Sectores analizados por hoja de muestreo (3.00)
9	Muestras mínimas	4	8	10	(Ítem 8)/(ítem 9)
10	Muestras ejecutadas	6	10	13	Muestreo final

Fuente: elaboración propia.

(*) Fuente: ASTM International (2017). *Formula 1: número mínimo de unidades de muestra.*

Apéndice 2. Hoja base para obtención del PCI, Norma ASTM D6433-16

Formulario No. 1	Tramo No. 1	Calzada	Der	Tramo:	CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200		
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) =		690.00	m ²	Segmento 1	Km 18+815, San Cristóbal a km 30+00, San Lucas, Sacatepéquez.		
Número de losas "Cortas" 1.80m x 1.80m		213	u	Tramo de muestreo	De estación	-	Anterior
Ancho base: 10.80 m					A estación	18+815	Pivote
					Lado:	Der	Posterior
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019				Temporada:	Invierno/verano		
TIPO DE FALLAS							
21 Levantamiento/pandeo	28 Agrietamiento lineal	35 Cruce ferroviario					
22 Grieta de esquina	29 Bache grande >0.50 m ²	36 Retracción, Mapa de grietas					
23 Losa dividida por grietas	30 Bache pequeño <0.50m ²	37 Grietas de contracción					
24 Grieta de durabilidad (D)	31 Desgaste superficial (pulimient) (*)	38 Desprendimiento de esquinas					
25 Escalonamiento	32 Desprendimiento popouts	39 Desprendimiento de juntas					
26 Sello de juntas	33 Bombeo						
27 Desnivel en Carril/berma	34 Punzonamiento (Punchout)						
Grado de severidad: Baja [L] Media: [M] Alta: [H]							
INVENTARIO DE FALLAS							
No	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (VD)		
1	21	L	32	15.02	11.00	Levantamiento/pandeo	
2	25	M	43	20.19	17.00	Escalonamiento	
3	26	L	213	-	2.00	(*) Daño en sello de juntas	
4	31	L	64	30.05	5.00	Desgaste superficial (Pulimient)	
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
Número de valores deducidos (q) >2	8.00	(*) No se clasifica por densidad, sino por la condición general del sello					
Valor deducido más alto (HDV _i)	17.00						
Número admisible de valores deducidos (m)	8.62						
Cálculo de PCI							
No.	17.00	11.00	5.00	1.24	Totales: TDV	q	CDV
1	17.00	11.00	5.00	1.24	34.24	8.00	14
2	17.00	11.00	5.00	1.24	34.24	7.00	14
3	17.00	11.00	5.00	1.24	34.24	6.00	16
4	17.00	11.00	5.00	1.24	34.24	5.00	18
5	17.00	11.00	5.00	1.24	34.24	4.00	20
6	17.00	11.00	5.00	1.24	34.24	3.00	22
7	17.00	11.00	2.00	1.24	31.24	2.00	26
8	17.00	2.00	2.00	1.24	22.24	1.00	22
9							
10							
11							
RESULTADOS							
Levantamiento/pandeo 21L	15.02						
Escalonamiento 25M	20.19						
(*) Daño en sello de juntas 26L	0.00						
Desgaste superficial (Pulimient) 31L	30.05						

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Cálculo de valores deducidos (DV)

Tipo de falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (DV)	Descripción
21	L	32	15.02	11.00	Levantamiento/pandeo
25	M	43	20.19	17.00	Escalonamiento
26	L	213	(*)	2.00	Daño en sello de juntas
31	L	64	30.05	5.00	Desgaste superficial

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de densidad de fallas y valor deducido (DV)
 - [Densidad (%)] *distress density percent*: se obtiene al dividir el número de losas (n) de cada tipo individual de falla, dentro del número total de losas analizadas (en el caso en estudio: 213 unidades de losas cortas).
 - Por ejemplo: para obtener la densidad porcentual [Densidad (%)] para la falla 21L es $(32/213) \times 100 = 15.02$; así se procede sucesivamente para cada tipo de falla encontrado.
 - Valor deducido, deduct value (DV): se obtiene de la intersección gráfica entre la densidad porcentual [Densidad (%)=15.02] y la curva de intensidad de falla (L), por lo que el valor deducido del ejemplo para la falla 21L es (DV) =11.00. Para el efecto ver el anexo 1, cálculo gráfico de valor deducido (DV).

(*) No se clasifica por densidad, sino por la condición general del sello

Apéndice 4. **Cálculo de valores corregidos deducidos (CDV) y PCI de la muestra**

No.	DV				Total (TDV)	q	CDV
1	17.00	11.00	5.00	1.24	34.24	8.00	14
2	17.00	11.00	5.00	1.24	34.24	7.00	14
3	17.00	11.00	5.00	1.24	34.24	6.00	16
4	17.00	11.00	5.00	1.24	34.24	5.00	18
5	17.00	11.00	5.00	1.24	34.24	4.00	20
6	17.00	11.00	5.00	1.24	34.24	3.00	22
7	17.00	11.00	2.00	1.24	31.24	2.00	26
8	17.00	2.00	2.00	1.24	22.24	1.00	22

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de número admisible de valores deducidos (m)

m: número admisible de valores reducidos, incluyendo su fracción

HDV: valor deducido más alto de la lista de valores deducidos (DV)

$$m = 1 + (9/98) (100 - \text{HDV}) \leq 10^{(*)}$$

$$m = 1 + (9/98) (100 - 17) \rightarrow m = 8.62, (m)_{\text{truncada}} = 8.00$$

Número admisible de valores deducidos, incluyendo fracción: m=8.62

Número deducciones: q= (m) _{truncada}=8.00

Valor deducido más alto (HDV)= 17.00

(*) Fuente: ASTM International (2017). *Fórmula 2: número admisible de valores reducidos.*

Continuación del apéndice 4

- Cálculo de valores corregidos deducidos
 - Los valores deducidos (DV) se ordenan descendientemente, hasta el valor ($q=8.00$), los otros espacios se llenan con el valor mínimo= 2.00 .
 - El valor deducido (DV) de la última columna, se calcula como el valor mínimo = 2.00 , multiplicado por la diferencia entre (m) y (m) truncada, así: $2.00*(8.62-8.00)=1.24$.
 - El total de valores deducidos, *total deduct value* (TDV) es la sumatoria los valores deducidos (DV) por fila.
 - El valor corregido deducido, *corrected deduct value* (CDV) se obtiene de la intersección gráfica entre el TDV y (q : que es el número de deducciones mayores que 2.00). Por ejemplo para (TDV= 31.24 y $q=2.00$), se obtiene un CDV= 26.00 . Para el efecto ver el anexo 2, cálculo gráfico de valor deducido corregido (CDV).
- Cálculo del PCI

$$\text{PCI} = 100.00 - \text{CDV}_{\text{máximo}} \rightarrow (100.00 - 26.00) = 74.00$$

- Diagnóstico: según la Norma ASTM D6433-16, lo clasifica como un pavimento con desempeño satisfactorio.
- Intervención recomendada: mantenimiento con sello de juntas y grietas.
- De esa manera se procede para todas las muestras realizadas.

Fuente: elaboración propia.





Apéndice 5. Tipos de fallas asociadas al pavimento rígido

No.	Descripción	No.	Descripción	No.	Descripción
21	Levantamiento/pandeo	28	Agrietamiento lineal	35	Cruce ferroviario
22	Grieta de esquina	29	Bache grande >0.50 m ²	36	Retracción, mapa de grietas
23	Losa dividida por grietas	30	Bache pequeño <0.50m ²	37	Grietas de contracción
24	Grieta de durabilidad (D)	31	Desgaste superficial	38	Desprendimiento de esquinas
25	Escalonamiento	32	Desprendimiento (<i>popouts</i>)	39	Desprendimiento de juntas
26	Daño en sello de juntas ^(*)	33	Bombeo	-	-
27	Desnivel en carril/berma	34	Punzonamiento (<i>punchout</i>)	-	-

Fuente: elaboración propia.

^(*)No se clasifica por densidad, sino por la condición general del sello.

Apéndice 6. Hoja base para valoración de sostenibilidad

Formulario No. 1	Tramo No. 1	Calzada	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+100																										
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) = 690.00 m ²	Der	Sub-tramo 1	Km 18+815 San Cristóbal a km 30+000, San Lucas, Sacatepéquez.																										
Número de losas "Cortas" 1.80m x 1.80m = 213 u		Tramo de muestreo	De estación	-	Anterior																								
Ancho base: 10.80 m			A estación	18+815	Pivote																								
			Lado: Der	18+879	Posterior																								
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019		Temporada: Invierno/verano	Tipo pavimento:	Rígido																									
VALORACIONES																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Importancia(*)</td> <td>Baja (L)</td> <td>Media (M)</td> <td>Alta (H)</td> </tr> <tr> <td>Valoración</td> <td>1.00</td> <td>2.00</td> <td>3.00</td> </tr> </table>		Importancia(*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Valoración	1.00	2.00	3.00	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Impacto</td> <td colspan="2">Rango</td> </tr> <tr> <td>Bajo</td> <td>1.00</td> <td>a 3.00</td> </tr> <tr> <td>Medio bajo</td> <td>3.00</td> <td>a 6.00</td> </tr> <tr> <td>Medio alto</td> <td>6.00</td> <td>a 21.00</td> </tr> <tr> <td>Alto</td> <td>21.00</td> <td>a 30.00</td> </tr> </table>		Impacto	Rango		Bajo	1.00	a 3.00	Medio bajo	3.00	a 6.00	Medio alto	6.00	a 21.00	Alto	21.00	a 30.00	(*) Tanto la Importancia, como el Impacto de deterioro los define el gestor de proyectos		
Importancia(*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)																										
Valoración	1.00	2.00	3.00																										
Impacto	Rango																												
Bajo	1.00	a 3.00																											
Medio bajo	3.00	a 6.00																											
Medio alto	6.00	a 21.00																											
Alto	21.00	a 30.00																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Probabilidad(*)</td> <td>Baja (L)</td> <td>Media (M)</td> <td>Alta (H)</td> </tr> <tr> <td>Valoración</td> <td>0-0.10</td> <td>0.10-0.25</td> <td>0.25-0.50</td> </tr> <tr> <td></td> <td>L1</td> <td>M1</td> <td>H1</td> </tr> </table>		Probabilidad(*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Valoración	0-0.10	0.10-0.25	0.25-0.50		L1	M1	H1	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td>0.50-0.80</td> <td>0.80-0.90</td> <td>0.90-1.0</td> </tr> <tr> <td></td> <td>M2</td> <td>H2</td> <td></td> </tr> </table>			0.50-0.80	0.80-0.90	0.90-1.0		M2	H2							
Probabilidad(*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)																										
Valoración	0-0.10	0.10-0.25	0.25-0.50																										
	L1	M1	H1																										
	0.50-0.80	0.80-0.90	0.90-1.0																										
	M2	H2																											
Matriz de impacto y valoraciones																													
Coordenadas		N 14°37'03" E -90°36'34"																											
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td> </tr> <tr> <td></td><td>L</td><td>M</td><td>L</td><td>L</td><td>L</td><td>L</td><td>L</td><td>L</td><td>M</td><td>M</td><td>M</td> </tr> </table>			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		L	M	L	L	L	L	L	L	M	M	M
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11																		
	L	M	L	L	L	L	L	L	M	M	M																		
		Importancia	Valoración	Probabilidad	Valoración	Valoración de Impacto																							
1	Temperatura (°C)	19.40	L	1.00	L1	0.10	0.10																						
2	V _o (Km/h)	55.00	M	2.00	L2	0.25	0.50																						
3	V _p (Km/h)	70.00	L	1.00	L1	0.10	0.10																						
4	Pendiente máxima y mínima (%)	5% a 7%	L	1.00	L1	0.10	0.10																						
5	Tipo de terreno	L _o	L	1.00	L1	0.10	0.10																						
6	Drenaje longitudinal	D _L	L	1.00	L2	0.25	0.25																						
7	Drenaje transversal	D _T	L	1.00	L2	0.25	0.25																						
8	Derrumbe	D _R	L	1.00	L2	0.25	0.25																						
9	Deslizamiento	D _Z	L	1.00	L2	0.25	0.25																						
10	S _v	M	2.00	L2	0.25	0.50	0.50																						
11	S _h	M	2.00	L2	0.25	0.50	0.50																						
						2.90	Impacto bajo																						
						2.90																							
<p>Temperatura promedio (Temp): frío (M, si 4<Temp<12 °C), templado (L, si 12<Temp<30 °C), cálido (H, si Temp>30 °C) aplicable a reparaciones de pavimento Velocidad de operación (V_o): el usuario conduce confortablemente (L, si V_o>60), el usuario reduce la velocidad (M, si 40<V_o<60), el usuario frena y no es cómodo el manejo (H, si Vo<40) Velocidad permitida (V_p): es la velocidad a la que las entidades regularizadoras del tránsito restringen la locomoción en el tramo (L) Pendiente (P%): es la inclinación del terreno o diferencia promedio de niveles entre dos puntos observados divididos entre la longitud que los separa. Está relacionada con el tipo de terreno. Tipo de terreno: (P₁) plano o llano (P%<5%=L), (L_o) ligeramente ondulado (5%<P%<7%=L), (M_o) moderadamente ondulado (7%<P%<15%=M), (M₁) montañoso (15%<P%<30%=H) Drenaje longitudinal (DL): cunetas o canales abiertos. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado u obstruido (H), Drenaje Transversal (DT): tuberías o bóvedas. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado u obstruido (H), Derrumbe, cuando el terreno sede sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), cubre la totalidad de la pista (H) Deslizamiento, cuando el terreno sede de la pista hacia ladera: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), destrucción de la pista (H) Señalización vertical baja (S_v): cuando la señalización preventiva, restrictiva o informativa, existe (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H) Señalización horizontal (S_h): cuando las líneas centrales, laterales y marcadores reflectivos, existen (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)</p>																													
Resumen fotográfico																													
De estación 18+815		A estación 18+879																											
<p>Vista de enfoque de entrada, se puede observar separación de juntas y desplazamiento de las placas o losas de concreto.</p>		<p>Tramo general, con dirección de Guatemala hacia San Lucas. Condición estable.</p>																											
<p>Mediciones de daños, se puede observar escalonamiento de losas y separación de juntas.</p>		<p>Vista general de cambio de pavimento flexible a pavimento rígido.</p>																											

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. Valoración de probabilidad de ocurrencia

Probabilidad	Rangos de probabilidad	Rango de valoración	Valoración recomendada a utilizar
Probabilidad baja (L)	L1	0.00-0.10	0.10
Probabilidad baja (L)	L2	0.10-0.25	0.25
Probabilidad media (M)	M1	0.25-0.50	0.50
Probabilidad media (M)	M2	0.50-0.80	0.80
Probabilidad alta (H)	H1	0.80-0.90	0.90
Probabilidad alta (H)	H2	0.90-1.00	1.00

Fuente: elaboración propia.

- Procedimiento de cálculo de valoración de sostenibilidad
 - Importancia

Se define la importancia que tiene cada ítem en la hoja de valorización que va de baja (L=1.00), media (M=2.00) y alta (H=3.00); estos parámetros son aleatorios y definidos por el gestor de carreteras, que servirán para construir una matriz de impacto o de sostenibilidad del proyecto.

- Probabilidad

La probabilidad de ocurrencia del evento se define de la siguiente manera, cero (0.00) para un evento que no ocurre, y uno (1.00) como un evento que es seguro que ocurra; en este caso se valoriza el subrango más alto del subrango más alto de cada columna, por ejemplo:

Apéndice 8. Cálculo de impacto individual de la muestra

Ítem	Descripción	Importancia	Valor	Probabilidad	Valor	Impacto
1	Temperatura (°C)	L	1.00	L1	0.10	0.10
2	V _o (km)	M	2.00	L2	0.25	0.50
3	V _p (km)	L	1.00	L1	0.10	0.10
4	Pendiente máxima y mínima (%)	L	1.00	L1	0.10	0.10
5	Tipo de terreno	L	1.00	L1	0.10	0.10
6	Drenaje longitudinal	L	1.00	L2	0.25	0.25
7	Drenaje transversal	L	1.00	L2	0.25	0.25
8	Derrumbe	L	1.00	L2	0.25	0.25
9	Deslizamiento	L	1.00	L2	0.25	0.25
10	S _v	M	2.00	L2	0.25	0.50
11	S _h	M	2.00	L2	0.25	0.50
	Impacto total					2.90

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo del impacto individual de la muestra

El impacto individual es la multiplicación de los valores aleatorios importancia y probabilidad por cada ítem, por ejemplo:

- Ítem 1: temperatura (°C=19.40), importancia (L=1.00), probabilidad (L1= 0.10); por lo tanto el impacto del ítem 1, relacionado con la temperatura es: $(1.00) \times (0.10) = 0.10$.
- Ítem 2: velocidad de operación (V_o =55.00 km/h), importancia (M =2.00), probabilidad (L2=0.25); por lo tanto, el impacto del ítem 2, relacionado con la velocidad de operación es: $(2.00) \times (0.25) = 0.50$.

Apéndice 9. Evaluación del impacto total de la muestra

Rango			Impacto total	Impacto
1.00	a	3.00	2.90 ^(*)	Bajo
3.00	a	6.00		Medio bajo
6.00	a	21.00		Medio alto
21.00	a	30.00		Alto

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo del impacto individual de la muestra
 - El impacto total es la sumatoria de todos los impactos individuales que da como resultado el valor numérico de 2.90 que corresponde según su rango a un impacto bajo.
 - De esta manera se procede para todas las muestras.

(*) Impacto total: obtenido del apéndice No. 8

Apéndice 10. **Valoración de la muestra, por medio de la matriz de riesgo e impacto**

Valoración de sostenibilidad			1.00-3.00	3.00-6.00	6.00-21.00	21.00-30.00
Rangos (pci)	Criterio		Riesgo bajo	Riesgo medio bajo	Riesgo medio alto	Riesgo alto
100-85	Bueno	L	L-riesgo bajo	L-riesgo medio bajo	L-riesgo medio alto	L-riesgo alto
85-70	Satisfactorio	L	L-riesgo bajo	L-riesgo medio bajo	L-riesgo medio alto	L-riesgo alto
70-55	Lo Justo	L	L-riesgo bajo	L-riesgo medio bajo	L-riesgo medio alto	L-riesgo alto
55-40	pobre	M	M-riesgo bajo	M-riesgo medio bajo	M-riesgo medio alto	M-riesgo alto
40-25	Muy pobre	M	M-riesgo bajo	M-riesgo medio bajo	M-riesgo medio alto	M-riesgo alto
25-10	Daño severo	H	H-riesgo bajo	H-riesgo medio bajo	H-riesgo medio alto	H-riesgo alto
10-0	Fallado	H	H-riesgo bajo	H-riesgo medio bajo	H-riesgo medio alto	H-riesgo alto

Fuente: elaboración propia.

El código de colores propuesto sugiere que los tramos están en los rangos de color verde, son sostenibles de forma general; los tramos en color amarillo son sostenibles, pero debe ponérsele atención a sus características individuales, con el objetivo de reducir o mitigar daños futuros; y los tramos en color rojo están en peligro de destrucción total y se debe priorizar su intervención; de lo contrario, los costos de rehabilitación o reconstrucción vendrían a ser contraproducentes y no sostenibles; es en este rango donde la reducción o mitigación de daños es más difícil de realizar.

La matriz revela una muestra puntual, con desempeño satisfactorio; riesgo bajo y por lo tanto sustentable; la inversión requerida para la mitigación de su vulnerabilidad es óptimo; y requiere de mantenimiento menor.

Apéndice 11. Establecimiento de parámetros de velocidad

Inciso	Tipo de vía	Velocidad (km/h)	Velocidad (km/h) (para vehículos pesados)	Observaciones
a.	En autopistas	100	80	Artículo 113. Velocidades máximas en área extraurbana. (Reglamento).
b.	En vías rápidas	90	70	
c.	En arterias principales	80	60	
d.	En arterias secundarias	60	40	
e.	En caminos	40	30	
Observaciones: para vehículos pesados y aquellos que lleven remolques, se reducirá en 20 (km/h) las velocidades máximas establecidas en los incisos anteriores a), b), y c), y en 10 (km/h) la del inciso d).				
-	Autopistas y vías rápidas, tanto urbanas como extraurbanas	60	-	Artículo 114. Velocidades mínimas. (Reglamento).
Observaciones: no se deberá entorpecer la marcha normal de otro vehículo circulando sin causa justificada a velocidad reducida. Para estos efectos, se prohíbe la circulación en autopistas y vías rápidas, tanto urbanas como extraurbanas, de vehículos automotores que transiten a menos de 60 (km/h) en dichas vías.				
d.	-	40	-	Artículo 147. Obligaciones del conductor. Reglamento.
Observaciones para inciso d: en caso de vehículos que circulen a velocidades iguales o inferiores a 40 (km/h), utilizar el arcén derecho, si existiera y fuera transitable, para facilitar el que los demás vehículos puedan adelantar o rebasar, especialmente cuando la densidad del tránsito lo demande.				

Fuente: elaboración propia.

- Velocidades máximas y mínimas
 - Velocidad máxima: lo que indique la Ley de tránsito de Guatemala y su reglamento o la entidad reguladora del tránsito local; en la carretera analizada, se asume que es de 70 (km/h).
 - Velocidad mínima: lo que indica la Ley de tránsito de Guatemala y su reglamento, que es de 60 (km/h) o en casos extremos lo que indica el (artículo 147, inciso d.) por lo que puede reducirse hasta 40 (km/h).

Apéndice 12. Hoja de cálculo del PCI, segmento1, formulario 1

Formulario No. 1		Tramo No. 1		Calzada	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200		
Área/sector = (230.00 m2) x (3 sectores) =		690.00		Der	Km 18+815, San Cristóbal a km 30+00, San Lucas, Sacatepéquez.		
Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m		213		Tramo de muestreo	De estación	-	
Ancho base: 10.80 m					18+815	Pivote	
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019				A estación	18+879	Posterior	
				Lado: Der	Tipo pavimento:	Rígido	
				Temporada: Invierno/verano			
TIPO DE FALLAS							
21 Levantamiento/pandeo	28 Agrietamiento lineal	35 Cruce ferroviario					
22 Grieta de esquina	29 Bache grande >0.50 m2	36 Retracción, Mapa de grietas					
23 Losa dividida por grietas	30 Bache pequeño<0.50m2	37 Grietas de contracción					
24 Grieta de durabilidad (D)	31 Desgaste superficial (pulimiento)	38 Desprendimiento de esquinas					
25 Escalonamiento	32 Desprendimiento popouts	39 Desprendimiento de juntas					
26 Sello de juntas	33 Bombeo						
27 Desnivel en carril/berma	34 Punzonamiento (punchout)						
Grado de severidad		Baja <input type="checkbox"/> L <input type="checkbox"/> Media: <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> Alta: <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>					
INVENTARIO DE FALLAS							
No	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (DV)		
1	21	L	32	15.02	11.00	Levantamiento/pandeo	
2	25	M	43	20.19	17.00	Escalonamiento	
3	26	L	213	-	2.00	(*) Daño en sello de juntas	
4	31	L	64	30.05	5.00	Desgaste superficial (Pulimiento)	
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
Número de valores deducidos (q)	>2	8.00					
Valor deducido más alto (HDV)		17.00					
Número admisible de valores deducidos (m)		8.62					
Cálculo de PCI							
No.	TDV	q	CDV	Totales: TDV	q	CDV	
1	17.00	11.00	5.00	1.24	34.24	8.00	14
2	17.00	11.00	5.00	1.24	34.24	7.00	14
3	17.00	11.00	5.00	1.24	34.24	6.00	16
4	17.00	11.00	5.00	1.24	34.24	5.00	18
5	17.00	11.00	5.00	1.24	34.24	4.00	20
6	17.00	11.00	5.00	1.24	34.24	3.00	22
7	17.00	11.00	2.00	1.24	31.24	2.00	26
8	17.00	2.00	2.00	1.24	22.24	1.00	22
9							
10							
11							

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 13. Hoja de cálculo del PCI, segmento 1, formulario 2

Formulario No. 2		Calzada		Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200	
Tramo No. 1		Der		Segmento 1 Km 18+815, San Cristóbal a km 30+00, San Lucas, Sacatepéquez.	
Area/sector = (230.00 m2) x (3 sectores) = 690.00 m2		Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m 213 u		De estación 20+968 Anterior	
Ancho base: 10.80 m		Tramo de muestreo		21+000 Pivote	
A estación 21+032 Posterior		Lado: Der		Tipo pavimento: Rígido	
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019		Temporada: Invierno/verano			

TIPO DE FALLAS		
21 Levantamiento/pandeo	28 Agrietamiento lineal	35 Cruce ferroviario
22 Grieta de esquina	29 Bache grande >0.50 m2	36 Retracción, mapa de grietas
23 Losa dividida por grietas	30 Bache pequeño <0.50m2	37 Grietas de contracción
24 Grieta de durabilidad (D)	31 Desgaste superficial (pulimiento)	38 Desprendimiento de esquinas
25 Escalonamiento	32 Desprendimiento popouts	39 Desprendimiento de juntas
26 Sello de juntas	33 Bombeo	
27 Desnivel en carril/berma	34 Punzonamiento (punchout)	

Grado de severidad			Baja	L	Media:	M	Alta:	H
--------------------	--	--	------	---	--------	---	-------	---

INVENTARIO DE FALLAS						
No	Tipo de Falla	Severidad	"n": numero de losas	Densidad (%)	Valor deducido (DV)	
1	21	L	32	15.02	11.00	Levantamiento/pandeo
2	25	L	60	28.17	12.00	Escalonamiento
3	26	L	213	-	2.00	(*) Daño en sello de juntas
4	31	L	64	30.05	5.00	Desgaste superficial (Pulimiento)
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						

Número de valores deducidos (q)	>2	9.00	(*) No se clasifica por densidad, sino por la condición general del sello
Valor deducido mas alto (HDV)		12.00	
Número admisible de valores deducidos (m)		9.08	

Cálculo de PCI						
No.	Totales	q	CDV			
1	28.16	9.00	10			
2	28.16	8.00	11			
3	28.16	7.00	11			
4	28.16	6.00	12			
5	28.16	5.00	14			
6	28.16	4.00	16			
7	28.16	3.00	17			
8	25.16	2.00	21			
9	16.16	1.00	16			
10						
11						

Max (CDV)		21.00
-----------	--	-------

RESULTADOS			
------------	--	--	--

Tipo de Falla	Valor
Levantamiento/pandeo 21L	15.02
Escalonamiento 25L	28.17
(*) Daño en sello de juntas 26L	0.00
Desgaste superficial (Pulimiento) 31L	30.05

PCI= 100-Max (CDV)
 PCI= 79.00

Desempeño Presente

Satisfactorio

Intervención recomendada

Mantenimiento preventivo:
 sello de juntas y grietas

Levantamiento:
 Juan Carlos Hernández Bámaca.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 14. Hoja de cálculo del PCI, segmento 1, formulario 3

Formulario No. 3		Calzada		Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200		
Tramo No. 1		Izq		Segmento 1		
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) = 690.00 m ²		213 u		Km 18+815, San Cristóbal a km 30+00, San Lucas, Sacatepéquez.		
Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m		213		De estación 23+102 Anterior		
Ancho base: 7.20 m				23+150 Pivote		
				A estación 23+198 Posterior		
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019		Temporada: Invierno/verano		Lado: Izq Tipo pavimento: Rígido		
TIPO DE FALLAS						
21 Levantamiento/pandeo	28 Agrietamiento lineal	35 Cruce ferroviario				
22 Grieta de esquina	29 Bache grande >0.50 m ²	36 Retracción, mapa de grietas				
23 Losa dividida por grietas	30 Bache pequeño <0.50m ²	37 Grietas de contracción				
24 Grieta de durabilidad (D)	31 Desgaste superficial (pulimiento)	38 Desprendimiento de esquinas				
25 Escalonamiento	32 Desprendimiento popouts	39 Desprendimiento de juntas				
26 Sello de juntas	33 Bombeo					
27 Desnivel en carril/berma	34 Punzonamiento (punchout)					
Grado de severidad		Baja L Media: M Alta: H				
INVENTARIO DE FALLAS						
No	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (DV)	
1	21	L	32	15.02	11.00	Levantamiento/pandeo
2	25	L	53	24.88	10.00	Escalonamiento
3	26	L	213	-	2.00	(*) Daño en sello de juntas
4	27	H	32	15.02	12.00	Desnivel en carril/berma (Carril central)
5	31	L	49	23.00	4.00	Desgaste superficial (Pulimiento)
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						

RESULTADOS

PCF= 100-Max (CDV)
PCF= 78.00

Desempeño Presente

Satisfactorio

Intervención recomendada

Mantenimiento preventivo:
sello de juntas y grietas

Levantamiento:
Juan Carlos Hernández Bámaca.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 15. Hoja de cálculo del PCI, segmento 1, formulario 4

Formulario No. 4	Tramo No. 1	Calzada Der	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200	
Area/sector = (230.00 m2) x (3 sectores) = 690.00 m2	Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m = 213 u	Ancho base: 7.20 m	Segmento 1 Km 18+815, San Cristóbal a km 30+00, San Lucas, Sacatepéquez.	
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019		Temporada: Invierno/verano	De estación 24+952 Anterior	
			A estación 25+048 Pivote	
			Lado: Der Tipo pavimento: Rígido	

TIPO DE FALLAS		
21 Levantamiento/pandeo	28 Agrietamiento lineal	35 Cruce ferroviario
22 Grieta de esquina	29 Bache grande >0.50 m2	36 Retracción, mapa de grietas
23 Losa dividida por grietas	30 Bache pequeño <0.50m2	37 Grietas de contracción
24 Grieta de durabilidad (D)	31 Desgaste superficial (pulimiento)	38 Desprendimiento de esquinas
25 Escalonamiento	32 Desprendimiento popouts	39 Desprendimiento de juntas
26 Sello de juntas	33 Bombeo	
27 Desnivel en carril/berma	34 Punzonamiento (punchout)	

Grado de severidad		Baja	L	Media:	M	Alta:	H
--------------------	--	------	---	--------	---	-------	---

INVENTARIO DE FALLAS						
No	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (DV)	Esquema
1	21	L	32	15.02	11.00	
2	25	L	60	28.17	12.00	
3	26	L	213	-	2.00	
4	31	L	64	30.05	5.00	
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						

Número de valores deducidos (q) >2	9.00	(*) No se clasifica por densidad, sino por la condición general del sello
Valor deducido mas alto (HDV)	12.00	
Número admisible de valores deducidos (m _i)	9.08	

Cálculo de PCI								
No.	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (DV)	Totales	q	CDV
1	21	L	32	15.02	11.00	28.16	9.00	10
2	25	L	60	28.17	12.00	28.16	8.00	11
3	26	L	213	-	2.00	28.16	7.00	11
4	31	L	64	30.05	5.00	28.16	6.00	12
5						28.16	5.00	14
6						28.16	4.00	16
7						28.16	3.00	17
8						25.16	2.00	21
9						16.16	1.00	16
10								
11								
							Max (CDV)	21.00

RESULTADOS			
<p> PCI= 100-Max (CDV) PCI= 79.00 Desempeño Presente Satisfactorio Intervención recomendada </p> <p> Mantenimiento preventivo: sello de juntas y grietas </p> <p> Levantamiento: Juan Carlos Hernández Bámaca. </p>			

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 16. Hoja de cálculo del PCI, segmento 1, formulario 5

Formulario No. 5		Tramo No. 1		Calzada	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200			
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) =		690.00		Der	Segmento 1 Km 18+815, San Cristóbal a km 30+00, San Lucas, Sacatepéquez.			
Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m		213		Tramo de muestreo		De estación 25+952 Anterior		
Ancho base: 7.20 m						A estación 26+000 Pivote		
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019		Temporada: Invierno/verano		Lado: Der	Tipo pavimento: Rígido	Posterior		
TIPO DE FALLAS								
21 Levantamiento/pandeo	28 Agrietamiento lineal	35 Cruce ferroviario						
22 Grieta de esquina	29 Bache grande >0.50 m ²	36 Retracción, mapa de grietas						
23 Losa dividida por grietas	30 Bache pequeño <0.50m ²	37 Grietas de contracción						
24 Grieta de durabilidad (D)	31 Desgaste superficial (pulimiento)	38 Desprendimiento de esquinas						
25 Escalonamiento	32 Desprendimiento popouts	39 Desprendimiento de juntas						
26 Sello de juntas	33 Bombeo							
27 Desnivel en carril/berma	34 Punzonamiento (punchout)							
Grado de severidad		Baja L Media: M Alta: H						
INVENTARIO DE FALLAS								
No	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (DV)	Esquema		
1	21	L	32	15.02	11.00			
2	25	L	53	24.88	10.00			
3	26	L	213	-	2.00			
4	27	H	21	9.86	9.00			
5	31	L	32	15.02	3.00			
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
Número de valores deducidos (q) >2			9.00		(*) No se clasifica por densidad, sino por la condición general del sello			
Valor deducido mas alto (HDV)			11.00					
Número admisible de valores deducidos (m)			9.17					
Cálculo de PCI								
No.	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (DV)	Totales	q	CDV
1	21	L	32	15.02	11.00	33.35	9.00	12
2	25	L	53	24.88	10.00	33.35	8.00	12
3	26	L	213	-	2.00	33.35	7.00	12
4	27	H	21	9.86	9.00	33.35	6.00	14
5	31	L	32	15.02	3.00	33.35	5.00	16
6						33.35	4.00	18
7						32.35	3.00	20
8						25.35	2.00	22
9						17.35	1.00	18
10								
11								
							Max (CDV)	22.00
RESULTADOS								
FALLAS EXISTENTES						PCF= 100-Max (CDV) PCF= 78.00 Desempeño Presente Satisfactorio Intervención recomendada Mantenimiento preventivo: sello de juntas y grietas Levantamiento: Juan Carlos Hernández Bámaca.		

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 17. Hoja de cálculo del PCI, segmento 1, formulario 6

Formulario No. 6	Tramo No. 1	Calzada	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200
Area/sector = (230.00 m2) x (3 sectores) = 690.00 m2	Der	Segmento 1	Km 18+815, San Cristóbal a km 30+00, San Lucas, Sacatepéquez.
Número de losas "Cortas" 1.80m x 1.80m 213 u	Tramo de muestreo		De estación 29+924 Anterior
Ancho base: 7.20 m			30+000 Pivote
			A estación 30+020 Posterior
			Lado: Der Tipo pavimento: Rígido
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019	Temporada: Invierno/verano		

TIPO DE FALLAS		
21 Levantamiento/pandeo	28 Agrietamiento lineal	35 Cruce ferroviario
22 Grieta de esquina	29 Bache grande >0.50 m2	36 Retracción, mapa de grietas
23 Losa dividida por grietas	30 Bache pequeño <0.50m2	37 Grietas de contracción
24 Grieta de durabilidad (D)	31 Desgaste superficial (pulimiento)	38 Desprendimiento de esquinas
25 Escalonamiento	32 Desprendimiento popouts	39 Desprendimiento de juntas
26 Sello de juntas	33 Bombeo	
27 Desnivel en Carril/berma	34 Punzonamiento (punchout)	

Grado de severidad		Baja	L	Media:	M	Alta:	H
--------------------	--	------	---	--------	---	-------	---

INVENTARIO DE FALLAS						
No	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (DV)	
1	21	L	32	15.02	11.00	Levantamiento/pandeo
2	25	L	60	28.17	12.00	Escalonamiento
3	26	L	213	-	2.00	(*) Daño en sello de juntas
4	31	L	64	30.05	5.00	Desgaste superficial (Pulimiento)
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						

Número de valores deducidos (q) >2	9.00	(*) No se clasifica por densidad, sino por la condición general del sello
Valor deducido mas alto (HDV)	12.00	
Número admisible de valores deducidos (m _i)	9.08	

Cálculo de PCI						
No.	Totales	q	CDV			
1	28.16	9.00	10			
2	28.16	8.00	11			
3	28.16	7.00	11			
4	28.16	6.00	12			
5	28.16	5.00	14			
6	28.16	4.00	16			
7	28.16	3.00	17			
8	25.16	2.00	21			
9	16.16	1.00	16			
10						
11						

Max (CDV)		21.00
------------------	--	--------------

RESULTADOS			
FALLAS EXISTENTES			
15.02	28.17	0.00	30.05
Levantamiento/pandeo 21L	Escalonamiento 25L	(*) Daño en sello de juntas 26L	Desgaste superficial (Pulimiento) 31L

PCI= 100-Max (CDV)	79.00
Desempeño Presente	Satisfactorio
Intervención recomendada	Mantenimiento preventivo: sello de juntas y grietas
Levantamiento:	Juan Carlos Hernández Bámaca.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 18. Hoja de cálculo del PCI, segmento 2, formulario 7

Formulario No. 7		Tramo No. 2		Calzada Der		Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200		Km 61+00, Zaragoza, Chimaltenango a km 89+700, bifurcación Santa Apolonia, Chimaltenango.				
Área/sector = (230.00 m2) x (3 sectores) =		690.00		m2		Segmento 2		De estación - Anterior				
Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m		213		u		Tramo de muestreo		61+000 Pivote				
Ancho base: 7.20 m								A estación 61+096 Posterior				
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019						Temporada: Invierno/verano		Lado: Der Tipo pavimento: Rígido				
TIPO DE FALLAS												
21 Levantamiento/pandeo	28 Agrietamiento lineal	35 Cruce ferroviario										
22 Grieta de esquina	29 Bache grande >0.50 m2	36 Retracción, mapa de grietas										
23 Losa dividida por grietas	30 Bache pequeño <0.50m2	37 Grietas de contracción										
24 Grieta de durabilidad (D)	31 Desgaste superficial (pulimiento)	38 Desprendimiento de esquinas										
25 Escalonamiento	32 Desprendimiento (popouts)	39 Desprendimiento de juntas										
26 Sello de juntas	33 Bombeo											
27 Desnivel en carril/berma	34 Punzonamiento (punchout)											
Grado de severidad		Baja [L]		Media [M]		Alta [H]						
INVENTARIO DE FALLAS												
No	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (DV)	Descripción	Esquema					
1	21	L	32	15.02	11.00	Levantamiento/pandeo						
2	22	L	3	1.41	2.00	Grieta de esquina						
3	25	L	64	30.05	12.00	Escalonamiento						
4	26	L	213	-	2.00	(*) Daño en sello de juntas						
5	29	L	4	1.88	1.00	Bache grande >0.50 m2						
6	31	L	32	15.02	3.00	Desgaste superficial (pulimiento)						
7	38	M	15	7.04	2.00	Desprendimiento de esquinas						
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
Cálculo de PCI												
No.	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (DV)	q	CDV	Totales	q	CDV		
1	21	L	32	15.02	11.00	3.00	2.00	2.00	0.08	32.08	9.00	12
2	22	L	3	1.41	2.00	2.00	2.00	2.00	0.08	32.08	8.00	12
3	25	L	64	30.05	12.00	3.00	2.00	2.00	0.08	32.08	7.00	12
4	26	L	213	-	2.00	3.00	2.00	2.00	0.08	32.08	6.00	12
5	29	L	4	1.88	1.00	3.00	2.00	2.00	0.08	32.08	5.00	16
6	31	L	32	15.02	3.00	3.00	2.00	2.00	0.08	32.08	4.00	18
7	38	M	15	7.04	2.00	3.00	2.00	2.00	0.08	32.08	3.00	20
8						2.00	2.00	2.00	0.08	31.08	2.00	26
9						2.00	2.00	2.00	0.08	22.08	1.00	24
10												
11												
RESULTADOS												
Tipo de Falla	Densidad (%)											
Levantamiento/pandeo	15.02											
Grieta de esquina	1.41											
Escalonamiento	30.05											
(*) Daño en sello de juntas	0.00											
Bache grande >0.50 m2	1.88											
Desgaste superficial (pulimiento)	15.02											
Desprendimiento de esquinas	7.04											

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 19. Hoja de cálculo del PCI, segmento 2, formulario 8

Formulario No. 8	Tramo No. 2	Calzada Der	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200	
Área/sector = (230.00 m2) x (3 sectores) =	690.00 m2	Der	Segmento 2 Km 61+00, Zaragoza, Chimaltenango a km 89+700, bifurcación Santa Apolonia, Chimaltenango.	
Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m	213 u	Tramo de muestreo		De estación 62+952 Anterior
Ancho base: 7.20 m				63+000 Pivote
				A estación 63+048 Posterior
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019		Lado: Der	Tipo pavimento: Rígido	
		Temporada: Invierno/verano		

TIPO DE FALLAS		
21 Levantamiento/pandeo	28 Agrietamiento lineal	35 Cruce ferroviario
22 Grieta de esquina	29 Bache grande >0.50 m2	36 Retracción, mapa de grietas
23 Losa dividida por grietas	30 Bache pequeño <0.50m2	37 Grietas de contracción
24 Grieta de durabilidad (D)	31 Desgaste superficial (pulimiento)	38 Desprendimiento de esquinas
25 Escalonamiento	32 Desprendimiento (popouts)	39 Desprendimiento de juntas
26 Sello de juntas	33 Bombeo	
27 Desnivel en carri/berma	34 Punzonamiento (punchout)	

Grado de severidad	Baja <input type="checkbox"/> L	Media: <input type="checkbox"/> M	Alta: <input type="checkbox"/> H
--------------------	---------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------

INVENTARIO DE FALLAS					
No	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (DV)
1	21	L	38	17.84	12.00
2	25	L	53	24.88	10.00
3	26	L	213	-	2.00
4	31	L	32	15.02	3.00
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					

Número de valores deducidos (q)	>2	9.00	(*) No se clasifica por densidad, sino por la condición general del sello
Valor deducido mas alto (HDV)		12.00	
Número admisible de valores deducidos (m)		9.08	

Cálculo de PCI					Totales	q	CDV	
No.	1	12.00	10.00	3.00	0.16	25.16	9.00	8
2	12.00	10.00	3.00	0.16	25.16	8.00	8	
3	12.00	10.00	3.00	0.16	25.16	7.00	8	
4	12.00	10.00	3.00	0.16	25.16	6.00	10	
5	12.00	10.00	3.00	0.16	25.16	5.00	12	
6	12.00	10.00	3.00	0.16	25.16	4.00	12	
7	12.00	10.00	3.00	0.16	25.16	3.00	16	
8	12.00	10.00	2.00	0.16	24.16	2.00	20	
9	12.00	2.00	2.00	0.16	16.16	1.00	16	
10								
11								
							Max (CDV)	20.00

RESULTADOS													
<table border="1"> <tr> <td>PCI= 100-Max (CDV)</td> <td>80.00</td> </tr> <tr> <td>PCI=</td> <td>80.00</td> </tr> <tr> <td>Desempeño Presente</td> <td>Satisfactorio</td> </tr> <tr> <td>Intervención recomendada</td> <td>Mantenimiento preventivo: sello de juntas y grietas.</td> </tr> <tr> <td>Levantamiento:</td> <td>Juan Carlos Hernández Bámaca.</td> </tr> </table>				PCI= 100-Max (CDV)	80.00	PCI=	80.00	Desempeño Presente	Satisfactorio	Intervención recomendada	Mantenimiento preventivo: sello de juntas y grietas.	Levantamiento:	Juan Carlos Hernández Bámaca.
PCI= 100-Max (CDV)	80.00												
PCI=	80.00												
Desempeño Presente	Satisfactorio												
Intervención recomendada	Mantenimiento preventivo: sello de juntas y grietas.												
Levantamiento:	Juan Carlos Hernández Bámaca.												

Frente: elaboración propia.

Apéndice 20. Hoja de cálculo del PCI, segmento 2, formulario 9

Formulario No. 9		Tramo No. 2		Calzada Izq		Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200		
Área/sector = (230.00 m2) x (3 sectores) = 690.00 m2		Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m = 213 u		Ancho base: 7.20 m		Segmento 2 Km 61+00, Zaragoza, Chimaltenango a km 89+700, bifurcación Santa Apolonia, Chimaltenango.		
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019		Temporada: Invierno/verano		Tramo de muestreo		De estación 66+952 Anterior		
						67+000 Pivote		
						A estación 67+048 Posterior		
				Lado: Izq		Tipo pavimento: Rígido		
TIPO DE FALLAS								
21 Levantamiento/pandeo	28 Agrietamiento lineal	35 Cruce ferroviario						
22 Grieta de esquina	29 Bache grande >0.50 m2	36 Retracción, mapa de grietas						
23 Losa dividida por grietas	30 Bache pequeño <0.50m2	37 Grietas de contracción						
24 Grieta de durabilidad (D)	31 Desgaste superficial (pulimiento)	38 Desprendimiento de esquinas						
25 Escalonamiento	32 Desprendimiento (popouts)	39 Desprendimiento de juntas						
26 Sello de juntas	33 Bombeo							
27 Desnivel en carril/berma	34 Punzonamiento (punchout)							
Grado de severidad		Baja <input type="checkbox"/> L		Media <input type="checkbox"/> M		Alta <input type="checkbox"/> H		
INVENTARIO DE FALLAS								
No	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (DV)	Esquema		
1	21	L	32	15.02	11.00	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Esquema</p> <p>Coordenadas</p> <p>N 14°37'53"</p> <p>E -90°54'11"</p> </div> </div>		
2	25	L	53	24.88	10.00			
3	26	L	213	-	2.00			
4	31	L	32	15.02	3.00			
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
Cálculo de PCI								
No.	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (DV)	Totales	q	CDV
1	21	L	32	15.02	11.00	24.35	9.00	8
2	25	L	53	24.88	10.00	24.35	8.00	10
3	26	L	213	-	2.00	24.35	7.00	8
4	31	L	32	15.02	3.00	24.35	6.00	10
5						24.35	5.00	11
6						24.35	4.00	14
7						24.35	3.00	14
8						23.35	2.00	20
9						15.35	1.00	16
10								
11								
RESULTADOS								

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 21. Hoja de cálculo del PCI, segmento 2, formulario 10

Formulario No. 10	Tramo No. 2	Calzada	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200	
Área/sector = (230.00 m2) x (3 sectores) = 690.00 m2		lq	Segmento 2 Km 61+00, Zaragoza, Chimaltenango a km 89+700, bifurcación Santa Apolonia, Chimaltenango.	
Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m	213	u	De estación	69+952 Anterior
Ancho base: 7.20 m	Tramo de muestreo		A estación	70+000 Pivote
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019	Temporada: Invierno/verano		Lado: lzq	Tipo pavimento: Rígido

TIPO DE FALLAS		
21 Levantamiento/pandeo	28 Agrietamiento lineal	35 Cruce ferroviario
22 Grieta de esquina	29 Bache grande >0.50 m2	36 Retracción, mapa de grietas
23 Losa dividida por grietas	30 Bache pequeño <0.50m2	37 Grietas de contracción
24 Grieta de durabilidad (D)	31 Desgaste superficial (pulimiento)	38 Desprendimiento de esquinas
25 Escalonamiento	32 Desprendimiento (popouts)	39 Desprendimiento de juntas
26 Sello de juntas	33 Bombeo	
27 Desnivel en carril/berma	34 Punzonamiento (punchout)	

Grado de severidad		Baja	L	Media:	M	Alta:	H
--------------------	--	------	---	--------	---	-------	---

INVENTARIO DE FALLAS					
No	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (DV)
1	21	L	38	17.84	13.00
2	23	L	21	9.86	10.00
3	25	L	45	21.13	8.00
4	26	L	213	-	2.00
5	27	M	21	9.86	5.00
6	31	L	33	15.49	3.00
7	38	M	15	7.04	2.00
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					

Número de valores deducidos (q)	>2	8.00	(*) No se clasifica por densidad, sino por la condición general del sello
Valor deducido mas alto (HDV _i)		13.00	
Número admisible de valores deducidos (m _i)		8.99	

Cálculo de PCI							
No.	Totales	q	CDV				
1	42.98	8.00	17				
2	42.98	7.00	19				
3	42.98	6.00	19				
4	42.98	5.00	23				
5	41.98	4.00	24				
6	38.98	3.00	26				
7	32.98	2.00	28				
8	24.98	1.00	26				
9							
10							
11							
			Max (CDV)	28.00			

RESULTADOS	
<p>PCI= 100-Max (CDV) PCI= 72.00</p> <p>Desempeño Presente Satisfactorio Intervención recomendada</p> <p>Mantenimiento preventivo: sello de juntas y grietas.</p> <p>Levantamiento: Juan Carlos Hernández Bámaca.</p>	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 22. Hoja de cálculo del PCI, segmento 2, formulario 11

Formulario No. 11		Tramo No. 2		Calzada Der		Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200			
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) = 690.00 m ²		Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m = 213 u		Ancho base: 7.20 m		Km 61+00, Zaragoza, Chimaltenango a km 89+700, bifurcación Santa Apolonia, Chimaltenango.			
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019		Temporada: Invierno/Verano		Tipo pavimento: Rígido		Lado: Der			
TIPO DE FALLAS									
21 Levantamiento/pandeo	28 Agrietamiento lineal	35 Cruce ferroviario							
22 Grieta de esquina	29 Bache grande >0.50 m ²	36 Retracción, mapa de grietas							
23 Losa dividida por grietas	30 Bache pequeño <0.50m ²	37 Grietas de contracción							
24 Grieta de durabilidad (D)	31 Desgaste superficial (pulimiento)	38 Desprendimiento de esquinas							
25 Escalonamiento	32 Desprendimiento (popouts)	39 Desprendimiento de juntas							
26 Sello de juntas	33 Bombeo								
27 Desnivel en carril/bierna	34 Punzonamiento (punchout)								
Grado de severidad		Baja <input type="checkbox"/> L <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> H							
INVENTARIO DE FALLAS									
No	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (DV)	Esquema			
1	21	L	43	20.19	17.00	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Esquema</p> <p>Coordenadas</p> <p>N 14°39'24"</p> <p>E -90°56'36"</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Esquema</p> <p>Coordenadas</p> <p>N 14°39'24"</p> <p>E -90°56'36"</p> </div> </div>			
2	23	L	26	12.21	11.00				
3	23	H	2	0.94	3.00				
4	25	L	43	20.19	8.00				
5	26	L	213	-	2.00				
6	31	L	34	15.96	4.00				
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
Cálculo de PCI									
No.	17.00	11.00	8.00	4.00	3.00	1.24	Totales	q	CDV
1	17.00	11.00	8.00	4.00	3.00	1.24	44.24	8.00	18
2	17.00	11.00	8.00	4.00	3.00	1.24	44.24	7.00	18
3	17.00	11.00	8.00	4.00	3.00	1.24	44.24	6.00	22
4	17.00	11.00	8.00	4.00	3.00	1.24	44.24	5.00	24
5	17.00	11.00	8.00	4.00	2.00	1.24	43.24	4.00	26
6	17.00	11.00	8.00	2.00	2.00	1.24	41.24	3.00	28
7	17.00	11.00	2.00	2.00	2.00	1.24	35.24	2.00	30
8	17.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.24	26.24	1.00	28
9									
10									
11									
RESULTADOS									

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 23. Hoja de cálculo del PCI, segmento 2, formulario 12

Formulario No. 12	Tramo No. 2	Calzada	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200								
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) = 690.00 m ²		Der	Km 61+00, Zaragoza, Chimaltenango a km 89+700, bifurcación Santa Apolonia, Chimaltenango.								
Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m	213 u	Der	De estación	75+924 Anterior							
Ancho base: 7.20 m			76+000	Pivote							
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019		Temporada: Invierno/Verano	A estación	76+020 Posterior							
			Lado: Der	Tipo pavimento: Rígido							
TIPO DE FALLAS											
21 Levantamiento/pandeo	28 Agrietamiento lineal	35 Cruce ferroviario									
22 Grieta de esquina	29 Bache grande >0.50 m ²	36 Retracción, mapa de grietas									
23 Losa dividida por grietas	30 Bache pequeño <0.50m ²	37 Grietas de contracción									
24 Grieta de durabilidad (D)	31 Desgaste superficial (pulimiento)	38 Desprendimiento de esquinas									
25 Escalonamiento	32 Desprendimiento (popouts)	39 Desprendimiento de juntas									
28 Sello de juntas	33 Bombeo										
27 Desnivel en carril/berma	34 Punzonamiento (punchout)										
Grado de severidad: Baja [L] Media: [M] Alta: [H]											
INVENTARIO DE FALLAS											
No	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (DV)	Descripción					
1	21	L	32	15.02	11.00	Levantamiento/pandeo					
2	22	L	3	1.41	2.00	Grieta de esquina					
3	23	L	10	4.69	5.00	Losa dividida por grietas					
4	25	L	27	12.68	4.00	Escalonamiento					
5	26	L	213	-	2.00	(*) Daño en sello de juntas					
6	31	L	32	15.02	3.00	Desgaste superficial (pulimiento)					
7	38	M	6	2.82	2.00	Desprendimiento de esquinas					
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
Cálculo de PCI											
No.	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	Totales	q	CDV
1	12.00	5.00	4.00	3.00	2.00	2.00	0.35	28.35	9.00	10	
2	12.00	5.00	4.00	3.00	2.00	2.00	0.35	28.35	8.00	12	
3	12.00	5.00	4.00	3.00	2.00	2.00	0.35	28.35	7.00	12	
4	12.00	5.00	4.00	3.00	2.00	2.00	0.35	28.35	6.00	12	
5	12.00	5.00	4.00	3.00	2.00	2.00	0.35	28.35	5.00	14	
6	12.00	5.00	4.00	3.00	2.00	2.00	0.35	28.35	4.00	16	
7	12.00	5.00	4.00	2.00	2.00	2.00	0.35	27.35	3.00	16	
8	12.00	5.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.35	25.35	2.00	20	
9	12.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.35	22.35	1.00	22	
10											
11											
RESULTADOS											
Falla	Valor										
Levantamiento/pandeo	15.02										
Grieta de esquina	1.41										
Losa dividida por grietas	4.69										
Escalonamiento	12.68										
(*) Daño en sello de juntas	0.00										
Desgaste superficial	15.02										
Desprendimiento de esquinas	2.82										

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 24. Hoja de cálculo del PCI, segmento 2, formulario 13

Formulario No. 13		Tramo No. 2		Calzada		Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200	
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) = 690.00 m ²		213 u		Izq		Km 61+00, Zaragoza, Chimaltenango a km 89+700, bifurcación Santa Apolonia, Chimaltenango.	
Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m		213 u		Tramo de muestreo		De estación 78+952 Anterior	
Ancho base: 7.20 m						79+000 Pivote	
						A estación 79+048 Posterior	
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019				Lado: Izq		Tipo pavimento: Rígido	
				Temporada: Invierno/Verano			
TIPO DE FALLAS							
21 Levantamiento/pandeo	28 Agrietamiento lineal	35 Cruce ferroviario					
22 Grieta de esquina	29 Bache grande >0.50 m2	36 Retracción, mapa de grietas					
23 Losa dividida por grietas	30 Bache pequeño <0.50m2	37 Grietas de contracción					
24 Grieta de durabilidad (D)	31 Desgaste superficial (pulimiento)	38 Desprendimiento de esquinas					
25 Escalonamiento	32 Desprendimiento (popouts)	39 Desprendimiento de juntas					
26 Sello de juntas	33 Bombeo						
27 Desnivel en carril/berma	34 Punzonamiento (punchout)						
Grado de severidad		Baja <input type="checkbox"/> Media: <input type="checkbox"/> Alta: <input type="checkbox"/>					
INVENTARIO DE FALLAS							
No	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (DV)		
1	21	L	32	15.02	11.00	Levantamiento/pandeo	
2	25	L	49	23.00	10.00	Escalonamiento	
3	26	L	213	-	2.00	(*) Daño en sello de juntas	
4	31	L	32	15.02	3.00	Desgaste superficial (pulimiento)	
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
Número de valores deducidos (q) >2	9.00	(*) No se clasifica por densidad, sino por la condición general del sello					
Valor deducido mas alto (HDV _i)	11.00						
Número admisible de valores deducidos (m _i)	9.17						
Cálculo de PCI							
No.	Totales	q	CDV				
1	11.00	10.00	3.00	0.35	24.35	9.00	8
2	11.00	10.00	3.00	0.35	24.35	8.00	10
3	11.00	10.00	3.00	0.35	24.35	7.00	8
4	11.00	10.00	3.00	0.35	24.35	6.00	10
5	11.00	10.00	3.00	0.35	24.35	5.00	11
6	11.00	10.00	3.00	0.35	24.35	4.00	14
7	11.00	10.00	3.00	0.35	24.35	3.00	14
8	11.00	10.00	2.00	0.35	23.35	2.00	20
9	11.00	2.00	2.00	0.35	15.35	1.00	16
10							
11							
RESULTADOS							
	<p>PCI= 100-Max (CDV) PCI= 80.00</p> <p style="background-color: #FFD700; padding: 2px;">Desempeño Presente</p> <p style="background-color: #FFD700; padding: 2px;">Satisfactorio</p> <p style="background-color: #FFD700; padding: 2px;">Intervención recomendada</p> <p style="background-color: #FFD700; padding: 2px;">Mantenimiento preventivo: sello de juntas y grietas.</p> <p>Levantamiento: Juan Carlos Hernández Bámaca.</p>						

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 25. Hoja de cálculo del PCI, segmento 2, formulario 14

Formulario No. 14		Tramo No. 2		Calzada lzq		Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200	
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) = 690.00 m ²		Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m = 213 u		Ancho base: 7.20 m		Segmento 2	
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019		Temporada: Invierno/verano		De estación 83+452		Anterior	
				A estación 83+500		Pivote	
				Lado: lzq		Posterior	
				Tipo pavimento: Rígido			

TIPO DE FALLAS		
21 Levantamiento/pandeo	28 Agrietamiento lineal	35 Cruce ferroviario
22 Grieta de esquina	29 Bache grande >0.50 m ²	36 Retracción, mapa de grietas
23 Losa dividida por grietas	30 Bache pequeño <0.50m ²	37 Grietas de contracción
24 Grieta de durabilidad (D)	31 Desgaste superficial (pulimiento)	38 Desprendimiento de esquinas
25 Escalonamiento	32 Desprendimiento (popouts)	39 Desprendimiento de juntas
26 Sello de juntas	33 Bombeo	
27 Desnivel en carril/berma	34 Punzonamiento (punchout)	

Grado de severidad		Baja	<input type="checkbox"/> L	Media:	<input type="checkbox"/> M	Alta:	<input type="checkbox"/> H
--------------------	--	------	----------------------------	--------	----------------------------	-------	----------------------------

INVENTARIO DE FALLAS						
No	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (DV)	
1	21	L	43	20.19	17.00	Levantamiento/pandeo
2	23	L	11	5.16	2.00	Losa dividida por grietas
3	23	H	21	9.86	30.00	Losa dividida por grietas
4	25	L	53	24.88	10.00	Escalonamiento
5	26	L	213	-	2.00	(*) Daño en sello de juntas
6	29	L	53	24.88	9.00	Bache grande >0.50 m ²
7	31	L	33	15.49	4.00	Desgaste superficial (pulimiento)
8	33	M	32	15.02	8.00	Bombeo
9						
10						
11						
12						
13						
14						

Número de valores deducidos (q)	>2	7.00	(*) No se clasifica por densidad, sino por la condición general del sello
Valor deducido mas alto (HDV _i)		30.00	
Número admisible de valores deducidos (m _i)		7.43	

Cálculo de PCI										Totales	q	CDV
No.												
1	30.00	17.00	10.00	9.00	8.00	4.00	2.00	0.86		80.86	7.00	40
2	30.00	17.00	10.00	9.00	8.00	4.00	2.00	0.86		80.86	6.00	42
3	30.00	17.00	10.00	9.00	8.00	2.00	2.00	0.86		78.86	5.00	42
4	30.00	17.00	10.00	9.00	2.00	2.00	2.00	0.86		72.86	4.00	42
5	30.00	17.00	10.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.86		65.86	3.00	42
6	30.00	17.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.86		57.86	2.00	45
7	30.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.86		42.86	1.00	44
8												
9												
10												
11												

Max (CDV)		45.00
------------------	--	--------------

RESULTADOS	
FALLAS EXISTENTES	

PCI= 100-Max (CDV)	PCI= 55.00
Desempeño Presente	
Pobre	
Intervención recomendada	
Mantenimiento mayor disperso: reparación dispersa de losas de concreto y/o base, subbase y subrasante. Umbral de mantenimiento.	
Levantamiento:	
Juan Carlos Hernández Bámaca.	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 26. Hoja de cálculo del PCI, segmento 2, formulario 15

Formulario No. 15		Tramo No. 2		Calzada: lzq		Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200				
Área/sector = (230.00 m2) x (3 sectores) = 690.00 m2		Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m: 213 u		Ancho base: 7.20 m		Segmento 2: Km 61+00, Zaragoza, Chimaltenango a km 89+700, bifurcación Santa Apolonia, Chimaltenango.				
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019		Temporada: Invierno/Verano		Tramo de muestreo		De estación: 84+952 Anterior				
						85+000 Pivote				
						A estación: 85+048 Posterior				
				Lado: lzq		Tipo pavimento: Rígido				
TIPO DE FALLAS										
21 Levantamiento/pandeo	28 Agrietamiento lineal	35 Cruce ferroviario								
22 Grieta de esquina	29 Bache grande >0.50 m2	36 Retracción, mapa de grietas								
23 Losa dividida por grietas	30 Bache pequeño <0.50m2	37 Grietas de contracción								
24 Grieta de durabilidad (D)	31 Desgaste superficial (pulimiento)	38 Desprendimiento de esquinas								
25 Escalonamiento	32 Desprendimiento (popouts)	39 Desprendimiento de juntas								
26 Sello de juntas	33 Bombeo									
27 Desnivel en carril/berma	34 Punzonamiento (punchout)									
Grado de severidad		Baja: <input type="checkbox"/> Media: <input type="checkbox"/> Alta: <input type="checkbox"/>								
INVENTARIO DE FALLAS										
No	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (DV)					
1	21	L	47	22.07	17.00	Levantamiento/pandeo				
2	23	L	15	7.04	5.00	Losa dividida por grietas				
3	23	H	13	6.10	20.00	Losa dividida por grietas				
4	25	L	48	22.54	9.00	Escalonamiento				
5	26	L	213	-	2.00	(*) Daño en sello de juntas				
6	29	L	45	21.13	8.00	Bache grande >0.50 m2				
7	31	L	30	14.08	3.00	Desgaste superficial (pulimiento)				
8	38	M	45	21.13	8.00	Desprendimiento de esquinas				
9										
10										
11										
12										
13										
14										
Cálculo de PCI										
No.	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (DV)			Totales	q	CDV
1	21	L	47	22.07	17.00			70.69	8.00	30
2	23	L	15	7.04	5.00			70.69	7.00	34
3	23	H	13	6.10	20.00			69.69	6.00	36
4	25	L	48	22.54	9.00			66.69	5.00	38
5	26	L	213	-	2.00			60.69	4.00	38
6	29	L	45	21.13	8.00			54.69	3.00	36
7	31	L	30	14.08	3.00			47.69	2.00	38
8	38	M	45	21.13	8.00			32.69	1.00	34
9										
10										
11										
RESULTADOS										
Tipo de Falla	Densidad (%)									
Levantamiento/pandeo	22.07									
Losa dividida por grietas	7.04									
Losa dividida por grietas	6.10									
Escalonamiento	22.54									
(*) Daño en sello de juntas	0.00									
Bache grande	21.13									
Desgaste superficial	14.08									
Desprendimiento de esquinas	21.13									

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 27. Hoja de cálculo del PCI, segmento 2, formulario 16

Formulario No. 16		Tramo No. 2		Calzada lzq		Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200	
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) = 690.00 m ²		Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m = 213 u		Ancho base: 7.20 m		Segmento 2	
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019		Temporada: Invierno/verano		De estación 88+952		Anterior	
				A estación 89+000		Pivote	
				Lado: lzq		Posterior	
				Tipo pavimento: Rígido			

TIPO DE FALLAS		
21 Levantamiento/pandeo	28 Agrietamiento lineal	35 Cruce ferroviario
22 Grieta de esquina	29 Bache grande >0.50 m2	36 Retracción, mapa de grietas
23 Losa dividida por grietas	30 Bache pequeño <0.50m2	37 Grietas de contracción
24 Grieta de durabilidad (D)	31 Desgaste superficial (pulimiento)	38 Desprendimiento de esquinas
25 Escalonamiento	32 Desprendimiento (popouts)	39 Desprendimiento de juntas
26 Sello de juntas	33 Bombeo	
27 Desnivel en carril/berma	34 Punzonamiento (punchout)	

Grado de severidad		Baja	<input type="checkbox"/> L	Media	<input type="checkbox"/> M	Alta	<input type="checkbox"/> H
--------------------	--	------	----------------------------	-------	----------------------------	------	----------------------------

INVENTARIO DE FALLAS						
No	Tipo de Falla	Severidad	"n": numero de losas	Densidad (%)	Valor deducido (DV)	
1	21	L	43	20.19	17.00	Levantamiento/pandeo
2	23	L	5	2.35	5.00	Losa dividida por grietas
3	23	H	6	2.82	20.00	Losa dividida por grietas
4	25	L	47	22.07	9.00	Escalonamiento
5	26	L	213	-	2.00	(*) Daño en sello de juntas
6	31	L	30	14.08	3.00	Desgaste superficial (pulimiento)
7	39	L	102	47.89	10.00	Desprendimiento de juntas
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						

Número de valores deducidos (q)	>2	8.00	(*) No se clasifica por densidad, sino por la condición general del sello
Valor deducido mas alto (HDV _i)		20.00	
Número admisible de valores deducidos (m _i)		8.35	

Cálculo de PCI								Totales	q	CDV
No.	1	20.00	17.00	10.00	9.00	5.00	3.00	64.69	8.00	30
2	20.00	17.00	10.00	9.00	5.00	3.00	0.69	64.69	7.00	30
3	20.00	17.00	10.00	9.00	5.00	3.00	0.69	64.69	6.00	32
4	20.00	17.00	10.00	9.00	5.00	2.00	0.69	63.69	5.00	34
5	20.00	17.00	10.00	9.00	2.00	2.00	0.69	60.69	4.00	36
6	20.00	17.00	10.00	2.00	2.00	2.00	0.69	53.69	3.00	34
7	20.00	17.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.69	45.69	2.00	36
8	20.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.69	30.69	1.00	30
9										
10										
11										

Max (CDV)		36.00
-----------	--	-------

RESULTADOS	
------------	--

Tipo de Falla	Densidad (%)
Levantamiento/pandeo	20.19
Losa dividida por grietas	2.35
Losa dividida por grietas	2.82
Escalonamiento	22.07
(*) Daño en sello de juntas	0.00
Desgaste superficial (pulimiento)	14.08
Desprendimiento de juntas	47.89

PCI= 100-Max (CDV)
PCI= 64.00
Desempeño Presente
Lo justo
Intervención recomendada
 Mantenimiento menor:
 reparación de losas de concreto,
 sello de juntas, grietas y perfilado
 superficial.
 Levantamiento:
 Juan Carlos Hernández Bámaca.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 28. Hoja de cálculo del PCI, segmento 3, formulario 17

Formulario No. 17		Tramo No. 3		Calzada Der		Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200													
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) = 690.00 m ²		Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m = 213 u		Ancho base: 7.20 m		Km 89+700, Bifurcación Santa Apolonia a km 124+200, Hacia Las Trampas, Sololá.													
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019		Temporada: Invierno/verano		TIPO DE FALLAS		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>De estación</td> <td>92+952</td> <td>Anterior</td> </tr> <tr> <td>A estación</td> <td>93+000</td> <td>Pivote</td> </tr> <tr> <td>Lado: Der</td> <td>93+048</td> <td>Posterior</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Tipo pavimento:</td> <td>Rígido</td> </tr> </table>		De estación	92+952	Anterior	A estación	93+000	Pivote	Lado: Der	93+048	Posterior	Tipo pavimento:		Rígido
De estación	92+952	Anterior																	
A estación	93+000	Pivote																	
Lado: Der	93+048	Posterior																	
Tipo pavimento:		Rígido																	
21 Levantamiento/pandeo		28 Agrietamiento lineal		35 Cruce ferroviario															
22 Grieta de esquina		29 Bache grande >0.50 m ²		36 Retracción, mapa de grietas															
23 Losa dividida por grietas		30 Bache pequeño <0.50m ²		37 Grietas de contracción															
24 Grieta de durabilidad (D)		31 Desgaste superficial (Pulimiento)		38 Desprendimiento de esquinas															
25 Escalonamiento		32 Desprendimiento (popouts)		39 Desprendimiento de juntas															
26 Sello de juntas		33 Bombeo																	
27 Desnivel en carril/berma		34 Punzonamiento (punchout)																	
Grado de severidad		Baja: <input type="checkbox"/> L		Media: <input type="checkbox"/> M		Alta: <input type="checkbox"/> H													
INVENTARIO DE FALLAS																			
No	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (DV)	Esquema													
1	21	L	32	15.02	11.00														
2	23	H	13	6.10	18.00														
3	25	M	51	23.94	19.00														
4	26	L	213	-	2.00														
5	28	M	13	6.10	5.00														
6	29	M	26	12.21	8.00														
7	31	L	21	9.86	2.00														
8	39	M	21	9.86	4.00														
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
Número de valores deducidos (q)		>2			8.00	(*) No se clasifica por densidad, sino por la condición general del sello													
Valor deducido mas alto (HDV)					19.00														
Número admisible de valores deducidos (m _i)					8.44														
Cálculo de PCI																			
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Totales	q	CDV					
	19.00	18.00	11.00	8.00	5.00	4.00	2.00	0.88				67.88	8.00	30					
	19.00	18.00	11.00	8.00	5.00	4.00	2.00	0.88				67.88	7.00	32					
	19.00	18.00	11.00	8.00	5.00	4.00	2.00	0.88				67.88	6.00	34					
	19.00	18.00	11.00	8.00	5.00	2.00	2.00	0.88				65.88	5.00	36					
	19.00	18.00	11.00	8.00	2.00	2.00	2.00	0.88				62.88	4.00	38					
	19.00	18.00	11.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.88				56.88	3.00	36					
	19.00	18.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.88				47.88	2.00	38					
	19.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.88				31.88	1.00	32					
													Max (CDV)	38.00					
RESULTADOS																			
FALLAS EXISTENTES												PCI= 100-Max (CDV) PCI= 62.00 Desempeño Presente lo justo Intervención recomendada Mantenimiento menor: reparación de losas de concreto, sello de juntas, grietas y perfilado superficial Levantamiento: Juan Carlos Hernández Bámaca.							

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 29. Hoja de cálculo del PCI, segmento 3, formulario 18

Formulario No. 18	Tramo No. 3	Calzada Der	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200	
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) =	690.00	m ²	Km 89+700, Bifurcación Santa Apolonia a km 124+200, Hacia Las Trampas, Sololá.	
Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m	213	u	De estación 94+952 Anterior	
Ancho base: 7.20 m			95+000 Pivote	
				A estación 95+048 Posterior
		Lado: Der		Tipo pavimento: Rígido
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019		Temporada: Invierno/verano		

TIPO DE FALLAS		
21 Levantamiento/pandeo	28 Agrietamiento lineal	35 Cruce ferroviario
22 Grieta de esquina	29 Bache grande >0.50 m ²	36 Retracción, mapa de grietas
23 Losa dividida por grietas	30 Bache pequeño <0.50m ²	37 Grietas de contracción
24 Grieta de durabilidad (D)	31 Desgaste superficial (Pulimiento)	38 Desprendimiento de esquinas
25 Escalonamiento	32 Desprendimiento (popouts)	39 Desprendimiento de juntas
28 Sello de juntas	33 Bombeo	
27 Desnivel en carril/berma	34 Punzonamiento (punchout)	

Grado de severidad		Baja <input type="checkbox"/>	Media: <input type="checkbox"/>	Alta: <input type="checkbox"/>
--------------------	--	-------------------------------	---------------------------------	--------------------------------

INVENTARIO DE FALLAS					
No	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (DV)
1	21	L	32	15.02	11.00
2	22	L	6	2.82	4.00
3	23	M	15	7.04	12.00
4	25	M	64	30.05	23.00
5	26	L	213	-	2.00
6	28	M	15	7.04	5.00
7	29	M	21	9.86	5.00
8	38	L	6	2.82	2.00
9					
10					
11					
12					
13					
14					

Número de valores deducidos (q) >2	8.00	(*) No se clasifica por densidad, sino por la condición general del sello
Valor deducido mas alto (HDV _i)	23.00	
Número admisible de valores deducidos (m _i)	8.07	

Cálculo de PCI												
No.	q	HDV _i	m _i	q	HDV _i	m _i	q	HDV _i	m _i	Totales	q	CDV
1	23.00	12.00	11.00	5.00	5.00	4.00	2.00	0.14		62.14	8.00	28
2	23.00	12.00	11.00	5.00	5.00	4.00	2.00	0.14		62.14	7.00	29
3	23.00	12.00	11.00	5.00	5.00	4.00	2.00	0.14		62.14	6.00	30
4	23.00	12.00	11.00	5.00	5.00	2.00	2.00	0.14		60.14	5.00	33
5	23.00	12.00	11.00	5.00	2.00	2.00	2.00	0.14		57.14	4.00	34
6	23.00	12.00	11.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.14		54.14	3.00	34
7	23.00	12.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.14		45.14	2.00	36
8	23.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.14		35.14	1.00	36
9												
10												
11												
											Max (CDV)	36.00

RESULTADOS	
PC= 100-Max (CDV)	64.00
Desempeño Presente	lo justo
Intervención recomendada	
Mantenimiento menor: reparación de losas de concreto, sello de juntas, grietas y perfilado superficial	
Levantamiento:	Juan Carlos Hernández Bámaca.

Tipo de Falla	Densidad (%)
Levantamiento/pandeo	15.02
Grieta de esquina	2.82
Losa dividida por grietas	7.04
Escalonamiento	30.05
(*) Daño en sello de juntas	0.00
Agrietamiento lineal	7.04
Bache grande	9.86
Desprendimiento de esquinas	2.82

PC= 100-Max (CDV)
PC= 64.00
 Desempeño Presente
 lo justo
Intervención recomendada
 Mantenimiento menor:
 reparación de losas de concreto,
 sello de juntas, grietas y perfilado
 superficial
 Levantamiento:
 Juan Carlos Hernández Bámaca.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 30. Hoja de cálculo del PCI, segmento 3, formulario 19

Formulario No. 19		Tramo No. 3		Calzada Der		Tramo: Segmento 3		CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200 Km 89+700, Bifurcación Santa Apolonia a km 124+200, Hacia Las Trampas, Sololá.			
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) = 690.00 m ²		Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m = 213 u		Ancho base: 7.20 m		Tramo de muestreo		De estación 97+952		Anterior 98+000	
								A estación 98+048		Posterior	
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019				Temporada: Invierno/verano				Lado: Der		Tipo pavimento: Rígido	

TIPO DE FALLAS		
21 Levantamiento/pandeo	28 Agrietamiento lineal	35 Cruce ferroviario
22 Grieta de esquina	29 Bache grande >0.50 m ²	36 Retracción, mapa de grietas
23 Losa dividida por grietas	30 Bache pequeño <0.50m ²	37 Grietas de contracción
24 Grieta de durabilidad (D)	31 Desgaste superficial (Pulimiento)	38 Desprendimiento de esquinas
25 Escalonamiento	32 Desprendimiento (popouts)	39 Desprendimiento de juntas
26 Sello de juntas	33 Bombeo	
27 Desnivel en carril/berma	34 Punzonamiento (punchout)	

Grado de severidad		Baja	<input type="checkbox"/> L	Media	<input type="checkbox"/> M	Alta	<input type="checkbox"/> H
--------------------	--	------	----------------------------	-------	----------------------------	------	----------------------------

INVENTARIO DE FALLAS						
No	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (DV)	
1	21	L	32	15.02	11.00	Levantamiento/pandeo
2	22	L	4	1.88	2.00	Grieta de esquina
3	23	M	17	7.98	16.00	Losa dividida por grietas
4	25	M	32	15.02	11.00	Escalonamiento
5	26	L	213	-	2.00	(*) Daño en sello de juntas
6	28	M	17	7.98	7.00	Agrietamiento lineal
7	29	M	17	7.98	3.00	Bache grande >0.50 m ²
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						

Número de valores deducidos (q)	>2	8.00	(*) No se clasifica por densidad, sino por la condición general del sello
Valor deducido mas alto (HDV)		16.00	
Número admisible de valores deducidos (m _i)		8.71	

Cálculo de PCI												
No.	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	Totales	q	CDV
1	23.00	12.00	11.00	5.00	5.00	4.00	2.00	1.43		63.43	8.00	28
2	23.00	12.00	11.00	5.00	5.00	4.00	2.00	1.43		63.43	7.00	30
3	23.00	12.00	11.00	5.00	5.00	4.00	2.00	1.43		63.43	6.00	32
4	23.00	12.00	11.00	5.00	5.00	2.00	2.00	1.43		61.43	5.00	32
5	23.00	12.00	11.00	5.00	2.00	2.00	2.00	1.43		58.43	4.00	34
6	23.00	12.00	11.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.43		55.43	3.00	35
7	23.00	12.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.43		46.43	2.00	36
8	23.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.43		36.43	1.00	36
9												
10												
11												

Max (CDV)	36.00
-----------	-------

RESULTADOS	
<p style="text-align: center;">FALLAS EXISTENTES</p>	

PCI= 100-Max (CDV)	PCI= 64.00
Desempeño Presente lo justo	
Intervención recomendada	
Mantenimiento menor: reparación de losas de concreto, sello de juntas, grietas y perfilado superficial	
Levantamiento: Juan Carlos Hernández Bámaca.	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 31. Hoja de cálculo del PCI, segmento 3, formulario 20

Formulario No. 20		Tramo No. 3		Calzada	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200	
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) = 690.00 m ²		Der		Km 89+700, Bifurcación Santa Apolonia a km 124+200, Hacia Las Trampas, Sololá.		
Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m		213		Segmento 3		
Ancho base: 7.20 m		u		Tramo de muestreo		
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019		Temporada: Invierno/verano		De estación 100+952 Anterior		
				A estación 101+000 Pivote		
				A estación 101+048 Posterior		
				Lado: Der Tipo pavimento: Rígido		
TIPO DE FALLAS						
21 Levantamiento/pandeo	28 Agrietamiento lineal	35 Cruce ferroviario				
22 Grieta de esquina	29 Bache grande >0.50 m ²	36 Retracción, mapa de grietas				
23 Losa dividida por grietas	30 Bache pequeño <0.50m ²	37 Grietas de contracción				
24 Grieta de durabilidad (D)	31 Desgaste superficial (Pulimiento)	38 Desprendimiento de esquinas				
25 Escalonamiento	32 Desprendimiento (popouts)	39 Desprendimiento de juntas				
26 Sello de juntas	33 Bombeo					
27 Desnivel en carril/berma	34 Punzonamiento (punchout)					
Grado de severidad: Baja L Media: M Alta: H						
INVENTARIO DE FALLAS						
No	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (VD)	
1	21	L	38	17.84	12.00	Levantamiento/pandeo
2	25	L	53	24.88	10.00	Escalonamiento
3	26	L	213	-	2.00	(*) Daño en sello de juntas
4	31	L	27	12.68	3.00	Desgaste superficial (pulimiento)
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
Cálculo de PCI						
No.	Totales	q	CDV			
1	12.00	10.00	3.00	0.16	25.16	
2	12.00	10.00	3.00	0.16	25.16	
3	12.00	10.00	3.00	0.16	25.16	
4	12.00	10.00	3.00	0.16	25.16	
5	12.00	10.00	3.00	0.16	25.16	
6	12.00	10.00	3.00	0.16	25.16	
7	12.00	10.00	3.00	0.16	25.16	
8	12.00	10.00	2.00	0.16	24.16	
9	12.00	2.00	2.00	0.16	16.16	
10						
11						
RESULTADOS						

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 32. Hoja de cálculo del PCI, segmento 3, formulario 20b

Formulario No. 20 b		Tramo No. 3		Calzada	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200			
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) = 690.00 m ²		Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m = 213 u		Ancho base: 7.20 m		Segmento 3		
				Km 89+700, Bifurcación Santa Apolonia a km 124+200, Hacia Las Trampas, Sololá.				
				De estación 100+952		Anterior		
				A estación 101+048		Pivote		
				Lado: lzq		Posterior		
				Tipo pavimento: Rígido				
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019		Temporada: Invierno/verano						
TIPO DE FALLAS								
21 Levantamiento/pandeo	28 Agrietamiento lineal	35 Cruce ferroviario						
22 Grieta de esquina	29 Bache grande >0.50 m ²	36 Retracción, mapa de grietas						
23 Losa dividida por grietas	30 Bache pequeño <0.50 m ²	37 Grietas de contracción						
24 Grieta de durabilidad (D)	31 Desgaste superficial (Pulimiento)	38 Desprendimiento de esquinas						
25 Escalonamiento	32 Desprendimiento (popouts)	39 Desprendimiento de juntas						
26 Sello de juntas	33 Bombeo							
27 Desnivel en carril/berma	34 Punzonamiento (punchout)							
Grado de severidad								
Baja L Media M Alta H								
INVENTARIO DE FALLAS								
No	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (VD)			
1	21	L	32	15.02	11.00	Levantamiento/pandeo		
2	23	M	10	4.69	9.00	Losa dividida por grietas		
3	23	H	9	4.23	13.00	Losa dividida por grietas		
4	25	M	38	17.84	13.00	Escalonamiento		
5	26	L	213	-	2.00	(*) Daño en sello de juntas		
6	28	L	19	8.92	4.00	Agrietamiento lineal		
7	31	L	32	15.02	2.00	Desgaste superficial (pulimiento)		
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
Cálculo de PCI								
No.	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (VD)	Totales	q	CDV
1	21	L	32	15.02	11.00	53.98	8.00	24
2	23	M	10	4.69	9.00	53.98	7.00	24
3	23	H	9	4.23	13.00	53.98	6.00	26
4	25	M	38	17.84	13.00	53.98	5.00	28
5	26	L	213	-	2.00	51.98	4.00	28
6	28	L	19	8.92	4.00	44.98	3.00	30
7	31	L	32	15.02	2.00	35.98	2.00	30
8						24.98	1.00	28
9								
10								
11								
RESULTADOS								

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 33. Hoja de cálculo del PCI, segmento 3, formulario 21

Formulario No. 21		Tramo No. 3		Calzada	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200	
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) =		690.00		Der	Km 89+700, Bifurcación Santa Apolonia a km 124+200, Hacia Las Trampas, Sololá.	
Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m		213		Segmento 3		
Ancho base: 7.20 m		m ²		Tramo de muestreo		
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019		Temporada: Invierno/verano		De estación 103+952 Anterior		
				A estación 104+000 Pivote		
				A estación 104+048 Posterior		
				Lado: Der Tipo pavimento: Rígido		

TIPO DE FALLAS		
21 Levantamiento/pandeo	28 Agrietamiento lineal	35 Cruce ferroviario
22 Grieta de esquina	29 Bache grande >0.50 m ²	36 Retracción, mapa de grietas
23 Losa dividida por grietas	30 Bache pequeño <0.50m ²	37 Grietas de contracción
24 Grieta de durabilidad (D)	31 Desgaste superficial (Pulimiento)	38 Desprendimiento de esquinas
25 Escalonamiento	32 Desprendimiento (popouts)	39 Desprendimiento de juntas
26 Sello de juntas	33 Bombeo	
27 Desnivel en carril/berma	34 Punzonamiento (punchout)	

Grado de severidad		Baja	L	Media:	M	Alta:	H
--------------------	--	------	---	--------	---	-------	---

INVENTARIO DE FALLAS						
No	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (VD)	
1	21	L	36	16.90	12.00	Levantamiento/pandeo
2	25	L	53	24.88	10.00	Escalonamiento
3	26	L	213	-	2.00	(*) Daño en sello de juntas
4	29	M	19	8.92	5.00	Bache grande >0.50 m ²
5	31	L	27	12.68	3.00	Desgaste superficial (pulimiento)
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						

Número de valores deducidos (q)	>2	9.00	(*) No se clasifica por densidad, sino por la condición general del sello
Valor deducido mas alto (HDV)		12.00	
Número admisible de valores deducidos (m)		9.08	

Cálculo de PCI						
No.	q	HDV	m	q	CDV	Totales
1	12.00	10.00	5.00	3.00	0.16	30.16
2	12.00	10.00	5.00	3.00	0.16	30.16
3	12.00	10.00	5.00	3.00	0.16	30.16
4	12.00	10.00	5.00	3.00	0.16	30.16
5	12.00	10.00	5.00	3.00	0.16	30.16
6	12.00	10.00	5.00	3.00	0.16	30.16
7	12.00	10.00	5.00	2.00	0.16	29.16
8	12.00	10.00	2.00	2.00	0.16	26.16
9	12.00	2.00	2.00	2.00	0.16	18.16
10						
11						

Max (CDV)		20.00
-----------	--	-------

RESULTADOS	
FALLAS EXISTENTES	
Levantamiento/pandeo 21L	16.90
Escalonamiento 25L	24.88
(*) Daño en sello de juntas 26L	0.00
Bache grande >0.50 m ² 29M	8.92
Desgaste superficial (pulimiento) 31L	12.68

PCI= 100-Max (CDV)	PCI= 80.00
Desempeño Presente	satisfactorio
Intervención recomendada	
Mantenimiento preventivo: sello de juntas y grietas	
Levantamiento: Juan Carlos Hernández Bámaca.	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 34. Hoja de cálculo del PCI, segmento 3, formulario 22

Formulario No. 22		Tramo No. 3		Calzada	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200						
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) = 690.00 m ²		213 u		Der	Km 89+700, Bifurcación Santa Apolonia a km 124+200, Hacia Las Trampas, Sololá.						
Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m		213 u		Segmento 3		De estación 107+924 Anterior					
Ancho base: 7.20 m				Tramo de muestreo		108+000 Pivote					
						A estación 108+020 Posterior					
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019				Lado: Der	Tipo pavimento: Rígido						
				Temporada: Invierno/Verano							
TIPO DE FALLAS											
21 Levantamiento/pandeo	28 Agrietamiento lineal	35 Cruce ferroviario									
22 Grieta de esquina	29 Bache grande >0.50 m ²	36 Retracción, mapa de grietas									
23 Losa dividida por grietas	30 Bache pequeño <0.50 m ²	37 Grietas de contracción									
24 Grieta de durabilidad (D)	31 Desgaste superficial (Pulimiento)	38 Desprendimiento de esquinas									
25 Escalonamiento	32 Desprendimiento (popouts)	39 Desprendimiento de juntas									
26 Sello de juntas	33 Bombeo										
27 Desnivel en carril/berma	34 Punzonamiento (punchout)										
Grado de severidad Baja <input type="checkbox"/> Media: <input type="checkbox"/> Alta: <input type="checkbox"/>											
INVENTARIO DE FALLAS											
No	Tipo de Falla	Severidad	"m": numero de losas	Densidad (%)	Valor deducido (VD)						
1	21	L	32	15.02	11.00	Levantamiento/pandeo					
2	22	L	15	7.04	5.00	Grieta de esquina					
3	23	M	10	4.69	11.00	Losa dividida por grietas					
4	23	H	19	8.92	28.00	Losa dividida por grietas					
5	25	M	43	20.19	18.00	Escalonamiento					
6	26	L	213	-	2.00	(*) Daño en sello de juntas					
7	29	M	30	14.08	9.00	Bache grande >0.50 m ²					
8	31	L	21	9.86	2.00	Desgaste superficial (pulimiento)					
9											
10											
11											
12											
13											
14											
Número de valores deducidos (q)	>2	7.00	(*) No se clasifica por densidad, sino por la condición general del sello								
Valor deducido mas alto (HDV)		28.00									
Número admisible de valores deducidos (m _i)		7.61									
Cálculo de PCI											
No.	28.00	18.00	18.00	11.00	9.00	5.00	2.00	1.22	Totales	q	CDV
1	28.00	18.00	18.00	11.00	9.00	5.00	2.00	1.22	92.22	7.00	42
2	28.00	18.00	18.00	11.00	9.00	5.00	2.00	1.22	92.22	6.00	48
3	28.00	18.00	18.00	11.00	9.00	2.00	2.00	1.22	89.22	5.00	49
4	28.00	18.00	18.00	11.00	2.00	2.00	2.00	1.22	82.22	4.00	48
5	28.00	18.00	18.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.22	73.22	3.00	48
6	28.00	18.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.22	57.22	2.00	44
7	28.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.22	41.22	1.00	40
8											
9											
10											
11											
RESULTADOS											

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 35. Hoja de cálculo del PCI, segmento3, formulario 23

Formulario No. 23	Tramo No. 3	Calzada Der	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200													
Área/sector = (230.00 m2) x (3 sectores) = 690.00 m2	Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m 213 u	Ancho base: 7.20 m	Segmento 3 Km 89+700, Bifurcación Santa Apolonia a km 124+200, Hacia Las Trampas, Sololá.													
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019		Temporada: Invierno/verano	<table border="1"> <tr> <td>De estación</td> <td>111+952</td> <td>Anterior</td> </tr> <tr> <td>A estación</td> <td>112+000</td> <td>Pivote</td> </tr> <tr> <td>Lado: Der</td> <td>112+048</td> <td>Posterior</td> </tr> <tr> <td>Tipo pavimento:</td> <td>Rígido</td> <td></td> </tr> </table>		De estación	111+952	Anterior	A estación	112+000	Pivote	Lado: Der	112+048	Posterior	Tipo pavimento:	Rígido	
De estación	111+952	Anterior														
A estación	112+000	Pivote														
Lado: Der	112+048	Posterior														
Tipo pavimento:	Rígido															
TIPO DE FALLAS																
21 Levantamiento/pandeo	28 Agrietamiento lineal	35 Cruce ferroviario														
22 Grieta de esquina	29 Bache grande >0.50 m ²	36 Retracción, mapa de grietas														
23 Losa dividida por grietas	30 Bache pequeño <0.50 m ²	37 Grietas de contracción														
24 Grieta de durabilidad (D)	31 Desgaste superficial (Pulimento)	38 Desprendimiento de esquinas														
25 Escalonamiento	32 Desprendimiento (popouts)	39 Desprendimiento de juntas														
26 Sello de juntas	33 Bombeo															
27 Desnivel en carril/berma	34 Punzonamiento (punchout)															
Grado de severidad: Baja <input type="checkbox"/> Media: <input type="checkbox"/> Alta: <input type="checkbox"/>																
INVENTARIO DE FALLAS																
No	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (VD)											
1	21	L	32	15.02	11.00	Levantamiento/pandeo										
2	23	H	20	9.39	30.00	Losa dividida por grietas										
3	25	M	30	14.08	11.00	Escalonamiento										
4	26	L	213	-	2.00	(*) Daño en sello de juntas										
5	27	M	32	15.02	8.00	Desnivel en carril/berma										
6	28	L	20	9.39	7.00	Agrietamiento lineal										
7	29	M	30	14.08	9.00	Bache grande >0.50 m2										
8	31	L	21	9.86	2.00	Desgaste superficial (pulimento)										
9																
10																
11																
12																
13																
14																
Cálculo de PCI																
No.	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (VD)	Totales	q	CDV								
1	30.00	11.00	11.00	9.00	8.00	7.00	2.00	0.86								
2	30.00	11.00	11.00	9.00	8.00	7.00	2.00	0.86								
3	30.00	11.00	11.00	9.00	8.00	2.00	2.00	0.86								
4	30.00	11.00	11.00	9.00	2.00	2.00	2.00	0.86								
5	30.00	11.00	11.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.86								
6	30.00	11.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.86								
7	30.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.86								
8																
9																
10																
11																
Max (CDV)							44.00									
RESULTADOS																

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 36. Hoja de cálculo del PCI, segmento 3, formulario 24

Formulario No. 24		Tramo No. 3		Calzada	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200	
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) = 690.00 m ²		Der		Segmento 3		
Número de losas "Cortas" 1.80m x 1.80m = 213 u		213		Km 89+700, Bifurcación Santa Apolonia a km 124+200, Hacia Las Trampas, Sololá.		
Ancho base: 7.20 m		Tramo de muestreo		De estación	114+952	Anterior
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019		Temporada: Invierno/Verano		A estación	115+000	Pivote
				Lado: Der	115+048	Posterior
				Tipo pavimento: Rígido		

TIPO DE FALLAS		
21 Levantamiento/pandeo	28 Agrietamiento lineal	35 Cruce ferroviario
22 Grieta de esquina	29 Bache grande >0.50 m ²	36 Retracción, mapa de grietas
23 Losa dividida por grietas	30 Bache pequeño <0.50 m ²	37 Grietas de contracción
24 Grieta de durabilidad (D)	31 Desgaste superficial (Pulimiento)	38 Desprendimiento de esquinas
25 Escalonamiento	32 Desprendimiento (popouts)	39 Desprendimiento de juntas
26 Sello de juntas	33 Bombeo	
27 Desnivel en carril/berma	34 Punzonamiento (punchout)	

Grado de severidad		Baja	<input type="checkbox"/> L	Media:	<input type="checkbox"/> M	Alta:	<input type="checkbox"/> H
--------------------	--	------	----------------------------	--------	----------------------------	-------	----------------------------

INVENTARIO DE FALLAS					
No	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
1	21	L	32	15.02	11.00
2	23	L	11	5.16	4.00
3	23	H	21	9.86	30.00
4	25	M	53	24.88	19.00
5	26	L	213	-	2.00
6	28	L	15	7.04	3.00
7	29	M	32	15.02	10.00
8	31	L	21	9.86	2.00
9					
10					
11					
12					
13					
14					

Número de valores deducidos (q)	>2	7.00
Valor deducido mas alto (HDV)		30.00
Número admisible de valores deducidos (m _i)		7.43

(*) No se clasifica por densidad, sino por la condición general del sello

Cálculo de PCI											
No.	q	VD	q	VD	q	VD	q	VD	Totales	q	CDV
1	30.00	19.00	11.00	10.00	4.00	3.00	2.00	0.86	79.86	7.00	40
2	30.00	19.00	11.00	10.00	4.00	3.00	2.00	0.86	79.86	6.00	42
3	30.00	19.00	11.00	10.00	4.00	2.00	2.00	0.86	78.86	5.00	44
4	30.00	19.00	11.00	10.00	2.00	2.00	2.00	0.86	76.86	4.00	44
5	30.00	19.00	11.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.86	68.86	3.00	46
6	30.00	19.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.86	59.86	2.00	46
7	30.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.86	42.86	1.00	42
8											
9											
10											
11											

Max (CDV)	46.00
-----------	-------

RESULTADOS	

PCI= 100-Max (CDV)	PCI= 54.00
Desempeño Presente pobre	
Intervención recomendada	
Mantenimiento mayor disperso: reparación dispersa de losas de concreto y/o base, subbase y subrasante. Umbral de mantenimiento.	
Levantamiento: Juan Carlos Hernández Bámaca.	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 37. Hoja de cálculo del PCI, segmento 3, formulario 25

Formulario No. 25		Tramo No. 3		Calzada	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200			
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) =		690.00		Der	Km 89+700, Bifurcación Santa Apolonia a km 124+200, Hacia Las Trampas, Sololá.			
Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m		213		u	De estación 117+952 Anterior			
Ancho base: 7.20 m					118+000 Pivote			
					A estación 118+048 Posterior			
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019					Lado: Der Tipo pavimento: Rígido			
				Temporada: Invierno/verano				
TIPO DE FALLAS								
21 Levantamiento/pandeo	28 Agrietamiento lineal	35 Cruce ferroviario						
22 Grieta de esquina	29 Bache grande >0.50 m ²	36 Retracción, mapa de grietas						
23 Losa dividida por grietas	30 Bache pequeño <0.50m ²	37 Grietas de contracción						
24 Grieta de durabilidad (D)	31 Desgaste superficial (Pulimiento)	38 Desprendimiento de esquinas						
25 Escalonamiento	32 Desprendimiento (popouts)	39 Desprendimiento de juntas						
26 Sello de juntas	33 Bombeo							
27 Desnivel en carril/berma	34 Punzonamiento (punchout)							
Grado de severidad								
Baja <input type="checkbox"/> Media: <input type="checkbox"/> Alta: <input type="checkbox"/>								
INVENTARIO DE FALLAS								
No	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (VD)			
1	21	L	38	17.84	12.00	Levantamiento/pandeo		
2	25	L	54	25.35	10.00	Escalonamiento		
3	26	L	213	-	2.00	(*) Daño en sello de juntas		
4	31	L	27	12.68	3.00	Desgaste superficial (pulimiento)		
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
Número de valores deducidos (q)	>2	9.00						
Valor deducido mas alto (HDV)		12.00						
Número admisible de valores deducidos (m _i)		9.08						
No.	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (VD)	Totales	q	CDV
1	21	L	38	17.84	12.00	25.16	9.00	10
2	25	L	54	25.35	10.00	25.16	8.00	10
3	26	L	213	-	2.00	25.16	7.00	10
4	31	L	27	12.68	3.00	25.16	6.00	10
5						25.16	5.00	12
6						25.16	4.00	14
7						25.16	3.00	16
8						24.16	2.00	20
9						16.16	1.00	16
10								
11								

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 38. Hoja de cálculo del PCI, segmento 3, formulario 25b

Formulario No. 25 b		Tramo No. 3		Calzada	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200							
Área/sector = (230.00 m2) x (3 sectores) =		690.00 m2		l z q	Km 89+700, Bifurcación Santa Apolonia a km 124+200, Hacia Las Trampas, Sololá.							
Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m		213 u		Segmento 3								
Ancho base: 7.20 m				Tramo de muestreo								
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019				De estación 117+952 Anterior								
				A estación 118+000 Pivote								
				Lado: l z q								
				Tipo pavimento: Rígido								
				Temporada: Invierno/Verano								
TIPO DE FALLAS												
21 Levantamiento/pandeo	28 Agrietamiento lineal	35 Cruce ferroviario										
22 Grieta de esquina	29 Bache grande >0.50 m ²	36 Retracción, mapa de grietas										
23 Losa dividida por grietas	30 Bache pequeño <0.50 m ²	37 Grietas de contracción										
24 Grieta de durabilidad (D)	31 Desgaste superficial (Pulimiento)	38 Desprendimiento de esquinas										
25 Escalonamiento	32 Desprendimiento (popouts)	39 Desprendimiento de juntas										
26 Sello de juntas	33 Bombeo											
27 Desnivel en carril/berma	34 Punzonamiento (punchout)											
Grado de severidad												
Baja <input type="checkbox"/> Media: <input type="checkbox"/> Alta: <input type="checkbox"/>												
INVENTARIO DE FALLAS												
No	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (VD)							
1	21	L	32	15.02	11.00	Levantamiento/pandeo						
2	23	M	6	2.82	8.00	Losa dividida por grietas						
3	23	H	6	2.82	10.00	Losa dividida por grietas						
4	25	M	26	12.21	10.00	Escalonamiento						
5	26	L	213	-	2.00	(*) Daño en sello de juntas						
6	28	L	12	5.63	3.00	Agrietamiento lineal						
7	29	M	2	0.94	2.00	Bache grande >0.50 m2						
8	31	L	21	9.86	2.00	Desgaste superficial (pulimiento)						
9												
10												
11												
12												
13												
14												
Número de valores deducidos (q)	>2	9.00	(*) No se clasifica por densidad, sino por la condición general del sello									
Valor deducido mas alto (HDV _i)		11.00										
Número admisible de valores deducidos (m _i)		9.17										
Cálculo de PCI												
No.	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	Totales	q	CDV
1	11.00	10.00	10.00	8.00	3.00	2.00	0.35			44.35	9.00	18
2	11.00	10.00	10.00	8.00	3.00	2.00	0.35			44.35	8.00	20
3	11.00	10.00	10.00	8.00	3.00	2.00	0.35			44.35	7.00	20
4	11.00	10.00	10.00	8.00	3.00	2.00	0.35			44.35	6.00	22
5	11.00	10.00	10.00	8.00	3.00	2.00	0.35			44.35	5.00	24
6	11.00	10.00	10.00	8.00	2.00	2.00	0.35			43.35	4.00	26
7	11.00	10.00	10.00	2.00	2.00	2.00	0.35			37.35	3.00	24
8	11.00	10.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.35			29.35	2.00	24
9	11.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.35			21.35	1.00	22
10												
11												
RESULTADOS												

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 39. Hoja de cálculo del PCI, segmento 3, formulario 26

Formulario No. 26	Tramo No. 3	Calzada Der	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) = 690.00 m ²	Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m 213 u	Ancho base: 7.20 m	Segmento 3
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019		Temporada: Invierno/verano	De estación 120+952 Anterior
			A estación 121+000 Pivote
			A estación 121+048 Posterior
			Lado: Der Tipo pavimento: Rígido

TIPO DE FALLAS		
21 Levantamiento/pandeo	28 Agrietamiento lineal	35 Cruce ferroviario
22 Grieta de esquina	29 Bache grande >0.50 m ²	36 Retracción, mapa de grietas
23 Losa dividida por grietas	30 Bache pequeño <0.50 m ²	37 Grietas de contracción
24 Grieta de durabilidad (D)	31 Desgaste superficial (Pulimiento)	38 Desprendimiento de esquinas
25 Escalonamiento	32 Desprendimiento (popouts)	39 Desprendimiento de juntas
26 Sello de juntas	33 Bombeo	
27 Desnivel en carri/berma	34 Punzonamiento (punchout)	

Grado de severidad	Baja <input type="checkbox"/> L	Media: <input type="checkbox"/> M	Alta: <input type="checkbox"/> H
--------------------	---------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------

INVENTARIO DE FALLAS					
No	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (VD)
1	21	L	32	15.02	11.00
2	23	H	9	4.23	12.00
3	25	L	15	7.04	3.00
4	25	M	11	5.16	5.00
5	26	L	213	-	2.00
6	28	L	26	12.21	7.00
7	29	M	26	12.21	7.00
8	31	L	32	15.02	3.00
9					
10					
11					
12					
13					
14					

Número de valores deducidos (q)	>2	9.00
Valor deducido mas alto (HDV)		12.00
Número admisible de valores deducidos (m _i)		9.08

Cálculo de PCI								
No.	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (VD)	Totales	q	CDV
1	21	L	32	15.02	11.00	48.16	9.00	20
2	23	H	9	4.23	12.00	48.16	8.00	20
3	25	L	15	7.04	3.00	48.16	7.00	22
4	25	M	11	5.16	5.00	47.16	6.00	22
5	26	L	213	-	2.00	46.16	5.00	24
6	28	L	26	12.21	7.00	43.16	4.00	26
7	29	M	26	12.21	7.00	38.16	3.00	26
8	31	L	32	15.02	3.00	33.16	2.00	28
9						24.16	1.00	24
10								
11								

Max (CDV)	28.00
-----------	-------

RESULTADOS	
PC= 100-Max (CDV)	72.00
PC=	72.00
Desempeño Presente satisfactorio	
Intervención recomendada	
Mantenimiento preventivo: sello de juntas y grietas	
Levantamiento: Juan Carlos Hernández Bámaca.	

Tipo de Falla	Densidad (%)
Levantamiento/pandeo	15.02
Losa dividida por grietas	4.23
Escalonamiento	7.04
Escalonamiento	5.16
(*) Daño en sello de juntas	0.00
Agrietamiento lineal	12.21
Bache grande >0.50 m ²	12.21
Desgaste superficial (pulimiento)	15.02

PC= 100-Max (CDV)
PC= 72.00

Desempeño Presente satisfactorio

Intervención recomendada

Mantenimiento preventivo: sello de juntas y grietas

Levantamiento:
Juan Carlos Hernández Bámaca.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 40. Hoja de cálculo del PCI, segmento 3, formulario 27

Formulario No. 27		Tramo No. 3		Calzada	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+200					
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) = 690.00 m ²		Der		Segmento 3						
Número de losas "Cortas" 1.80m x 1.80m = 213 u		Tramo de muestreo		Km 89+700, Bifurcación Santa Apolonia a km 124+200, Hacia Las Trampas, Sololá.						
Ancho base: 7.20 m				De estación	123+952	Anterior				
				A estación	124+000	Pivote				
				Lado: Der	124+048	Posterior				
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019		Temporada: Invierno/Verano		Tipo pavimento: Rígido						
TIPO DE FALLAS										
21 Levantamiento/pandeo	28 Agrietamiento lineal	35 Cruce ferroviario								
22 Grieta de esquina	29 Bache grande >0.50 m ²	36 Retracción, mapa de grietas								
23 Losa dividida por grietas	30 Bache pequeño <0.50 m ²	37 Grietas de contracción								
24 Grieta de durabilidad (D)	31 Desgaste superficial (Pulimiento)	38 Desprendimiento de esquinas								
25 Escalonamiento	32 Desprendimiento (popouts)	39 Desprendimiento de juntas								
26 Sello de juntas	33 Bombeo									
27 Desnivel en carril/berma	34 Punzonamiento (punchout)									
Grado de severidad		Baja <input type="checkbox"/> Media: <input type="checkbox"/> Alta: <input type="checkbox"/>								
INVENTARIO DE FALLAS										
No	Tipo de Falla	Severidad	"n": número de losas	Densidad (%)	Valor deducido (VD)					
1	21	L	32	15.02	11.00	Levantamiento/pandeo				
2	23	H	13	6.10	20.00	Losa dividida por grietas				
3	25	L	21	9.86	3.00	Escalonamiento				
4	26	L	213	-	2.00	(*) Daño en sello de juntas				
5	28	L	6	2.82	2.00	Agrietamiento lineal				
6	29	M	38	17.84	11.00	Bache grande >0.50 m ²				
7	31	L	26	12.21	3.00	Desgaste superficial (pulimiento)				
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
Número de valores deducidos (q)	>2	8.00	(*) No se clasifica por densidad, sino por la condición general del sello							
Valor deducido más alto (HDV _i)		20.00								
Número admisible de valores deducidos (m _i)		8.35								
Cálculo de PCI										
No.	20.00	11.00	11.00	3.00	3.00	2.00	0.69	Totales	q	CDV
1	20.00	11.00	11.00	3.00	3.00	2.00	0.69	50.69	8.00	22
2	20.00	11.00	11.00	3.00	3.00	2.00	0.69	50.69	7.00	22
3	20.00	11.00	11.00	3.00	3.00	2.00	0.69	50.69	6.00	24
4	20.00	11.00	11.00	3.00	3.00	2.00	0.69	50.69	5.00	26
5	20.00	11.00	11.00	3.00	3.00	2.00	0.69	50.69	4.00	30
6	20.00	11.00	11.00	3.00	2.00	2.00	0.69	49.69	3.00	32
7	20.00	11.00	11.00	2.00	2.00	2.00	0.69	48.69	2.00	38
8	20.00	11.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.69	39.69	1.00	40
9										
10										
11										
RESULTADOS										

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 42. Valoración de sostenibilidad, segmento 1, formulario 2

Formulario No. 2	Tramo No. 1	Calzada Der	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+100
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) = 690.00 m ²	213 u	Der	Sub-tramo 1 Km 18+815 San Cristóbal a km 30+000, San Lucas, Sacatepéquez.
Número de losas "Cortas" 1.80x1.80m			De estación 20+968 Anterior
Ancho base: 7.20 m			A estación 21+000 Pivote
			Lado: Der A estación 21+032 Posterior
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019	Temporada: Invierno/verano		Tipo pavimento: Rígido

VALORACIONES									
Importancia (*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Impacto		Rango		(*) Tanto la Importancia, como el impacto de deterioro los define el gestor de proyectos	
Valoración	1.00	2.00	3.00	Bajo	1.00	a	3.00		
Probabilidad (*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Medio bajo	3.00	a	6.00		
Valoración	0.0-0.10	0.10-0.25	0.25-0.50	Medio alto	6.00	a	21.00		
	L1	L2	M1	M2	H1	H2			

Matriz de impacto y valoraciones																				
Coordenadas	N	14°36'58"																		
	E	-90°37'12"																		
		Importancia	Valoración	Probabilidad	Valoración	Valoración de impacto	Impacto bajo													
							2.90													
1	Temperatura $^{\circ}$C	22.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
2	<math>v_{c}< h)<="" math>(km="" td=""> <td>55.00</td> <td>M</td> <td>2.00</td> <td>I2</td> <td>0.25</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> </math>v_{c}<>	55.00	M	2.00	I2	0.25	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
3	<math>v_{p}< h)<="" math>(km="" td=""> <td>70.00</td> <td>L</td> <td>1.00</td> <td>L1</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> </math>v_{p}<>	70.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
4	Pendiente máxima y mínima (%)	> (5% a 7%)	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
5	Tipo de terreno	<math>l_{c}< math><="" td=""> <td>L</td> <td>1.00</td> <td>L1</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> </math>l_{c}<>	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
6	Drenaje longitudinal		L	1.00	I2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
7	Drenaje transversal		L	1.00	I2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
8	Derribe		L	1.00	I2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
9	Deslizamiento		L	1.00	I2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
10	<math>s_{v}< math><="" td=""> <td></td> <td>M</td> <td>2.00</td> <td>I2</td> <td>0.25</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> </math>s_{v}<>		M	2.00	I2	0.25	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
11	<math>s_{h}< math><="" td=""> <td></td> <td>M</td> <td>2.00</td> <td>I2</td> <td>0.25</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> </math>s_{h}<>		M	2.00	I2	0.25	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
							2.90													

Temperatura promedio (Temp): frío (M, si 4<Temp<12 °C), templado (L, si 12<Temp<30 °C), cálido (H, si Temp>30 °C) aplicable a reparaciones de pavimento
 Velocidad de operación (
 Velocidad permitida (
 Pendiente (P%): es la inclinación del terreno o diferencia promedio de niveles entre dos puntos observados divididos entre la longitud que los separa. Está relacionada con el tipo de terreno.
 Tipo de terreno: (P₁) plano o llano (P%<5%=L), (L₁) ligeramente ondulado (5%<P%<7%=L), (M₁) moderadamente ondulado (7%<P%<15%=M), (M₂) montañoso (15%<P%<30%=H)
 Drenaje longitudinal (DL): cunetas o canales abiertos. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).
 Drenaje Transversal (Dt): tuberías o bóvedas. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).
 Derribe, cuando el terreno sede sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), cubre la totalidad de la pista (H)
 Deslizamiento, cuando el terreno sede de la pista hacia ladera: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), destrucción de la pista (H)
 Señalización vertical baja (
 Señalización horizontal (

Resumen fotográfico	De estación 20+968	A estación 21+032
Tramo general, con dirección de Guatemala hacia San Lucas.		
El tramo se encuentra en buenas condiciones de transitabilidad		
Mediciones de daños, se puede observar escalonamiento de losas y separación de juntas		
Vista general pavimento rígido en buenas condiciones de transitabilidad		

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 44. Valoración de sostenibilidad, segmento 1, formulario 4

Formulario No. 4	Tramo No. 1	Calzada	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+100
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) = 690.00 m ²	Der	Sub-tramo 1	Km 18+815 San Cristóbal a km 30+000, San Lucas, Sacatepéquez.
Número de losas "Cortas" 1.80m x 1.80m 213 u			De estación 24+952 Anterior
Ancho base: 7.20 m			25+000 Pivote
			A estación 25+048 Posterior
			Lado: Der Tipo pavimento: Rígido
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019	Temporada: Invierno/verano		

VALORACIONES										
Importancia: (*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Impacto		Rango		(*) Tanto la Importancia, como el impacto de deterioro los define el gestor de proyectos		
Valoración	1.00	2.00	3.00	Bajo	1.00	a	3.00			
Probabilidad: (*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Medio bajo	3.00	a	6.00			
Valoración	0.0-0.10	0.10-0.25	0.25-0.50	Medio alto	6.00	a	21.00			
	L1	L2	M1	M2	H1	H2	Alto	21.00	a	30.00

Matriz de impacto y valoraciones																
Coordenadas	N	14°36'04"														
	E	-90°38'03"														
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
					L	M	L	L	L	M	M	M	M	M	M	
		Importancia	Valoración	Probabilidad	Valoración	Valoración de impacto	Impacto medio bajo									
						4.65										
1	Temperatura °C	22.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
2	V _u (km/h)	55.00	M	2.00	L2	0.25	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
3	V _p (km/h)	70.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
4	Pendiente máxima y mínima (%)	± (5% a 7%)	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
5	Tipo de terreno	L _u	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
6	Drenaje longitudinal		L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
7	Drenaje transversal		M	2.00	L2	0.25	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
8	Derribe		M	2.00	M1	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
9	Deslizamiento		M	2.00	M1	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
10	S _v		M	2.00	L2	0.25	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
11	S _h		M	2.00	L2	0.25	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
							4.65									

Temperatura promedio (Temp): frío (M, si 4<Temp<12 °C), templado (L, si 12<Temp<30 °C), cálido (H, si Temp>30 °C) aplicable a reparaciones de pavimento
 Velocidad de operación (V_o): el usuario conduce confortablemente (L, si V_o>60), el usuario reduce la velocidad (M, si 40<V_o<60), el usuario frena y no es cómodo el manejo (H, si V_o<40)
 Velocidad permitida (V_p): es la velocidad a la que las entidades regularizadoras del tránsito restringen la locomoción en el tramo (L)
 Pendiente (P%): es la inclinación del terreno o diferencia promedio de niveles entre dos puntos observados divididos entre la longitud que los separa. Está relacionada con el tipo de terreno.
 Tipo de terreno: (P₁) plano o llano (P%<5%=L), (L_u) ligeramente ondulado (5%<P%<7%=L), (M_u) moderadamente ondulado (7%<P%<15%=M), (M_u) montafoso (15%<P%<30%=H)
 Drenaje longitudinal (DL): cunetas o canales abiertos. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).
 Drenaje Transversal (Dt): tuberías o bóvedas. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).
 Derribe, cuando el terreno sede sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), cubre la totalidad de la pista (H)
 Deslizamiento, cuando el terreno sede de la pista hacia ladera: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), destrucción de la pista (H)
 Señalización vertical baja (S_v): cuando la señalización preventiva, restrictiva o informativa, existe (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)
 Señalización horizontal (S_h): cuando las líneas centrales, laterales y marcadores reflectivos, existen (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)

Resumen fotográfico	De estación 24+952	A estación 25+048
---------------------	--------------------	-------------------

Vista general del tramo, lado izquierdo, de Guatemala hacia San Lucas

Vista de escalonamiento longitudinal del lado izquierdo

Mediciones de daños, se puede observar escalonamiento de losas y separación de juntas


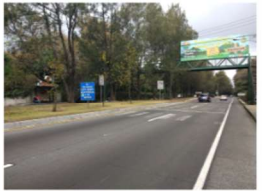


Vista general comportamiento del pavimento, del lado izquierdo

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 45. Valoración de sostenibilidad, segmento 1, formulario 5

Formulario No.		Tramo No.		Calzada		Tramo:		CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 12+100									
5		1		Der		Sub-tramo 1		Km 18+815 San Cristóbal a km 30+000, San Lucas, Sacatepéquez.									
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) =		690.00		m2		Tramo de muestreo		De estación		25+952	Anterior						
Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m		213		u				A estación		26+000	Pivote						
Ancho base: 7.20 m								Lado:		26+048	Posterior						
Fechas:		01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019		Temporada:		Invierno/Verano											
VALORACIONES																	
Importancia: (*)			Baja (L)			Media (M)			Alta (H)			Impacto Rango Bajo 1.00 a 3.00 Medio bajo 3.00 a 6.00 Medio alto 6.00 a 21.00 Alto 21.00 a 30.00 (*) Tanto la Importancia, como el impacto de deterioro los define el gestor de proyectos					
Valoración			1.00			2.00			3.00								
Probabilidad: (*)			Baja (L)			Media (M)			Alta (H)								
Valoración			0-0-10		0-10-0-25		0-25-0-50		0-50-0-80		0-80-0-90				0-90-1-0		
			L1 L2		M1 M2		H1 H2										
Matriz de impacto y valoraciones																	
Coordenadas		N		14°36'03"		E		-90°38'35"									
										1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11							
										L M L L L L L L L L L M M							
										Impacto bajo							
										2.90							
1	Temperatura $^{\circ}$C	22.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10				
2	<math>v_{0}< (km="" h)<="" math>="" td=""> <td>55.00</td> <td>M</td> <td>2.00</td> <td>L2</td> <td>0.25</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> </math>v_{0}<>	55.00	M	2.00	L2	0.25	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50				
3	<math>v_{1}< (km="" h)<="" math>="" td=""> <td>70.00</td> <td>L</td> <td>1.00</td> <td>L1</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> </math>v_{1}<>	70.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10				
4	Pendiente máxima y mínima (%)	> (5% a 7%)	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10				
5	Tipo de terreno	<math>l_{0}< math><="" td=""> <td>L</td> <td>1.00</td> <td>L1</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> </math>l_{0}<>	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10				
6	Drenaje longitudinal		L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25				
7	Drenaje transversal		L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25				
8	Derribo		L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25				
9	Deslizamiento		L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25				
10	<math>s_{v}< math><="" td=""> <td></td> <td>M</td> <td>2.00</td> <td>L2</td> <td>0.25</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> </math>s_{v}<>		M	2.00	L2	0.25	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50				
11	<math>s_{h}< math><="" td=""> <td></td> <td>M</td> <td>2.00</td> <td>L2</td> <td>0.25</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> </math>s_{h}<>		M	2.00	L2	0.25	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50				
												2.90					

Temperatura promedio (Temp): frío (M, si 4<Temp<12 °C), templado (L, si 12<Temp<30 °C), cálido (H, si Temp>30 °C) aplicable a reparaciones de pavimento
 Velocidad de operación (
 Velocidad permitida (
 Pendiente (P%): es la inclinación del terreno o diferencia promedio de niveles entre dos puntos observados divididos entre la longitud que los separa. Está relacionada con el tipo de terreno.
 Tipo de terreno: (P₁) plano o llano (P%<5%=L), (L₀) ligeramente ondulado (5%<P%<7%=L), (M₀) moderadamente ondulado (7%<P%<15%=M), (M₁) montañoso (15%<P%<30%=H)
 Drenaje longitudinal (DL): cunetas o canales abiertos. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).
 Drenaje Transversal (Dt): tuberías o bóvedas. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).
 Derribo, cuando el terreno sede sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), cubre la totalidad de la pista (H)
 Deslizamiento, cuando el terreno sede de la pista hacia ladera: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), destrucción de la pista (H)
 Señalización vertical baja (
 Señalización horizontal (

Resumen fotográfico		De estación 25+952		A estación 26+048	
Vista general del tramo, lado izquierdo, de Guatemala hacia San Lucas 		Vista general del tramo, lado izquierdo, de Guatemala hacia San Lucas. 			
Mediciones de daños; se puede observar, escalonamiento de losas y separación de juntas. 		Vista general comportamiento del pavimento; del lado izquierdo. 			

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 46. Valoración de sostenibilidad, segmento 1, formulario 6

Formulario No. 6	Tramo No. 1	Calzada Der	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+100
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) = 690.00 m ²	213 u	Der	Sub-tramo 1 Km 18+815 San Cristóbal a km 30+000, San Lucas, Sacatepéquez.
Número de losas "Cortas" 1.80x1.80m			De estación 29+924 Anterior
Ancho base: 7.20 m			A estación 30+020 Pivote
			Lado: Der Tipo pavimento: Rígido
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019		Temporada: Invierno/verano	


VALORACIONES										
Importancia: (*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Impacto		Rango		(*) Tanto la Importancia, como el Impacto de deterioro los define el gestor de proyectos		
Valoración	1.00	2.00	3.00	Bajo	1.00	a	3.00			
Probabilidad: (*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Medio bajo	3.00	a	6.00			
Valoración	0.0-0.10	0.10-0.25	0.25-0.50	Medio alto	6.00	a	21.00			
	L1	L2	M1	M2	H1	H2	Alto	21.00	a	30.00

Matriz de impacto y valoraciones																			
Coordenadas	N	14°36'29"																	
	E	-90°40'10"																	
		Importancia	Valoración	Probabilidad	Valoración	Valoración de impacto	Impacto bajo												
							2.90												
1	Temperatura $^{\circ}$C	23.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	<math>v_{d}< (km="" h)<="" math>="" td=""> <td>55.00</td> <td>M</td> <td>2.00</td> <td>L2</td> <td>0.25</td> <td>0.50</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </math>v_{d}<>	55.00	M	2.00	L2	0.25	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	<math>v_{p}< (km="" h)<="" math>="" td=""> <td>70.00</td> <td>L</td> <td>1.00</td> <td>L1</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </math>v_{p}<>	70.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Pendiente máxima y mínima (%)	$\geq 5\%$ a 7%	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Tipo de terreno	L_{0}	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Drenaje longitudinal		L	1.00	L2	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	Drenaje transversal		L	1.00	L2	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	Derribe		L	1.00	L2	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	Deslizamiento		L	1.00	L2	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	<math>s_{v}< math><="" td=""> <td></td> <td>M</td> <td>2.00</td> <td>L2</td> <td>0.25</td> <td>0.50</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </math>s_{v}<>		M	2.00	L2	0.25	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	<math>s_{h}< math><="" td=""> <td></td> <td>M</td> <td>2.00</td> <td>L2</td> <td>0.25</td> <td>0.50</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </math>s_{h}<>		M	2.00	L2	0.25	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
							2.90												


Temperatura promedio (Temp): frío (M, si 4<Temp<12 °C), templado (L, si 12<Temp<30 °C), cálido (H, si Temp>30 °C) aplicable a reparaciones de pavimento
 Velocidad de operación (V_{d}): el usuario conduce confortablemente (L, si $V_{d}>60$), el usuario reduce la velocidad (M, si 40< $V_{d}<60$), el usuario frena y no es cómodo el manejo (H, si $V_{d}<40$)
 Velocidad permitida (V_{p}): es la velocidad a la que las entidades regularizadoras del tránsito restringen la locomoción en el tramo (L)
 Pendiente (P%): es la inclinación del terreno o diferencia promedio de niveles entre dos puntos observados divididos entre la longitud que los separa. Está relacionada con el tipo de terreno.
 Tipo de terreno: (P₁) plano o llano (P%<5%=L), (L₀) ligeramente ondulado (5%<P%<7%=L), (M₀) moderadamente ondulado (7%<P%<15%=M), (M₁) montañoso (15%<P%<30%=H)
 Drenaje longitudinal (DL): cunetas o canales abiertos. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).
 Drenaje Transversal (Dt): tuberías o bóvedas. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).
 Derribe, cuando el terreno sede sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), cubre la totalidad de la pista (H)
 Deslizamiento, cuando el terreno sede de la pista hacia ladera: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), destrucción de la pista (H)
 Señalización vertical baja (S_{v}): cuando la señalización preventiva, restrictiva o informativa, existe (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)
 Señalización horizontal (S_{h}): cuando las líneas centrales, laterales y marcadores reflectivos, existen (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)

Resumen fotográfico	De estación 29+924	A estación 30+020
---------------------	--------------------	-------------------


Vista y condición general del área en estudio; de Guatemala hacia San Lucas; Lado izquierdo.





Vista (contraria) y condición general del área en estudio.



Mediciones de daños; se puede observar, escalonamiento de losas y separación de juntas.



Vista de aproche de salida.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 47. Valoración de sostenibilidad, segmento 2, formulario 7

Formulario No. 7	Tramo No. 2	Calzada	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+100
Der	Der	Der	Sub-tramo 2 Km 61+000 Zaragoza, Chimaltenango a km 90+000, Bifurcación Santa Apolonia, Chimaltenango.
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) = 690.00 m ²	213 u	Tramo de muestreo	De estación - Anterior
Número de losas "Cortas" 1.80m x 1.80m			61+000 Pivote
Ancho base: 7.20 m			A estación 61+096 Posterior
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019	Temporada: Invierno/verano	Lado: Der	Tipo pavimento: Rígido



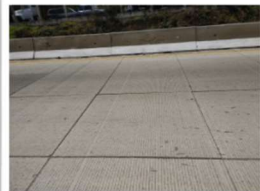

VALORACIONES						
Importancia:(*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Impacto	Rango	
Valoración	1.00	2.00	3.00	Bajo	1.00	a 3.00
Probabilidad:(*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Medio bajo	3.00	a 6.00
Valoración	0-0.10	0.10-0.25	0.25-0.50	Medio alto	6.00	a 21.00
	L1	L2	M1 M2	Alto	21.00	a 30.00
			H1 H2			

(*) Tanto la Importancia, como el Impacto de deterioro los define el gestor de proyectos

Matriz de impacto y valoraciones																	
Coordenadas		N	14°38'59"														
		E	-90°51'51"														
		Importancia	Valoración	Po	Valoración	Valoración de Impacto											
							Impacto medio bajo										
							3.75										
1	Temperatura (°C)	22.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	V _o (Km/h)	64.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	V _p (Km/h)	70.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Pendiente máxima y mínima (%)	± (3%)	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Tipo de terreno	P ₁	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Drenaje longitudinal	L	1.00	M1	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	Drenaje transversal	L	1.00	L2	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	Derrumbe	L	1.00	L2	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	Deslizamiento	L	1.00	L2	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	S _v	M	2.00	M1	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	S _h	M	2.00	M1	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
							3.75										





Temperatura promedio (Temp): frío (M, si 4<Temp<12 °C), templado (L, si 12<Temp<30 °C), cálido (H, si Temp>30 °C) aplicable a reparaciones de pavimento
 Velocidad de operación (V_o): el usuario conduce confortablemente (L, si V_o>60), el usuario reduce la velocidad (M, si 40<V_o<60), el usuario frena y no es confortable el manejo (H, si V_o<40)
 Velocidad permitida (V_p): es la velocidad a la que las entidades regularizadoras del tránsito restringen la locomoción en el tramo (L)
 Pendiente (P%): es la inclinación del terreno o diferencia promedio de niveles entre dos puntos observados divididos entre la longitud que los separa. Está relacionada con el tipo de terreno.
 Tipo de terreno: (P₁) plano o llano (P%<5%=L), (L₁) ligeramente ondulado (5%<P%<7%=L), (M₁) moderadamente ondulado (7%<P%<15%=M), (M₂) montañoso (15%<P%<30%=H)
 Drenaje longitudinal (DL): cunetas o canales abiertos. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).
 Drenaje Transversal (Dt): tuberías o bóvedas. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).
 Derrumbe, cuando el terreno se desmorona sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), cubre la totalidad de la pista (H)
 Deslizamiento, cuando el terreno se desmorona sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), destrucción de la pista (H)
 Señalización vertical baja (S_v): cuando la señalización preventiva, restrictiva o informativa, existe (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)
 Señalización horizontal (S_h): cuando las líneas centrales, laterales y marcadores reflectivos, existen (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)

Resumen fotográfico	De estación -	A estación 61+096
---------------------	---------------	-------------------

<p>Vista general de aproche de entrada; se puede observar separación de juntas y desplazamiento de losas de concreto e intervenciones para reparaciones de losas.</p> 	<p>Muestra de falla de esquina.</p> 
<p>Mediciones de daños, se puede observar escalonamiento de losas y separación de juntas.</p> 	<p>Vista de desprendimientos.</p> 

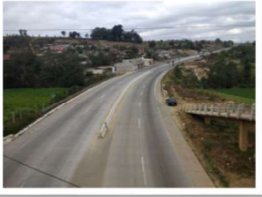


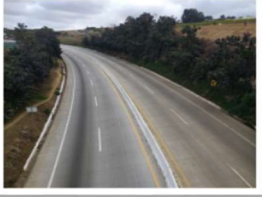
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 48. Valoración de sostenibilidad, segmento 2, formulario 8

Formulario No.	8	Tramo No.	2	Calzada	Der	Tramo:	CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+100									
Sub-tramo 2	Km 61+000 Zaragoza, Chimaltenango a km 90+000, Bifurcación Santa Apolonia, Chimaltenango.				De estación	62+952	Anterior									
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) =	690.00 m ²				Tram de muestreo	A estación	63+000	Pivote								
Número de losas "Cortas" 1.80m x 1.80m	213 u				Lado:	Der	63+048	Posterior								
Ancho base:	10.80 m				Tipo pavimento:	Der		Rígido								
Fechas:	01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019				Temporada:	Invierno/verano										
VALORACIONES																
Importancia: (*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Impacto		Rango		(*) Tanto la Importancia, como el impacto de deterioro los define el gestor de proyectos								
Valoración	1.00	2.00	3.00	Bajo	1.00	a	3.00									
Probabilidad: (*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Medio bajo	3.00	a	6.00									
Valoración	0.0-0.10	0.10-0.25	0.25-0.50	Medio alto	6.00	a	21.00									
	L1	L2	M1	M2	H1	H2	Alto	21.00	a	30.00						
Matriz de impacto y valoraciones																
Coordenadas	N		14°38'30"													
	E		-90°52'49"													
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
					L	L	L	L	L	L	L	L	L	M	M	
					Impacto medio bajo											
					4.30											
1	Temperatura °C	22.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
2	V _o (km/h)	64.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
3	V _p (km/h)	70.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
4	Pendiente máxima y mínima (%)	± (3%)	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
5	Tipo de terreno	P ₁	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
6	Drenaje longitudinal	L	L	1.00	M2	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
7	Drenaje transversal	L	L	1.00	M1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
8	Derrumbe	L	L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
9	Deslizamiento	L	L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
10	S _v	M	M	2.00	M1	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
11	S _h	M	M	2.00	M1	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
					4.30											
Temperatura promedio (Temp): frío (M, si 4<Temp<12 °C), templado (L, si 12<Temp<30 °C), cálido (H, si Temp>30 °C) aplicable a reparaciones de pavimento																
Velocidad de operación (V _o): el usuario conduce confortablemente (L, si V _o >60), el usuario reduce la velocidad (M, si 40<V _o <60), el usuario frena y no es confortable el manejo (H, si V _o <40)																
Velocidad permitida (V _p): es la velocidad a la que las entidades regularizadoras del tránsito restringen la locomoción en el tramo (L)																
Pendiente (P%): es la inclinación del terreno o diferencia promedio de niveles entre dos puntos observados divididos entre la longitud que los separa. Está relacionada con el tipo de terreno.																
Tipo de terreno: (P ₁) plano o llano (P%<5%=L), (L ₁) ligeramente ondulado (5%<P%<7%=L), (M ₁) moderadamente ondulado (7%<P%<15%=M), (M ₂) montañoso (15%<P%<30%=H)																
Drenaje longitudinal (DL): cunetas o canales abiertos. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).																
Drenaje Transversal (DT): tuberías o bóvedas. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).																
Derrumbe, cuando el terreno se desmorona sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), cubre la totalidad de la pista (H)																
Deslizamiento, cuando el terreno se desmorona sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), destrucción de la pista (H)																
Señalización vertical baja (S _v): cuando la señalización preventiva, restrictiva o informativa, existe (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)																
Señalización horizontal (S _h): cuando las líneas centrales, laterales y marcadores reflectivos, existen (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)																
Resumen fotográfico	De estación	62+952	A estación	63+048												
Vista general del tramo (vista contraria) y obstrucción de drenajes.					Vista general del tramo, lado izquierdo, de Guatemala hacia occidente.											
Mediciones de daños, se puede observar escalonamiento mínimo de losas y separación de juntas.					Condición general del tramo, lado izquierdo, de Guatemala hacia Occidente.											

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 49. Valoración de sostenibilidad, segmento 2, formulario 9

Formulario No. 9		Tramo No. 2		Calzada Der		Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 12+100																																								
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) = 690.00 m ²		Número de losas "Cortas" 1.80m x 1.80m = 213		Ancho base: 10.80 m		Sub-tramo 2 Km 61+000 Zaragoza, Chimaltenango a km 90+000, Bifurcación Santa Apolonia, Chimaltenango.																																								
De estación 66+952		Anterior		De estación 67+000		Pivote																																								
A estación 67+048		Posterior		Lado: Der		Tipo pavimento: Rígido																																								
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019		Temporada: Invierno/Verano																																												
VALORACIONES																																														
<table border="1"> <tr> <th>Importancia:(*)</th> <th>Baja (L)</th> <th>Media (M)</th> <th>Alta (H)</th> </tr> <tr> <td>Valoración</td> <td>1.00</td> <td>2.00</td> <td>3.00</td> </tr> </table>		Importancia:(*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Valoración	1.00	2.00	3.00	<table border="1"> <tr> <th>Probabilidad:(*)</th> <th>Baja (L)</th> <th>Media (M)</th> <th>Alta (H)</th> </tr> <tr> <td>Valoración</td> <td>0.0-0.10 L1</td> <td>0.10-0.25 L2</td> <td>0.25-0.50 M1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.50-0.80 M2</td> <td>0.80-0.90 H1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.90-1.0 H2</td> </tr> </table>		Probabilidad:(*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Valoración	0.0-0.10 L1	0.10-0.25 L2	0.25-0.50 M1			0.50-0.80 M2	0.80-0.90 H1				0.90-1.0 H2	<table border="1"> <tr> <th>Impacto</th> <th colspan="2">Rango</th> </tr> <tr> <td>Bajo</td> <td>1.00</td> <td>a 3.00</td> </tr> <tr> <td>Medio bajo</td> <td>3.00</td> <td>a 6.00</td> </tr> <tr> <td>Medio alto</td> <td>6.00</td> <td>a 21.00</td> </tr> <tr> <td>Alto</td> <td>21.00</td> <td>a 30.00</td> </tr> </table>		Impacto	Rango		Bajo	1.00	a 3.00	Medio bajo	3.00	a 6.00	Medio alto	6.00	a 21.00	Alto	21.00	a 30.00	(*) Tanto la Importancia, como el impacto de deterioro los define el gestor de proyectos	
Importancia:(*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)																																											
Valoración	1.00	2.00	3.00																																											
Probabilidad:(*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)																																											
Valoración	0.0-0.10 L1	0.10-0.25 L2	0.25-0.50 M1																																											
		0.50-0.80 M2	0.80-0.90 H1																																											
			0.90-1.0 H2																																											
Impacto	Rango																																													
Bajo	1.00	a 3.00																																												
Medio bajo	3.00	a 6.00																																												
Medio alto	6.00	a 21.00																																												
Alto	21.00	a 30.00																																												
Matriz de impacto y valoraciones																																														
Coordenadas		N 14°37'53"		E -90°54'11"																																										
		Importancia		Valoración		Rango																																								
		Valoración		Rango		Impacto medio bajo																																								
		4.05																																												
1	Temperatura =C	20.00	L	1.00	L1	0.10	0.10																																							
2	V _o (Km/h)	64.00	L	1.00	L1	0.10	0.10																																							
3	V _p (Km/h)	70.00	L	1.00	L1	0.10	0.10																																							
4	Pendiente máxima y mínima (%)	± (3%)	L	1.00	L1	0.10	0.10																																							
5	Tipo de terreno	P ₁	L	1.00	L1	0.10	0.10																																							
6	Drenaje longitudinal	L	L	1.00	M2	0.80	0.80																																							
7	Drenaje transversal	L	L	1.00	L2	0.25	0.25																																							
8	Derrumbe	L	L	1.00	L2	0.25	0.25																																							
9	Deslizamiento	L	L	1.00	L2	0.25	0.25																																							
10	S _v	M	M	2.00	M1	0.50	1.00																																							
11	S _h	M	M	2.00	M1	0.50	1.00																																							
						4.05																																								
<p>Temperatura promedio (Temp): frío (M, si 4<Temp<12 °C), templado (L, si 12<Temp<30 °C), cálido (H, si Temp>30 °C) aplicable a reparaciones de pavimento</p> <p>Velocidad de operación (V_o): el usuario conduce confortablemente (L, si V_o>60), el usuario reduce la velocidad (M, si 40<V_o<60), el usuario frena y no es cómodo el manejo (H, si V_o<40)</p> <p>Velocidad permitida (V_p): es la velocidad a la que las entidades regularizadoras del tránsito restringen la locomoción en el tramo (L)</p> <p>Pendiente (P%): es la inclinación del terreno o diferencia promedio de niveles entre dos puntos observados divididos entre la longitud que los separa. Está relacionada con el tipo de terreno.</p> <p>Tipo de terreno: (P₁) plano o llano (P%<5%=L), (L₂) ligeramente ondulado (5%<P%<7%=L), (M₂) moderadamente ondulado (7%<P%<15%=M), (M₁) montañoso (15%<P%<30%=H)</p> <p>Drenaje longitudinal (DL): cunetas o canales abiertos. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).</p> <p>Drenaje Transversal (Dt): tuberías o bóvedas. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).</p> <p>Derrumbe, cuando el terreno se desmorona sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), cubre la totalidad de la pista (H)</p> <p>Deslizamiento, cuando el terreno se desmorona sobre la pista hacia ladera: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), destrucción de la pista (H)</p> <p>Señalización vertical baja (S_v): cuando la señalización preventiva, restrictiva o informativa, existe (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)</p> <p>Señalización horizontal (S_h): cuando las líneas centrales, laterales y marcadores reflectivos, existen (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)</p>																																														
Resumen fotográfico		De estación 66+952		A estación 67+048																																										
<p>Tramo general, con dirección de Guatemala hacia San Lucas.</p> 		<p>Vista general del tramo (vista contraria), existe obstrucción de drenajes.</p> 		<p>Mediciones de daños, se puede observar escalonamiento mínimo de losas y separación de juntas.</p> 		<p>Vista general; pavimento rígido en buenas condiciones de transitabilidad (vista contraria).</p> 																																								

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 51. Valoración de sostenibilidad, segmento 2, formulario 11

Formulario No. 11	Tramo No. 2	Calzada	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+100	
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) =	690.00	Der	Sub-tramo 2 Km 61+000 Zaragoza, Chimaltenango a km 90+000, Bifurcación Santa Apolonia, Chimaltenango.	
Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m	213	m2	De estación	72+952
Ancho base: 10.80 m		u	A estación	73+048
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019	Temporada: Invierno/verano		Lado: Der	Tipo pavimento: Rígido

VALORACIONES						
Importancia:(*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Impacto	Rango	
Valoración	1.00	2.00	3.00	Bajo	1.00	a 3.00
Probabilidad:(*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Medio bajo	3.00	a 6.00
Valoración	0-0.10	0.10-0.25	0.25-0.50	Medio alto	6.00	a 21.00
	L1	L2	M1	M2	H1	H2

Matriz de impacto y valoraciones																															
Coordenadas		N	14°39'24"																												
		E	-90°56'36"		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11																
		Importancia	Valoración	Probabilidad	Valoración	Valoración de impacto	Impacto medio bajo																								
							3.20																								
1	Temperatura (°C)	-	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2	V _o (Kmh)	64.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	V _p (Kmh)	70.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Pendiente máxima y mínima (%)	± (3%)	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Tipo de terreno	P ₁	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Drenaje longitudinal		L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	Drenaje transversal		L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	Derribe		L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	Deslizamiento		L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	S _v		M	2.00	M1	0.50	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	S _h		M	2.00	M1	0.50	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
							3.20																								

Temperatura promedio (Temp): frío (M, si 4<Temp<12 °C), templado (L, si 12<Temp<30 °C), cálido (H, si Temp>30 °C) aplicable a reparaciones de pavimento
 Velocidad de operación (V_o): el usuario conduce confortablemente (L, si V_o>60), el usuario reduce la velocidad (M, si 40<V_o<60), el usuario frena y no es confortable el manejo (H, si Vo<40)
 Velocidad permitida (V_p): es la velocidad a la que las entidades regularizadoras del tránsito restringen la locomoción en el tramo (L)
 Pendiente (P%): es la inclinación del terreno o diferencia promedio de niveles entre dos puntos observados divididos entre la longitud que los separa. Está relacionada con el tipo de terreno.
 Tipo de terreno: (P₁) plano o llano (P%<5%=L), (L₁) ligeramente ondulado (5%<P%<7%=L), (M₁) moderadamente ondulado (7%<P%<15%=M), (M₂) montañoso (15%<P%<30%=H)
 Drenaje longitudinal (DL): cunetas o canales abiertos. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).
 Drenaje Transversal (Dt): tuberías o bóvedas. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).
 Derribe, cuando el terreno sede sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), cubre la totalidad de la pista (H)
 Deslizamiento, cuando el terreno sede de la pista hacia ladera: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), destrucción de la pista (H)
 Señalización vertical baja (S_v): cuando la señalización preventiva, restrictiva o informativa, existe (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)
 Señalización horizontal (S_h): cuando las líneas centrales, laterales y marcadores reflectivos, existen (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)

Resumen fotográfico	De estación	72+952	A estación	73+048
Vista general del tramo, lado izquierdo, de Guatemala hacia Occidente.			Vista de escalonamiento longitudinal del lado izquierdo.	
Mediciones de daños, se puede observar escalonamiento de losas y separación de juntas.			Vista general comportamiento del pavimento, del lado izquierdo.	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 52. Valoración de sostenibilidad, segmento 2, formulario 12


Formulario No. 12	Tramo No. 2	Calzada	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+100
Área/sector = (230.00 m2) x (3 sectores) = 690.00 m2		Der	Sub-tramo 2 Km 61+000 Zaragoza, Chimaltenango a km 90+000, Bifurcación Santa Apolonia, Chimaltenango.
Número de losas "Cortas" 1.80m x 1.80m = 213 u		Tramo de muestreo	De estación 75+952 Anterior
Ancho base: 10.80 m			A estación 76+048 Pivote
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019	Temporada: Invierno/verano	Lado: Der	Tipo pavimento: Rígido

VALORACIONES															
Importancia (*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)		Impacto										
Valoración	1.00	2.00	3.00		Rango										
Probabilidad (*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)		Bajo	a									
Valoración	0-0.10	0.10-0.25	0.25-0.50	0.50-0.80	0.80-0.90	0.90-1.0									
	L1	L2	M1	M2	H1	H2									
Matriz de impacto y valoraciones															
Coordenadas	N	14°40'51"													
	E	-90°56'16"		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
		Importancia	Valoración	Probabilidad	Valoración	Valoración de impacto									
							Impacto medio bajo								
							3.50								
1	Temperatura °C	22.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
2	V ₉₀ (km/h)	64.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
3	V ₉₅ (km/h)	70.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
4	Pendiente máxima y mínima (%)	± (3%)	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
5	Tipo de terreno	P ₁	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
6	Drenaje longitudinal		L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
7	Drenaje transversal		L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
8	Deslizamiento		L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
9	Señalización vertical baja (S _v)		M	2.00	M1	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
11	S _h		M	2.00	M1	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
							3.50								


Temperatura promedio (Temp): frío (M, si 4<Temp<12 °C), templado (L, si 12<Temp<30 °C), cálido (H, si Temp>30 °C) aplicable a reparaciones de pavimento
 Velocidad de operación (V₉₀): el usuario conduce confortablemente (L, si V₉₀>60), el usuario reduce la velocidad (M, si 40<V₉₀<60), el usuario frena y no es confortable el manejo (H, si V₉₀<40)
 Velocidad permitida (V_p): es la velocidad a la que las entidades regularizadoras del tránsito restringen la locomoción en el tramo (L)
 Pendiente (P%): es la inclinación del terreno o diferencia promedio de niveles entre dos puntos observados divididos entre la longitud que los separa. Está relacionada con el tipo de terreno.
 Tipo de terreno: (P₁) plano o llano (P%<5%=L), (L₁) ligeramente ondulado (5%<P%<7%=L), (M₁) moderadamente ondulado (7%<P%<15%=M), (M₂) montañoso (15%<P%<30%=H)
 Drenaje longitudinal (DL): cunetas o canales abiertos. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado u obstruido (H).
 Drenaje Transversal (DT): tuberías o bóvedas. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado u obstruido (H).
 Derrumbe, cuando el terreno se desliza sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), cubre la totalidad de la pista (H)
 Deslizamiento, cuando el terreno se desliza sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), destrucción de la pista (H)
 Señalización vertical baja (S_v): cuando la señalización preventiva, restrictiva o informativa, existe (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)
 Señalización horizontal (S_h): cuando las líneas centrales, laterales y marcadores reflectivos, existen (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)

Resumen fotográfico	De estación	75+952	A estación	76+048
---------------------	-------------	--------	------------	--------


Vista general del tramo, lado izquierdo, de Guatemala hacia Occidente.





Vista general del tramo, lado izquierdo (vista contraria) hacia Guatemala.



Mediciones de daños; se puede observar losas divididas por grietas; escalonamiento de losas y separación de juntas.



Mediciones de daños, desprendimiento de esquinas.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 53. Valoración de sostenibilidad, segmento 2, formulario 13

Formulario No.	13	Tramo No.	2	Calzada		Tramo:	CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+100										
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) =	690.00		m2	Der		Sub-tramo 2	Km 61+000 Zaragoza, Chimaltenango a km 90+000, Bifurcación Santa Apolonia, Chimaltenango.										
Número de losas "Cargas" 1.80m x 1.80m	213		u				De estación	78+952	Anterior								
Ancho base:	10.80 m					Tramo de muestreo		79+000	Pivote								
							A estación	79+048	Posterior								
							Lado:	Der	Tipo pavimento:	Rígido							
Fechas:	01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019			Temporada:	Invierno/verano												
VALORACIONES																	
Importancia: (*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)			Impacto	Rango			(*) Tanto la importancia, como el impacto de deterioro los define el gestor de proyectos							
Valoración	1.00	2.00	3.00			Bajo	1.00	a	3.00								
Probabilidad: (*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)			Medio bajo	3.00	a	6.00								
Valoración	0.0-1.0	0.10-0.25	0.25-0.50	0.50-0.80	0.80-0.90	0.90-1.0	Medio alto	6.00	a		21.00						
	L1	L2	M1	M2	H1	H2	Alto	21.00	a	30.00							
Matriz de impacto y valorizaciones																	
Coordenadas		N		14°39'05"													
		E		-90°56'16"													
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
						L	L	L	L	L	L	L	L	M	M	M	
				Impactancia	Valoración	Probabilidad	Valoración	Valoración de impacto			Impacto medio bajo						
								4.60									
1	Temperatura °C	22.00	L	1.00	L1	0.10	0.10										
2	V _o (km/h)	64.00	L	1.00	L1	0.10	0.10										
3	V _p (km/h)	70.00	L	1.00	L1	0.10	0.10										
4	Rendente máxima y mínima (%)	± (3%)	L	1.00	L1	0.10	0.10										
5	Tipo de terreno	P ₁	L	1.00	L1	0.10	0.10										
6	Drenaje longitudinal		L	1.00	L2	0.25	0.25										
7	Drenaje transversal		L	1.00	L2	0.25	0.25										
8	Derrumbe		L	1.00	M2	0.80	0.80										
9	Deslizamiento		L	1.00	M2	0.80	0.80										
10	S ₁		M	2.00	M1	0.50	1.00										
11	S ₂		M	2.00	M1	0.50	1.00										
							4.60										
<p>Temperatura promedio (Temp): frío (M, si 4<Temp<12 °C), templado (L, si 12<Temp<30 °C), cálido (H, si Temp>30 °C) aplicable a reparaciones de pavimento</p> <p>Velocidad de operación (V_o): el usuario conduce confortablemente (L, si V_o>60), el usuario reduce la velocidad (M, si 40<V_o<60), el usuario frena y no es confortable el manejo (H, si V_o<40)</p> <p>Velocidad permitida (V_p): es la velocidad a la que las entidades regularizadoras del tránsito restringen la locomoción en el tramo (L)</p> <p>Pendiente (P%): es la inclinación del terreno o diferencia promedio de niveles entre dos puntos observados divididos entre la longitud que los separa. Está relacionada con el tipo de terreno.</p> <p>Tipo de terreno: (P₁) plano o llano (P%<5%=L), (L₁) ligeramente ondulado (5%<P%<7%=L), (M₁) moderadamente ondulado (7%<P%<15%=M), (M₂) montañoso (15%<P%<30%=H)</p> <p>Drenaje longitudinal (DL): cunetas o canales abiertos. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado u obstruido (H).</p> <p>Drenaje Transversal (Dt): tuberías o bóvedas. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado u obstruido (H).</p> <p>Derrumbe, cuando el terreno sede sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), cubre la totalidad de la pista (H)</p> <p>Deslizamiento, cuando el terreno sede de la pista hacia ladera: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), destrucción de la pista (H)</p> <p>Señalización vertical baja (S_v): cuando la señalización preventiva, restrictiva o informativa, existe (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)</p> <p>Señalización horizontal (S_h): cuando las líneas centrales, laterales y marcadores reflectivos, existen (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)</p>																	
Resumen fotográfico		De estación				78+952		A estación				79+048					
Vista general del tramo, lado izquierdo, de Guatemala hacia Occidente.		Vista general del tramo, lado izquierdo (vista contraria) hacia Guatemala.															
Mediciones de daños; se puede observar escalonamiento de losas, separación de juntas y desgaste superficial.		Vista general del tramo, lado izquierdo, de Guatemala hacia Occidente, en condición estable.															

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 54. Valoración de sostenibilidad, segmento 2, formulario 14


Formulario No. 14	Tramo No. 2	Calzada	Der	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+100
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) = 690.00 m ²		Número de losas "Cortas" 1.80x1.80m 213 u		Sub-tramo 2 Km 61+000 Zaragoza, Chimaltenango a km 90+000, Bifurcación Santa Apolonia, Chimaltenango.
Ancho base: 10.80 m		Tram de muestreo		De estación 83+452 Anterior
				A estación 83+548 Pivote
		Lado: Der		Posterior
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019		Temporada: Invierno/verano		Tipo pavimento: Rígido

VALORACIONES															
Importancia:(*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Impacto	Rango										
Valoración	1.00	2.00	3.00	Bajo	1.00 a 3.00										
Probabilidad:(*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Medio bajo	3.00 a 6.00										
Valoración	0-0.10	0.10-0.25	0.25-0.50	Medio alto	6.00 a 21.00										
	L1	L2	M1	M2	H1	H2									
							(*) Tanto la Importancia, como el Impacto de deterioro los define el gestor de proyectos								
Matriz de impacto y valoraciones															
Coordenadas	N	14°44'32"													
	E	-90°57'58"													
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
				L	L	L	L	H	L	L	L	L	M	M	
		Importancia	Valoración	Probabilidad	Valoración	Valoración de impacto	Impacto medio bajo								
						5.95									
1	Temperatura °C	22.00	L	L1	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	V _o (km/h)	64.00	L	L1	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	V _p (km/h)	70.00	L	L1	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Pendiente máxima y mínima (%)	± (3%)	L	L1	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Tipo de terreno	P ₁	L	L1	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Drenaje longitudinal	H	H	H1	0.90	2.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	Drenaje transversal	L	L	L2	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	Derrumbe	L	L	L2	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	Deslizamiento	L	L	L2	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	S _v	M	M	M1	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	S _h	M	M	M1	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
						5.95									


Temperatura promedio (Temp): frío (M, si 4<Temp<12 °C), templado (L, si 12<Temp<30 °C), cálido (H, si Temp>30 °C) aplicable a reparaciones de pavimento
 Velocidad de operación (V_o): el usuario conduce confortablemente (L, si V_o>60), el usuario reduce la velocidad (M, si 40<V_o<60), el usuario frena y no es confortable el manejo (H, si V_o<40)
 Velocidad permitida (V_p): es la velocidad a la que las entidades regularizadoras del tránsito restringen la locomoción en el tramo (L)
 Pendiente (P%): es la inclinación del terreno o diferencia promedio de niveles entre dos puntos observados divididos entre la longitud que los separa. Está relacionada con el tipo de terreno.
 Tipo de terreno: (P₁) plano o llano (P%<5%=L), (L₁) ligeramente ondulado (5%<P%<7%=L), (M₁) moderadamente ondulado (7%<P%<15%=M), (M₂) montañoso (15%<P%<30%=H)
 Drenaje longitudinal (DL): cunetas o canales abiertos. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado u obstruido (H).
 Drenaje Transversal (Dt): tuberías o bóvedas. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado u obstruido (H).
 Derrumbe, cuando el terreno se sienta sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), cubre la totalidad de la pista (H)
 Deslizamiento, cuando el terreno se sienta sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), destrucción de la pista (H)
 Señalización vertical baja (S_v): cuando la señalización preventiva, restrictiva o informativa, existe (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)
 Señalización horizontal (S_h): cuando las líneas centrales, laterales y marcadores reflectivos, existen (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)

Resumen fotográfico	De estación 83+452	A estación 83+548
---------------------	--------------------	-------------------


Vista general del tramo, lado izquierdo, de Guatemala hacia Occidente; losas divididas por grietas, parcheo > 0.50 m².




Vista general del tramo, lado izquierdo (vista contraria) hacia Guatemala, losas divididas por grietas, parcheo > 0.50 m².



Mediciones de daños; se puede observar bombeo, escalonamiento de losas y separación de juntas.



Mediciones de daños, falla de esquina, bombeo y losas divididas por grietas, parcheo > 0.50 m². Probable daño por drenaje inadecuado u obstruido.



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 55. Valoración de sostenibilidad, segmento 2, formulario 15

Formulario No. 15	Tramo No. 2	Calzada Der	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+100
Sub-tramo 2	Km 61+000 Zaragoza, Chimaltenango a km 90+000, Bifurcación Santa Apolonia, Chimaltenango.		
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) = 690.00 m ²	Der	Tramo de muestreo	De estación 84+952 Anterior
Número de losas "Cortas" 1.80x1.80m 213 u			85+000 Pivote
Ancho base: 10.80 m			A estación 85+048 Posterior
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019	Temporada: Invierno/verano		Lado: Der Tipo pavimento: Rígido

VALORACIONES									
Importancia:(*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Impacto	Rango		(*) Tanto la Importancia, como el impacto de deterioro los define el gestor de proyectos		
Valoración	1.00	2.00	3.00	Bajo	1.00	a	3.00		
Probabilidad:(*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Medio bajo	3.00	a	6.00		
Valoración	0-0.10	0.10-0.25	0.25-0.50	Medio alto	6.00	a	21.00		
	L1	L2	M1	M2	H1	H2			

Matriz de impacto y valorizaciones															
Coordenadas	N	14°44'48"													
	E	-90°58'35"		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
		Importancia	Valoración	Probabilidad	Valoración	Valoración de impacto	Impacto medio bajo								
						4.05									
1	Temperatura <C>	22.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
2	V _o (Kmh)	64.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
3	V _p (Kmh)	70.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
4	Pendiente máxima y mínima (%)	± (3%)	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
5	Tipo de terreno	P ₁	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
6	Drenaje longitudinal	L	1.00	M2	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
7	Drenaje transversal	L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
8	Derrumbe	L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
9	Deslizamiento	L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
10	S _v	M	2.00	M1	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
11	S _h	M	2.00	M1	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
						4.05									

Temperatura promedio (Temp): frío (M, si 4<Temp<12 °C), templado (L, si 12<Temp<30 °C), cálido (H, si Temp>30 °C) aplicable a reparaciones de pavimento

Velocidad de operación (V_o): el usuario conduce confortablemente (L, si V_o>60), el usuario reduce la velocidad (M, si 40<V_o<60), el usuario frena y no es confortable el manejo (H, si V_o<40)

Velocidad permitida (V_p): es la velocidad a la que las entidades regularizadoras del tránsito restringen la locomoción en el tramo (L)

Pendiente (P%): es la inclinación del terreno o diferencia promedio de niveles entre dos puntos observados divididos entre la longitud que los separa. Está relacionada con el tipo de terreno.

Tipo de terreno: (P₁) plano o llano (P%<5%=L), (L₁) ligeramente ondulado (5%<P%<7%=L), (M₁) moderadamente ondulado (7%<P%<15%=M), (M₂) montañoso (15%<P%<30%=H)

Drenaje longitudinal (DL): cunetas o canales abiertos. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).

Drenaje transversal (Dt): tuberías o bóvedas. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).

Derrumbe, cuando el terreno se desmorona sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), cubre la totalidad de la pista (H)


Deslizamiento, cuando el terreno se desmorona sobre la pista hacia ladera: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), destrucción de la pista (H)

Señalización vertical baja (S_v): cuando la señalización preventiva, restrictiva o informativa, existe (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)


Señalización horizontal (S_h): cuando las líneas centrales, laterales y marcadores reflectivos, existen (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)

Resumen fotográfico	De estación 84+952	A estación 85+048
---------------------	--------------------	-------------------


Vista general del tramo, lado izquierdo, de Guatemala hacia occidente, losas divididas por grietas, parcheo > 0.50 m².




Vista general del tramo, lado izquierdo, de Guatemala hacia occidente, losas divididas por grietas, parcheo > 0.50 m².



Mediciones de daños; se puede observar escalonamiento de losas y separación de juntas.



Mediciones de daños, desprendimiento de esquinas, losas divididas por grietas, parcheo > 0.50 m².



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 56. Valoración de sostenibilidad, segmento 2, formulario 16

Formulario No. 16	Tramo No. 2	Calzada	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+100
Área/sector = (230.00 m2) x (3 sectores) = 690.00	Der	Sub-tramo 2	Km 61+000 Zaragoza, Chimaltenango a km 90+000, Bifurcación Santa Apolonia, Chimaltenango.
Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m 213	m2 u	Tramo de muestreo	De estación 88+952 Anterior
Ancho base: 10.80 m			A estación 89+000 Pivote
			Lado: Der 89+048 Posterior
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019	Temporada: Invierno/verano		Tipo pavimento: Rígido


VALORACIONES											
Importancia (*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Impacto	Rango	(*) Tanto la Importancia, como el Impacto de deterioro los define el gestor de proyectos					
Valoración	1.00	2.00	3.00	Bajo	1.00 a 3.00						
Probabilidad (*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Medio bajo	3.00 a 6.00						
Valoración	0-0.10	0.10-0.25	0.25-0.50	0.50-0.80	0.80-0.90		0.90-1.0				
	L1	L2	M1	M2	H1	H2					

Matriz de impacto y valoraciones											
Coordenadas	N	14°46'11"									
	E	-90°59'18"									
		Importancia	Valoración	Probabilidad	Valoración	Valoración de impacto	Impacto medio bajo				
						3.50					
1	Temperatura °C	22.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
2	V _o (km/h)	64.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
3	V _l (km/h)	70.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Pendiente máxima y mínima (%)	± (3%)	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Tipo de terreno	P ₁	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Drenaje longitudinal	L	L	1.00	L2	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
7	Drenaje transversal	L	L	1.00	L2	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
8	Derrumbe	L	L	1.00	L2	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
9	Deslizamiento	L	L	1.00	L2	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
10	S _v	M	M	2.00	M1	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	S _h	M	M	2.00	M1	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
						3.50					


Temperatura promedio (Temp): frío (M, si 4<Temp<12 °C), templado (L, si 12<Temp<30 °C), cálido (H, si Temp>30 °C) aplicable a reparaciones de pavimento
 Velocidad de operación (V_o): el usuario conduce confortablemente (L, si V_o>60), el usuario reduce la velocidad (M, si 40<V_o<60), el usuario frena y no es confortable el manejo (H, si V_o<40)
 Velocidad permitida (V_p): es la velocidad a la que las entidades regularizadoras del tránsito restringen la locomoción en el tramo (L)
 Pendiente (P%): es la inclinación del terreno o diferencia promedio de niveles entre dos puntos observados divididos entre la longitud que los separa. Está relacionada con el tipo de terreno.
 Tipo de terreno: (P₁) plano o llano (P%<5%=L), (L₁) ligeramente ondulado (5%<P%<7%=L), (M₁) moderadamente ondulado (7%<P%<15%=M), (M₂) montañoso (15%<P%<30%=H)
 Drenaje longitudinal (DL): cunetas o canales abiertos. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).
 Drenaje Transversal (Dt): tuberías o bóvedas. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).
 Derrumbe, cuando el terreno se sienta sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), cubre la totalidad de la pista (H)
 Deslizamiento, cuando el terreno se sienta sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), destrucción de la pista (H)
 Señalización vertical baja (S_v): cuando la señalización preventiva, restrictiva o informativa, existe (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)
 Señalización horizontal (S_h): cuando las líneas centrales, laterales y marcadores reflectivos, existen (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)

Resumen fotográfico	De estación 88+952	A estación 89+048
---------------------	--------------------	-------------------


Vista general del tramo, lado izquierdo, de Guatemala hacia Occidente, cercano a la bifurcación con Santa Apolonia.




Vista general del tramo, lado izquierdo (vista contraria) hacia Guatemala, se puede observar grietas longitudinales, escalonamiento de losas, separación de juntas y daño en sello.



Mediciones de daños; se puede observar escalonamiento de losas, separación de juntas y daño en sello.



Mediciones de daños; se puede observar losas divididas por grietas, escalonamiento de losas, separación de juntas y daño.



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 57. Valoración de sostenibilidad, segmento 3, formulario 17

Formulario No. 17	Tramo No. 3	Calzada Der	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+100
Área/sector = (230.00 m2) x (3 sectores) = 690.00 m2	Número de losas "Cortas" 1.80x1.80m = 213 u	Sub-tramo 3	Km 90+000 Bifurcación Santa Apolonia a km 124+100, Hacia Las Trampas, Sololá.
Ancho base: 7.20 m		Tramo de muestreo	De estación 92+952 Anterior
			A estación 93+000 Pivote
		Lado: Der	93+048 Posterior
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019		Temporales	Invierno/Verano
VALORACIONES			
Importancia (*)	Baja (L) 1.00	Media (M) 2.00	Alta (H) 3.00
Probabilidad (*)	Baja (L) 0.0-0.10	Media (M) 0.10-0.25	Alta (H) 0.25-0.50
Impacto	Bajo 1.00	Medio bajo 3.00	Medio alto 6.00
	Alto 21.00		
(*) Tanto la Importancia, como el impacto de deterioro los define el gestor de proyectos			
Matriz de impacto y valorizaciones			
Coordenadas	N 14°47'55"	E -90°58'33"	
	Importancia	Valoración	Poseibilidad
	Valoración	Valoración	Valoración de impacto
			Impacto medio bajo 5.70
1 Temperatura °C	22.00	L	1.00
2 V _u (km/h)	51.00	M	2.00
3 V _p (km/h)	60.00	L	1.00
4 Pendiente máxima y mínima (%)	± (5 a 9%)	M	2.00
5 Tipo de terreno	L _u a M _u	M	2.00
6 Drenaje longitudinal	L	1.00	M1
7 Drenaje transversal	L	1.00	L2
8 Derrumbe	M	2.00	L2
9 Deslizamiento	L	1.00	L2
10 S _v	L	1.00	M1
11 S _h	L	1.00	M1
			5.70
Temperatura promedio (Temp): frío (M, si 4<Temp<12 °C), templado (L, si 12<Temp<30 °C), cálido (H, si Temp>30 °C) aplicable a reparaciones de pavimento			
Velocidad de operación (V _o): el usuario conduce confortablemente (L, si V _o >60), el usuario reduce la velocidad (M, si 40<V _o <60), el usuario frena y no es cómodo el manejo (H, si V _o <40)			
Velocidad permitida (V _p): es la velocidad a la que las entidades regularizadoras del tránsito restringen la locomoción en el tramo (L)			
Pendiente (P%): es la inclinación del terreno o diferencia promedio de niveles entre dos puntos observados divididos entre la longitud que los separa. Está relacionada con el tipo de terreno.			
Tipo de terreno: (P _l) plano o llano (P%<5%=L), (L _u) ligeramente ondulado (5%<P%<7%=L), (M _u) moderadamente ondulado (7%<P%<15%=M), (M _u) montañoso (15%<P%<30%=H)			
Drenaje longitudinal (DL): cunetas o canales abiertos. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).			
Drenaje transversal (DT): tuberías o bóvedas. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).			
Derrumbe, cuando el terreno se suda sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), cubre la totalidad de la pista (H)			
Deslizamiento, cuando el terreno se suda sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), destrucción de la pista (H)			
Señalización vertical baja (S _v): cuando la señalización preventiva, restrictiva o informativa, existe (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)			
Señalización horizontal (S _h): cuando las líneas centrales, laterales y marcadores reflectivos, existen (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)			
Resumen fotográfico	De estación 92+952	A estación 93+048	
Vista general del tramo, lado derecho, de Guatemala hacia Occidente.		Vista general del tramo, lado derecho (vista contraria) hacia Guatemala; se puede observar escalonamiento y losas divididas por grietas.	
Mediciones de daños; se pueden observar escalonamiento de losas, separación de juntas y desgaste superficial del pavimento.		Vista general del tramo, lado derecho, de Guatemala hacia Occidente; se pueden observar losas divididas por grietas y parches > 0.50 m ² .	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 58. Valoración de sostenibilidad, segmento 3, formulario 18

Formulario No. 18	Tramo No. 3	Calzada	Der	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+100
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) = 690.00 m ²		Sub-tramo 3		
Número de losas "Cortas" 1.80m x 1.80m: 213 u		Km 90+000 Bifurcación Santa Apolonia a km 124+100, Hacia Las Trampas, Sololá.		
Ancho base: 7.20 m		De estación 94+952		
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019		A estación 95+048		
		Lado: Der		
		Tipo pavimento: Rígido		
		Temporada: Invierno/Verano		


VALORACIONES										
Importancia (*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Impacto		Rango		(*) Tanto la Importancia, como el Impacto de deterioro los define el gestor de proyectos		
Valoración	1.00	2.00	3.00	Bajo	1.00	a	3.00			
Probabilidad (*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Medio bajo	3.00	a	6.00			
Valoración	0.0-0.10	0.10-0.25	0.25-0.50	0.50-0.90	0.90-0.90	0.90-1.0	Medio alto			
	L1	L2	M1	M2	H1	H2	Alto	21.00	a	30.00

Matriz de impacto y valoraciones																
Coordenadas	N 14°46'56"		E -90°59'23"													
	Importancia	Valoración	Probabilidad	Valoración	Valoración de impacto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
						L	M	L	M	L	M	L	L	L	L	L
						Impacto medio alto										
						7.15										
1	Temperatura °C	22.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
2	V _o (km/h)	51.00	M	2.00	M1	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3	V _p (km/h)	60.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
4	Pendiente máxima y mínima (%)	± (5 a 9%)	M	2.00	M1	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	Tipo de terreno	L ₁ a M ₂	M	2.00	M1	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6	Drenaje longitudinal	M	2.00	M2	0.80	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
7	Drenaje transversal	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
8	Derrumbe	M	2.00	M1	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
9	Deslizamiento	L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
10	S _v	L	1.00	M1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
11	S _h	L	1.00	M1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
						7.15										


Temperatura promedio (Temp): frío (M, si 4<Temp<12 °C), templado (L, si 12<Temp<30 °C), cálido (H, si Temp>30 °C) aplicable a reparaciones de pavimento
 Velocidad de operación (V_o): el usuario conduce confortablemente (L, si V_o>60), el usuario reduce la velocidad (M, si 40<V_o<60), el usuario frena y no es confortable el manejo (H, si V_o<40)
 Velocidad permitida (V_p): es la velocidad a la que las entidades regularizadoras del tránsito restringen la locomoción en el tramo (L)
 Pendiente (P%): es la inclinación del terreno o diferencia promedio de niveles entre dos puntos observados divididos entre la longitud que los separa. Está relacionada con el tipo de terreno.
 Tipo de terreno: (P₁) plano o llano (P%<5%=L), (L₁) ligeramente ondulado (5%<P%<7%=L), (M₁) moderadamente ondulado (7%<P%<15%=M), (M₂) montañoso (15%<P%<30%=H)
 Drenaje longitudinal (DL): cunetas o canales abiertos. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).
 Drenaje Transversal (Dt): tuberías o bóvedas. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).
 Derrumbe, cuando el terreno se sienta sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), cubre la totalidad de la pista (H)
 Deslizamiento, cuando el terreno se sienta sobre la pista hacia ladera: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), destrucción de la pista (H)
 Señalización vertical baja (S_v): cuando la señalización preventiva, restrictiva o informativa, existe (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)
 Señalización horizontal (S_h): cuando las líneas centrales, laterales y marcadores reflectivos, existen (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)

Resumen fotográfico	De estación 94+952	A estación 95+048
---------------------	--------------------	-------------------


Vista general del tramo, lado derecho, de Guatemala hacia Occidente, se puede observar agrietamiento lineal, losas divididas por grietas y ausencia de drenaje longitudinal a la orilla de la carretera.




Vista general del tramo, lado derecho (vista contraria) hacia Guatemala, se puede observar losas divididas por grietas, parcheo > 0.50 m² y escalonamiento.



Vista general del tramo, lado derecho, de Guatemala hacia Occidente, mediciones de daños por grietas, parcheo > 0.50 m², fallas de esquina y escalonamiento.



Mediciones de daños, y escalonamiento.



Fuente: elaboración propia.



Apéndice 59. Valoración de sostenibilidad, segmento 3, formulario 19

Formulario No. 19	Tramo No. 3	Calzada Der	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+100	Sub-tramo 3	Km 90+000 Bifurcación Santa Apolonia a km 124+100, Hacia Las Trampas, Sololá.	
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) =	690.00	m ²			De estación	97+952
Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m	213	u	Tramo de muestreo		A estación	98+000
Ancho base: 7.20 m					Lado: Der	98+048
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019			Tempora	Invierno/Verano	Tipo pavimento:	Rígido

VALORACIONES						
Importancia:(*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Impacto	Rango	
Valoración	1.00	2.00	3.00	Bajo	1.00 a 3.00	
Probabilidad:(*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Medio bajo	3.00 a 6.00	
Valoración	0.0-0.10	0.10-0.25	0.25-0.50	0.50-0.80	0.80-0.90	0.90-1.0
	L1	L2	M1	M2	H1	H2

Matriz de impacto y valorizaciones																
Coordenadas		14°49'08"														
		-90°00'10"														
Importancia	Valoración	Probabilidad	Valoración	Valoración de impacto	Impacto medio alto											
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
					L	M	M	M	M	L	M	L	L	L	L	
1	Temperatura =C	22.00	L	L1	0.10	0.10										
2	V _d (Km/h)	51.00	M	M1	0.50	1.00										
3	V _p (Km/h)	60.00	L	L1	0.10	0.10										
4	Pendiente máxima y mínima (%)	± (5 a 9%)	M	M1	0.50	1.00										
5	Tipo de terreno	L ₃ a M ₂	M	M1	0.50	1.00										
6	Drenaje longitudinal		M	M2	0.80	1.60										
7	Drenaje transversal		L	L1	0.10	0.10										
8	Derrumbe		M	M1	0.50	1.00										
9	Deslizamiento		L	L2	0.25	0.25										
10	S _v		L	M1	0.50	0.50										
11	S _h		L	M1	0.50	0.50										
					7.15											

Temperatura promedio (Temp): frío (M, si 4<Temp<12 °C), templado (L, si 12<Temp<30 °C), cálido (H, si Temp>30 °C) aplicable a reparaciones de pavimento
 Velocidad de operación (V_d): el usuario conduce confortablemente (L, si V_d>60), el usuario reduce la velocidad (M, si 40<V_d<60), el usuario frena y no es confortable el manejo (H, si Vo<40)
 Velocidad permitida (V_p): es la velocidad a la que las entidades regularizadoras del tránsito restringen la locomoción en el tramo (L)
 Pendiente (P%): es la inclinación del terreno o diferencia promedio de niveles entre dos puntos observados divididos entre la longitud que los separa. Está relacionada con el tipo de terreno.
 Tipo de terreno: (P₁) plano o llano (P%<5%=L), (L₂) ligeramente ondulado (5%<P%<7%=L), (M₂) moderadamente ondulado (7%<P%<15%=M), (M₃) montañoso (15%<P%<30%=H)
 Drenaje longitudinal (DL): cunetas o canales abiertos. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).
 Drenaje Transversal (Dt): tuberías o bóvedas. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).
 Derrumbe, cuando el terreno sede sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), cubre la totalidad de la pista (H)
 Deslizamiento, cuando el terreno sede de la pista hacia ladera: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), destrucción de la pista (H)
 Señalización vertical baja (S_v): cuando la señalización preventiva, restrictiva o informativa, existe (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)
 Señalización horizontal (S_h): cuando las líneas centrales, laterales y marcadores reflectivos, existen (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)

Resumen fotográfico	De estación 97+952	A estación 98+048
Vista general del tramo, lado derecho, de Guatemala hacia Occidente, se puede observar agrietamiento lineal, losas divididas por grietas y parcheo > 0.50 m ²		Vista general del tramo, lado derecho (vista contraria) hacia Guatemala, se puede observar agrietamiento lineal, losas divididas por grietas, parcheo > 0.50 m ² y escalonamiento y ausencia de drenaje longitudinal a la orilla de la carretera
Vista general del tramo, lado derecho (vista contraria) hacia Guatemala, mediciones de daños, y escalonamiento.		Mediciones de daños, fallas de esquina y escalonamiento.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 62. Valoración de sostenibilidad, segmento 3, formulario 21

Formulario No.	21	Tramo No.	3	Caizada	Tramo:	CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+100			
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) =	690.00	Der			Sub-tramo 3	Km 90+000Bifurcación Santa Apolonia a km 124+100, Hacia Las Trampas, Sololá.			
Número de losas "Cortas" 1.80m x 1.80m	213				Tramo de muestreo	De estación	103+952	Anterior	
Ancho base: 10.80 m						A estación	104+048	Pivote	
Fechas:	01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019			Temporal	Invierno/verano	Lado:	Der	Tipo pavimento:	Rígido


VALORACIONES									
Importancia (*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Impacto	Bajo	1.00	a	3.00	(*) Tanto la Importancia, como el Impacto de deterioro los define el gestor de proyectos
Valoración	1.00	2.00	3.00	Medio bajo	3.00	a	6.00		
Probabilidad (*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Medio alto	6.00	a	21.00		
Valoración	0-0.10	0.10-0.25	0.25-0.50	Alto	21.00	a	30.00		
	L1	L2	M1	M2	H1	H2			

Matriz de impacto y valoraciones															
Coordenadas	N	14°49'57"													
	E	-91°02'27"		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
		Importancia	Valoración	Probabilidad	Valoración	Valoración de impacto	Impacto medio alto								
							7.80								
1	Temperatura (°C)	22.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
2	V _o (Kmh)	51.00	M	2.00	M1	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	V _r (Kmh)	60.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Pendiente máxima y mínima (%)	± (5 a 9%)	M	2.00	M1	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Tipo de terreno	L ₂ a M ₂	M	2.00	M1	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Drenaje longitudinal	L	L	1.00	L2	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	Drenaje transversal	L	L	1.00	L2	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	Derrumbe	H	H	3.00	H2	1.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	Deslizamiento	L	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	S _v	L	L	1.00	M1	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	S _h	L	L	1.00	M1	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
						7.80									


Temperatura promedio (Temp): frío (M, si 4<Temp<12 °C), templado (L, si 12<Temp<30 °C), cálido (H, si Temp>30 °C) aplicable a reparaciones de pavimento
 Velocidad de operación (V_o): el usuario conduce confortablemente (L, si V_o>60), el usuario reduce la velocidad (M, si 40<V_o<60), el usuario frena y no es confortable el manejo (H, si V_o<40)
 Velocidad permitida (V_p): es la velocidad a la que las entidades regularizadoras del tránsito restringen la locomoción en el tramo (L)
 Pendiente (P%): es la inclinación del terreno o diferencia promedio de niveles entre dos puntos observados divididos entre la longitud que los separa. Está relacionada con el tipo de terreno.
 Tipo de terreno: (P₁) plano o llano (P%<5%=L), (L₁) ligeramente ondulado (5%<P%<7%=L), (M₁) moderadamente ondulado (7%<P%<15%=M), (M₂) montañoso (15%<P%<30%=H)
 Drenaje longitudinal (DL): cunetas o canales abiertos. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).
 Drenaje Transversal (DT): tuberías o bóvedas. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).
 Derrumbe, cuando el terreno se desmorona sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), cubre la totalidad de la pista (H)
 Deslizamiento, cuando el terreno se desmorona hacia ladera: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), destrucción de la pista (H)
 Señalización vertical baja (S_v): cuando la señalización preventiva, restrictiva o informativa, existe (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)
 Señalización horizontal (S_h): cuando las líneas centrales, laterales y marcadores reflectivos, existen (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)

Resumen fotográfico	De estación	103+952	A estación	104+048
---------------------	-------------	---------	------------	---------


Vista general del tramo, lado derecho, de Guatemala hacia Occidente, losas divididas por grietas y parcheo > 0.50 m² con pavimento flexible.




Vista general del tramo, lado derecho (vista contraria) hacia Guatemala, se puede observar separación de juntas y escalonamiento.



Vista general del tramo, mediciones de daños; se puede observar separación de juntas, escalonamiento y desgaste superficial de pavimento.



Vista general del tramo, con riesgo de derrumbes.



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 63. Valoración de sostenibilidad, segmento 3, formulario 22





Formulario No. 22		Tramo No. 3		Calzada Der	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+100	
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) = 690.00 m ²		Número de losas "Cortas" 1.80m x 1.80m = 213 u		Sub-tramo 3 Km 90+000 Bifurcación Santa Apolonia a km 124+100, Hacia Las Trampas, Soeklá.		
Ancho base: 10.80 m		Tramo de muestreo		De estación	107+952	Anterior
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019		Tempora Invierno/Verano		A estación	108+000	Pivote
				Lado: Der	108+048	Posterior
				Tipo pavimento:		Rígido

VALORACIONES						
Importancia:(*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Impacto	Rango	
Valoración	1.00	2.00	3.00	Bajo	1.00	a 3.00
Probabilidad:(*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Medio bajo	3.00	a 6.00
Valoración	0-0.10	0.10-0.25	0.25-0.50	Medio alto	6.00	a 21.00
	L1	L2	M1	M2	H1	H2

Matriz de impacto y valorizaciones						
Coordenadas		N 14°51'10"				
		E -91°03'02"				
	Importancia	Valoración	Probabilidad	Valoración	Valoración de impacto	
					Impacto medio alto	
					8.80	
1	Temperatura (Temp)	22.00	L	L1	0.10	0.10
2	V _o (Km/h)	51.00	M	M1	0.50	1.00
3	V _p (Km/h)	60.00	L	L1	0.10	0.10
4	Pendiente máxima y mínima (%)	± (5 a 9%)	M	M1	0.50	1.00
5	Tipo de terreno	L _o a M _o	M	M1	0.50	1.00
6	Drenaje longitudinal	M	M	M2	0.80	1.60
7	Drenaje transversal	L	L	L2	0.25	0.25
8	Derumbe	H	H	H2	1.00	3.00
9	Deslizamiento	L	L	L2	0.25	0.25
10	S _v	L	L	L2	0.25	0.25
11	S _h	L	L	L2	0.25	0.25
					8.80	

Temperatura promedio (Temp): frío (M, si 4<Temp<12 °C), templado (L, si 12<Temp<30 °C), cálido (H, si Temp>30 °C) aplicable a reparaciones de pavimento
 Velocidad de operación (V_o): el usuario conduce confortablemente (L, si V_o>60), el usuario reduce la velocidad (M, si 40<V_o<60), el usuario frena y no es confortable el manejo (H, si V_o<40)
 Velocidad permitida (V_p): es la velocidad a la que las entidades regularizadoras del tránsito restringen la locomoción en el tramo (L)
 Pendiente (P%): es la inclinación del terreno o diferencia promedio de niveles entre dos puntos observados divididos entre la longitud que los separa. Está relacionada con el tipo de terreno.
 Tipo de terreno: (P_o) plano o llano (P%<5%=L), (L_o) ligeramente ondulado (5%<P%<7%=L), (M_o) moderadamente ondulado (7%<P%<15%=M), (M_o) montañoso (15%<P%<30%=H)
 Drenaje longitudinal (DL): cunetas o canales abiertos. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado u obstruido (H),
 Drenaje Transversal (DT): tuberías o bóvedas. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado u obstruido (H).
 Derumbe, cuando el terreno sede sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), cubre la totalidad de la pista (H)
 Deslizamiento, cuando el terreno sede de la pista hacia ladera: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), destrucción de la pista (H)
 Señalización vertical baja (S_v): cuando la señalización preventiva, restrictiva o informativa, existe (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)
 Señalización horizontal (S_h): cuando las líneas centrales, laterales y marcadores reflectivos, existen (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)

Resumen fotográfico	De estación 107+952	A estación 108+048
---------------------	---------------------	--------------------

<p>Vista general del tramo, lado izquierdo, de Guatemala hacia Occidente; se puede observar grietas longitudinales, parcheo >0.50 m²</p> 	<p>Vista general del tramo, lado izquierdo (vista contraria) hacia Guatemala, se puede observar escalonamiento de losas, separación de juntas, parcheo > 0.50 m² y cunetas soterradas por explotación de materiales.</p> 
<p>Mediciones de daños, se puede observar losas divididas por grietas, escalonamiento de losas y separación de juntas.</p> 	<p>Vista general del tramo, lado izquierdo, de Guatemala hacia Occidente; se puede observar escalonamiento de losas, separación de juntas, parcheo > 0.50 m² y cunetas soterradas por explotación de materiales.</p> 

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 64. Valoración de sostenibilidad, segmento 3, formulario 23

Formulario No. 23	Tramo No. 3	Calzada	Der	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+100	Km 90+000Bifurcación Santa Apolonia a km 124+100, Hacia Las Trampas, Sololá.																
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) = 690.00 m²				Número de losas "Cortas" 1.80mx1.80m: 213 u		Ancho base: 10.80 m		Tramo de muestreo		De estación	111+952	Anterior									
										A estación	112+000	Pivote									
										Lado: Der	112+048	Posterior									
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019				Temporales		Invierno/verano															

VALORACIONES																	
Importancia (*)	Baja (L)			Media (M)			Alta (H)			Impacto	Rango		(*) Tanto la Importancia, como el impacto de deterioro los define el gestor de proyectos				
	Valoración			Valoración			Valoración				Bajo	a					
Probabilidad (*)	Baja (L)			Media (M)			Alta (H)			Medio bajo	a	6.00					
	Valoración			Valoración			Valoración			Medio alto	a	21.00					
	0-0.10	0.10-0.25	0.25-0.50	0.50-0.80	0.80-0.90	0.90-1.0	L1	L2	M1	M2	H1	H2	21.00	a	30.00		

Matriz de impacto y valoraciones																	
Coordenadas	N			E													
	14°51'20"			-91°03'30"			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Importancia	Valoración	Probabilidad	Valoración	Valoración de impacto	L	M	M	M	L	L	L	L	L	L	L	
						Impacto medio alto											
						7.15											
1	Temperatura °C	22.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
2	V ₉₀ (Kmh)	51.00	M	2.00	M1	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3	V ₉₅ (Kmh)	60.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
4	Pendiente máxima y mínima (%)	± (5 a 9%)	M	2.00	M1	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	Tipo de terreno	L ₂ a M ₂	M	2.00	M1	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6	Drenaje longitudinal		M	2.00	M2	0.80	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
7	Drenaje transversal		L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
8	Derrumbe		L	1.00	M2	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
9	Deslizamiento		L	1.00	M2	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
10	S _v		L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
11	S _h		L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
						7.15											

Temperatura promedio (Temp): frío (M, si 4<Temp<12 °C), templado (L, si 12<Temp<30 °C), cálido (H, si Temp>30 °C) aplicable a reparaciones de pavimento

Velocidad de operación (V₉₀): el usuario conduce confortablemente (L, si V₉₀>60), el usuario reduce la velocidad (M, si 40<V₉₀<60), el usuario frena y no es confortable el manejo (H, si V₉₀<40)

Velocidad permitida (V₉₅): es la velocidad a la que las entidades regularizadoras del tránsito restringen la locomoción en el tramo (L)

Pendiente (P%): es la inclinación del terreno o diferencia promedio de niveles entre dos puntos observados divididos entre la longitud que los separa. Está relacionada con el tipo de terreno.

Tipo de terreno: (P₁) plano o llano (P%<5%=L), (L₁) ligeramente ondulado (5%<P%<7%=L), (M₁) moderadamente ondulado (7%<P%<15%=M), (M₂) montañoso (15%<P%<30%=H)

Drenaje longitudinal (DL): cunetas o canales abiertos. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado u obstruido (H).

Drenaje Transversal (Dt): tuberías o bóvedas. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado u obstruido (H).

Derrumbe, cuando el terreno se sienta sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), cubre la totalidad de la pista (H)


Deslizamiento, cuando el terreno se sienta sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), destrucción de la pista (H)

Señalización vertical baja (S_v): cuando la señalización preventiva, restrictiva o informativa, existe (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)


Señalización horizontal (S_h): cuando las líneas centrales, laterales y marcadores reflectivos, existen (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)

Resumen fotográfico	De estación	111+952	A estación	112+048
---------------------	-------------	---------	------------	---------


Vista general del tramo, lado izquierdo, de Guatemala hacia Occidente, se puede observar grietas longitudinales, losas divididas por grietas y parcheo >0.50 m².




Vista general del tramo, lado izquierdo (vista contraria) hacia Guatemala; se puede observar parcheo > 0.50 m², losas divididas por grietas, escalonamiento de losas separación de juntas.



Mediciones de daños, se puede observar losas divididas por grietas, escalonamiento de losas y separación de juntas.



Vista general de tramo, se puede observar desnivel en carril/bermá.



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 65. Valoración de sostenibilidad, segmento 3, formulario 24

Formulario No. 24	Tramo No. 3	Calzada	Der	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+100
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) = 690.00	213	m ²	u	Sub-tramo 3 Km 90+000 Bifurcación Santa Apolonia a km 124+100, Hacia Las Trampas, Sololá.
Número de losas "Cortas" 1.80m x 1.80m	213			De estación 114+952 Anterior
Ancho base: 10.80 m				A estación 115+048 Pivote
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019				Lado: Der Tipo pavimento: Posterior
				Rígido

VALORACIONES									
Importancia: (*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Impacto	Rango		(*) Tanto la Importancia, como el impacto de deterioro los define el gestor de proyectos		
Valoración	1.00	2.00	3.00	Bajo	1.00	a	3.00		
Probabilidad: (*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Medio bajo	3.00	a	6.00		
Valoración	0.0-0.10	0.10-0.25	0.25-0.50	Medio alto	6.00	a	21.00		
	L1	L2	M1	M2	H1	H2	30.00		

Matriz de impacto y valorizaciones												
Coordenadas	N	14°49'28"										
	E	-91°05'07"										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		L	M	L	M	L	L	M	L	L	L	L
		Importancia	Valoración	Probabilidad	Valoración	Valoración de impacto	Impacto medio bajo					
						4.80						
1	Temperatura $^{\circ}$C	22.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
2	<math>v_{50}< (km="" h)<="" math>="" td=""> <td>51.00</td> <td>M</td> <td>2.00</td> <td>M1</td> <td>0.50</td> <td>1.00</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> </math>v_{50}<>	51.00	M	2.00	M1	0.50	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
3	<math>v_{15}< (km="" h)<="" math>="" td=""> <td>60.00</td> <td>L</td> <td>1.00</td> <td>L1</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> <td>0.10</td> </math>v_{15}<>	60.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
4	Pendiente máxima y mínima (%)	$\pm (5 \text{ a } 9\%)$	M	2.00	M1	0.50	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
5	Tipo de terreno <math>l_p< <math>m_p<="" a="" math>="" math><="" td=""> <td></td> <td>M</td> <td>2.00</td> <td>M1</td> <td>0.50</td> <td>1.00</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> </math>l_p<>		M	2.00	M1	0.50	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
6	Drenaje longitudinal	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
7	Drenaje transversal	L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
8	Derrumbe	M	2.00	L2	0.25	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
9	Deslizamiento	L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
10	<math>s_v< math><="" td=""> <td>L</td> <td>1.00</td> <td>L2</td> <td>0.25</td> <td>0.25</td> <td>0.25</td> <td>0.25</td> <td>0.25</td> <td>0.25</td> <td>0.25</td> <td>0.25</td> </math>s_v<>	L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
11	<math>s_h< math><="" td=""> <td>L</td> <td>1.00</td> <td>L2</td> <td>0.25</td> <td>0.25</td> <td>0.25</td> <td>0.25</td> <td>0.25</td> <td>0.25</td> <td>0.25</td> <td>0.25</td> </math>s_h<>	L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
						4.80						

Temperatura promedio (Temp): frío (M, si $4 < \text{Temp} < 12^{\circ}\text{C}$), templado (L, si $12 < \text{Temp} < 30^{\circ}\text{C}$), cálido (H, si $\text{Temp} > 30^{\circ}\text{C}$) aplicable a reparaciones de pavimento

Velocidad de operación (V_o): el usuario conduce confortablemente (L, si $V_o > 60$), el usuario reduce la velocidad (M, si $40 < V_o < 60$), el usuario frena y no es cómodo el manejo (H, si $V_o < 40$)

Velocidad permitida (V_p): es la velocidad a la que las entidades regularizadoras del tránsito restringen la locomoción en el tramo (L)

Pendiente (P%): es la inclinación del terreno o diferencia promedio de niveles entre dos puntos observados divididos entre la longitud que los separa. Está relacionada con el tipo de terreno.

Tipo de terreno: (P_J) plano o llano (P% < 5% = L), (L_J) ligeramente ondulado (5% < P% < 7% = L), (M_J) moderadamente ondulado (7% < P% < 15% = M), (M_J) montañoso (15% < P% < 30% = H)

Drenaje longitudinal (DL): cunetas o canales abiertos. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).

Drenaje Transversal (Dt): tuberías o bóvedas. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).

Derrumbe, cuando el terreno se desmorona sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), cubre la totalidad de la pista (H)

Deslizamiento, cuando el terreno se desmorona hacia ladera: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), destrucción de la pista (H)

Señalización vertical baja (S_v): cuando la señalización preventiva, restrictiva o informativa, existe (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)

Señalización horizontal (S_h): cuando las líneas centrales, laterales y marcadores reflectivos, existen (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)



Fuente: elaboración propia.

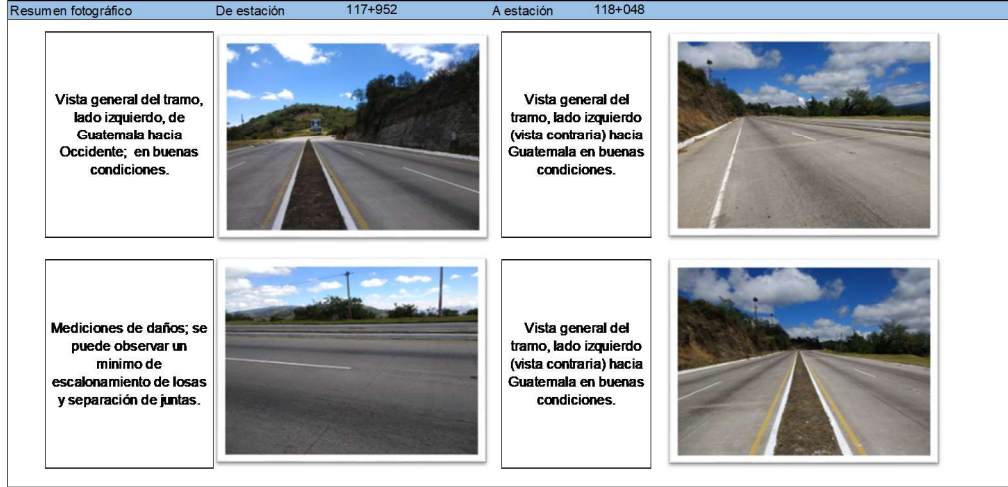
Apéndice 66. Valoración de sostenibilidad, segmento 3, formulario 25

Formulario No.	25	Tramo No.	3	Calzada	Der	Tramo:	CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+100				
Sub-tramo	3	De					Km 90+000Bifurcación Santa Apolonia a km 124+100, Hacia Las Trampas, Sololá.				
Área/sector = (230.00 m2) x (3 sectores) =	690.00	m2					De estación	117+952	Anterior		
Número de losas "Cortas" 1.80m x 1.80m	213	u					A estación	118+000	Pivote		
Ancho base:	10.80	m					Lado:	Der	118+048	Posterior	
Fechas:	01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019			Tempora	Invierno/verano					Tipo pavimento:	Rígido

VALORACIONES										
Importancia:(*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Impacto	Rango			(*) Tanto la Importancia, como el impacto de deterioro los define el gestor de proyectos		
Valoración	1.00	2.00	3.00	Bajo	1.00	a	3.00			
Probabilidad:(*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Medio bajo	3.00	a	6.00			
Valoración	0-0.10	0.10-0.25	0.25-0.50	0.50-0.80	0.80-0.90	0.90-1.0	Medio alto			
	L1	L2	M1	M2	H1	H2	Alto	21.00	a	30.00

Matriz de impacto y valoraciones										
Coordenadas		N	14°50'05"							
		E	-91°06'11"							
						1	2	3	4	5
						6	7	8	9	10
						11				
		Importancia	Valoración	Probabilidad	Valoración	Impacto medio bajo				
						4.55				
1	Temperatura °C	22.00	L	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
2	V _o (Km/h)	51.00	M	M1	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	V _p (Km/h)	60.00	L	L1	0.10	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Pendiente máxima y mínima (%)	± (5 a 9%)	M	M1	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Tipo de terreno	L ₂ a M ₃	M	M1	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Drenaje longitudinal	L	L1	L1	0.10	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	Drenaje transversal	L	L1	L2	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
8	Derrumbe	L	L1	L2	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
9	Deslizamiento	L	L1	L2	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
10	S _v	L	L1	L2	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
11	S _h	L	L1	L2	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
					4.55					

Temperatura promedio (Temp): frío (M, si 4<Temp<12 °C), templado (L, si 12<Temp<30 °C), calido (H, si Temp>30 °C) aplicable a reparaciones de pavimento
Velocidad de operación (V_o): el usuario conduce confortablemente (L, si V_o>60), el usuario reduce la velocidad (M, si 40<V_o<60), el usuario frena y no es confortable el manejo (H, si V_o<40)
Velocidad permitida (V_p): es la velocidad a la que las entidades regularizadoras del tránsito restringen la locomoción en el tramo (L)
Pendiente (P%): es la inclinación del terreno o diferencia promedio de niveles entre dos puntos observados divididos entre la longitud que los separa. Está relacionada con el tipo de terreno.
Tipo de terreno: (P₁) plano o llano (P%<5%=L), (L₂) ligeramente ondulado (5%<P%<7%=L), (M₃) moderadamente ondulado (7%<P%<15%=M), (M₄) montañoso (15%<P%<30%=H)
Drenaje longitudinal (DL): cunetas o canales abiertos. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).
Drenaje Transversal (Dt): tuberías o bóvedas. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).
Derrumbe, cuando el terreno sede sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), cubre la totalidad de la pista (H)
Deslizamiento, cuando el terreno sede sobre la pista hacia ladera: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), destrucción de la pista (H)
Señalización vertical baja (S_v): cuando la señalización preventiva, restrictiva o informativa, existe (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)
Señalización horizontal (S_h): cuando las líneas centrales, laterales y marcadores reflectivos, existen (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 67. Valoración de sostenibilidad, segmento 3, formulario 25b

Formulario No. 25 b		Tramo No. 3		Calzada lzq		Tramo: Sub-tramo 3		CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+100 Km 90+000Bifurcación Santa Apolonia a km 124+100, Hacia Las Trampas, Sololá.																																																								
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) = 690.00						m ² u		Tramo de muestreo		De estación 117+952		Anterior 118+000		Pivote		Posterior 118+048		Rígido																																														
Número de losas "Cortas" 1.80m x 1.80m: 213										A estación																																																						
Ancho base: 10.80 m										Lado: lzq		Tipo pavimento:																																																				
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019								Tempora: Invierno/verano																																																								
VALORACIONES																																																																
<table border="1"> <tr><th>Importancia:(*)</th><td>Baja (L)</td><td>Media (M)</td><td colspan="2">Alta (H)</td></tr> <tr><td>Valoración</td><td>1.00</td><td>2.00</td><td colspan="2">3.00</td></tr> </table>						Importancia:(*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)		Valoración	1.00	2.00	3.00		<table border="1"> <tr><th>Probabilidad:(*)</th><td>Baja (L)</td><td>Media (M)</td><td colspan="2">Alta (H)</td></tr> <tr><td>Valoración</td><td>0.0-0.10 L1</td><td>0.10-0.25 L2</td><td>0.25-0.50 M1</td><td>0.50-0.80 M2</td><td>0.80-0.90 H1</td><td>0.90-1.0 H2</td></tr> </table>						Probabilidad:(*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)		Valoración	0.0-0.10 L1	0.10-0.25 L2	0.25-0.50 M1	0.50-0.80 M2	0.80-0.90 H1	0.90-1.0 H2	<table border="1"> <tr><th>Impacto</th><th colspan="2">Rango</th></tr> <tr><td>Bajo</td><td>1.00</td><td>a</td><td>3.00</td></tr> <tr><td>Medio bajo</td><td>3.00</td><td>a</td><td>6.00</td></tr> <tr><td>Medio alto</td><td>6.00</td><td>a</td><td>21.00</td></tr> <tr><td>Alto</td><td>21.00</td><td>a</td><td>30.00</td></tr> </table>			Impacto	Rango		Bajo	1.00	a	3.00	Medio bajo	3.00	a	6.00	Medio alto	6.00	a	21.00	Alto	21.00	a	30.00	(*) Tanto la Importancia, como el impacto de deterioro los define el gestor de proyectos								
Importancia:(*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)																																																													
Valoración	1.00	2.00	3.00																																																													
Probabilidad:(*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)																																																													
Valoración	0.0-0.10 L1	0.10-0.25 L2	0.25-0.50 M1	0.50-0.80 M2	0.80-0.90 H1	0.90-1.0 H2																																																										
Impacto	Rango																																																															
Bajo	1.00	a	3.00																																																													
Medio bajo	3.00	a	6.00																																																													
Medio alto	6.00	a	21.00																																																													
Alto	21.00	a	30.00																																																													
Matriz de impacto y valoraciones																																																																
Coordenadas		N: 14°50'05"		E: -91°06'11"		<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>																																																										
<table border="1"> <tr><th>Importancia</th><th>Valoración</th><th>Probabilidad</th><th>Valoración</th><th>Valoración de impacto</th><td colspan="16">Impacto medio alto 7.15</td></tr> </table>						Importancia	Valoración	Probabilidad	Valoración	Valoración de impacto	Impacto medio alto 7.15																																																					
Importancia	Valoración	Probabilidad	Valoración	Valoración de impacto	Impacto medio alto 7.15																																																											
1	Temperatura $^{\circ}C$	22.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10																																											
2	V_{50}(km/h)	51.00	M	2.00	M1	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00																																											
3	V_{15}(km/h)	60.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10																																											
4	Pendiente máxima y mínima (%)	\pm (5 a 9%)	M	2.00	M1	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00																																											
5	Tipo de terreno	L_p a M_p	M	2.00	M1	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00																																											
6	Drenaje longitudinal		H	3.00	H1	0.90	2.70	0.90	2.70	0.90	2.70	0.90	2.70	0.90	2.70	0.90	2.70	0.90	2.70	0.90	2.70																																											
7	Drenaje transversal		L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25																																											
8	Derrumbe		L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25																																											
9	Deslizamiento		L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25																																											
10	S_v		L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25																																											
11	S_h		L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25																																											
						7.15																																																										
<p>Temperatura promedio (Temp): frío (M, si <math>4 < \text{Temp} < 12 </math> °C), templado (L, si <math>12 < \text{Temp} < 30 </math> °C), cálido (H, si <math>\text{Temp} > 30 </math> °C) aplicable a reparaciones de pavimento</p> <p>Velocidad de operación (<math>V_{50}</math>): el usuario conduce confortablemente (L, si <math>V_{50} > 60</math>), el usuario reduce la velocidad (M, si <math>40 < V_{50} < 60</math>), el usuario frena y no es confortable el manejo (H, si <math>V_{50} < 40</math>)</p> <p>Velocidad permitida (<math>V_{15}</math>): es la velocidad a la que las entidades regularizadoras del tránsito restringen la locomoción en el tramo (L)</p> <p>Pendiente (P%): es la inclinación del terreno o diferencia promedio de niveles entre dos puntos observados divididos entre la longitud que los separa. Está relacionada con el tipo de terreno.</p> <p>Tipo de terreno: (<math>P_L</math>) plano o llano (<math>P\% < 5\% = L</math>), (<math>L_p</math>) ligeramente ondulado (<math>5\% < P\% < 7\% = L</math>), (<math>M_p</math>) moderadamente ondulado (<math>7\% < P\% < 15\% = M</math>), (<math>M_p</math>) montañoso (<math>15\% < P\% < 30\% = H</math>)</p> <p>Drenaje longitudinal (DL): cunetas o canales abiertos. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).</p> <p>Drenaje Transversal (Dt): tuberías o bóvedas. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).</p> <p>Derrumbe, cuando el terreno se desmenuza sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), cubre la totalidad de la pista (H)</p> <p>Deslizamiento, cuando el terreno se desmenuza hacia la ladera: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), destrucción de la pista (H)</p> <p>Señalización vertical baja (<math>S_v</math>): cuando la señalización preventiva, restrictiva o informativa, existe (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)</p> <p>Señalización horizontal (<math>S_h</math>): cuando las líneas centrales, laterales y marcadores reflectivos, existen (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)</p>																																																																
Resumen fotográfico						De estación 117+952						A estación 118+048																																																				
Vista general del tramo, lado derecho, de Guatemala hacia Occidente; se puede observar escalonamiento y separación de juntas.												Vista general del tramo, lado derecho (vista contraria) hacia Guatemala, se puede observar escalonamiento y separación de juntas.																																																				
Vista general del tramo, lado derecho, de Guatemala hacia Occidente; se puede observar losas divididas por grietas, escalonamiento y separación de juntas.												Losas divididas por grietas, escalonamiento y separación de juntas.																																																				

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 68. Valoración de sostenibilidad, segmento 3, formulario 26

Formulario No. 26	Tramo No. 3	Calzada Der	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+100
Área/sector = (230.00 m2) x (3 sectores) = 690.00 m2			Sub-tramo 3
Número de losas "Cortas" 1.80m x 1.80m: 213	u	Tram o de muestreo	De estación 120+952 Anterior
Ancho base: 10.80 m			121+000 Pivote
			A estación 121+048 Posterior
		Lado: Der	Tipo pavimento: Rígido
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019		Temporal Invierno/verano	

Importancia (*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Impacto	Rango	(*) Tanto la Importancia, como el Impacto de deterioro los define el gestor de proyectos
Valoración	1.00	2.00	3.00	Bajo	1.00 a 3.00	
				Medio bajo	3.00 a 6.00	
Probabilidad (*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Medio alto	6.00 a 21.00	
Valoración	0.0-0.10	0.10-0.25	0.25-0.50	0.50-0.80	0.80-0.90	0.90-1.0
	L1	L2	M1	M2	H1	H2

Coordenadas		N	14°50'11"																			
		E	-91°07'31"																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11									
			L	M	M	L	L	L	L	L	L	L	L									
Impactancia	Valoración	Probabilidad	Valoración	Impacto medio bajo																		
				5.25																		
1	Temperatura °C	22.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
2	V _o (km/h)	51.00	M	2.00	M1	0.50	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
3	V _p (km/h)	60.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
4	Pendiente máxima y mínima (%)	± (5 a 9%)	M	2.00	M1	0.50	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
5	Tipo de terreno	L ₁ a M ₃	M	2.00	M1	0.50	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
6	Drenaje longitudinal	L	1.00	M2	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
7	Drenaje transversal	L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
8	Derrumbe	L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
9	Deslizamiento	L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
10	S _v	L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
11	S _h	L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
					5.25																	

Temperatura promedio (Temp): frío (M, si 4<Temp<12 °C), templado (L, si 12<Temp<30 °C), caliente (H, si Temp>30 °C) aplicable a reparaciones de pavimento
 Velocidad de operación (V_o): el usuario conduce confortablemente (L, si V_o>60), el usuario reduce la velocidad (M, si 40<V_o<60), el usuario frena y no es confortable el manejo (H, si V_o<40)
 Velocidad permitida (V_p): es la velocidad a la que las entidades regularizadoras del tránsito restringen la locomoción en el tramo (L)
 Pendiente (P%): es la inclinación del terreno o diferencia promedio de niveles entre dos puntos observados divididos entre la longitud que los separa. Está relacionada con el tipo de terreno.
 Tipo de terreno: (P₁) plano o llano (P%<5%=L), (L₁) ligeramente ondulado (5%<P%<7%=L), (M₁) moderadamente ondulado (7%<P%<15%=M), (M₂) montañoso (15%<P%<30%=H)
 Drenaje longitudinal (DL): cunetas o canales abiertos. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).
 Drenaje Transversal (Dt): tuberías o bóvedas. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado y obstruido (H).
 Derrumbe, cuando el terreno se cae sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), cubre la totalidad de la pista (H)
 Deslizamiento, cuando el terreno se cae hacia ladera: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), destrucción de la pista (H)
 Señalización vertical baja (S_v): cuando la señalización preventiva, restrictiva o informativa, existe (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)
 Señalización horizontal (S_h): cuando las líneas centrales, laterales y marcadores reflectivos, existen (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)

Resumen fotográfico	De estación 120+952	A estación 121+048
Vista general del tramo, lado izquierdo, de Guatemala hacia Occidente; se puede observar agrietamiento lineal de losas.		Vista general del tramo, lado derecho (vista contraria) hacia Guatemala, se puede observar parcheo > 0.50 m², y residuos de intervenciones anteriores.
Vista general del tramo, lado izquierdo, de Guatemala hacia Occidente; se puede observar escalonamiento de pavimento.		Vista general del tramo, lado izquierdo, de Guatemala hacia Occidente; se puede observar parcheo > 0.50 m², y losas divididas por grietas.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 69. Valoración de sostenibilidad, segmento 3, formulario 27





Formulario No. 27		Tramo No. 3		Calzada	Tramo: CA-01 Occidente de estación 18+815 a estación 124+100	
Área/sector = (230.00 m ²) x (3 sectores) = 690.00		Der		Sub-tramo 3		Km 90+000 Bifurcación Santa Apolonia a km 124+100, Hacia Las Trampas, Sohilá.
Número de losas "Cortas" 1.80m x 1.80m = 213		m ²		Tramo de muestreo		De estación 123+952 Anterior
Ancho base: 10.80 m		u				124+000 Pivote
Fechas: 01/08/2018, 22/12/2018 y 12/03/2019				Tempora		124+048 Posterior
				Invierno/Verano		Lado: Der Tipo pavimento: Rígido

VALORACIONES									
Importancia: (*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Impacto		Rango		(*) Tanto la importancia, como el impacto de deterioro los define el gestor de proyectos	
Valoración	1.00	2.00	3.00	Bajo	1.00	a	3.00		
Probabilidad: (*)	Baja (L)	Media (M)	Alta (H)	Medio bajo	3.00	a	6.00		
Valoración	0.0-1.0 L1	0.10-0.25 L2	0.25-0.50 M1	0.50-0.80 M2	0.80-0.90 H1	0.90-1.0 H2	21.00	a	30.00

Matriz de impacto y valoraciones														
Coordenadas		N	14°50'39"											
		E	-91°07'55"											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
			L	M	L	M	M	L	L	M	L	L	L	
			Impacto medio alto											
			7.60											
1	Temperatura (Temp)	22.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
2	V _o (Km/h)	51.00	M	2.00	M1	0.50	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
3	V _p (Km/h)	60.00	L	1.00	L1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
4	Pendiente máxima y mínima (%)	± (5 a 9%)	M	2.00	M1	0.50	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
5	Tipo de terreno	L ₂ a M ₃	M	2.00	M1	0.50	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
6	Drenaje longitudinal	M	2.00	M1	0.90	1.80	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
7	Drenaje transversal	L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
8	Derrumbe	M	2.00	M2	0.80	1.60	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
9	Deslizamiento	L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
10	S _v	L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
11	S _h	L	1.00	L2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
						7.60								

Temperatura promedio (Temp): frío (M, si 4<Temp<12 °C), templado (L, si 12<Temp<30 °C), cálido (H, si Temp>30 °C) aplicable a reparaciones de pavimento
 Velocidad de operación (V_o): el usuario conduce confortablemente (L, si V_o>60), el usuario reduce la velocidad (M, si 40<V_o<60), el usuario frena y no es cómodo el manejo (H, si V_o<40)
 Velocidad permitida (V_p): es la velocidad a la que las entidades regularizadoras del tránsito restringen la locomoción en el tramo (L)
 Pendiente (P%): es la inclinación del terreno o diferencia promedio de niveles entre dos puntos observados divididos entre la longitud que los separa. Está relacionada con el tipo de terreno.
 Tipo de terreno: (P₁) plano o llano (P%<5%=L), (L₁) ligeramente ondulado (5%<P%<7%=L), (M₁) moderadamente ondulado (7%<P%<15%=M), (M₂) montañoso (15%<P%<30%=H)
 Drenaje longitudinal (DL): cunetas o canales abiertos. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado u obstruido (H).
 Drenaje Transversal (DT): tuberías o bóvedas. Drenaje en buenas condiciones (L), drenaje parcialmente dañado u obstruido (M), drenaje totalmente dañado u obstruido (H).
 Derrumbe, cuando el terreno sede sobre la pista: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), cubre la totalidad de la pista (H)
 Deslizamiento, cuando el terreno sede de la pista hacia ladera: inhabilita un carril y otro habilitado (L), inhabilita dos carriles y carril reversible (M), destrucción de la pista (H)
 Señalización vertical baja (S_v): cuando la señalización preventiva, restrictiva o informativa, existe (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)
 Señalización horizontal (S_h): cuando las líneas centrales, laterales y marcadores reflectivos, existen (L), existe pero está dañada (M), no existe o está muy deteriorada (H)

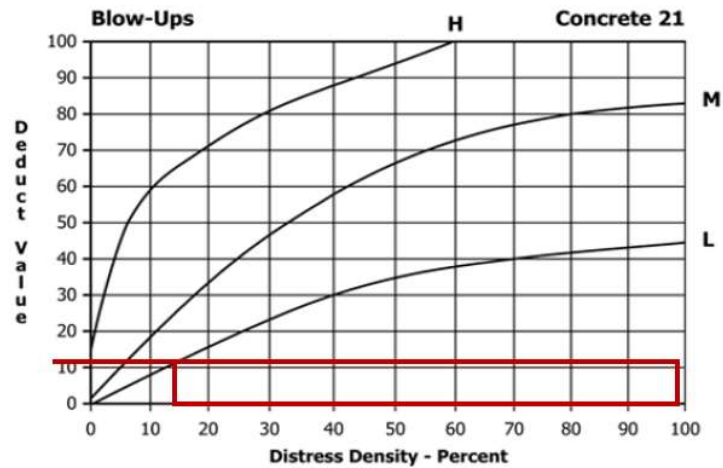
Resumen fotográfico	De estación 123+952	A estación 124+048
---------------------	---------------------	--------------------

<p>Vista general del tramo, lado izquierdo, de Guatemala hacia Occidente; se puede observar agrietamiento lineal de losas y parcheo > 0.50 m² con pavimento asfáltico.</p> 	<p>Vista general del tramo, lado izquierdo (vista contraria) hacia Guatemala; se puede observar parcheo > 0.50 m², escalonamiento de losas y separación de juntas.</p> 
<p>Vista general del tramo, lado izquierdo, de Guatemala hacia Occidente; se puede observar parcheo > 0.50 m², y deterioro en transición entre pavimento rígido a flexible.</p> 	<p>Vista general del tramo, lado izquierdo (vista contraria) hacia Guatemala; se puede observar escalonamiento de losas y separación de juntas.</p> 

Fuente: elaboración propia.

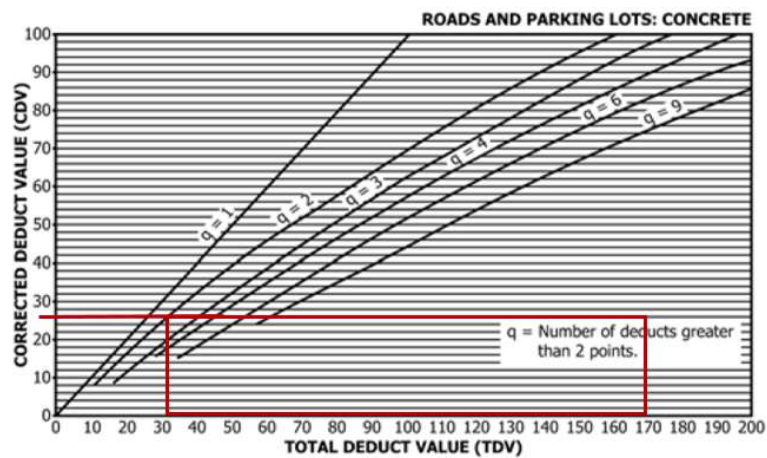
ANEXOS

Anexo 1. Cálculo gráfico del valor deducido (DV)



Fuente: ASTM International (2017). *Figura X 41, valor deducido (DV).*

Anexo 2. Cálculo gráfico del valor deducido corregido (CDV)



Fuente: ASTM International (2017). *Figura X 4.20, valor corregido deducido (CDV).*