



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**EVALUACIÓN DE DAÑOS Y DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESTADO DE LA
CARRETERA DEL TRAMO CA-02 OCCIDENTE RETALHULEU – COATEPEQUE,
UTILIZANDO LA METODOLOGÍA *PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI)* DESARROLLADA
POR LA ARMADA DE EEUU Y DIFUNDIDA EN LATINOAMÉRICA**

Roberto Calderón Cifuentes

Asesorado por el Ing. Rolando Alfredo Gutiérrez Linares

Guatemala, abril de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE DAÑOS Y DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESTADO DE LA
CARRETERA DEL TRAMO CA-02 OCCIDENTE RETALHULEU – COATEPEQUE,
UTILIZANDO LA METODOLOGÍA *PAVEMENT CONDITION INDEX* (PCI) DESARROLLADA
POR LA ARMADA DE EEUU Y DIFUNDIDA EN LATINOAMÉRICA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ROBERTO CALDERÓN CIFUENTES

ASESORADO POR EL ING. ROLANDO ALFREDO GUTIÉRREZ LINARES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ABRIL DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

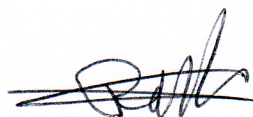
DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Fernando Villagran Osorio
EXAMINADOR	Ing. Benjamin Cifuentes Velásquez
EXAMINADOR	Ing. Juan Carlos Velásquez
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

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 DE DAÑOS Y DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESTADO DE LA
CARRETERA DEL TRAMO CA-02 OCCIDENTE RETALHULEU – COATEPEQUE,
UTILIZANDO LA METODOLOGÍA *PAVEMENT CONDITION INDEX* (PCI) DESARROLLADA
POR LA ARMADA DE EEUU Y DIFUNDIDA EN LATINOAMÉRICA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
con fecha 26 de marzo de 2012.



Roberto Calderón Cifuentes

Guatemala, 27 febrero de 2017

Ingeniero Mario Estuardo Arriola Ávila
Coordinador del Área de Topografía y Transportes
Escuela de Ingeniería Civil
Universidad de San Carlos
Guatemala

Estimado Ingeniero:

Por este medio hago constar que he asesorado y revisado el trabajo de graduación del estudiante universitario Roberto Calderón Cifuentes, titulado: **EVALUACIÓN DE DAÑOS Y DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESTADO DE LA CARRETERA DEL TRAMO CA-02 OCCIDENTE RETALHULEU – COATEPEQUE, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) DESARROLLADA POR LA ARMADA DE EEUU Y DIFUNDIDA EN LATINOAMÉRICA.**

Para lo cual, después de la realización del análisis y las correcciones debidas de dicho trabajo, considero que cumple con los requisitos requeridos para su aprobación final.

Sin otro particular, me suscribo de usted, cordialmente.



Ing. Rolando Alfredo Gutiérrez Linares
ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

ROLANDO ALFREDO GUTIERREZ LINARES
INGENIERO CIVIL
COL. 5817



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
20 de marzo de 2017

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **EVALUACIÓN DE DAÑOS Y DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESTADO DE LA CARRETERA DEL TRAMO CA-02 OCCIDENTE RETALHULEU-COATEPEQUE, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) DESARROLLADA POR LA ARMADA DE EEUU Y DIFUNDIDA EN LATINOAMÉRICA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Roberto Calderón Cifuentes, con Carnet No. 9331034 quien contó con la asesoría del Ing. Rolando Alfredo Gutiérrez Linares.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila
Coordinador del Área de Topografía y Transportes

mrrm.



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC



Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua



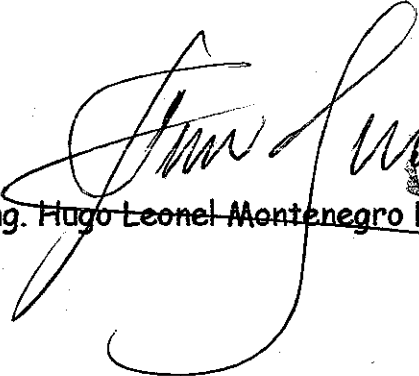
USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA


<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Rolando Alfredo Gutiérrez Linares y del Coordinador del Departamento de Topografía y Transportes Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila, al trabajo de graduación del estudiante Roberto Calderón Cifuentes **EVALUACIÓN DE DAÑOS Y DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESTADO DE LA CARRETERA DEL TRAMO CA-02 OCCIDENTE RETALHULEU - COATEPEQUE, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) DESARROLLADA POR LA ARMADA DE EEUU Y DIFUNDIDA EN LATINOAMÉRICA** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DIRECTOR
FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala, abril 2017
/mrrm.

Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua





DTG. 185.2017

El Decano 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 Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **EVALUACIÓN DE DAÑOS Y DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESTADO DE LA CARRETERA DEL TRAMO CA-02 OCCIDENTE RETALHULEU – COATEPEQUE, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) DESARROLLADA POR LA ARMADA DE EEUU Y DIFUNDIDA EN LATINOAMÉRICA**, presentado por el estudiante universitario: **Roberto Calderón Cifuentes**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, abril de 2017

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser importante en todas las etapas de mi vida.
Mis padres	Roberto de la Cruz Calderón Cárdenas, y Carmen Esperanza Cifuentes López.
Mi esposa	Zoila Beatriz Monterroso Pérez.
Mis hijos	Beatriz y Roberto (q.e.p.d).
Mis tíos	Oscar Oswaldo Cárdenas Velas y esposa. Por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
Mis hermanos	Vinicio, Roberto Carlos, Vilma, Ana Lucy, Graciela, con mucho amor.
Mis amigos	Paulo Ozaeta y Oscar Monterroso.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala Por brindarme los conocimientos para la formación de mi carrera.

Mis padres Por su esfuerzo y sacrificio para brindarme la educación que al día de hoy es un sueño cumplido.

Ingeniero Gabriel Darío Berdichesky Por su aprecio y valiosa colaboración.

Ingeniero Rolando Gutiérrez Por el apoyo brindado en la revisión y finalización de este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	1
2. COMPONENTES DE UN INVENTARIO VIAL.....	3
2.1. Carpeta asfáltica.....	3
2.2. Daños a pavimentos asfálticos.....	3
2.2.1. Fisuras y grietas.....	4
2.2.1.1. Fisuras piel de cocodrilo.....	4
2.2.1.2. Fisuras en bloque.....	6
2.2.1.3. Fisuras en arco.....	9
2.2.1.4. Fisura transversal.....	11
2.2.1.5. Fisura longitudinal.....	13
2.2.1.6. Fisura por reflexión de junta.....	14
2.2.2. Deformaciones superficiales de pavimentos asfálticos.....	16
2.2.2.1. Ahuellamiento.....	16
2.2.2.2. Corrimiento.....	18
2.2.2.3. Corrugación.....	19
2.2.2.4. Hinchamiento.....	20
2.2.2.5. Hundimiento.....	21

2.2.3.	Desintegración de los pavimentos asfálticos	23
2.2.3.1.	Bache	23
2.2.3.2.	Desintegración de bordes	24
2.2.4.	Otros deterioros.....	26
2.2.4.1.	Exudación.....	26
2.2.4.2.	Parchados	28
3.	ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO.....	31
3.1.	Determinación de los datos obtenidos para la evaluación	32
3.2.	Selección de las unidades de muestreo para inspección	33
3.3.	Evaluación de la condición del pavimento	34
3.4.	Cálculo del PCI de las unidades de muestreo	34
3.4.1.	Cálculo para carreteras con capa de rodadura asfáltica:	34
3.4.1.1.	Etapa 1. Cálculo de los valores deducidos:	34
3.4.1.2.	Etapa 2. Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos	35
3.4.1.3.	Etapa 3. Cálculo del máximo valor deducido corregido, CDV	36
3.4.1.4.	Etapa 4. Obtención del valor del PCI ...	36
3.4.2.	Cálculo del PCI para una sección de pavimento.....	36
4.	INVENTARIO VIAL Y CÁLCULO DE PCI MEDIANTE SOFTWARE DE APLICACIÓN	39
4.1.	Requerimiento de software.....	39
4.1.1.	Recurso material	40
4.1.2.	Recurso humano	40
4.2.	Configuración de software.....	41

4.3.	Recopilación de información	44
4.3.1.	Tareas preliminares	45
4.3.2.	Captura de información en campo	49
4.4.	Análisis de la información	57
4.5.	Resultados.....	62
CONCLUSIONES		77
RECOMENDACIONES.....		79
BIBLIOGRAFÍA.....		81
APÉNDICE		83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Piel de cocodrilo de severidad alta	6
2.	Fisuras en bloque de severidad alta.....	8
3.	Fisuras en arco de severidad alta	10
4.	Fisura transversal de severidad alta.....	12
5.	Fisura longitudinal severidad media	14
6.	Fisura por reflexión de junta severidad media	16
7.	Ahuellamiento severidad alta	17
8.	Corrimiento severidad media	19
9.	Corrugaciones de severidad alta.....	20
10.	Hinchamiento severidad alta	21
11.	Hundimiento severidad alta.....	22
12.	Bache severidad alta.....	24
13.	Ruptura de bordes de severidad media.....	25
14.	Exudación severidad media	27
15.	Parchado de severidad media.....	29
16.	Acceso a software de aplicación	41
17.	Configuración del inventario	42
18.	Asignación de puerto y velocidad de transmisión para GPS	43
19.	Activación de información del receptor GPS	43
20.	Funcionamiento de vídeo	44
21.	Instalación de cámara de vídeo.....	45
22.	Inversor de corriente	46
23.	Computadora portátil.....	46

24.	Antena externa para recepción de señal GPS	47
25.	Antena externa y receptor GPS de interfaz gráfica	47
26.	Conexión GPS con computadora portátil	48
27.	Conexión teclado programable con computadora portátil	48
28.	Inicio de inventario.....	49
29.	Configuración de teclado programable	50
30.	Teclado programable	51
31.	Tipo de superficie	51
32.	Ancho de carril.....	52
33.	Número de carriles	52
34.	Chequeo de funcionamiento de video.....	53
35.	Verificación de codificador de video.....	54
36.	Configuración de controlador de video	54
37.	Verificación de visualización	55
38.	Ingreso de la severidad del daño.....	56
39.	Ingreso del porcentaje del segmento	56
40.	Ejemplo de base de datos obtenida.....	57
41.	Proceso de carga de la información en la aplicación	58
42.	Visualización de la información en la aplicación en línea.....	59
43.	Visualización de la información en la aplicación en línea.....	60
44.	Proceso de generación de PCI	60
45.	Visualización de resultado del PCI.....	61
46.	Información detallada de los daños por sección	62
47.	Mapa de ubicación del tramo analizado.....	63
48.	Mapa de ubicación de los subtramos.....	64
49.	Estado del tramo 1 en la estación 186+000.....	64
50.	Estado del tramo 2 en la estación 194+200	65
51.	Estado del tramo 3 en la estación 218+700.....	65
52.	Daños registrados tramo 1 (desprendimiento y parches).....	67

53.	Daños registrados tramo 1 (baches)	67
54.	Daños registrados tramo 1 (ahuellamiento y Piel de lagarto)	68
55.	Daños registrados tramo 2 (ahuellamiento y grietas)	68
56.	Daños en tramo 2 (desprendimiento y Piel de lagarto).....	69
57.	Daños registrados tramo 2 (ahuellamiento y Piel de lagarto)	69
58.	Daños registrados tramo 3 (baches y grietas longitudinales)	70
59.	Daños registrados tramo 3 (desprendimientos)	70
60.	Daños registrados tramo 3 (Piel de lagarto)	71
61.	Resultado del cálculo del PCI para el tramo 1	72
62.	Resultado del cálculo del PCI para el tramo 2.....	73
63.	Resultado del cálculo del PCI para el tramo 3.....	74

TABLAS

I.	Severidad según el diámetro promedio de baches.....	23
II.	Rangos de calificación del <i>PCI</i>	31
III.	Subdivisión del tramo analizado.....	63
IV.	Resumen de daños y severidad observados por tramo.....	66
V.	Valores del PCI y calificación de los tramos analizados	75

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetros
m²	Metros cuadrados
mm	Milímetros
'	Pies
"	Pulgadas

GLOSARIO

Agregado	Material inerte y duro tal como grava, roca triturada escoria o arena.
Bache	Progresiva desintegración de la superficie del pavimento por pérdida de material fino desprendido de la matriz de arena, provocando una superficie de rodamiento rugosa y eventualmente pequeñas cavidades.
Bitumen	Derivado del alquitrán, negro y amorfo, que se reblandece con el calor y se utiliza como impermeabilizante y en pavimentación.
Bombeo	Expulsión de agua con agregado fino en suspensión, acumulados debajo de la losa de tránsito.
Corrugaciones	Cavidades en la superficie de la carretera en forma de tazón, cuyo diámetro promedio usualmente es menor de un metro.
Descascaramiento	Rotura superficial de la losa hasta una profundidad del orden de 5 a 15 mm.

Despostillamiento	Descomposición o desintegración de la losa de concreto y su remoción en una cierta extensión, formando una cavidad de bordes irregulares.
Exudación	Afloramiento del ligante de la mezcla asfáltica a la superficie del pavimento, formando una película continua de bitumen.
Fisuras capilares	Malla o red de fisuras superficiales muy finas, se extiende solo a la superficie del concreto; las mismas tienden a interceptarse en ángulos de 120°.
Fisura de esquina	Fracturamiento que intercepta las juntas o bordes que delimitan la losa a una distancia menor de 1,30 m a cada lado.
Fisura en bloque	Falla en la que una losa del pavimento a un lado de una junta; presenta un desnivel respecto de la losa contigua.
Fisura longitudinal	Fractura de longitud variable que se extiende a través de la superficie del pavimento, formando un ángulo aproximadamente recto con el eje de la carretera.
Fisura transversal	Fracturamiento de la losa que ocurre aproximadamente perpendicular al eje de la carretera, o en forma oblicua a este, dividiendo la misma en dos planos.

Hundimiento	Depresión o descenso de la superficie del pavimento en un área localizada.
Parche	Área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado, ya sea con un material similar o eventualmente diferente, para reparar el pavimento existente.
<i>Pavement Condition Index</i>	El índice de condición del pavimento o PCI por sus siglas en inglés, es un índice numérico entre 0 y 100 que se utiliza para determinar la condición de un pavimento en función de la clase de daños que presenta, su cantidad o densidad y la severidad del mismo.
Pulimiento	Superficie de rodamiento excesivamente lisa, por efecto de desgaste de la superficie del agregado que la compone.

RESUMEN

El presente trabajo se centra en la metodología denominada índice de condición de pavimento (PCI por sus siglas en inglés), la cual permite una evaluación completa y objetiva de los daños existentes en los pavimentos flexibles y rígidos, para determinar un valor de la condición en que se encuentran e identificar los trabajos de mantenimiento que se requerirán para su rehabilitación.

El desarrollo de la metodología se presenta utilizando software de aplicación, el cual permite un análisis de los datos recopilados en campo de una forma más rápida y eficiente, obteniéndose así resultados más objetivos y en menor tiempo que permiten una mejor toma de decisiones de los trabajos por ejecutar.

Para el estudio se realizó el inventario de daños en el tramo correspondiente a la ruta CA-02 Occidente desde Retalhuleu a Coatepeque con una longitud aproximada de 41 kilómetros, el cual fue subdividido en tres tramos para un mejor análisis de la información. Los datos obtenidos se procesaron mediante un software especializado, pudiéndose determinar que el tramo se encuentra en una condición “muy mala” por lo que requerirá trabajos extensos para su rehabilitación.

OBJETIVOS

General

Realizar la evaluación del tramo vial CA-02 Occidente Retalhuleu - Coatepeque mediante la metodología del índice de condición de pavimento utilizando software de aplicación.

Específicos

1. Enumerar y definir los distintos daños que pueden observarse en la evaluación de pavimentos y cómo estos influyen en la condición de los mismos.
2. Describir, aplicar y evaluar la utilización de una aplicación tecnológica para el registro y medición de los daños de un tramo carretero.
3. Determinar el valor del índice de condición de pavimento del tramo carretero estudiado y su calificación correspondiente
4. Optimizar la ejecución de los trabajos de ejecución de la evaluación de daños de un tramo carretero para tener una mejor administración de los recursos destinados al mantenimiento de la red vial.

INTRODUCCIÓN

Por su singular ubicación geográfica, Guatemala se encuentra expuesta a una serie de desastres naturales que pueden afectar su territorio. Cuenta con una cadena de montañas que sobrepasan los 3 500 metros sobre el nivel de mar, y más de 36 ríos de gran magnitud, con un sinnúmero de pequeños ríos y quebradas.

El país es atravesado por una gran cadena volcánica y se encuentra en la intersección de tres placas tectónicas: Norte América, Caribe y Cocos. Los movimientos relativos entre placas determinan los principales rasgos topográficos del país, la distribución de los terremotos y el crecimiento de volcanes que cada año ocasiona más de 1 000 sismos de diversas magnitudes.

Dentro de los fenómenos que influyen en la destrucción o deterioro de los tramos carreteros se encuentran los movimientos sísmicos, derrumbes y deslizamientos y desbordamiento de ríos. A esto se le suma el deterioro producido por los malos métodos de construcción de una carretera, la falta de labores de mantenimiento o por efectos del paso del tiempo.

Por estas razones, mantener el control o registros de todos los daños que pueden presentarse en una carretera requiere de métodos que permitan la obtención de resultados objetivos y precisos en el menor tiempo posible, y así poder determinar los trabajos que se necesitan para el mejor mantenimiento o reconstrucción de un tramo vial.

La metodología presentada en el siguiente trabajo proveerá información objetiva y en tiempo real para el análisis de un tramo vial, la cual se analizará para determinar su estado y poder decidir cuáles son los trabajos que se requerirán para su mantenimiento o rehabilitación.

1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

En el 2000 la República de Guatemala a través de la Dirección General de Caminos, desarrolló la implementación de un sistema de gestión de caminos no pavimentados, el cual incluye un sistema de información geográfica. Este sistema presenta la red vial no pavimentada ligada a una base de datos que contiene toda la información referente a las características y estado físico de los caminos. Además, contiene una base fílmica de cada tramo componente de la red para contar con un registro visual de la condición de los caminos y poder recorrer los mismos sin tener que movilizarse en campo.

El propósito del desarrollo de este sistema de gestión fue racionalizar procedimientos de inventario, planificación, programación y control de trabajos ejecutados en la red no pavimentada, que en ese año contenía 9 500 kilómetros.

Anteriormente, la planificación del mantenimiento de las vías no pavimentadas se ejecutaba mediante estimados que surgían de evaluaciones aproximadas que no cuentan con un respaldo unificado ni criterios técnicos y/o económicos de priorización de actividades.

2. COMPONENTES DE UN INVENTARIO VIAL

A continuación se presentan algunas de las definiciones relacionadas con los componentes de un inventario vial y los diferentes daños que pueden presentarse en las carpetas asfálticas, que ayudarán a comprender los conceptos que se tratarán en el transcurso de este trabajo.

2.1. Carpeta asfáltica

Sustancia de color negro que constituye la fracción más pesada del petróleo crudo. Se utiliza mezclado con arena o gravilla para pavimentar caminos.

2.2. Daños a pavimentos asfálticos

Estos daños afectan de diferente manera la condición y el comportamiento del pavimento. Algunos afectan las características superficiales (condiciones operativas) del pavimento, reduciendo su serviciabilidad; suele referirse a estos como defectos de superficie o daños funcionales, por cuanto no afectan la capacidad estructural del pavimento. En contraposición, otros afectan la integridad del pavimento reduciendo su habilidad para soportar las cargas del tránsito; se denominan daños estructurales y si bien afectan en grado diverso la serviciabilidad presente del pavimento, conducen más rápidamente a una pérdida de esta a mediano plazo.

Un mismo daño puede ser asociado a una u otra categoría, atendiendo al mecanismo específico que la origina. Por su importancia, al describir cada uno

de los daños y sus posibles causas, se incluyen también los elementos de juicio necesarios para su correcta valoración.

2.2.1. Fisuras y grietas

Este tipo de daños se refiere a hendiduras o aberturas no controladas que se presentan en el pavimento. Cuando afectan únicamente la superficie se denominan fisuras, mientras que si afectan a todo el espesor de la capa estructural se denominan grietas.

2.2.1.1. Fisuras piel de cocodrilo

Serie de fisuras interconectadas formando pequeños polígonos irregulares de ángulos agudos, generalmente con un diámetro promedio menor a 30 centímetros.

El fisuramiento empieza en la parte inferior de las capas asfálticas, donde las tensiones y deformaciones por tracción alcanzan su valor máximo, cuando el pavimento es solicitado por una carga. Las fisuras se propagan a la superficie, inicialmente, como una serie de fisuras longitudinales paralelas; luego por efecto de la repetición, evolucionan interconectándose y formando una malla cerrada, que asemeja el cuero de un cocodrilo.

Ocurren necesariamente en áreas sometidas al tránsito, como las huellas de canalización del tránsito. Si la base y la subbase son débiles, el fisuramiento será acompañado por ahuellamientos. Cuando el drenaje es inadecuado, el fisuramiento se presentará en primera estancia, en las huellas de canalización exteriores. En su etapa final, el agrietamiento se transforma en bache. La

misma sección del pavimento presentará fisuras y grietas de cocodrilo, ahuellamiento y baches.

Las fisuras de este tipo son causadas por la fatiga que sufren las capas asfálticas al ser sometidas a las cargas repetidas del tránsito. Por lo general, el fisuramiento indica que el pavimento ya no tiene capacidad estructural de sostener las cargas de tránsito y ha llegado al fin de su vida útil.

Se pueden presentar en tres niveles de severidad: bajo, medio y alto.

En el nivel bajo son fisuras muy finas, menores de 2 mm de ancho, paralelas con escasa interconexión, dando origen a polígonos de cierta longitud; los bordes de las fisuras no presentan despostillamiento. Para reparar daños de este nivel se puede aplicar un sello superficial o una sobrecarpeta.

En el nivel medio son fisuras finas a moderadas, de ancho menor a 5 mm, interconectadas formando polígonos pequeños y angulosos, que pueden presentar un moderado despostillamiento en correspondencia con las intersecciones. Las opciones de reparación son parcheo parcial o en toda la profundidad, sobrecarpeta o reconstrucción.

En el nivel alto, la red de fisuras ha progresado a manera de constituir una malla cerrada de pequeños polígonos bien definidos, con despostillamiento de severidad moderada a alta a lo largo de sus bordes; algunas de estas piezas pueden tener movimientos al ser sometidas al tránsito y/o pueden haber sido removidas formando baches. Las opciones de reparación son parcheo parcial o en toda la profundidad, sobrecarpeta o reconstrucción.

Las fisuras de piel de cocodrilo se miden en metros cuadrados de superficie afectada. La mayor dificultad en la medición radica en que dos o hasta tres niveles de severidad pueden existir dentro de una misma área fallada. Si estas porciones pueden ser distinguidas fácilmente, una de otra, se miden y registran separadamente. Si los distintos niveles de severidad no pueden ser divididos fácilmente, la totalidad del área se califica con la mayor severidad observada.

Figura 1. **Piel de cocodrilo de severidad alta**



Fuente: tramo San Raymundo – El Carrizal, estación 50+400.

2.2.1.2. Fisuras en bloque

Son fisuras interconectadas que forman piezas aproximadamente rectangulares, de diámetro promedio mayor de 30 cm, con un área variable de 0,10 a 9,0 m². La fisura en bloque se presenta normalmente en una gran área del pavimento y algunas veces ocurre solamente en las áreas no afectadas por el tráfico.

Son causadas principalmente por la contracción de las mezclas asfálticas debido a las variaciones diarias de temperatura. También suelen ocurrir en pavimentos bituminosos colocados sobre bases granulares estabilizadas o mejoradas con cemento *portland*, que se producen a raíz de la contracción eventual de la capa estabilizada, que se reflejan en la superficie del pavimento. A menudo es difícil constatar si las fisuras y grietas son debido a contracciones producidas en la capa de rodadura o en la base y subbase. La ausencia de tráfico tiende a acelerar la formación de estas grietas de contracción. En ocasiones se debe a cambios de volumen del agregado fino de las mezclas asfálticas con un ligante de penetración baja. Por lo general, el origen de estas fisuras no está asociado a las cargas de tráfico; sin embargo, dichas cargas incrementan la severidad de las fisuras. La presencia de fisuras en bloques generalmente es indicativa de que el asfalto se ha endurecido significativamente.

Se definen tres niveles de severidad: bajo, medio y alto.

Para el nivel bajo existen las siguientes condiciones: fisuras sin sellar, de ancho promedio a 2 mm con presencia de despostillamiento menor; fisuras selladas de cualquier ancho, con material de sello en condiciones satisfactorias que no permiten la filtración de agua. Para su reparación se puede emplear un sellado de grietas con ancho mayor a 3 mm.

Para el nivel medio existen las siguientes condiciones: fisuras sin sellar, de ancho promedio entre 2 y 5 mm; fisuras sin sellar de ancho promedio menor de 5 mm con presencia de despostillamiento menor; fisura sellada de cualquier ancho, sin despostillamiento o cuando este es breve, pero el material de sello está en condiciones insatisfactorias. Para su reparación se puede aplicar

sellado de grietas, reciclado superficial o escarificado en caliente y sobrecarpeta.

Para el nivel alto existen las siguientes condiciones: fisuras sin sellar, de ancho promedio a 5 mm; fisuras con presencia de despostillamientos severos. Para su reparación se pueden emplear los métodos de sellado de grietas, reciclado superficial o escarificado en caliente y sobrecarpeta.

Las fisuras en bloque se miden en metros cuadrados de superficie afectada. Normalmente ocurre a un nivel de severidad en una sección del pavimento, pero cuando se observe diferentes niveles de severidad se miden y registran separadamente, en caso que no se puedan diferenciar, la totalidad del área se califica con la mayor severidad observada.

Figura 2. Fisuras en bloque de severidad alta



Fuente: Asfalto, gravas y terracerías. Fallas en pavimentos.

www.asfaltogravayterracerias.com.mx/Servicios/Pavimentos/Fallas. Consulta: diciembre de 2016

2.2.1.3. Fisuras en arco

Son fisuras en forma de media luna (o más precisamente de cuarto creciente) que apuntan en la dirección de las fuerzas de tracción de las ruedas sobre el pavimento. Las fisuras en arco no necesariamente apuntan en el sentido del tránsito. Por ejemplo, si se frena el vehículo cuesta abajo, la dirección de la fisuras está cuesta arriba.

Se producen cuando los efectos de frenado o giro de las ruedas de los vehículos provocan un resbalamiento y deformación de la superficie de pavimento. Esto ocurre generalmente cuando se combinan una mezcla asfáltica de baja estabilidad y una deficiente adherencia entre la superficie y la siguiente capa de la estructura del pavimento.

La falta de riego de liga, un exceso de ligante o la presencia de polvo durante la ejecución de los riegos, son factores que con frecuencia conducen a tales fallas. Asimismo, espesores de carpeta muy reducidos sobre superficies pulidas, especialmente sobre pavimentos de concreto, suelen ser causas primarias en muchos casos.

Los niveles de severidad para este tipo de daño se clasifican en bajo, medio o alto, según las características de la fisura y el estado del pavimento que las rodea.

En el nivel bajo las fisuras son de ancho promedio inferior a 3 mm.

En el nivel medio existen algunas de las condiciones siguientes: las fisuras son de ancho promedio entre 3 y 6 mm; el área alrededor de las fisuras se

encuentra fracturada por las piezas que se encuentran bien ligadas y firmes aún.

En el nivel alto existen algunas de las condiciones siguientes: fisuras de ancho promedio mayor de 6 mm; el área alrededor de las fisuras se encuentra fracturada en trozos fácilmente removibles o que han desaparecido casi completamente.

El área asociada con una determinada fisura de arco se mide en metros cuadrados, calificándolo de acuerdo con el máximo nivel de severidad observado en dicha área. Se totalizan los metros cuadrados afectados en la sección o muestra, separadamente según el nivel de severidad

Figura 3. Fisuras en arco de severidad alta



Fuente: Hechos de tránsito. Daños en las vías. <http://hechosdetransito.com/danos-en-las-vias>.

Consulta: diciembre de 2016

2.2.1.4. Fisura transversal

Es una fracturación de longitud variable que se extiende a través de la superficie del pavimento, formando un ángulo aproximadamente recto con el eje de la carretera. Puede afectar todo el ancho del carril como limitarse a los 0,60 m próximos al borde del pavimento. Usualmente, este tipo de daños no está asociado con cargas.

Las posibles causas incluyen contracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad, debido a un exceso de *filler*, envejecimiento asfáltico, etcétera, particularmente reflexión de grietas en la capa subyacente, incluyendo pavimentos de concreto, con excepción de la reflexión de sus juntas. También la defectuosa ejecución de las juntas transversales de construcción de las capas asfálticas de superficie, ante la baja temperatura y gradientes térmicos importantes.

Se definen tres niveles de severidad: bajo, medio y alto.

En el nivel bajo existen las condiciones siguientes: fisuras sin sellar, de ancho promedio inferior a 3 mm sin ramificaciones; fisuras selladas de cualquier ancho, con material de sello en condición satisfactoria.

En el nivel medio existen las condiciones siguientes: fisuras sin sellar, de ancho promedio entre 3 y 6 mm; fisuras sin sellar, de ancho promedio menor de 6 mm que evidencian ramificaciones, es decir, rodeadas de fisuras finas erráticas. Para su reparación se debe realizar un sellado de grietas.

En el nivel alto existen las condiciones siguientes: fisuras sin sellar de ancho promedio mayor de 6 mm; cualquier fisura, sellada o no, con

ramificaciones constituidas por fisuras erráticas, moderadas a severas, próximas a la misma, con tendencia a formar una malla, o bien, que evidencien un despostillamiento severo. Para reparar este tipo de daño se requiere de un sellado de grietas o parcheo parcial.

Las fisuras transversales se miden en metros lineales. La longitud y severidad de cada fisura debe registrarse después de su identificación. Si la fisura no tiene el mismo nivel de severidad en toda su extensión, cada porción debe ser registrada separadamente evidenciando un diferente nivel de severidad. Se totaliza el número de metros lineales observados en la sección o muestra. Si ocurren abultamientos o hundimientos en la fisura, estos daños también deben registrarse por separado.

Figura 4. **Fisura transversal de severidad alta**



Fuente: US Department of Transportation. *Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Program*. p. 9

2.2.1.5. Fisura longitudinal

Es la fracturación que se extiende a través de la superficie del pavimento, paralelamente al eje de la carretera, puede localizarse en las huellas de canalización de tránsito, en el eje o en los bordes del pavimento. La ubicación de la fisura es indicativa de la causa más probable.

Las posibles causas incluyen: fatiga por debilidad estructural, defectuosa ejecución de las juntas longitudinales de construcción, contracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad ante gradientes térmicos importantes, reflexión de fisuras causadas por grietas existentes por debajo de la superficie de rodamiento; deficiente confinamiento lateral por falta de hombros y cordones o bordillos que provocan un debilitamiento del pavimento en correspondencia con el borde.

Este tipo de daño puede ocurrir a una distancia de 0,30 a 0,60 m del borde del pavimento presentándose tres niveles de severidad: bajo, medio y alto.

Para el nivel bajo existen las condiciones siguientes: fisuras sin sellar, de ancho promedio inferior a 3 mm sin ramificaciones; fisuras selladas de cualquier ancho, con material de sello en condición satisfactoria.

Para el nivel medio existen las condiciones siguientes: fisuras sin sellar, de ancho promedio entre 3 y 6 mm; fisuras sin sellar, de ancho promedio menor de 6 mm que evidencian ramificaciones, es decir, rodeadas de fisuras finas erráticas.

En el nivel alto existen las condiciones siguientes: fisuras sin sellar de ancho promedio mayor de 6 mm; cualquier fisura, sellada o no, con ramificaciones constituidas por fisuras erráticas, moderadas a severas,

próximas a la misma, con tendencia a formar una malla, o bien, que evidencien un despostillamiento severo.

Las fisuras longitudinales se miden en metros lineales. La longitud y severidad de cada fisura debe registrarse después de su identificación. Si la fisura no tiene el mismo nivel de severidad en toda su extensión, cada porción debe ser observada en la sección o muestra por separado.

Figura 5. **Fisura longitudinal severidad media**



Fuente: US Department of Transportation. *Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Program*. p. 8

2.2.1.6. Fisura por reflexión de junta

Se presenta solo en pavimentos mixtos constituidos por una superficie asfáltica sobre un pavimento de concreto con juntas. Consiste en la propagación ascendente de las juntas del pavimento de concreto hacia la superficie asfáltica. Como consecuencia, por efecto de la reflexión, se observan en la superficie fisuras longitudinales y/o transversales que tienden a reproducir las juntas longitudinales y transversales de las losas inferiores.

Son causadas principalmente por el movimiento de las losas de concreto, como resultado de cambios de temperaturas o cambios en los contenidos de humedad. Las grietas por reflexión se propagan dentro de la capa asfáltica, como consecuencia directa de una concentración de tensiones; asimismo, si por la aplicación de las cargas de tránsito las losas experimentan deflexiones verticales importantes en las juntas, la reflexión se produce con mayor rapidez. El tránsito puede producir la rotura de la capa asfáltica en la proximidad de las fisuras reflejadas, resultando en peladuras y eventualmente baches.

Se definen los niveles de severidad bajo y alto, de acuerdo con las características de las fisuras. En el nivel bajo existen las condiciones siguientes: fisuras sin sellar de ancho promedio inferior a 5 mm sin descascaramiento o despostillamiento de sus bordes; fisuras selladas de cualquier ancho, con el material de sello en condición satisfactoria que no provocan golpeteo cuando se circula en vehículo sobre el pavimento.

En el nivel alto existen las condiciones siguientes: cualquier fisura, sellada o no, rodeada por un moderado o severo agrietamiento de la superficie, o que evidencie rotura y desprendimiento de parte del material asfáltico en la proximidad de la mismas; fisuras sin sellar de ancho promedio mayor a 15 mm.

Las fisuras por reflexión de juntas se miden en metros lineales. La longitud y nivel de severidad de cada fisura se registra separadamente; se totalizan los metros lineales registrados para cada nivel de severidad en la sección. Para su reparación se puede aplicar sellado de grietas, parcheo de profundidad parcial o reconstrucción de la junta.

Figura 6. **Fisura por reflexión de junta severidad media**



Fuente: CORREDOR, Gustavo. *Diseño de pavimentos I: evaluación de pavimentos*. p. 66

2.2.2. Deformaciones superficiales de pavimentos asfálticos

Estos daños se refieren a los no afectan a la estructura de los pavimentos asfálticos, sino únicamente a la superficie de los mismos.

2.2.2.1. Ahuellamiento

El ahuellamiento es una depresión en la superficie de las huellas de las ruedas. Puede presentarse el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del ahuellamiento, pero, en muchos casos, este solo es visible después de la lluvia, cuando las huellas estén llenas de agua. El ahuellamiento se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o la sub-rasante, usualmente producida por consolidación o movimiento lateral de los materiales debidos a la carga del tránsito. Un ahuellamiento importante puede conducir a una falla estructural considerable del pavimento.

La severidad del ahuellamiento se determina en función de la profundidad de la huella, midiendo esta con una regla de 1,20 m de longitud colocada transversalmente al eje de la carretera; la medición se efectúa donde la profundidad es mayor, promediando los resultados obtenidos a intervalos de 3 m a lo largo de la huella.

Se identifican tres niveles de severidad: bajo, medio y alto.

En el nivel bajo la profundidad promedio es menor de 10 mm y su reparación requiere de fresado y sobrecarpeta. En el nivel medio la profundidad promedio es entre 10 y 25 mm. El daño puede ser reparado mediante un parcheo parcial o profundo, o un la aplicación de fresado y sobrecarpeta. En el nivel alto la profundidad promedio es mayor de 25 mm. El daño puede ser reparado mediante un parcheo parcial o profundo, o un la aplicación de fresado y sobrecarpeta

Figura 7. **Ahuellamiento severidad alta**



Fuente: *US Department of Transportation. Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Program.* p 15.

2.2.2.2. Corrimiento

Distorsiones de la superficie del pavimento por desplazamiento de la mezcla asfáltica, a veces acompañados por levantamientos de material formando "cordones", principalmente laterales, o bien por desplazamiento de la capa asfáltica sobre la superficie subyacente, generalmente acompañada de un levantamiento hacia el eje de la carretera. Típicamente puede identificarse a través de la señalización horizontal del pavimento, observando demarcación de los carriles, por efecto de corrimiento.

Los corrimientos también ocurren cuando pavimentos de concreto asfáltico confinan pavimentos de concreto de cemento Portland. En ocasiones son provocados por las cargas del tránsito, actuando sobre mezclas asfálticas poco estables, ya sea por exceso de asfalto, falta de vacíos, o bien, por falta de confinamiento lateral. La inadecuada ejecución del riego de liga o imprimación no permite una adecuada adherencia entre la capa asfáltica de rodadura y la subyacente, originando mayor posibilidad de corrimiento.

Se definen tres niveles de severidad: bajo, medio y alto.

En el nivel bajo el corrimiento es perceptible, causa cierta vibración o balanceo en el vehículo, sin generar incomodidad.

En el nivel medio el corrimiento causa una significativa vibración o balanceo al vehículo, que genera cierta incomodidad.

En el nivel alto el corrimiento causa a vehículos un excesivo balanceo que genera una sustancial incomodidad y/o riesgo para la seguridad de circulación, siendo necesaria una sustancial reducción de la velocidad.

Los corrimientos se miden en metros cuadrados de área afectada, registrándose separadamente de acuerdo con su severidad. Las opciones para la reparación de este daño incluyen: fresado y parcheo parcial o profundo.

Figura 8. **Corrimiento severidad media**



Fuente: Pavement Interactive. *Pavement Distresses*.

www.pavementinteractive.org/article/general-guidancepavement-distress. Consulta: diciembre de 2016

2.2.2.3. Corrugación

Serie de ondulaciones constituidas por cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m a lo largo del pavimento. Este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base inestables

Las corrugaciones de nivel bajo causan cierta vibración en el vehículo, sin llegar a generar incomodidad. En el nivel medio, la corrugación causa una significativa vibración en el vehículo, que genera cierta incomodidad. En el nivel

alto, la corrugación causa una vibración excesiva y continua en el vehículo, que genera una sustancial incomodidad y/o riesgo para la circulación de vehículos, siendo necesaria una reducción en la velocidad por seguridad.

La corrugación se mide en metros cuadrados, registrando el área total afectada en la muestra o sección de acuerdo con su severidad.

Figura 9. **Corrugaciones de severidad alta**



Fuente: Federal Aviation Administration. *Distress Guide. Roadway Distresses*. p 12

2.2.2.4. Hinchamiento

Es el abultamiento o levantamiento localizado en la superficie del pavimento, generalmente en la forma de una onda que distorsiona el perfil de la carretera. Es causado fundamentalmente por la expansión de los suelos de subrasante del tipo expansivo y en muchos casos pueden estar acompañado por el fisuramiento de la superficie.

Según su incidencia en la comodidad de manejo, se definen tres niveles de severidad: bajo, medio y alto. En el nivel bajo existe poca incidencia en la comodidad de manejo, apenas perceptible a la velocidad de operación promedio. En el nivel medio se presenta una moderada incidencia en la comodidad de manejo que obliga a disminuir la velocidad de circulación. En el nivel alto se presenta mucha incidencia en la comodidad de manejo, condiciona la velocidad de circulación y produce una severa incomodidad con peligro para la circulación.

Los hinchamientos se miden en metros cuadrados de la superficie afectada, registrando separadamente según su severidad. Para su reparación se requiere normalmente de una reconstrucción total del tramo afectado.

Figura 10. **Hinchamiento severidad alta**



Fuente: Federal Aviation Administration. *Distress Guide. Roadway Distresses*. p 12

2.2.2.5. Hundimiento

Es la depresión o descenso de la superficie del pavimento en un área localizada del mismo. Los hundimientos son causados por asentamientos de la fundación, deficiencias durante la construcción o falta de un continuo

mantenimiento a los drenes. La heterogeneidad constructiva puede provocar, desde simples descensos de nivel, hasta insuficiencia de espesor o estabilidad de los materiales.

Se definen tres niveles de severidad: bajo, medio y alto. En el nivel bajo hay poca incidencia en la comodidad de manejo, apenas perceptible a la velocidad de operación promedio. En el nivel medio se presenta moderada incidencia en la comodidad de manejo que obliga a disminuir la velocidad de circulación. En el nivel alto se presenta mucha incidencia en la comodidad de manejo, requiriéndose reducir la velocidad por razones de seguridad.

El hundimiento se mide en metros cuadrados, registrando separadamente cada daño según su severidad. Para su reparación se requiere de fresado en frío o parcheo profundo.

Figura 11. **Hundimiento severidad alta**



Fuente: Federal Aviation Administration. *Distress Guide. Roadway Distresses*. p 14

2.2.3. Desintegración de los pavimentos asfálticos

Estas fallas consisten en la rotura del pavimento en pequeños fragmentos sueltos, incluyendo también las partículas del agregado que se desalojan.

2.2.3.1. Bache

Es la desintegración total de la superficie de rodadura que puede extenderse a otras capas del pavimento, formando una cavidad de bordes y profundidades irregulares.

Los baches se producen por conjunción de varias causas: fundaciones y capas inferiores inestables, espesores insuficientes, defectos constructivos, retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas. La acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento y/o fundación que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento.

Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano, alto) en función del área afectada y de la profundidad del bache, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla I. **Severidad según el diámetro promedio de baches**

	Diámetro promedio del bache (cm)		
Profundidad (cm)	Menor a 35	Entre 35-70	Mayor a 70
Menor de 2,5	Baja	Baja	Media
Entre 2,5 a 5,0	Baja	Mediana	Alta
Mayor que 5,5	Media	Alta	Alta

Fuente: elaboración propia.

Los baches descubiertos pueden medirse alternativamente: contando el número de baches con niveles de severidad baja, moderada y alta, registrando estos separadamente, y computándolos en metros cuadrados de superficie afectada, registrando separadamente las áreas, según su nivel de severidad. Para su reparación se requiere de un parcheo parcial o profundo.

Figura 12. **Bache severidad alta**



Fuente: Hechos de tránsito. Daños en las vías. <http://hechosdetransito.com/danos-en-las-vias>.

Consulta: diciembre de 2016

2.2.3.2. Desintegración de bordes

Consiste en la progresiva destrucción de los bordes del pavimento por la acción del tránsito. Se hace particularmente manifiesto en pistas con hombros no pavimentados, en las que existe una significativa porción de vehículos que acceden del hombro al pavimento o en el sentido contrario.

La causa primaria es la acción localizada del tránsito, tanto por su efecto abrasivo como por el poder destructivo de las cargas, sobre el extremo del

pavimento donde la debilidad de la estructura es mayor debido al menor confinamiento lateral o la deficiente compactación del borde.

Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano y alto) de acuerdo con el estado del pavimento en los 0,50 m contiguos al mismo. En el nivel bajo se observan fisuras paralelas al borde, de severidad baja o moderada, sin signos de peladuras, desintegración y canales de erosión. En el nivel medio se observan fisuras paralelas al borde, de severidad alta, y/o peladuras de cualquier tipo, sin llegar a la rotura o desintegración total de los mismos. En el nivel alto se observa una considerable desintegración total de los bordes, con importantes sectores removidos por el tránsito; el borde resulta serpenteante, reduciendo el ancho de la calzada.

Las desintegraciones de bordes se miden en metros cuadrados, totalizando separadamente las longitudes dañadas en la muestra o sección de acuerdo con su severidad.

Figura 13. **Ruptura de bordes de severidad media**



Fuente: Federal Aviation Administration. *Distress Guide. Roadway Distresses*
<https://faapaveair.faa.gov/Help/Documents/roadwaydistressesac.htm>. Consulta: diciembre de

2016

2.2.4. Otros deterioros

En esta sección se presentan aquellos daños que no pueden clasificarse en las demás categorías.

2.2.4.1. Exudación

Consiste en el afloramiento de un material bituminoso de la mezcla asfáltica a la superficie del pavimento, formando una película continua de ligante, creando una superficie brillante, reflectante, resbaladiza y pegajosa durante el tiempo cálido.

La exudación es causada por un excesivo contenido de asfalto en las mezclas asfálticas y/o sellos bituminosos. Ocurre en mezclas con un porcentaje de vacíos deficientes, durante épocas calurosas. El ligante dilata, llena los vacíos y aflora a la superficie, dejando una película de bitumen en la superficie. Dado que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto se acumula en la superficie.

Se definen tres niveles de severidad: bajo, medio y alto.

En el nivel bajo se hace visible la coloración algo brillante de la superficie, por efecto de pequeñas migraciones de asfalto, aún aisladas.

En el nivel medio existe una característica con exceso de asfalto libre que forma una película continua en las huellas de canalización del tránsito; la superficie se torna pegajosa a los zapatos y neumáticos de los vehículos en días cálidos.

En el nivel alto existe una cantidad significativa de asfalto libre, le da a la superficie un aspecto "húmedo", de intensa coloración negra; superficie pegajosa o adhesiva a los zapatos y neumáticos de los vehículos en días cálidos.

La exudación del asfalto se mide en metros cuadrados de superficie afectada, registrando separadamente según su severidad. Cuando se computa como exudación de asfalto, dicha área no debe ser considerada como pulimiento de superficie.

Para reparar este tipo de daño se puede emplear una aplicación de arena, agregados y cilindrado (precalentando si fuera necesario).

Figura 14. **Exudación severidad media**



Fuente: Federal Aviation Administration. Distress Guide. Roadway Distresses
<https://faapaveair.faa.gov/Help/Documents/roadwaydistressesac.htm> Consulta: diciembre de 2016

2.2.4.2. Parchados

Un parche es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado, ya sea con material similar o diferente, para reparar el pavimento existente. También un parchado por reparación de servicios públicos es un parche que se ha ejecutado para permitir la instalación o mantenimiento de algún tipo de servicio público subterráneo.

Los parchados disminuyen el nivel de servicio de la carretera, al tiempo que pueden constituir un indicador, tanto de la intensidad de mantenimiento demandado por una carretera, como de la necesidad de reforzar la estructura de la misma. En general, las áreas parchadas tienen un comportamiento inferior al pavimento original y en muchos casos son el origen de una mayor rugosidad del pavimento o de nuevas fallas en el mismo o en el área adyacente, particularmente cuando su ejecución es defectuosa. Los parches por reparaciones de servicios públicos se deben a causas diferentes.

Se definen tres niveles de severidad: bajo, medio y alto.

En el nivel bajo el parche se comporta satisfactoriamente, con muy poco o ningún deterioro. En el nivel medio el parche se encuentra moderadamente deteriorado; se evidencia un moderado deterioro alrededor de sus bordes. En el nivel alto el parche está severamente dañado. La extensión o severidad de estos daños indican una condición de falla, siendo necesario el reemplazo del parche.

Los parchados se miden en metros cuadrados de área afectada, se registran separadamente de acuerdo con su nivel de severidad. En un mismo parche pueden diferenciarse áreas con distinto nivel de severidad. Si una gran

extensión del pavimento ha sido reemplazada en forma continua (por ejemplo, reconstruyendo toda una intersección), esta área no debe registrarse como parchado.

Figura 15. **Parchado de severidad media**



Fuente: Hechos de tránsito. Daños en las vías. <http://hechosdetransito.com/danos-en-las-vias>.

Consulta: diciembre de 2016

3. ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

El deterioro de la estructura del pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo.

La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados presentaba grandes problemas, debido al gran número de posibles condiciones que puede presentarse en un tramo a analizar. Para superar esta dificultad se introdujeron los valores deducidos, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento.

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

Tabla II. Rangos de calificación del *PCI*

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

Fuente: elaboración propia.

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada daño presentada. 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.

3.1. Determinación de los datos obtenidos para la evaluación

En la evaluación de una red vial puede tenerse un número muy grande de unidades de muestreo cuya inspección demandará tiempo y recursos considerables; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de muestreo.

En la evaluación de un proyecto se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la ecuación que se presenta a continuación, la cual produce un estimado del PCI ± 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95 %.

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

Donde:

n: número mínimo de unidades de muestreo por evaluar

N: número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento

e: error admisible en el estimativo del PCI de la sección ($e=5$)

σ : desviación estándar del PCI entre las unidades

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar (σ) del PCI de 10 para pavimentos asfálticos.

Cuando el número mínimo de unidades por evaluar es menor que 5 ($n < 5$), todas las unidades deben evaluarse.

3.2. Selección de las unidades de muestreo para inspección

Se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar.

El intervalo de muestreo (i) se expresa mediante la siguiente ecuación:

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

Donde:

N: número total de unidades de muestreo disponible.

n: número mínimo de unidades para evaluar.

I: intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior.

El inicio al azar se selecciona entre las unidades de muestreo 1 y el intervalo de muestreo i .

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

De este modo, si la unidad inicial de muestreo para inspección es 2 y el intervalo (i) es igual a 3, las subsiguientes unidades de muestreo por inspeccionar serían 5, 8, 11, y 14 sucesivamente.

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

3.3. Evaluación de la condición del pavimento

El procedimiento varía de acuerdo con el tipo de superficie del pavimento que se inspecciona. Debe seguirse estrictamente la definición correspondiente a cada uno de los daños que son susceptibles de análisis para obtener un valor del PCI confiable.

3.4. Cálculo del PCI de las unidades de muestreo

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

3.4.1. Cálculo para carreteras con capa de rodadura asfáltica:

Para el cálculo del índice de condición de pavimento de carpetas asfálticas se debe seguir el proceso que se describe a continuación.

3.4.1.1. Etapa 1. Cálculo de los valores deducidos:

Se debe totalizar cada tipo y nivel de severidad de daño y registrarlo en la columna total del formato. El daño puede medirse en área, longitud o por número según su tipo.

Se divide la cantidad de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el área total de la unidad de muestreo y se expresa el resultado como porcentaje. Se determina el valor deducido para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas valor deducido del daño que se adjuntan en los anexos de este trabajo, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

3.4.1.2. Etapa 2. Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos

Si ninguno o tan solo uno de los valores deducidos es mayor que 2, se usa el valor deducido total en lugar del mayor valor deducido corregido CDV, obtenido en la etapa 4.

Listar los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.

Determinar el número máximo admisible de valores deducidos (m), utilizando la siguiente ecuación:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i) \text{ para carreteras pavimentadas}$$

Donde:

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

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

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

3.4.1.3. Etapa 3. Cálculo del máximo valor deducido corregido, CDV

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

Paso 1. Determine el número de valores deducidos, denominado q , que sean mayores que 2,0.

Paso 2. Determine el valor deducido total sumando todos los valores deducidos individuales.

Paso 3. Determine el CDV utilizando el valor de q obtenido y el valor deducido total en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.

Paso 4. Reduzca a 2,0 el valor de los valores deducidos individuales que sea mayor que 2,0 y repita los pasos 1, 2 y 3 hasta que el valor de q sea valor igual a 1.

3.4.1.4. Etapa 4. Obtención del valor del PCI

Se calcula el PCI de la unidad evaluada restando de 100 el máximo CDV obtenido en la etapa 3.

3.4.2. Cálculo del PCI para una sección de pavimento

Una sección del pavimento abarca varias unidades de muestreo. Si todas las unidades de muestreo son inventariadas, el PCI de la sección será el promedio de los PCI calculados en las unidades de muestreo.

Si se utilizó la técnica de muestreo, se emplea otro procedimiento. Si la selección de las unidades de muestreo para inspección se hizo mediante la técnica aleatoria sistemática o con base en la representatividad de la sección, el PCI será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo inspeccionadas. Si se usaron unidades de muestreo adicionales se usa un promedio ponderado calculando de la siguiente forma:

$$PCI_S = \frac{[(N - A) \times PCI_R] + (A \times PCI_A)}{N}$$

Donde:

PCI_S: PCI de la sección del pavimento

PCI_R: PCI promedio de las unidades de muestreo representativas

PCI_A: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales

N: número total de unidades de muestreo en la sección

A: número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas

4. INVENTARIO VIAL Y CÁLCULO DE PCI MEDIANTE SOFTWARE DE APLICACIÓN

4.1. Requerimiento de software

El software utilizado es un programa de computadora especialmente diseñado para realizar el monitoreo de proyectos de infraestructura, utilizando la metodología de levantamiento de datos en tiempo real dentro de un vehículo en movimiento. Para ello se combina el software, la tecnología de posicionamiento global y otros dispositivos que facilitan el registro y ubicación de los elementos.

Además de procesar la señal del *GPS*, el software es sensible a un teclado especialmente programado para registrar las características y daños de los elementos de infraestructura definidos en gabinete. Cada vez que una tecla es presionada, el programa solicita que el usuario introduzca la información que tiene configurada previamente para esa tecla en particular; registrándola junto con la distancia, hora y coordenadas del punto específico donde se presionó la tecla.

Ya que en el campo el programa controla la naturaleza y tipo de información que se registra, los problemas de falta de uniformidad e integridad de la información que se realizan de la manera tradicional, son prácticamente eliminados. Sin embargo, la capacitación previa de los usuarios del software es de suma importancia.

En los apartados siguientes se describen los requerimientos del programa, así como los pasos para su configuración y la metodología que deberá seguirse al momento de realizar el monitoreo con este software.

Para realizar el monitoreo utilizando el software de aplicación, es necesario conformar una brigada de campo que cuente con los recursos materiales y humanos que se detallan a continuación:

4.1.1. Recurso material

Los recursos materiales requeridos en brigada de inventario son los siguientes:

- Vehículo
- Computadora portátil
- Receptor *GPS*
- Cable mixto para la alimentación y comunicación con el *GPS*
- Antena activa para *GPS*
- Teclado programable
- Inversor de corriente *DC/AC*
- Adaptador doble para encendedor de cigarrillos
- Base para montaje

4.1.2. Recurso humano

El recurso humano requerido en brigada para realizar los trabajos de monitoreo es un piloto y dos técnicos evaluadores

Para el monitoreo del proyecto la brigada contará con un piloto, quien deberá tener experiencia en la conducción de vehículos de doble transmisión tanto en caminos pavimentados como de terracería. Deberá tener un buen conocimiento de la red vial por evaluar.

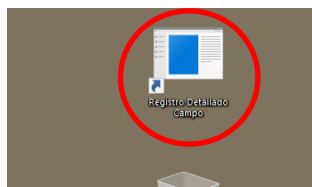
La brigada contará con dos técnicos valuadores quienes serán los encargados de interpretar la información recopilada en el trayecto y registrarla en la computadora portátil. Por tal razón es necesario que sean ingenieros civiles graduados o egresados; preferentemente con experiencia en la naturaleza de las obras de infraestructura a supervisar. Deberán también tener conocimientos básicos de operación de computadoras y manejar proporciones.

4.2. Configuración de software

Luego de la instalación del equipo, se procede a la configuración del software de aplicación siguiendo los pasos que deben repetirse cada vez que se ejecute el programa y que se describen a continuación:

- Ingresar al programa, dando doble clic en el icono que aparece en el escritorio denominado “registro detallado campo”.

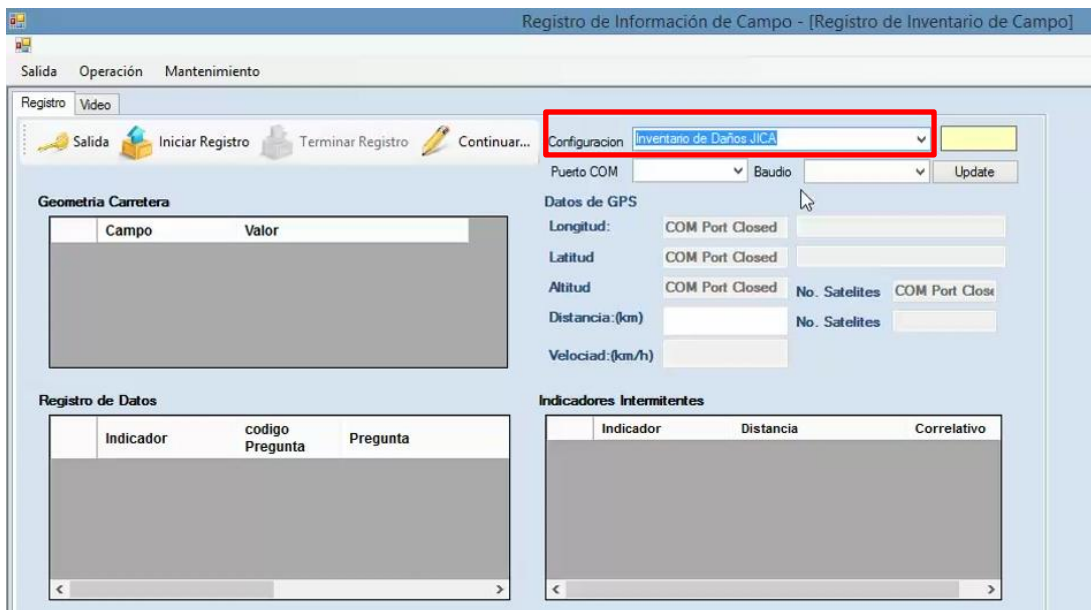
Figura 16. **Acceso a software de aplicación**



Fuente: elaboración propia.

- Al cargar la pantalla principal, se presentan dos pestañas principales denominadas “registro” y “video”. En la pestaña de “registro” se debe ir a la opción “configuración”, donde se selecciona el tipo de configuración de la lista desplegable que se presenta según el tipo de monitoreo que se vaya a realizar. De esta forma la aplicación identificará las preguntas que debe ir mostrando en el transcurso del inventario para poder registrar los daños que se presenten y realizar los cálculos posteriores.

Figura 17. **Configuración del inventario**



Fuente: elaboración propia.

- A continuación se debe realizar la configuración del receptor GPS. Se asigna el puerto COM correspondiente a la conexión realizada y se selecciona la velocidad de transmisión en baudios, según el modelo del receptor.

Figura 18. Asignación de puerto y velocidad de transmisión para GPS



Fuente: elaboración propia.

- Luego se selecciona el botón *Update* y aparecerá la información capturada por el receptor de GPS: altitud, latitud, longitud, número de satélites, distancia y velocidad; esto indica que el *GPS* cuenta con señal de satélite.

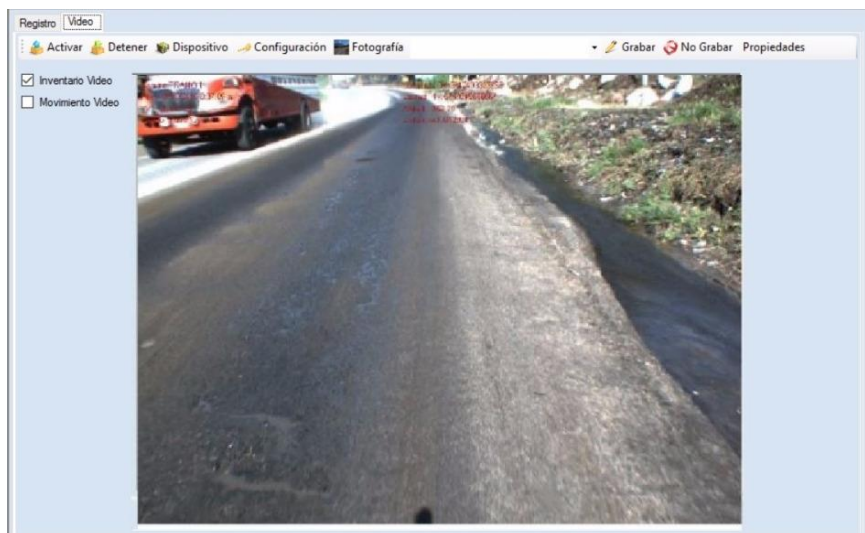
Figura 19. Activación de información del receptor GPS



Fuente: elaboración propia.

- Para realizar la configuración inicial del video, se debe seleccionar la pestaña “video”, donde se mostrará una pantalla donde pueden definirse las opciones de la cámara por utilizar y puede visualizarse una vista previa de la filmación.

Figura 20. **Funcionamiento de vídeo**



Fuente: elaboración propia.

4.3. Recopilación de información

Para realizar la recopilación de la información en campo de los registros del inventario vial, se sigue el procedimiento que se describe a continuación.

4.3.1. Tareas preliminares

Los pasos por seguir para la instalación de los equipos dependerá de la configuración que se haya diseñado; no obstante, a continuación se enumeran los pasos que deberán tomarse como guía.

- Instalación de la cámara de vídeo en el vidrio frontal del vehículo. Se debe tener el cuidado de centrar, enfocar y alinear la mira de la cámara de tal forma que cuando se realice la filmación, se genere un vídeo con el rango de visión deseado y de buena calidad.

Figura 21. **Instalación de cámara de vídeo**



Fuente: elaboración propia.

- Conectar inversor de corriente a la cigarrera del vehículo para poder proveer de una o varias fuentes de alimentación de corriente eléctrica a la computadora y dispositivos periféricos.

Figura 22. **Inversor de corriente**



Fuente: elaboración propia.

- Conectar la computadora al inversor de corriente y conectar la cámara de vídeo en uno de los puertos *USB* de la computadora portátil.

Figura 23. **Computadora portátil**



Fuente: elaboración propia.

- Se pueden utilizar antenas externas diseñadas para instalación y portación en el capó del vehículo para obtener una mejor recepción y calidad de la señal.

Figura 24. **Antena externa para recepción de señal GPS**



Fuente: elaboración propia.

- También pueden utilizarse receptores con interfaz gráfica que permiten contar con una herramienta adicional en la ubicación de proyectos, aunque tienen el inconveniente que su instalación debe realizarse en el interior de la cabina del automóvil, por lo que la calidad de señal puede verse afectada.

Figura 25. **Antena externa y receptor GPS de interfaz gráfica**



Fuente: elaboración propia.

- Conectar cable mixto al receptor *GPS*, al puerto USB de la computadora.

Figura 26. **Conexión GPS con computadora portátil**



Fuente: elaboración propia.

- Conectar teclado programable en el puerto *USB* de la computadora portátil. Se debe tener el cuidado de conectar el teclado siempre en el mismo puerto donde se hizo la instalación de *drivers*, de lo contrario es posible que la computadora no lo reconozca.

Figura 27. **Conexión teclado programable con computadora portátil**



Fuente: elaboración propia.

- Encender vehículo. Se debe tener la seguridad de que todos los dispositivos descritos se encuentran conectados.
- Encender inversor de corriente y luego encender el receptor *GPS* y esperar a que adquiera señal satelital y esté listo para navegar.
- Encender computadora portátil e iniciar el programa de captura de datos.

4.3.2. Captura de información en campo

A continuación se describirán los pasos por seguir para iniciar la recolección de información con esta herramienta. Se debe tener presente que la identificación de cada proyecto en el sistema, se hace por medio de un código único que se define previamente.

Para iniciar un inventario, se debe presionar el botón “iniciar inventario”, que se encuentra en la parte inferior de la pantalla principal.

Figura 28. Inicio de inventario



Fuente: elaboración propia.

Se ingresan las características del proyecto, las cuales se encuentran configuradas previamente en el teclado que se utilizará.

Figura 29. Configuración de teclado programable

INICIO	ANCHO DERECHO DE VIA	HOMBROS	Taludes Inestables	VEHICULO LIVIANO	VEHICULO PASAJEROS	SEÑAL VERTICAL	DEFENZAS METALICAS	Escape
FIN								
PAUSA	ANCHO CALZADA	TIPO DE SUPERFICIE CALZADA	GRANULOMETRIA CALZADA	TIPO DE SUBRASANTE	VEHICULO PESADO	SEÑAL VERTICAL (R)	DEFENZAS METALICAS (R)	Retorno
GPS								

Alcantarilla	<i>Alcantarilla (R)</i>	NO BACHES 7	NO DESPRENDIMIENTO 8	NO EXUDACIÓN 9	NO PIEL DE LAGARTO	NO PERDIDA SEC. TRANS.	NO CORRUGACIONES
Cajas y Cabezales	<i>Cajas y Cabezales (R)</i>	BACHES 4	DESPREDIMIENTO 5	EXUDACIÓN 6	P. DE LAGAR.	PERDIDA SEC. TRANS.	CORRUGAC.
No Cuneta	<i>Fin Cuneta revestida</i>	NO PARCHES 1	NO GRIETAS LONG. 2	NO GRIETAS BLOQUE 3	NO RUPTURA DE BORDES	NO SEGREGACIÓN	NO AHUELLAMIENTO
Inicio Cuneta	<i>Inicio Cuneta revestida</i>	PARCHES 0	GRIETAS LONG. -	GRIETAS EN BLOQUE	RUPTURA DE BORDES	SEGREGACIÓN	AHUELLAMIENTO
Shift	DRENAJE MAYOR	INTERSECCION	COMENTARIO.	ENTER		OBRAS DE RETENCION (R)	MUROS EXISTENTES

Fuente: elaboración propia.

Figura 30. Teclado programable



Fuente: elaboración propia.

- Tipo de superficie, presionar 1, 2, 3 o 4 según sea el caso

Figura 31. Tipo de superficie

A screenshot of a software application window titled "frmRegistroPreguntasRespuestas". The window contains a form with the following elements:

- A label "Pregunta: Superficie" above a blue text box containing "Tipo de Superficie".
- A label "Respuesta" above a yellow text box.
- A table with two columns: "CodigoPregunta" and "Pregunta".

	CodigoPregunta	Pregunta
▶	1	1. Concreto Asfáltico
	2	2. Concreto hidráulico
	3	3. Tratamiento Superficial
	4	4. Terracería
*	Sin asignar	Sin asignar

Fuente: elaboración propia.

- Ancho del carril, ingresar cantidad en metros

Figura 32. Ancho de carril

	CodigoPregunta	Pregunta
▶	1	< 6 metros
*	Sin asignar	Sin asignar

Fuente: elaboración propia.

- Número de carriles, presionar la tecla que corresponda, según sea el caso.

Figura 33. Número de carriles

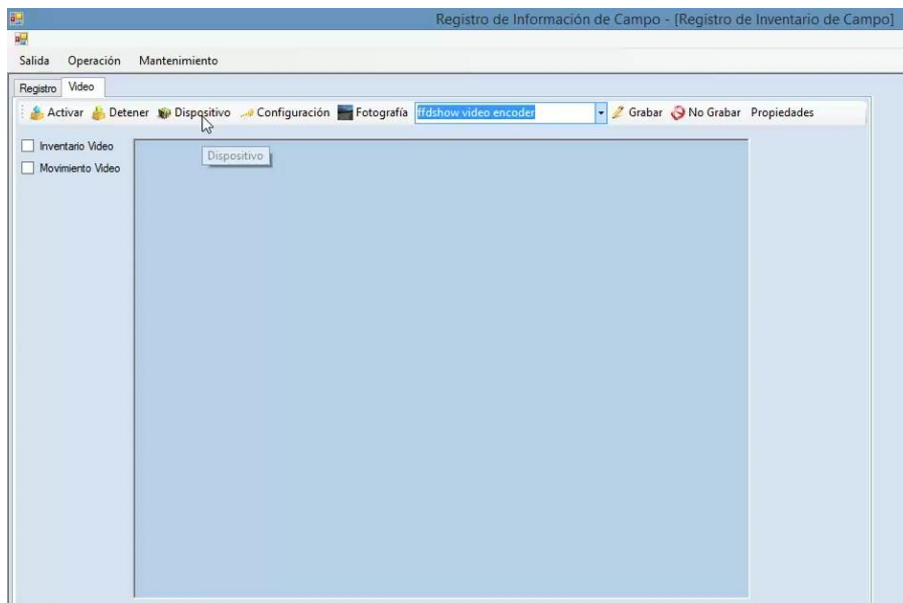
	CodigoPregunta	Pregunta
▶	1	1 Carriles
	2	2 Carriles
	3	3 Carriles
	4	4 Carriles
	5	5 Carriles
	6	6 Carriles

Fuente: elaboración propia.

Al terminar de ingresar los datos iniciales, se verifica nuevamente el funcionamiento de la cámara, seleccionando la pantalla “video”.

Se deben ingresar todas las configuraciones necesarias para el buen funcionamiento de la cámara de video, entre las que se encuentran: el controlador del dispositivo, el codificador por utilizar y los valores del formato y aspecto del video para obtener la mejor calidad posible con una optimización del espacio en disco consumido.

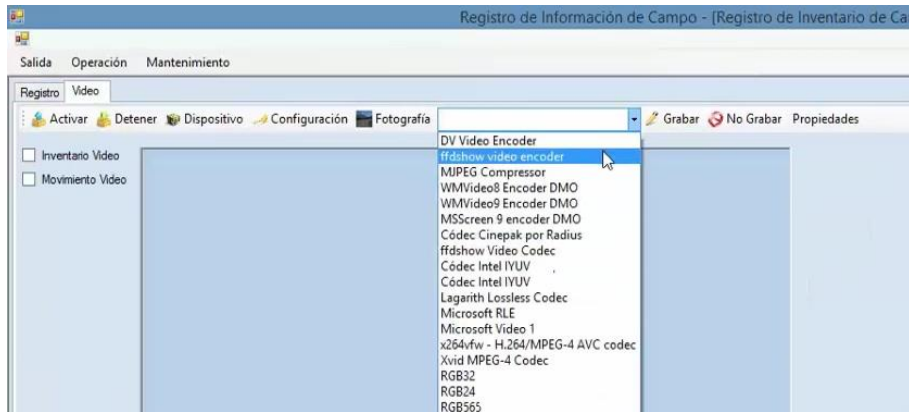
Figura 34. **Chequeo de funcionamiento de video**



Fuente: elaboración propia.

Verificar que el codificador para la captura de vídeo se encuentre en *ffshow video encoder*.

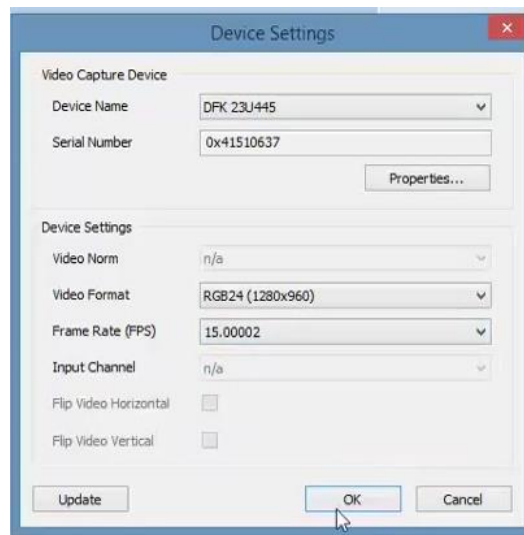
Figura 35. Verificación de codificador de video



Fuente: elaboración propia.

Luego se configura el controlador de la cámara de video, seleccionando el botón "dispositivo" y seleccionando las opciones correspondientes al formato de video y la velocidad de grabación

Figura 36. Configuración de controlador de video



Fuente: elaboración propia.

Después de realizar esta configuración, se puede proceder a efectuar la verificación del control de calidad de la visualización de la filmación. Se selecciona el botón “activar” y se muestra una ventana con la vista previa de la captura de video. Se debe observar que la filmación se encuentre centrada, sin ningún tipo de obstrucción, bien enfocada y nítida, para poder obtener el mejor registro posible que permita la rectificación de cualquier duda que se haya podido tener en el campo.

Figura 37. Verificación de visualización

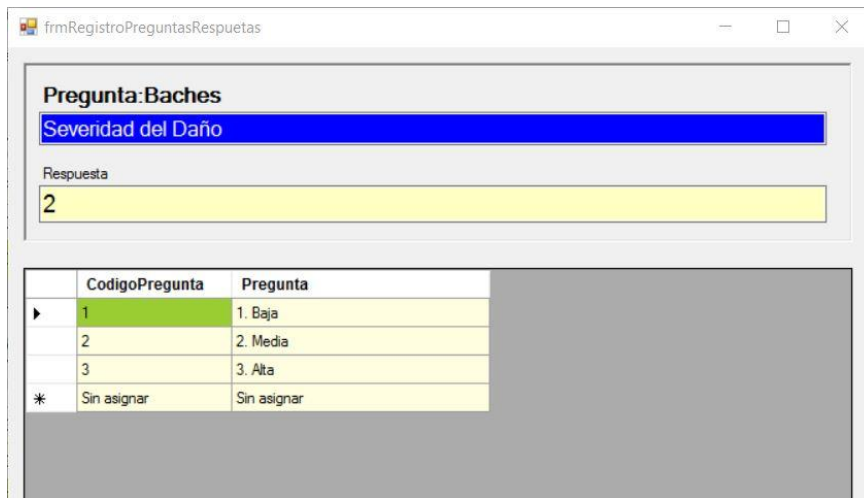


Fuente: elaboración propia.

Luego del ingreso de toda la información preliminar del tramo que se está inventariando, se ingresan los daños que se van observando, indicando la severidad y el porcentaje del segmento.

Estos datos se registran presionando la tecla que corresponde según la configuración que se haya realizado en el teclado programable.

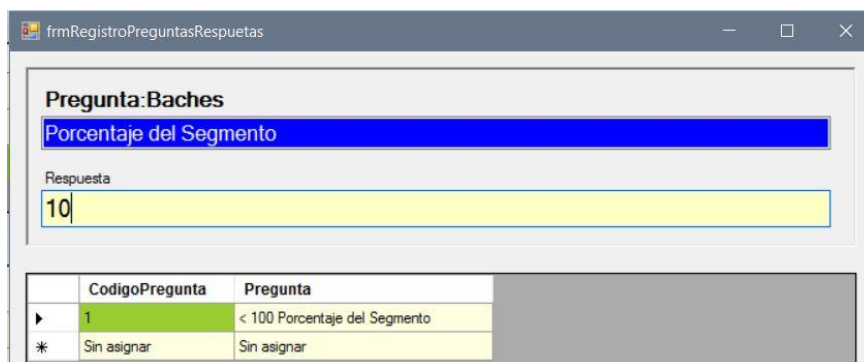
Figura 38. Ingreso de la severidad del daño



	CodigoPregunta	Pregunta
▶	1	1. Baja
	2	2. Media
	3	3. Alta
*	Sin asignar	Sin asignar

Fuente: elaboración propia.

Figura 39. Ingreso del porcentaje del segmento



	CodigoPregunta	Pregunta
▶	1	< 100 Porcentaje del Segmento
*	Sin asignar	Sin asignar

Fuente: elaboración propia.

4.4. Análisis de la información

La información recopilada en campo mediante el software de aplicación queda registrada en un archivo de base de datos, así como también un video para un mejor análisis de las características del tramo.

Esta base de datos registra la información correspondiente a la ubicación del inventario a cada segundo, lo que permite determinar el trazo de la ruta estudiada en campo. Así mismo, captura la información de cada registro correspondiente a los daños encontrados durante la visita de campo, indicando la ubicación geográfica, la distancia relativa al inicio del tramo, el tipo de daño, la severidad, el porcentaje de área y la fecha de captura.

Figura 40. Ejemplo de base de datos obtenida

Correlativo	Severidad	Porcentaje	km_inicio	km_final	Longitud	Latitud	Altitud	Fecha	Distancia	Cuadro
1	1	1	0.0245	0.03003195	-91.63444283	14.57576833	362.2	/2016 08:37:34	0.0245	189
2	1	1	0.30296	0.31036031	-91.63688183	14.57608167	364.1	/2016 08:38:27	0.30296	1291
3	3	1	0.42192	0.434945761	-91.63797	14.575895	363.3	/2016 08:38:55	0.42192	1705
4	2	1	0.4661	0.475272765	-91.63837033	14.57580833	362.6	/2016 08:39:05	0.46610	1854
5	1	1	0.49777	0.50217363	-91.63865717	14.575748	361.5	/2016 08:39:12	0.49777	1958
6	1	1	0.51988	0.52879029	-91.63885733	14.57570467	360.7	/2016 08:39:16	0.51988	2026
7	3	2	0.7298	0.739321871	-91.640721	14.57529667	338	/2016 08:39:58	0.72980	2660
8	1	1	0.8828	0.887957841	-91.64213933	14.57497267	355	/2016 08:40:33	0.88280	3185
9	1	1	0.98714	0.997572803	-91.64308367	14.5747655	352.9	/2016 08:40:55	0.98714	3510
10	1	0.2	1.28866	1.302342505	-91.64581083	14.57416367	347.7	/2016 08:41:55	1.28866	4416
11	1	1	1.34457	1.36914713	-91.64631667	14.5740515	346.5	/2016 08:42:07	1.34457	4594
12	3	2	1.38405	1.399022279	-91.64667383	14.57397267	345.7	/2016 08:42:16	1.38405	4723
13	1	1	1.43333	1.443076158	-91.64711933	14.5738735	343.9	/2016 08:42:26	1.43333	4868
14	1	1	1.76484	1.769323124	-91.65011833	14.57320833	341.4	/2016 08:43:39	1.76484	5899
15	1	1	2.08121	2.099344471	-91.65297933	14.57320167	336.4	/2016 08:44:39	2.08121	6866
16	3	1	2.16797	2.177112937	-91.65376483	14.5724	333.6	/2016 08:44:57	2.16797	7139
17	1	1	2.22653	2.238338603	-91.6543129	14.5722785	331.8	/2016 08:45:09	2.22653	7322
18	2	1	2.31367	2.334997617	-91.65508417	14.57211367	331.2	/2016 08:45:27	2.31367	7592
19	1	0.2	2.50976	2.519105339	-91.65686183	14.57173567	328	/2016 08:46:08	2.50976	8208
20	2	1	2.61892	2.62800446	-91.65784917	14.5715165	325.3	/2016 08:46:32	2.61892	8569
21	1	1	2.65968	2.664224053	-91.6582185	14.57143733	324.2	/2016 08:46:41	2.65968	8703
22	2	1	2.70127	2.710511878	-91.65859383	14.571350833	323.3	/2016 08:46:50	2.70127	8839
23	1	1	2.76061	2.763653623	-91.65911117	14.57123867	323.2	/2016 08:47:03	2.76061	9026
24	1	1	2.90245	2.912952914	-91.660418	14.570994	321.8	/2016 08:47:30	2.90245	9438
25	1	1	3.13562	3.144690077	-91.662529	14.570503	317.8	/2016 08:48:18	3.13562	10162
26	1	1	3.15787	3.166928976	-91.66273067	14.5704005	317.1	/2016 08:48:23	3.15787	10236
27	1	1	3.19599	3.21147472	-91.66307533	14.57038367	316.1	/2016 08:48:31	3.19599	10353
28	1	1	3.23292	3.24382176	-91.66341017	14.570312833	315.5	/2016 08:48:39	3.23292	10467
29	2	2	3.31558	3.32657392	-91.664158	14.5701675	314.9	/2016 08:48:56	3.31558	10732
30	1	1	3.36131	3.37101788	-91.6645735	14.57006367	313.8	/2016 08:49:07	3.36131	10883

Fuente: elaboración propia.

La base de datos y el archivo de video son cargados mediante la aplicación de escritorio, la cual procesará toda la información para que pueda ser consultada posteriormente.

Figura 41. **Proceso de carga de la información en la aplicación**

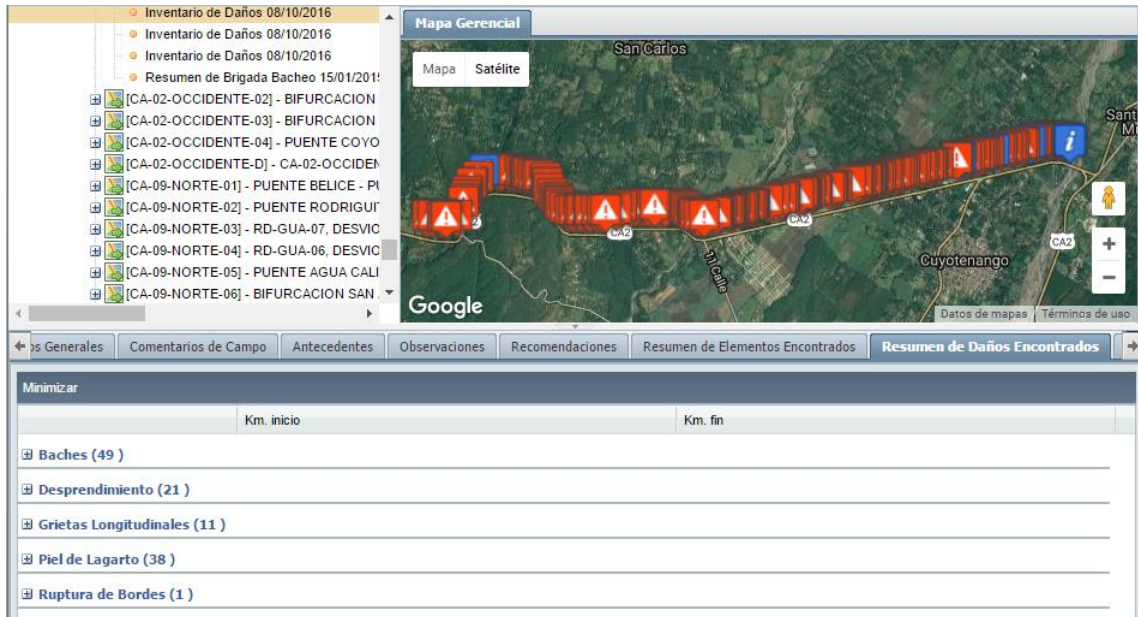
The screenshot shows a software application window with a menu bar containing 'Salida', 'Operación', and 'Mantenimiento'. The main interface is divided into several sections:

- Servidores en la Red:** A section for network server management. It includes a 'Servidor' dropdown menu, a 'Conectar...' button, a 'Usuario' checkbox, a 'Password' input field, a 'Cliente' dropdown, a 'Proyecto' dropdown, a 'Configuración' dropdown, and an 'Eventos' dropdown. Below these are 'Ultima Visita', 'Fecha Visita', and 'Fecha Ingreso' input fields, along with 'Obtener Visita' and 'Eliminar Visita' buttons.
- Inventario:** A section for inventory management. It features an 'Inventario' input field and a 'Buscar' button.
- Tablas del Servidor:** A yellow rectangular area representing server tables.
- Listado de Tablas Inventario (access):** A yellow rectangular area representing the inventory table list.
- Registros de Inventario:** A grey rectangular area representing inventory records.
- Buttons:** 'Procesar.....', 'Juntar Tramos Diferentes', and 'Juntar Tramos Iguales' buttons are located to the right of the inventory sections.
- Summary Fields:** At the bottom, there are input fields for 'Tranking Ingresado', 'Total Registros Tranking', 'No. de Visita', and 'Indicador'. A 'Distancia Cero' checkbox is also present.

Fuente: elaboración propia.

La información puede ser consultada desde una aplicación en línea, que permite la visualización de los registros recopilados en el campo con su referencia geográfica. La aplicación, además, presentará un resumen de los daños encontrados, agrupados por categorías e indicando la cantidad registrada en el campo.

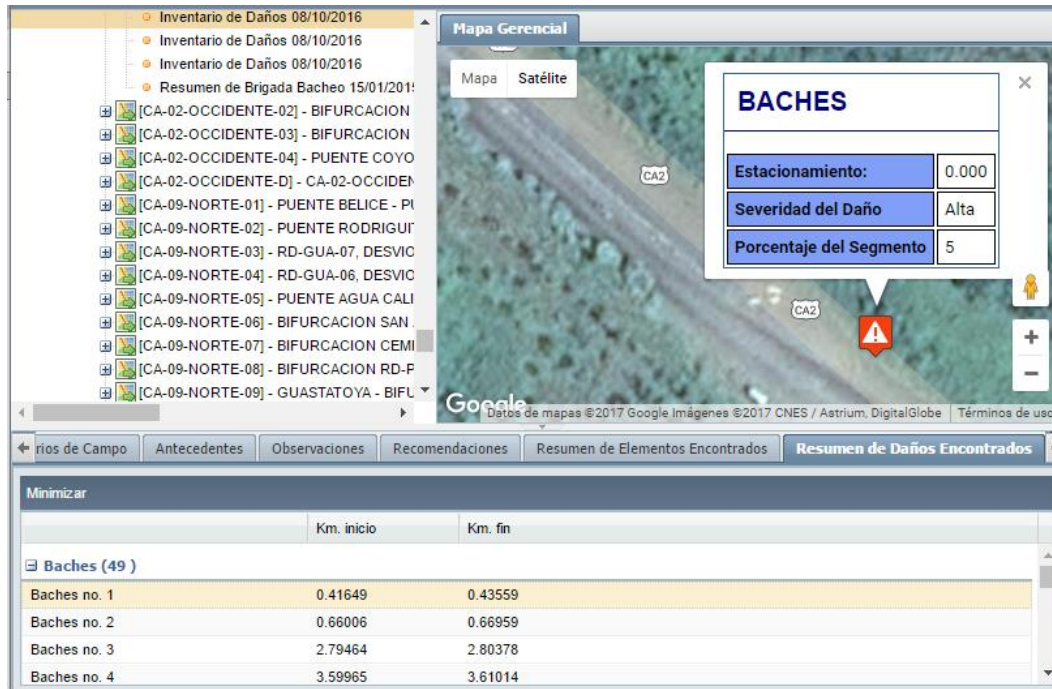
Figura 42. Visualización de la información en la aplicación en línea



Fuente: elaboración propia.

Al seleccionar una categoría en particular, se puede observar la lista de todos los daños que se registraron en el campo, indicando el kilómetro de inicio y el kilómetro final de cada uno. Además, al seleccionar un registro específico se desplegará la información correspondiente a la severidad del daño y porcentaje del segmento en el mapa gerencial, mostrando la ubicación capturada en la visita de campo.

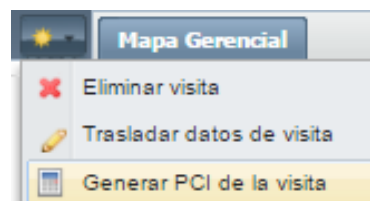
Figura 43. Visualización de la información en la aplicación en línea



Fuente: elaboración propia.

Para que la aplicación realice el proceso de cálculo del índice de condición de pavimento se debe seleccionar el tramo estudiado y seleccionar el botón “generar el PCI de la visita”.

Figura 44. Proceso de generación de PCI



Fuente: elaboración propia.

A continuación se desplegará una ventana emergente mostrando la información resultante del cálculo realizado. Se indicará el valor del PCI del tramo y su calificación, además, se mostrará una lista con el valor del PCI correspondiente a cada sección de 50 metros junto con la información correspondiente al número de carriles, el ancho de carril y el tipo de superficie.

Figura 45. Visualización de resultado del PCI

Indice de Condición Del Tramo CA-02-OCCIDENTE-01

Proyecto:
Tramo: CA-02-OCCIDENTE - 01 RETALHULEU - EL ASINTAL
Fecha de Visita: 08/10/2016 12:00:00 a.m.
PCI Visita: 18.650000 - Muy Malo

Cálculo de PCI Por Sección						
No. de Sección	Km. Inicial	Km. Final	No. de Carriles	Ancho De Carril	Tipo de Superficie	PCI
1	0.00000	0.05000	2	3.60000	Pavimento	38.00000
2	0.05000	0.10000	2	3.60000	Pavimento	49.00000
3	0.10000	0.15000	2	3.60000	Pavimento	44.00000
4	0.15000	0.20000	2	3.60000	Pavimento	0.00000

Página 1 de 37 | Mostrando 1 - 6 de 220

Detalle de Daños por sección						
No. de Sección	Daño	Km. de inicio Daño	Km. fin de Daño	Porcentaje Daño	Severidad	Valor Deducido
Sin registros para mostrar						

Página 1 de 1 | Sin registros para mostrar

Fuente: elaboración propia.

Para obtener una información más detallada, se puede seleccionar una sección específica y se desplegará una lista con la información correspondiente a cada daño indicando el kilómetro de inicio, el kilómetro final, el porcentaje de daño, la severidad y el valor deducido que representa.

Figura 46. Información detallada de los daños por sección

Cálculo de PCI Por Sección						
No. de Sección	Km. Inicial	Km. Final	No. de Carriles	Ancho De Carril	Tipo de Superficie	PCI
2	0.05000	0.10000	2	3.60000	Pavimento	49.00000
3	0.10000	0.15000	2	3.60000	Pavimento	44.00000
4	0.15000	0.20000	2	3.60000	Pavimento	0.00000
5	0.20000	0.25000	2	3.60000	Pavimento	48.00000

Página 1 de 37 | Mostrando 1 - 6 de 220

Detalle de Daños por sección						
No. de Sección	Daño	Km. de inicio Daño	Km. fin de Daño	Porcentaje Daño	Severidad	Valor Deducido
5	Desprendimiento	0.22306	0.22971	3.00000	1	1.17897
5	Piel de Lagarto	0.12748	0.21719	35.00000	2	50.72220

Página 1 de 1 | Mostrando 1 - 2 de 2

Fuente: elaboración propia.

4.5. Resultados

Para analizar el cálculo del índice de condición de pavimento (PCI) mediante software de aplicación, se realizó el levantamiento del inventario vial del tramo correspondiente a la ruta CA-2 Occidente, entre Retalhuleu (Km 179) y Coatepeque (Km 220), con una longitud aproximada de 40 Km.

El tramo seleccionado para el análisis se caracteriza por tener alta carga vehicular, especialmente de transporte pesado. Esto se debe a que es una ruta comercial que comunica a Guatemala con México, además de servir de paso para el transporte de industrias agrícolas, especialmente de caña de azúcar. Además se trata de una ruta ubicada en un área lluviosa, lo que contribuye a intensificar los daños que presenta la capa de rodadura.

Figura 47. Mapa de ubicación del tramo analizado



Fuente: elaboración propia.

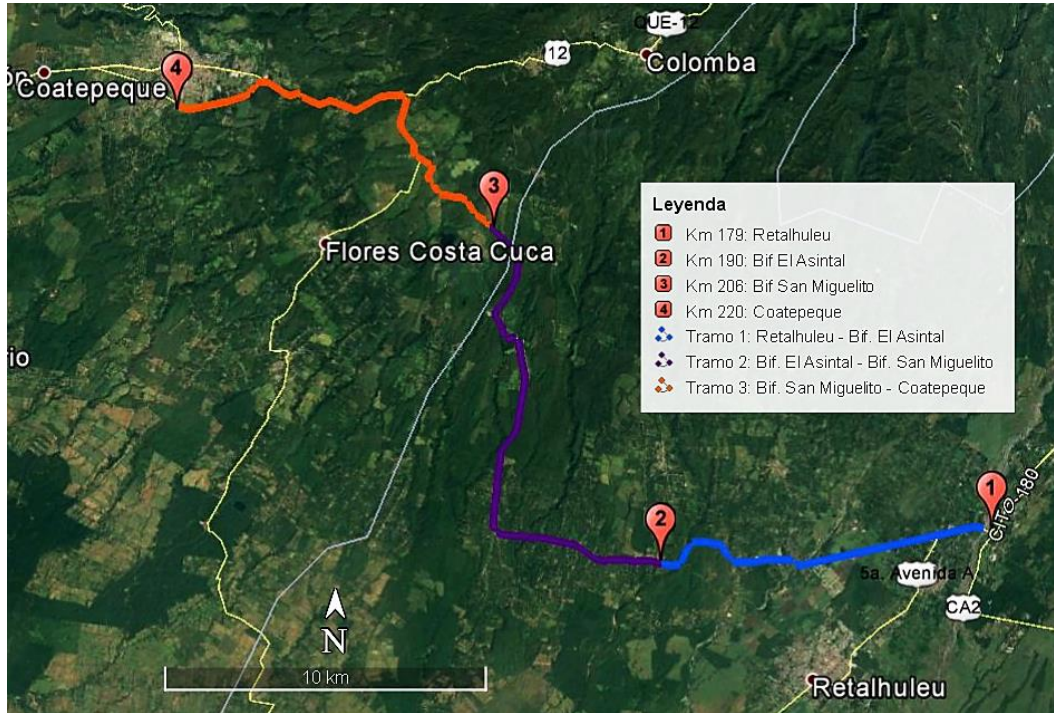
El inventario se realizó en dirección a Coatepeque, subdividiendo el tramo en tres partes, para un mejor análisis de la información.

Tabla III. Subdivisión del tramo analizado

N°	Inicio	Fin	Longitud (Km)
1	Bifurcación Retalhuleu, fin del puente Castillo Armas	Bifurcación a El Asintal, Retalhuleu	10,97
2	Bifurcación a El Asintal, Retalhuleu	Bifurcación RD-QUE-04, San Miguelito, Quetzaltenango	16,05
3	Bifurcación RD-QUE-04, San Miguelito, Quetzaltenango	Bifurcación RD-QUE-24 Coatepeque	13,34

Fuente: elaboración propia.

Figura 48. Mapa de ubicación de los subtramos



Fuente: elaboración propia.

Figura 49. Estado del tramo 1 en la estación 186+000



Fuente: elaboración propia.

Figura 50. Estado del tramo 2 en la estación 194+200



Fuente: elaboración propia.

Figura 51. Estado del tramo 3 en la estación 218+700



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el análisis realizado de los datos registrados en el campo, se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla IV. **Resumen de daños y severidad observados por tramo**

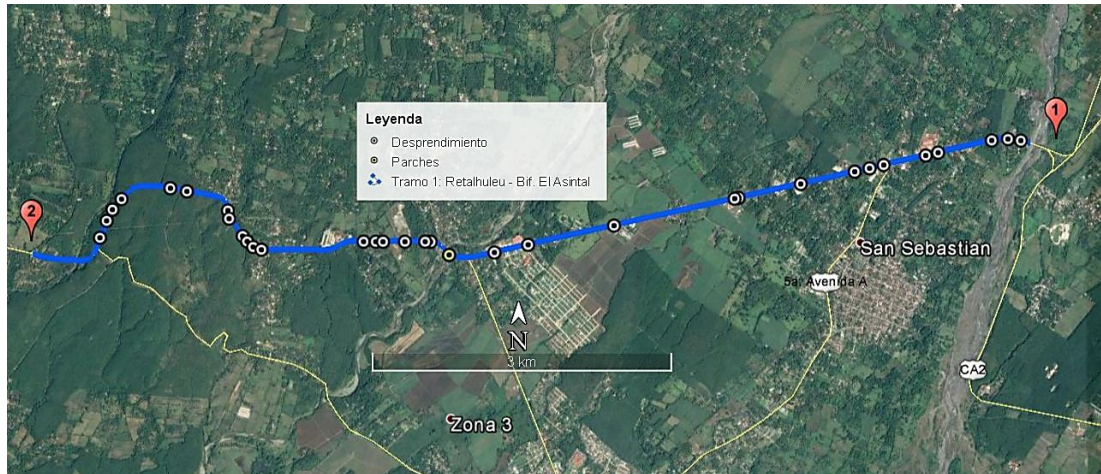
Tramo	Daño	Severidad			Total
		Alta	Media	Baja	
1	Ahuellamiento		1		1
	Baches	45	29	12	86
	Desprendimiento	10	16	6	32
	Parches	1			1
	Piel de lagarto	16	10	8	34
	Total tramo 1	72	56	26	154
2	Ahuellamiento		3	4	7
	Baches	15	7	12	34
	Desprendimiento	22	8		30
	Grietas longitudinales		5	2	7
	Parches		1		1
	Piel de lagarto		27		27
	Total tramo 2	37	51	18	106
3	Baches	22	7	20	49
	Desprendimiento	14	7		21
	Grietas Longitudinales		10	1	11
	Piel de lagarto		38		38
	Total tramo 3	36	62	21	119
Total general		145	169	65	379

Fuente: elaboración propia.

Se puede observar que los daños que tienen más ocurrencia en el tramo analizado son, en orden descendente, los baches, los desprendimientos y la Piel de lagarto, además de algunas ocurrencias de grietas longitudinales y parches.

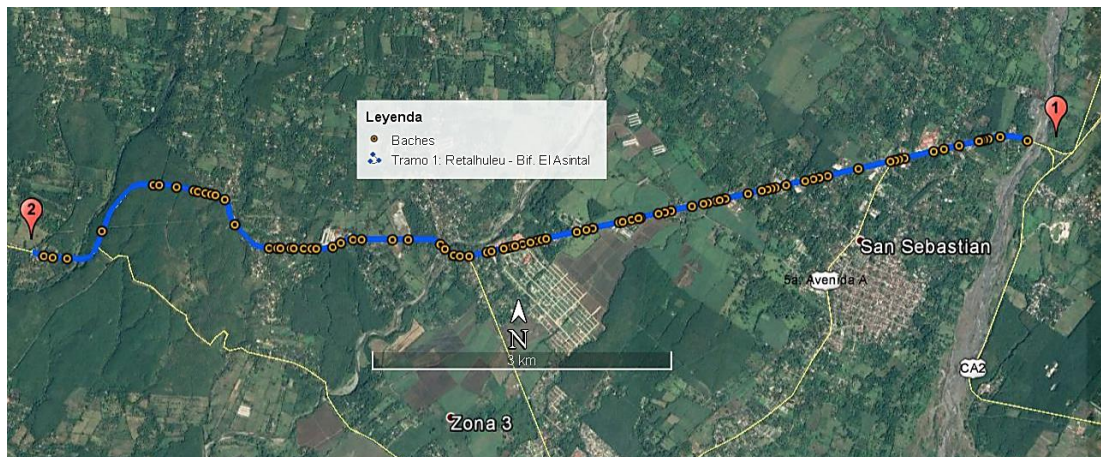
Los daños registrados en cada tramo se pueden visualizar con su ubicación respectiva en las figuras siguientes.

Figura 52. Daños registrados tramo 1 (desprendimiento y parches)



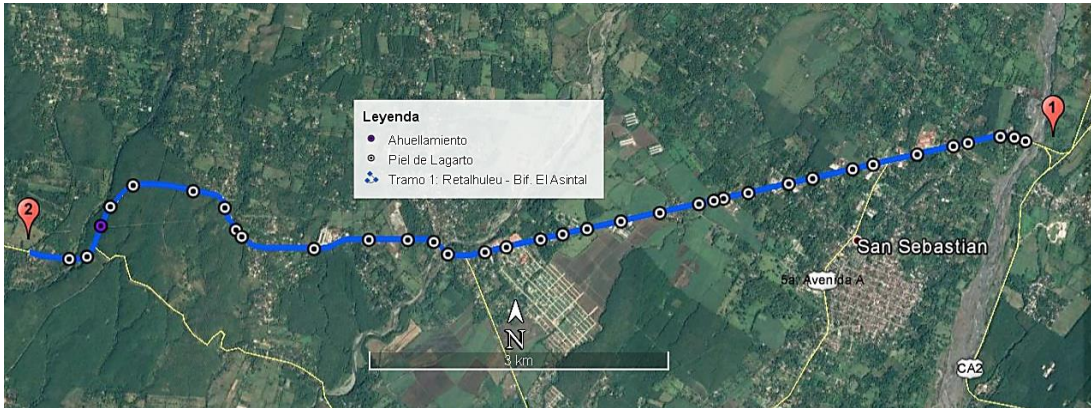
Fuente: elaboración propia.

Figura 53. Daños registrados tramo 1 (baches)



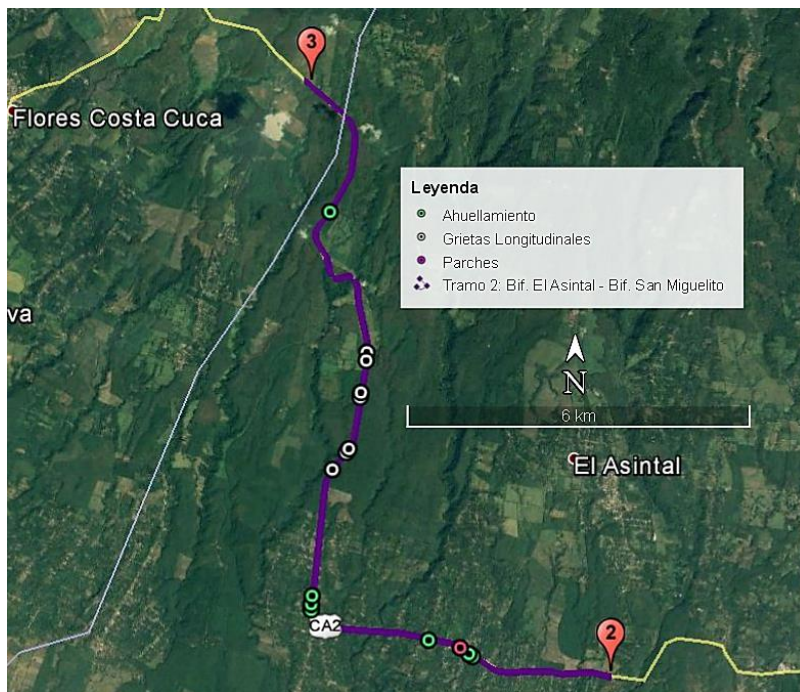
Fuente: elaboración propia.

Figura 54. Daños registrados tramo 1 (ahuellamiento y piel de lagarto)



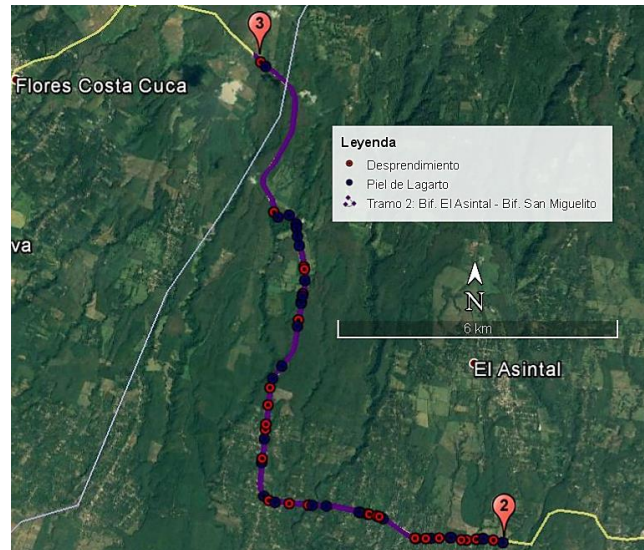
Fuente: elaboración propia.

Figura 55. Daños registrados tramo 2 (ahuellamiento y grietas)



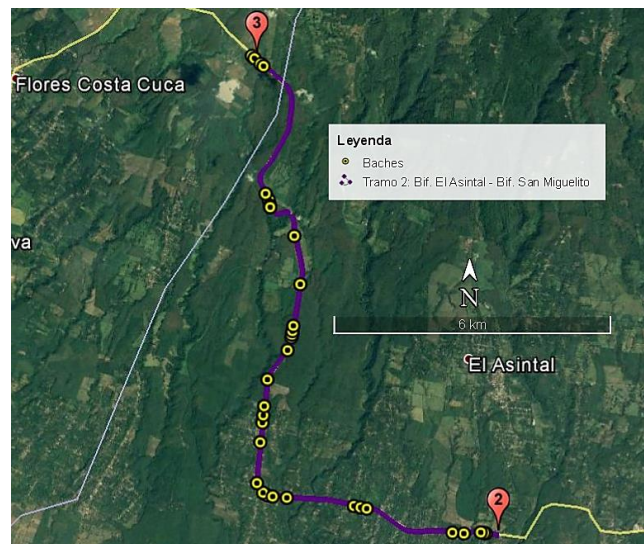
Fuente: elaboración propia.

Figura 56. Daños en tramo 2 (desprendimiento y piel de lagarto)



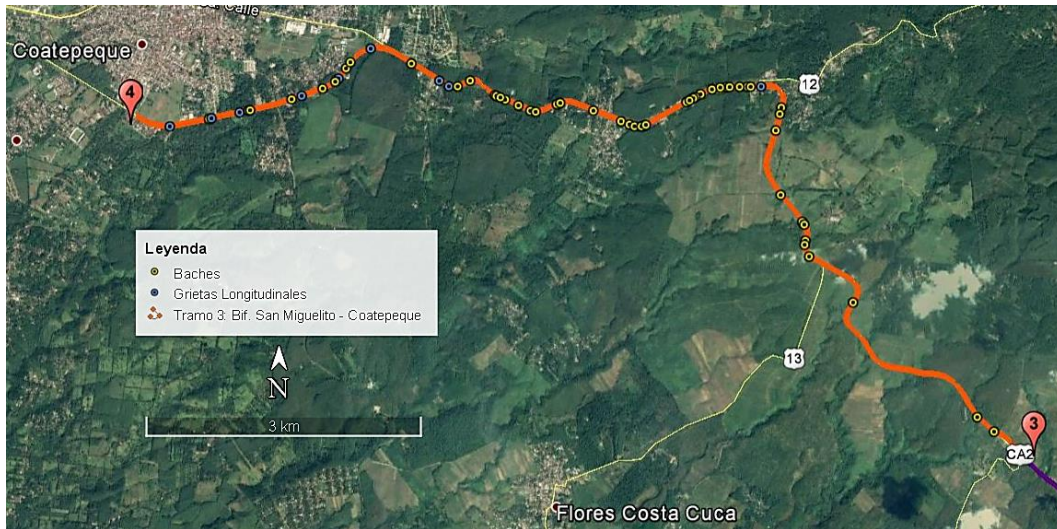
Fuente: elaboración propia.

Figura 57. Daños registrados tramo 2 (ahuellamiento y piel de lagarto)



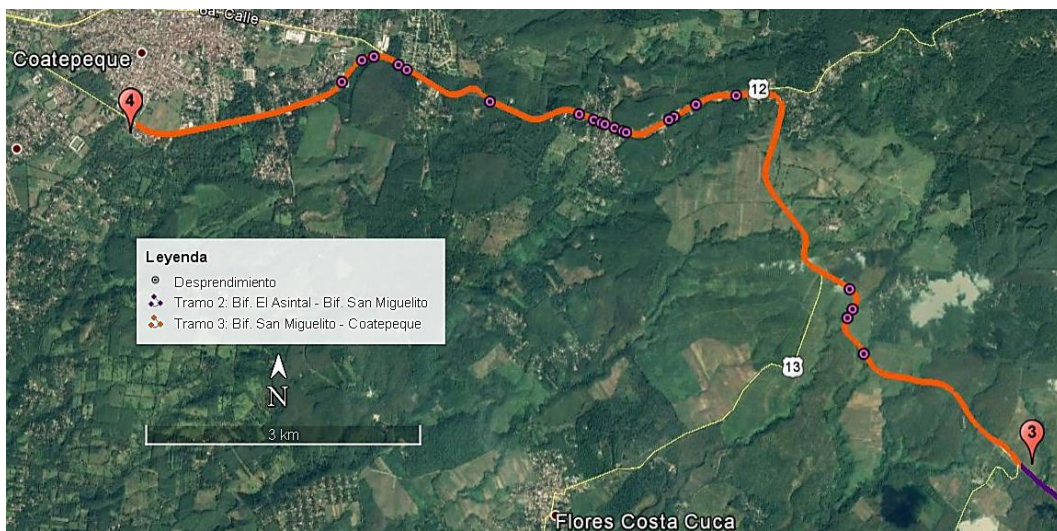
Fuente: elaboración propia.

Figura 58. Daños registrados tramo 3 (baches y grietas longitudinales)



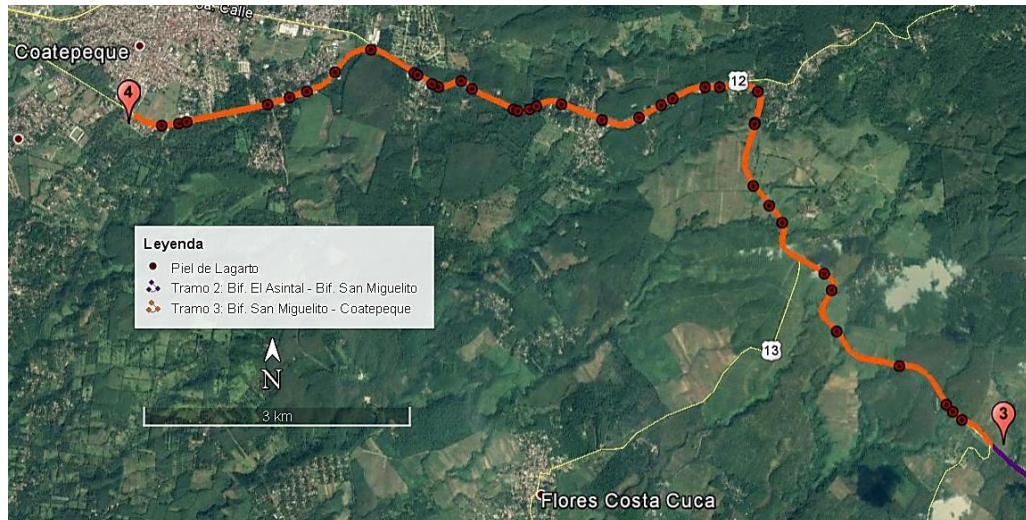
Fuente: elaboración propia.

Figura 59. Daños registrados tramo 3 (desprendimientos)



Fuente: elaboración propia.

Figura 60. Daños registrados tramo 3 (piel de lagarto)



Fuente: elaboración propia.

Además de la visualización de los datos recopilados en campo con su ubicación, la aplicación en línea que forma parte del sistema de inventario vial, realiza los cálculos necesarios para la obtención del valor del PCI.

Este proceso tarda menos de un minuto y ofrece resultados adecuados y confiables, que proporcionan un análisis objetivo, ágil y eficiente de la información, lo que permite una mejor toma de decisiones.

El programa presenta una pantalla de resultados del cálculo del PCI, donde se puede observar el valor final obtenido para el tramo analizado y su calificación, además se presenta una lista de los distintos cambios en el valor del PCI en cada sección de 50 metros del tramo, y el detalle de los daños observados en cada sección.

Figura 61. Resultado del cálculo del PCI para el tramo 1

Índice de Condición Del TramoCA-02-OCCIDENTE-01						
Proyecto:						
Tramo: CA-02-OCCIDENTE-01 RETALHULEU - EL ASINTAL						
Fecha de Visita: 08/10/2016 12:00:00 a.m.						
PCI Visita: 18.650000 - Muy Malo						
Cálculo de PCI Por Sección						
No. de Sección	Km. Inicial	Km. Final	No. de Carriles	Ancho De Carril	Tipo de Superficie	PCI
1	0.00000	0.05000	2	3.60000	Pavimento	38.00000
2	0.05000	0.10000	2	3.60000	Pavimento	49.00000
3	0.10000	0.15000	2	3.60000	Pavimento	44.00000
4	0.15000	0.20000	2	3.60000	Pavimento	0.00000
5	0.20000	0.25000	2	3.60000	Pavimento	48.00000
6	0.25000	0.30000	2	3.60000	Pavimento	42.00000
Página 1 de 37 Mostrando 1 - 6 de 220						
Detalle de Daños por sección						
No. de Sección	Daño	Km. de inicio Daño	Km. fin de Daño	Porcentaje Daño	Severidad	Valor Deducido
4	Piel de Lagarto	0.12748	0.21719	35.00000	2	63.84845
4	Piel de Lagarto	0.12748	0.21719	35.00000	2	63.84845
4	Piel de Lagarto	0.12748	0.21719	35.00000	2	63.84845
Página 1 de 1 Mostrando 1 - 3 de 3						

Fuente: elaboración propia.

Para este tramo, el valor obtenido para el índice de condición de pavimento fue de 18,65, lo que representa una calificación de “muy malo”, por lo que se requerirá una reconstrucción total en esta sección.

Los daños que más se presentan en este tramo son los baches de severidad alta y media, así como desprendimientos y Piel de lagarto de severidad alta.

Figura 62. Resultado del cálculo del PCI para el tramo 2

Indice de Condición Del TramoCA-02-OCCIDENTE-01						
Proyecto:						
Tramo: CA-02-OCCIDENTE-02 EL ASINTAL - SAN MIGUELITO						
Fecha de Visita: 08/10/2016 12:00:00 a.m.						
PCI Visita: 32.470404 - Malo						
Cálculo de PCI Por Sección						
No. de Sección	Km. Inicial	Km. Final	No. de Carriles	Ancho De Carril	Tipo de Superficie	PCI
1	0.00000	0.05000	2	3.60000	Pavimento	41.00000
2	0.05000	0.10000	2	3.60000	Pavimento	0.00000
3	0.10000	0.15000	2	3.60000	Pavimento	0.00000
4	0.15000	0.20000	2	3.60000	Pavimento	0.00000
5	0.20000	0.25000	2	3.60000	Pavimento	0.00000
6	0.25000	0.30000	2	3.60000	Pavimento	0.00000
Página 1 de 54						Mostrando 1 - 6 de 321
Detalle de Daños por sección						
No. de Sección	Daño	Km. de inicio Daño	Km. fin de Daño	Porcentaje Daño	Severidad	Valor Deducido
1	Piel de Lagarto	0.01684	0.33079	35.00000	2	58.79957
Página 1 de 1						Mostrando 1 - 1 de 1

Fuente: elaboración propia.

Para este tramo, el valor obtenido para el índice de condición de pavimento fue de 32,47, lo que representa una calificación de “malo”, por lo que se requerirá una reconstrucción total en esta sección.

Los daños que más se presentan son los desprendimientos y baches de severidad alta, así como Piel de lagarto de severidad media.

Figura 63. Resultado del cálculo del PCI para el tramo 3

Índice de Condición Del TramoCA-02-OCCIDENTE-01						
Proyecto:						
Tramo: CA-02-OCCIDENTE-03 SAN MIGUELITO - COATEPEQUE						
Fecha de Visita: 08/10/2016 12:00:00 a.m.						
PCI Visita: 43.097378 - Regular						
Cálculo de PCI Por Sección						
No. de Sección	Km. Inicial	Km. Final	No. de Carriles	Ancho De Carril	Tipo de Superficie	PCI
7	0.30000	0.35000	2	3.60000	Pavimento	100.00000
8	0.35000	0.40000	2	3.60000	Pavimento	100.00000
9	0.40000	0.45000	2	3.60000	Pavimento	31.00000
10	0.45000	0.50000	2	3.60000	Pavimento	41.00000
11	0.50000	0.55000	2	3.60000	Pavimento	15.00000
12	0.55000	0.60000	2	3.60000	Pavimento	31.00000
Página 2 de 45						Mostrando 7 - 12 de 267
Detalle de Daños por sección						
No. de Sección	Daño	Km. de inicio Daño	Km. fin de Daño	Porcentaje Daño	Severidad	Valor Deducido
10	Piel de Lagarto	0.45410	0.58866	25.00000	2	58.66001
Página 1 de 1						Mostrando 1 - 1 de 1

Fuente: elaboración propia.

Para este tramo, el valor obtenido para el índice de condición de pavimento fue de 43,097, lo que representa una calificación de “regular”.

Los daños que más se presentan son los baches de severidad alta, así como Piel de lagarto y grietas longitudinales de severidad media.

Los resultados obtenidos para el PCI de los tramos analizados se resumen en la tabla V.

Tabla V. **Valores del PCI y calificación de los tramos analizados**

Tramo	PCI	Calificación
1	18,65	Muy malo
2	32,47	Muy malo
3	43,10	Regular
Promedio	31,41	Muy malo

Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse en los resultados obtenidos, según la metodología del PCI, el tramo analizado recibe la calificación de “muy malo”, lo que implica que necesita una rehabilitación total. Estos trabajos se tenían contemplados como parte del contrato de ampliación a cuatro carriles de esta importante ruta, pero los mismos ya se encontraban suspendidos al momento de realizar la visita.

CONCLUSIONES

1. Las necesidades de mantenimiento vial requieren contar con una base actualizada del estado de condición del pavimento. Esta situación incrementa su importancia cuando se incorporan las necesidades de las vías pavimentadas, las cuales cambian su fisonomía y estado de condición en forma constante.
2. El uso del software de aplicación implica una reducción de costos en gastos para determinar la cantidad de daños y realizar el respectivo mantenimiento del tramo carretero.
3. La utilización de equipos modernos posibilita a las autoridades competentes, la visualización del recorrido virtual de los tramos carreteros a través de la identificación de los mismos en un mapa digital, sin necesidad de movilizarse al campo para poder informarse del estado de situación de cada uno de ellos.
4. El índice de condición de pavimento es una metodología para la recolección y procesamiento de información vial que ofrece una alternativa adecuada para el análisis de los tramos carreteros y determinar su estado actual y los trabajos que requieren para su rehabilitación.

RECOMENDACIONES

1. Divulgar los conceptos concernientes al correcto registro y evaluación de daños en un tramo carretero a todo el personal que se involucre en el mantenimiento y monitoreo vial.
2. Fomentar y estandarizar el uso de metodologías como el PCI, para la evaluación de rutas pavimentadas, de modo que puedan optimizarse los recursos disponibles y se obtengan soluciones efectivas a los problemas que se presenten en la rehabilitación y mantenimiento de tramos carreteros por parte de las entidades gubernamentales.
3. Promover la implementación de sistemas de monitoreo mediante el uso de aplicaciones tecnológicas para poder ofrecer resultados más rápidos, exactos y confiables que permitan una mejor toma de decisiones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Gisystems. *Sistema de gerenciamento de proyectos. (SIGEP). Módulo de captura de datos de campo*. Guatemala. 2014. 10 p.
2. SIECA. *Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. N°1*. Guatemala: Cepredenac, 2010. 342 p.
3. The Louis Berger Group, Inc. *Manual de inventario de caminos. Sistema de gestión de caminos pavimentados*. Guatemala. 2010. 12 p.
4. US Department of Transportation. *Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Program*. Estados Unidos de América. 2003. 169 p.
5. VÁSQUEZ VARELA, Luis Ricardo. *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. Colombia. 2002. 90 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Fotografías tomadas durante la visita al tramo

Bache y piel de lagarto de severidad alta en la estación 188+800



Fuente: elaboración propia. Retalhuleu.

Continuación apéndice 1.

Piel de lagarto de severidad alta en la estación 191+000



Fuente: elaboración propia. El Asintal, Retalhuleu.

Piel de lagarto de severidad alta en estación 197+000



Fuente: elaboración propia. El Asintal, Retalhuleu.

Continuación apéndice 1.

Sección del tramo en donde se realizaron trabajos de ampliación en la estación 203+500



Fuente: elaboración propia. El Asintal, Retalhuleu

Sección del tramo en donde se realizaron trabajos de ampliación en la estación 205+670



Fuente: elaboración propia. Flores Costa Cuca, Quetzaltenango

Continuación apéndice 1.

Bache de severidad alta en estación 207+700



Fuente: elaboración propia. Flores Costa Cuca, Quetzaltenango.

Carpeta asfáltica en buen estado en sección del tramo en donde se realizaron trabajos de ampliación. Estación 208+600



Fuente: elaboración propia. Flores Costa Cuca, Quetzaltenango.

Continuación apéndice 1.

Sección del tramo en donde se realizaron trabajos de ampliación.

Estación 212+100



Fuente: elaboración propia. Colomba Costa Cuca, Quezaltenango.

Bache de severidad alta en estación 216+200.



Fuente: Elaboración propia. Colomba Costa Cuca, Quetzaltenango.

Continuación apéndice 1.

Grietas longitudinales de severidad media en estación 218+700



Fuente: elaboración propia. Coatepeque, Quetzaltenango.

Baches de severidad alta en estación 219+400



Fuente: Elaboración propia. Coatepeque, Quetzaltenango.

Apéndice 2. Memoria de cálculo de los datos recopilados en campo

LISTA DE DAÑOS REGISTRADOS EN EL TRAMO 1

Daño	N°	Severidad	Porcentaje	km_inicio	km_final	Longitud	Latitud	Cuadro
Ahuellamiento	1	2	20	10,0296	10,2060	-91,72053	14,56807	34203
Baches	1	1	1	0,0235	0,0380	-91,63434	14,57574	189
Baches	2	1	1	0,3027	0,3108	-91,63688	14,57608	1291
Baches	3	3	1	0,4219	0,4349	-91,63797	14,57590	1705
Baches	4	2	1	0,4661	0,4753	-91,63837	14,57581	1854
Baches	5	1	1	0,4978	0,5022	-91,63866	14,57575	1958
Baches	6	1	1	0,5199	0,5288	-91,63886	14,57570	2026
Baches	7	3	2	0,7258	0,7369	-91,64072	14,57530	2660
Baches	8	1	1	0,8828	0,8876	-91,64214	14,57497	3185
Baches	9	1	1	0,9871	0,9976	-91,64308	14,57477	3510
Baches	10	1	0,2	1,2887	1,3023	-91,64581	14,57416	4416
Baches	11	1	1	1,3446	1,3691	-91,64632	14,57405	4594
Baches	12	3	2	1,3841	1,3990	-91,64667	14,57397	4723
Baches	13	1	1	1,4333	1,4431	-91,64712	14,57387	4868
Baches	14	1	1	1,7648	1,7693	-91,65012	14,57321	5899
Baches	15	1	1	2,0812	2,0959	-91,65298	14,57257	6866
Baches	16	3	1	2,1680	2,1771	-91,65376	14,57240	7139
Baches	17	1	1	2,2285	2,2383	-91,65431	14,57228	7322
Baches	18	2	1	2,3137	2,3350	-91,65508	14,57211	7592
Baches	19	1	0,2	2,5098	2,5191	-91,65686	14,57174	8208
Baches	20	2	1	2,6189	2,6280	-91,65785	14,57152	8569
Baches	21	1	1	2,6597	2,6642	-91,65822	14,57144	8703
Baches	22	2	1	2,7013	2,7105	-91,65859	14,57135	8839
Baches	23	1	1	2,7606	2,7827	-91,65913	14,57123	9026
Baches	24	1	1	2,9025	2,9130	-91,66042	14,57096	9438
Baches	25	1	1	3,1356	3,1445	-91,66253	14,57050	10162
Baches	26	1	1	3,1579	3,1669	-91,66273	14,57046	10236
Baches	27	1	1	3,1960	3,2115	-91,66308	14,57038	10353
Baches	28	1	1	3,2329	3,2438	-91,66341	14,57031	10467
Baches	29	2	2	3,3156	3,3286	-91,66416	14,57015	10732
Baches	30	1	1	3,3613	3,3710	-91,66457	14,57006	10883
Baches	31	1	1	3,4802	3,4844	-91,66565	14,56983	11282
Baches	32	1	1	3,6961	3,7001	-91,66761	14,56941	12117
Baches	33	2	1	3,7585	3,7715	-91,66817	14,56928	12341
Baches	34	1	1	3,8248	3,8342	-91,66877	14,56916	12554
Baches	35	1	1	4,0129	4,0176	-91,67048	14,56880	13124
Baches	36	1	1	4,0317	4,0411	-91,67065	14,56876	13191
Baches	37	1	1	4,1036	4,1139	-91,67130	14,56862	13411
Baches	38	1	1	4,1948	4,1997	-91,67212	14,56844	13678
Baches	39	2	1	4,2282	4,2420	-91,67243	14,56838	13795
Baches	40	1	1	4,5018	4,5129	-91,67490	14,56784	14570
Baches	41	2	1	4,5686	4,5788	-91,67551	14,56771	14762
Baches	42	1	1	4,6663	4,6831	-91,67640	14,56752	15033
Baches	43	1	1	4,9833	4,9833	-91,67927	14,56690	15944
Baches	44	3	1	5,0298	5,0484	-91,67969	14,56681	16075
Baches	45	1	1	5,0776	5,0865	-91,68012	14,56671	16236
Baches	46	1	1	5,1449	5,1494	-91,68073	14,56658	16458

Continuación apéndice 2

LISTA DE DAÑOS REGISTRADOS EN EL TRAMO 1

Daño	N°	Severidad	Porcentaje	km_inicio	km_final	Longitud	Latitud	Cuadro
Baches	47	1	1	5,2249	5,2377	-91,68145	14,56642	16724
Baches	48	1	1	5,3032	5,3187	-91,68216	14,56625	17015
Baches	49	2	1	5,3378	5,3680	-91,68247	14,56619	17154
Baches	50	3	2	5,3758	5,3995	-91,68282	14,56612	17298
Baches	51	1	1	5,4196	5,4318	-91,68321	14,56603	17466
Baches	52	3	2	5,5471	5,5735	-91,68437	14,56578	17935
Baches	53	1	1	5,5933	5,6256	-91,68479	14,56568	18117
Baches	54	1	1	5,7770	5,7906	-91,68645	14,56533	18795
Baches	55	1	1	5,8701	5,8790	-91,68731	14,56534	19111
Baches	56	1	1	5,9331	5,9474	-91,68789	14,56542	19319
Baches	57	1	1	6,0423	6,0542	-91,68871	14,56598	19723
Baches	58	2	4	6,1074	6,1268	-91,68913	14,56640	19971
Baches	59	1	1	6,4432	6,4504	-91,69214	14,56681	21240
Baches	60	3	5	6,6025	6,6375	-91,69361	14,56681	21855
Baches	61	3	2	6,9132	6,9380	-91,69649	14,56682	23017
Baches	62	3	15	6,9989	7,0792	-91,69728	14,56682	23319
Baches	63	3	10	7,1273	7,1849	-91,69842	14,56653	23787
Baches	64	3	15	7,2187	7,3638	-91,69917	14,56615	24121
Baches	65	1	1	7,3883	7,3996	-91,70073	14,56600	24796
Baches	66	3	5	7,4362	7,4547	-91,70117	14,56601	24987
Baches	67	1	1	7,5135	7,5310	-91,70189	14,56602	25233
Baches	68	3	2	7,6147	7,6286	-91,70283	14,56604	25583
Baches	69	3	2	7,6463	7,6920	-91,70312	14,56604	25686
Baches	70	1	1	7,7488	7,7630	-91,70407	14,56605	26099
Baches	71	3	2	7,7812	7,7965	-91,70437	14,56606	26248
Baches	72	1	1	7,8617	7,8813	-91,70512	14,56606	26557
Baches	73	3	5	8,3032	8,3076	-91,70832	14,56818	28022
Baches	74	1	1	8,5817	8,5894	-91,70925	14,57044	29134
Baches	75	2	1	8,6883	8,7032	-91,71014	14,57083	29556
Baches	76	3	5	8,7325	8,7766	-91,71054	14,57091	29742
Baches	77	3	4	8,7913	8,8281	-91,71107	14,57102	29970
Baches	78	3	10	8,8688	8,9020	-91,71177	14,57116	30284
Baches	79	3	5	8,9097	8,9297	-91,71214	14,57124	30451
Baches	80	3	10	9,0873	9,1308	-91,71376	14,57156	31128
Baches	81	1	1	9,2634	9,2762	-91,71538	14,57174	31747
Baches	82	3	5	9,3218	9,4756	-91,71592	14,57175	31951
Baches	83	1	1	10,0878	10,0991	-91,72073	14,56758	34361
Baches	84	3	5	10,6092	10,6846	-91,72398	14,56512	36017
Baches	85	3	15	10,7558	10,7847	-91,72533	14,56521	36575
Baches	86	3	5	10,8460	10,8682	-91,72615	14,56534	36906
Desprendimiento	1	1	4	0,0916	0,1067	-91,63494	14,57595	491
Desprendimiento	2	1	3	0,2231	0,2297	-91,63614	14,57609	1001
Desprendimiento	3	1	1	0,3872	0,4005	-91,63765	14,57596	1588
Desprendimiento	4	1	2	0,9407	0,9611	-91,64266	14,57486	3367
Desprendimiento	5	1	1	1,0683	1,0785	-91,64382	14,57460	3744
Desprendimiento	6	1	1	1,5025	1,5124	-91,64775	14,57374	5095
Desprendimiento	7	2	10	1,6478	1,6628	-91,64906	14,57344	5541

Continuación apéndice 2

LISTA DE DAÑOS REGISTRADOS EN EL TRAMO 1

Daño	N°	Severidad	Porcentaje	km_inicio	km_final	Longitud	Latitud	Cuadro
Desprendimiento	8	1	1	1,8009	1,8151	-91,65045	14,57314	6028
Desprendimiento	9	1	0,5	2,3574	2,3664	-91,65548	14,57203	7751
Desprendimiento	10	1	0,5	2,9996	3,0044	-91,66130	14,57078	9721
Desprendimiento	11	1	0,5	3,0389	3,0437	-91,66166	14,57070	9845
Desprendimiento	12	1	4	4,2822	4,3031	-91,67292	14,56827	13958
Desprendimiento	13	1	14	5,1673	5,1764	-91,68093	14,56654	16538
Desprendimiento	14	1	0,2	5,5147	5,5271	-91,68407	14,56584	17807
Desprendimiento	15	1	1	6,2165	6,2288	-91,69003	14,56681	20373
Desprendimiento	16	2	10	6,2705	6,3912	-91,69053	14,56682	20573
Desprendimiento	17	1	5	6,4748	6,5849	-91,69243	14,56682	21378
Desprendimiento	18	1	1	6,6953	6,7211	-91,69447	14,56681	22187
Desprendimiento	19	1	1	6,7686	6,7883	-91,69515	14,56681	22464
Desprendimiento	20	2	10	6,8912	6,9054	-91,69629	14,56682	22924
Desprendimiento	21	1	5	7,9375	8,0067	-91,70582	14,56609	26831
Desprendimiento	22	2	15	8,0256	8,0546	-91,70659	14,56633	27106
Desprendimiento	23	2	15	8,1090	8,1261	-91,70715	14,56684	27375
Desprendimiento	24	1	5	8,1789	8,2030	-91,70757	14,56732	27610
Desprendimiento	25	2	10	8,4009	8,4483	-91,70884	14,56890	28390
Desprendimiento	26	1	5	8,4839	8,5661	-91,70895	14,56963	28726
Desprendimiento	27	2	15	8,9788	9,0520	-91,71277	14,57136	30705
Desprendimiento	28	2	10	9,1485	9,2418	-91,71432	14,57164	31340
Desprendimiento	29	1	1	9,6872	9,7084	-91,71888	14,57066	33218
Desprendimiento	30	1	2	9,8266	9,8360	-91,71972	14,56971	33623
Desprendimiento	31	1	1	9,9542	9,9654	-91,72027	14,56870	33991
Desprendimiento	32	2	10	10,1369	10,1477	-91,72089	14,56717	34486
Parches	1	2	15	5,9833	5,9989	-91,68830	14,56562	19497
Piel de lagarto	1	2	30	0,0101	0,0668	-91,63423	14,57569	115
Piel de lagarto	2	2	35	0,1275	0,2172	-91,63526	14,57602	615
Piel de lagarto	3	2	35	0,2694	0,5570	-91,63657	14,57610	1184
Piel de lagarto	4	2	11	0,6010	0,6353	-91,63959	14,57554	2285
Piel de lagarto	5	2	15	0,7524	1,0940	-91,64096	14,57524	2767
Piel de lagarto	6	2	25	1,1258	1,5659	-91,64434	14,57449	3902
Piel de lagarto	7	2	35	1,5799	1,7738	-91,64845	14,57358	5339
Piel de lagarto	8	2	20	1,7918	2,2000	-91,65036	14,57316	5991
Piel de lagarto	9	2	35	2,2046	2,4451	-91,65410	14,57232	7255
Piel de lagarto	10	2	20	2,4503	2,7293	-91,65632	14,57185	8041
Piel de lagarto	11	2	35	2,8670	3,1134	-91,66010	14,57103	9341
Piel de lagarto	12	2	15	3,1223	3,2115	-91,66241	14,57053	10124
Piel de lagarto	13	2	25	3,2221	3,3469	-91,66331	14,57033	10432
Piel de lagarto	14	2	35	3,3760	3,7757	-91,66471	14,57004	10933
Piel de lagarto	15	2	25	3,7798	4,1748	-91,66836	14,56924	12415
Piel de lagarto	16	2	35	4,1798	4,5183	-91,67199	14,56847	13635
Piel de lagarto	17	2	30	4,5286	4,7508	-91,67515	14,56779	14651
Piel de lagarto	18	2	15	4,7793	4,9893	-91,67742	14,56731	15362
Piel de lagarto	19	2	35	5,0073	5,1583	-91,67948	14,56685	16012
Piel de lagarto	20	2	34	5,3604	5,4648	-91,68268	14,56615	17242
Piel de lagarto	21	2	35	5,5813	5,9522	-91,68468	14,56571	18065
Piel de lagarto	22	2	25	5,9616	6,1307	-91,68813	14,56552	19414

Continuación apéndice 2

LISTA DE DAÑOS REGISTRADOS EN EL TRAMO 1

Daño	N°	Severidad	Porcentaje	km_inicio	km_final	Longitud	Latitud	Cuadro
Piel de lagarto	23	2	30	6,1509	6,3486	-91,68946	14,56663	20129
Piel de lagarto	24	2	35	6,4158	6,7963	-91,69188	14,56681	21139
Piel de lagarto	25	2	35	6,8079	7,1892	-91,69551	14,56682	22613
Piel de lagarto	26	2	35	7,3775	8,0914	-91,70063	14,56600	24755
Piel de lagarto	27	2	35	8,1454	8,2174	-91,70738	14,56709	27503
Piel de lagarto	28	2	15	8,2360	8,3767	-91,70792	14,56771	27781
Piel de lagarto	29	2	20	8,4909	8,8540	-91,70895	14,56969	28769
Piel de lagarto	30	2	10	8,8835	9,0558	-91,71191	14,57119	30345
Piel de lagarto	31	2	25	9,4949	9,6287	-91,71752	14,57171	32591
Piel de lagarto	32	2	35	9,8134	10,2955	-91,71964	14,56980	33576
Piel de lagarto	33	2	25	10,3699	10,4318	-91,72182	14,56530	35206
Piel de lagarto	34	2	35	10,5555	10,9465	-91,72348	14,56509	35824

LISTA DE DAÑOS REGISTRADOS EN EL TRAMO 2

Daño	N°	Severidad	Porcentaje	km_inicio	km_final	Longitud	Latitud	Cuadro
Ahuellamiento	1	2	25	2,5159	2,5576	-91,74966	14,56909	9164
Ahuellamiento	2	3	35	2,5915	2,6798	-91,75023	14,56948	9437
Ahuellamiento	3	3	25	3,3497	3,9360	-91,75679	14,57164	12384
Ahuellamiento	4	3	25	5,6022	5,6501	-91,77585	14,57641	19932
Ahuellamiento	5	2	25	5,6995	5,8111	-91,77585	14,57729	20322
Ahuellamiento	6	3	25	5,8465	6,0457	-91,77571	14,57861	20874
Ahuellamiento	7	2	10	13,2925	13,3119	-91,77281	14,63890	46829
Baches	1	2	2	0,2682	0,2950	-91,72972	14,56621	1194
Baches	2	3	5	0,3137	0,3238	-91,73013	14,56631	1367
Baches	3	3	5	0,3809	0,4478	-91,73074	14,56640	1678
Baches	4	1	1	0,7487	0,7587	-91,73414	14,56618	3080
Baches	5	1	1	1,0017	1,0113	-91,73645	14,56636	3901
Baches	6	2	1	3,0095	3,0367	-91,75370	14,57103	11042
Baches	7	1	1	3,1451	3,1611	-91,75493	14,57127	11593
Baches	8	3	15	3,2929	3,3268	-91,75627	14,57154	12137
Baches	9	1	1	4,7659	4,7747	-91,76977	14,57314	16982
Baches	10	1	1	5,0747	5,0791	-91,77262	14,57339	18020
Baches	11	1	1	5,1977	5,2088	-91,77372	14,57363	18420
Baches	12	3	10	5,3022	5,3270	-91,77454	14,57412	18736
Baches	13	1	1	5,5560	5,5678	-91,77578	14,57600	19738
Baches	14	3	5	6,4403	6,4517	-91,77510	14,58394	22959
Baches	15	1	1	6,8675	6,8742	-91,77467	14,58777	24700
Baches	16	2	3	7,0267	7,1361	-91,77451	14,58919	25321
Baches	17	1	1	7,2254	7,2331	-91,77431	14,59097	26109
Baches	18	1	1	7,8046	7,8133	-91,77367	14,59616	28241
Baches	19	3	5	8,5797	8,5844	-91,76962	14,60187	30908
Baches	20	1	0,2	8,8720	8,8812	-91,76884	14,60438	31840
Baches	21	3	5	8,9305	8,9349	-91,76875	14,60490	32034
Baches	22	1	3	8,9525	8,9656	-91,76871	14,60510	32114

Continuación apéndice 2

LISTA DE DAÑOS REGISTRADOS EN EL TRAMO 2

Daño	N°	Severidad	Porcentaje	km_inicio	km_final	Longitud	Latitud	Cuadro
Baches	23	3	2	9,0080	9,0828	-91,76863	14,60559	32310
Baches	24	3	2	9,1234	9,1699	-91,76845	14,60662	32703
Baches	25	2	1	10,0340	10,0476	-91,76706	14,61472	36088
Baches	26	1	1	11,0925	11,1016	-91,76827	14,62412	39868
Baches	27	3	2	12,1150	12,1337	-91,77311	14,62970	43123
Baches	28	2	2	12,1571	12,1799	-91,77317	14,63007	43224
Baches	29	3	10	12,2775	12,2864	-91,77340	14,63113	43628
Baches	30	2	1	12,4368	12,4450	-91,77404	14,63235	44187
Baches	31	3	2	15,6518	15,6790	-91,77447	14,65718	52609
Baches	32	1	1	15,7302	15,7972	-91,77504	14,65761	52804
Baches	33	1	1	15,9116	15,9255	-91,77629	14,65871	53219
Baches	34	2	1	15,9875	16,0448	-91,77681	14,65917	53377
Desprendimiento	1	2	15	0,2266	0,2541	-91,72934	14,56612	1031
Desprendimiento	2	2	15	0,4644	0,5731	-91,73152	14,56638	2049
Desprendimiento	3	1	2	0,6010	0,6178	-91,73278	14,56628	2610
Desprendimiento	4	1	1	0,8076	0,8227	-91,73468	14,56614	3258
Desprendimiento	5	1	1	0,9218	0,9319	-91,73574	14,56617	3638
Desprendimiento	6	1	1	1,1677	1,1767	-91,73796	14,56662	4435
Desprendimiento	7	1	0,5	1,4036	1,4121	-91,74015	14,56653	5244
Desprendimiento	8	1	2	1,6900	1,6984	-91,74280	14,56644	6296
Desprendimiento	9	1	1	1,8888	1,9022	-91,74464	14,56644	6949
Desprendimiento	10	1	2	1,9239	1,9370	-91,74496	14,56650	7072
Desprendimiento	11	2	15	2,8259	2,8508	-91,75205	14,57064	10319
Desprendimiento	12	2	15	2,8827	2,9232	-91,75255	14,57080	10527
Desprendimiento	13	1	2	3,0498	3,0642	-91,75407	14,57111	11226
Desprendimiento	14	2	2	3,0917	3,1126	-91,75445	14,57118	11389
Desprendimiento	15	2	2	3,2400	3,2524	-91,75579	14,57145	11928
Desprendimiento	16	1	2	4,3754	4,3898	-91,76615	14,57288	15661
Desprendimiento	17	1	1	4,7875	4,7962	-91,76996	14,57316	17054
Desprendimiento	18	1	1	5,2357	5,2457	-91,77404	14,57378	18521
Desprendimiento	19	2	10	6,2058	6,4326	-91,77534	14,58183	22088
Desprendimiento	20	1	5	6,8291	6,8546	-91,77471	14,58742	24543
Desprendimiento	21	1	5	6,9417	6,9536	-91,77459	14,58843	25008
Desprendimiento	22	1	3	7,3541	7,3619	-91,77417	14,59213	26588
Desprendimiento	23	1	5	7,7255	7,7385	-91,77379	14,59545	27971
Desprendimiento	24	1	3	9,3349	9,6788	-91,76813	14,60850	33474
Desprendimiento	25	1	3	9,9008	9,9205	-91,76727	14,61354	35627
Desprendimiento	26	2	15	10,4267	10,4606	-91,76693	14,61825	37471
Desprendimiento	27	1	2	10,4817	10,4901	-91,76703	14,61874	37661
Desprendimiento	28	1	2	11,3512	11,3603	-91,76852	14,62645	40785
Desprendimiento	29	1	2	12,0654	12,0809	-91,77302	14,62926	42992
Desprendimiento	30	1	2	15,8160	16,0448	-91,77564	14,65813	53004
Grietas	1	2	100	8,0933	8,1070	-91,77241	14,59843	29228
Grietas	2	3	100	8,4791	8,5030	-91,77016	14,60113	30604
Grietas	3	2	100	8,5557	8,5891	-91,76974	14,60169	30838
Grietas	4	3	100	9,4821	9,5288	-91,76791	14,60981	34009
Grietas	5	2	100	9,5625	9,5788	-91,76778	14,61053	34283
Grietas	6	2	100	10,1269	10,2077	-91,76693	14,61555	36410

Continuación apéndice 2

LISTA DE DAÑOS REGISTRADOS EN EL TRAMO 2

Daño	N°	Severidad	Porcentaje	km_inicio	km_final	Longitud	Latitud	Cuadro
Grietas	7	2	100	10,2712	10,2881	-91,76682	14,61685	36914
Parches	1	2	10	2,7780	2,7953	-91,75165	14,57045	10152
Piel de lagarto	1	2	35	0,0168	0,3308	-91,72745	14,56567	159
Piel de lagarto	2	2	20	0,4412	0,5814	-91,73130	14,56639	1946
Piel de lagarto	3	2	35	0,5894	1,0211	-91,73267	14,56629	2556
Piel de lagarto	4	2	10	1,1453	1,5650	-91,73775	14,56661	4358
Piel de lagarto	5	2	20	1,5786	2,3167	-91,74177	14,56647	5874
Piel de lagarto	6	2	35	2,7313	3,2608	-91,75129	14,57022	9992
Piel de lagarto	7	2	35	3,2693	3,3329	-91,75606	14,57150	12038
Piel de lagarto	8	2	35	3,9869	4,1443	-91,76258	14,57266	14427
Piel de lagarto	9	2	20	4,2908	5,0834	-91,76537	14,57282	15387
Piel de lagarto	10	2	35	5,0920	5,3650	-91,77278	14,57341	18080
Piel de lagarto	11	2	15	5,3771	5,7111	-91,77504	14,57457	19095
Piel de lagarto	12	2	15	6,1203	6,6254	-91,77543	14,58106	21812
Piel de lagarto	13	2	35	6,6293	7,9187	-91,77492	14,58563	23772
Piel de lagarto	14	2	10	7,9275	8,2558	-91,77327	14,59719	28660
Piel de lagarto	15	2	35	8,2598	9,1776	-91,77144	14,59960	29875
Piel de lagarto	16	2	25	9,1986	9,6825	-91,76833	14,60729	32969
Piel de lagarto	17	2	30	9,6936	9,7046	-91,76759	14,61170	34779
Piel de lagarto	18	2	35	9,7192	9,8457	-91,76755	14,61192	34887
Piel de lagarto	19	2	20	9,8536	10,1131	-91,76734	14,61312	35427
Piel de lagarto	20	2	25	10,1871	10,4309	-91,76686	14,61609	36619
Piel de lagarto	21	2	35	10,9424	11,1388	-91,76797	14,62280	39315
Piel de lagarto	22	2	15	11,1484	11,3107	-91,76833	14,62462	40047
Piel de lagarto	23	2	35	11,3190	11,3853	-91,76848	14,62616	40656
Piel de lagarto	24	2	25	11,4099	11,6030	-91,76856	14,62697	40970
Piel de lagarto	25	2	10	11,6622	11,8773	-91,76993	14,62867	41735
Piel de lagarto	26	2	30	11,9222	12,3392	-91,77222	14,62829	42564
Piel de lagarto	27	2	35	15,6734	15,7852	-91,77464	14,65728	52655

LISTA DE DAÑOS REGISTRADOS EN EL TRAMO 3

Daño	N°	Severidad	Porcentaje	km_inicio	km_final	Longitud	Latitud	Cuadro
Baches	1	3	5	0,4165	0,4356	-91,77998	14,66203	1233
Baches	2	3	2	0,6601	0,6696	-91,78168	14,66346	2045
Baches	3	1	3	2,7946	2,8038	-91,79431	14,67472	7820
Baches	4	2	2	3,5997	3,6101	-91,79877	14,67924	10369
Baches	5	1	1	3,7441	3,7498	-91,79924	14,68040	10788
Baches	6	3	2	3,7886	3,8050	-91,79915	14,68079	10917
Baches	7	1	2	3,9710	3,9863	-91,79927	14,68238	11447
Baches	8	3	5	4,0068	4,0217	-91,79947	14,68264	11548
Baches	9	1	1	4,3833	4,3885	-91,80167	14,68528	12651
Baches	10	2	1	5,1474	5,1653	-91,80216	14,69161	14654
Baches	11	3	2	5,3318	5,3756	-91,80176	14,69323	15112
Baches	12	1	0,2	5,4041	5,4097	-91,80160	14,69386	15308

Continuación apéndice 2

LISTA DE DAÑOS REGISTRADOS EN EL TRAMO 3

Daño	N°	Severidad	Porcentaje	km_inicio	km_final	Longitud	Latitud	Cuadro
Baches	13	3	2	5,9293	5,9501	-91,80472	14,69590	16797
Baches	14	2	1	5,9660	5,9765	-91,80506	14,69591	16894
Baches	15	1	1	6,0502	6,0634	-91,80584	14,69590	17152
Baches	16	3	2	6,1592	6,1738	-91,80686	14,69588	17533
Baches	17	3	5	6,1957	6,2201	-91,80719	14,69587	17675
Baches	18	3	5	6,2628	6,2766	-91,80781	14,69583	17909
Baches	19	2	1	6,3556	6,3648	-91,80865	14,69565	18218
Baches	20	3	2	6,4912	6,5026	-91,80981	14,69517	18604
Baches	21	1	2	6,5574	6,5700	-91,81035	14,69488	18769
Baches	22	3	5	6,5827	6,6134	-91,81055	14,69477	18834
Baches	23	3	2	6,6297	6,6404	-91,81093	14,69456	18949
Baches	24	3	2	6,6675	6,6785	-91,81123	14,69440	19053
Baches	25	1	1	7,1784	7,1875	-91,81538	14,69216	20610
Baches	26	1	1	7,2287	7,2453	-91,81582	14,69202	20793
Baches	27	1	1	7,3064	7,3158	-91,81654	14,69202	21038
Baches	28	3	2	7,3644	7,3805	-91,81704	14,69220	21236
Baches	29	3	5	7,4629	7,5064	-91,81790	14,69251	21559
Baches	30	3	10	7,7876	7,8369	-91,82071	14,69355	22696
Baches	31	3	2	8,1703	8,2007	-91,82409	14,69431	23820
Baches	32	3	5	8,2089	8,2194	-91,82442	14,69419	23950
Baches	33	1	1	8,4582	8,4704	-91,82657	14,69344	24677
Baches	34	1	1	8,5184	8,5300	-91,82711	14,69354	24819
Baches	35	3	5	8,6621	8,6782	-91,82833	14,69407	25178
Baches	36	1	1	8,8198	8,8317	-91,82967	14,69464	25581
Baches	37	1	1	8,8786	8,8903	-91,83016	14,69485	25741
Baches	38	1	1	8,9244	8,9306	-91,83056	14,69500	25851
Baches	39	2	14	8,9434	8,9554	-91,83071	14,69508	25908
Baches	40	1	1	9,2724	9,2779	-91,83324	14,69650	26765
Baches	41	2	5	9,4240	9,4378	-91,83451	14,69593	27146
Baches	42	3	2	10,0018	10,0135	-91,83921	14,69818	28695
Baches	43	1	1	10,7650	10,7791	-91,84541	14,69831	30717
Baches	44	2	2	10,8467	10,8742	-91,84585	14,69771	30987
Baches	45	1	1	11,0346	11,0445	-91,84695	14,69640	31574
Baches	46	1	1	11,1926	11,2037	-91,84823	14,69573	32020
Baches	47	1	1	11,5516	11,5613	-91,85139	14,69468	33123
Baches	48	1	1	12,0217	12,0331	-91,85560	14,69360	34497
Baches	49	1	1	12,4831	12,4999	-91,85979	14,69275	35783
Desprendimiento	1	1	3	2,2259	2,2966	-91,79306	14,67052	6117
Desprendimiento	2	1	1	2,7068	2,7205	-91,79473	14,67404	7544
Desprendimiento	3	1	5	2,8171	2,8492	-91,79420	14,67490	7897
Desprendimiento	4	2	20	3,0683	3,0784	-91,79449	14,67686	8674
Desprendimiento	5	1	3	6,0715	6,0994	-91,80604	14,69589	17228
Desprendimiento	6	2	10	6,5329	6,5451	-91,81015	14,69499	18722
Desprendimiento	7	2	10	6,8077	6,8184	-91,81237	14,69378	19441
Desprendimiento	8	1	5	6,8728	6,8966	-91,81290	14,69350	19627
Desprendimiento	9	1	4	7,3888	7,4060	-91,81725	14,69227	21321
Desprendimiento	10	2	10	7,4290	7,4532	-91,81760	14,69240	21459
Desprendimiento	11	1	2	7,5254	7,5385	-91,81844	14,69270	21805

Continuación apéndice 2

LISTA DE DAÑOS REGISTRADOS EN EL TRAMO 3

Daño	N°	Severidad	Porcentaje	km_inicio	km_final	Longitud	Latitud	Cuadro
Desprendimiento	12	1	1	7,6398	7,6593	-91,81943	14,69307	22217
Desprendimiento	13	2	15	7,6834	7,7299	-91,81981	14,69321	22351
Desprendimiento	14	2	15	7,7698	7,7966	-91,82056	14,69349	22627
Desprendimiento	15	1	2	7,9420	7,9565	-91,82205	14,69405	23157
Desprendimiento	16	1	2	8,9944	9,0209	-91,83113	14,69529	26028
Desprendimiento	17	2	10	10,0509	10,0709	-91,83960	14,69841	28816
Desprendimiento	18	1	2	10,1577	10,1704	-91,84044	14,69891	29073
Desprendimiento	19	1	3	10,4487	10,4676	-91,84295	14,69970	29867
Desprendimiento	20	1	2	10,5854	10,5959	-91,84417	14,69936	30242
Desprendimiento	21	1	2	10,9125	10,9271	-91,84620	14,69723	31187
Grietas	1	2	100	5,8143	5,8249	-91,80365	14,69593	16469
Grietas	2	2	100	7,2127	7,2245	-91,81567	14,69205	20719
Grietas	3	2	100	9,5219	9,5576	-91,83540	14,69594	27351
Grietas	4	2	100	9,6423	9,7610	-91,83637	14,69649	27671
Grietas	5	2	100	10,4913	10,5071	-91,84335	14,69964	29974
Grietas	6	2	100	10,9857	11,2663	-91,84662	14,69671	31422
Grietas	7	2	100	11,4350	11,5118	-91,85036	14,69501	32765
Grietas	8	3	100	12,0442	12,1081	-91,85580	14,69356	34551
Grietas	9	2	100	12,1403	12,3293	-91,85668	14,69338	34816
Grietas	10	2	100	12,4557	12,6150	-91,85954	14,69280	35706
Grietas	11	2	100	12,9208	12,9559	-91,86377	14,69200	36949
Piel de lagarto	1	2	25	0,4541	0,5887	-91,78029	14,66220	1358
Piel de lagarto	2	2	30	0,5919	0,6894	-91,78124	14,66302	1825
Piel de lagarto	3	2	10	0,6996	0,8613	-91,78192	14,66374	2166
Piel de lagarto	4	2	35	1,4365	1,5503	-91,78686	14,66765	4236
Piel de lagarto	5	2	35	2,3078	2,8255	-91,79344	14,67116	6336
Piel de lagarto	6	2	25	2,8713	3,0683	-91,79396	14,67533	8092
Piel de lagarto	7	2	35	3,0985	3,4467	-91,79473	14,67701	8770
Piel de lagarto	8	2	35	3,9452	4,1702	-91,79916	14,68217	11367
Piel de lagarto	9	2	15	4,1860	4,3727	-91,80051	14,68390	12070
Piel de lagarto	10	2	15	4,4701	4,5416	-91,80218	14,68589	12910
Piel de lagarto	11	2	30	5,2074	5,2197	-91,80205	14,69214	14797
Piel de lagarto	12	2	15	5,2260	5,3870	-91,80201	14,69231	14849
Piel de lagarto	13	2	15	5,5870	6,0259	-91,80171	14,69544	15805
Piel de lagarto	14	2	25	6,0356	6,1126	-91,80571	14,69590	17107
Piel de lagarto	15	2	15	6,2003	6,5145	-91,80724	14,69587	17699
Piel de lagarto	16	2	15	6,5952	6,6457	-91,81065	14,69471	18868
Piel de lagarto	17	2	25	6,7435	6,9940	-91,81185	14,69406	19263
Piel de lagarto	18	2	25	7,0310	7,1919	-91,81418	14,69280	20106
Piel de lagarto	19	2	15	7,4813	7,6072	-91,81806	14,69256	21621
Piel de lagarto	20	2	30	7,9729	8,0771	-91,82232	14,69415	23250
Piel de lagarto	21	2	30	8,2709	8,3329	-91,82494	14,69397	24165
Piel de lagarto	22	2	10	8,3589	8,4764	-91,82568	14,69365	24421
Piel de lagarto	23	2	20	8,4946	8,5358	-91,82690	14,69348	24763
Piel de lagarto	24	2	35	8,5476	9,0684	-91,82737	14,69364	24893
Piel de lagarto	25	2	35	9,0731	9,2044	-91,83171	14,69571	26247
Piel de lagarto	26	2	15	9,2304	9,3564	-91,83285	14,69651	26681
Piel de lagarto	27	2	30	9,5019	9,5733	-91,83522	14,69590	27308

Continuación apéndice 2

LISTA DE DAÑOS REGISTRADOS EN EL TRAMO 3

Daño	N°	Severidad	Porcentaje	km_inicio	km_final	Longitud	Latitud	Cuadro
Piel de lagarto	28	2	20	9,5838	9,7610	-91,83591	14,69621	27520
Piel de lagarto	29	2	15	9,7751	9,7900	-91,83742	14,69712	28057
Piel de lagarto	30	2	10	9,8199	10,0777	-91,83777	14,69732	28196
Piel de lagarto	31	2	10	10,3801	10,4738	-91,84232	14,69968	29672
Piel de lagarto	32	2	30	10,8884	11,0157	-91,84607	14,69740	31122
Piel de lagarto	33	2	15	11,2847	11,4867	-91,84904	14,69545	32348
Piel de lagarto	34	2	30	11,4916	11,7354	-91,85086	14,69485	32944
Piel de lagarto	35	2	25	11,7515	12,3396	-91,85315	14,69412	33728
Piel de lagarto	36	2	35	12,6892	12,7243	-91,86166	14,69238	36333
Piel de lagarto	37	2	35	12,7789	12,9659	-91,86247	14,69221	36556
Piel de lagarto	38	2	10	12,9759	13,2658	-91,86428	14,69199	37117

Fuente: elaboración propia

