



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

**EVALUACIÓN PARA CONTROL Y SEGUIMIENTO DE PROYECTOS DE OBRAS VIALES
MEDIANTE SOFTWARE DE APLICACIÓN**

Oscar Manuel Monterroso Ramírez

Asesorado por el Ing. Rolando Alfredo Gutiérrez Linares

Guatemala, febrero de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN PARA CONTROL Y SEGUIMIENTO DE PROYECTOS DE
OBRAS VIALES MEDIANTE SOFTWARE DE APLICACIÓN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

OSCAR MANUEL MONTERROSO RAMÍREZ

ASESORADO POR EL ING. ROLANDO ALFREDO GUTIÉRREZ LINARES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Herberth René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
EXAMINADORA	Inga. Marta Lidia Samayoa de Hernández
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 PARA CONTROL Y SEGUIMIENTO DE PROYECTOS DE OBRAS VIALES MEDIANTE SOFTWARE DE APLICACIÓN

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha junio de 2010.



Oscar Manuel Monterroso Ramírez

Guatemala, Julio de 2011

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

Estimado Ingeniero:

Por éste medio hago constar que he asesorado y revisado el trabajo de graduación del estudiante universitario Oscar Manuel Monterroso Ramírez, titulado: **EVALUACIÓN PARA CONTROL Y SEGUIMIENTO DE PROYECTOS DE OBRAS VIALES MEDIANTE SOFTWARE DE APLICACIÓN**

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.



ROLANDO ALFREDO GUTIERREZ LINARES
INGENIERO CIVIL
COL. 5817

Ing. Rolando Alfredo Gutiérrez Linares
ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
25 de agosto de 2011

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 PARA CONTROL Y SEGUIMIENTO DE PROYECTOS DE OBRAS VIALES MEDIANTE SOFTWARE DE APLICACIÓN**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Oscar Manuel Monterroso Ramírez, 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

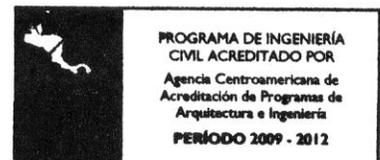

Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

/bbdeb.

Más de 130 Años de Trabajo Académico y Mejora Continua





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Rolando Alfredo Gutiérrez Linares y del Coordinador del Área de Topografía y Transportes, Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila, al trabajo de graduación del estudiante Oscar Manuel Monterroso Ramírez, titulado **EVALUACIÓN PARA CONTROL Y SEGUIMIENTO DE PROYECTOS DE OBRAS VIALES MEDIANTE SOFTWARE DE APLICACIÓN**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

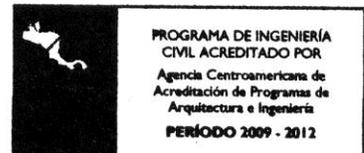

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco


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

Guatemala, febrero de 2012.

/bbdeb.

Más de **130** Años de Trabajo Académico y Mejora Continua





DTG. 061.2012

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 PARA CONTROL Y SEGUIMIENTO DE PROYECTOS DE OBRAS VIALES MEDIANTE SOFTWARE DE APLICACIÓN**, presentado por el estudiante universitario **Oscar Manuel Monterroso Ramírez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 7 de febrero de 2012



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- | | |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mis padres | Manuel de Jesús Monterroso Carrera y Carmen Aurora Ramírez Mansilla. Por su apoyo incondicional. |
| Mis tíos y abuelos | Que Dios los tenga en su gloria. Gracias por su apoyo. |
| Mis hermanos | Por su apoyo con el que me impulsaron a seguir siempre. |
| Mis sobrinos | Por su convivencia y amistad. |

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por la sabiduría, paciencia, perseverancia para luchar por mis metas y sueños.
- Mis padres** Por el esfuerzo y sacrificio para brindarme la educación que el día de hoy es un sueño cumplido.
- Mi asesor** Rolando Alfredo Gutiérrez Linares y Gabriel Berditchevsky por su colaboración.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS	
1.1. Antecedentes	1
2. COMPONENTES DE UN INVENTARIO VIAL	3
2.1. Condición superficial vías pavimentadas	3
2.1.1. Carpeta asfáltica	3
2.1.1.1. Fisuras y grietas	3
2.1.1.1.1. Piel de cocodrilo	3
2.1.1.1.2. Fisuras en bloque	5
2.1.1.1.3. Fisuras en arco	7
2.1.1.1.4. Fisura transversal	9
2.1.1.1.5. Fisura longitudinal	11
2.1.1.1.6. Fisura por reflexión	13
2.1.1.2. Deformaciones superficiales	15
2.1.1.2.1. Ahuellamiento	15
2.1.1.2.2. Corrimiento	16
2.1.1.2.3. Corrugación	18
2.1.1.2.4. Hinchamiento	19

	2.1.1.2.5.	Hundimiento.....	21
2.1.1.3.		Desintegración.	22
	2.1.1.3.1.	Bache	22
	2.1.1.3.2.	Peladura	24
	2.1.1.3.3.	Desintegración de bordes	25
2.1.1.4.		Otros deterioros.	27
	2.1.1.4.1.	Exudación.	27
	2.1.1.4.2.	Parchados.....	29
2.1.2.		Concreto hidráulico	31
2.1.2.1.		Fisuras	31
	2.1.2.1.1.	Fisura transversal	31
	2.1.2.1.2.	Fisura longitudinal.....	33
	2.1.2.1.3.	Fisura de esquina	35
	2.1.2.1.4.	Losas subdivididas.....	37
	2.1.2.1.5.	Fisuras en bloque	38
2.1.2.2.		Deformaciones	40
	2.1.2.2.1.	Levantamiento de losas	40
	2.1.2.2.2.	Dislocamiento	41
	2.1.2.2.3.	Hundimiento.....	43
2.1.2.3.		Desintegraciones	45
	2.1.2.3.1.	Descascaramiento	45
	2.1.2.3.2.	Bache	46
2.1.2.4.		Deficiencia de sello	48
	2.1.2.4.1.	Deficiencia de sello	48
	2.1.2.4.2.	Despostillamiento.....	50
2.1.2.5.		Deficiencia de juntas	52
	2.1.2.5.1.	Fisuras por juntas	52
	2.1.2.5.2.	Parchados.....	53
2.2.		Renglones de trabajo vías pavimentadas	55

2.3.	Condición superficial vías de terracería	58
2.3.1.	Sección transversal inadecuada.....	58
2.3.2.	Corrugaciones.....	59
2.3.3.	Ahuellamiento	61
2.3.4.	Pérdida de agregados	63
2.3.5.	Baches	64
2.4.	Renglones de trabajo vías de terracería	66
2.5.	Obra civil en tramos carreteros	67
2.5.1.	Puentes.....	67
2.5.2.	Obras de protección para ríos	74
2.5.3.	Alcantarillas.....	77
2.5.4.	Badenes.....	80
3.	INVENTARIO VIAL MEDIANTE MÉTODOS CONVENCIONALES	
3.1.	Recurso humano.....	83
3.2.	Recurso material.....	83
3.3.	Recopilación de información	84
3.4.	Análisis de datos.....	84
3.5.	Resultados.....	84
3.6.	Tramo piloto.....	84
4.	INVENTARIO VIAL MEDIANTE <i>SOFTWARE</i> DE APLICACIÓN	
4.1.	Requerimiento de <i>software</i>	97
4.1.1.	Recurso material	98
4.1.2.	Recurso humano	98
4.2.	Configuración de <i>software</i>	97
4.3.	Recopilación de información	104
4.3.1.	Tareas preliminares.....	104
4.3.2.	Referencia de monitoreo	111

4.3.3. Ejecución (control y pasos a realizar)	119
4.4. Análisis de datos	120
4.5. Resultados	121
5. ANÁLISIS COMPARATIVO	
5.1. Análisis de registros	129
5.2. Análisis gráfico	130
CONCLUSIONES	133
RECOMENDACIONES	135
BIBLIOGRAFÍA	137
APÉNDICE.....	139

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Piel de cocodrilo severidad alta.....	5
2. Fisuras en bloque severidad alta	7
3. Fisuras en arco severidad alta	9
4. Fisura transversal severidad alta	11
5. Fisura longitudinal severidad media.....	13
6. Fisura por reflexión de junta severidad media.....	14
7. Ahuellamiento severidad media	16
8. Corrimiento severidad media	18
9. Corrugaciones severidad alta	19
10. Hinchamiento severidad alta.....	20
11. Bache severidad media	23
12. Peladura severidad media	25
13. Ruptura de borde severidad media	27
14. Exudación severidad alta	29
15. Parchado severidad media	31
16. Fisura transversal severidad media	33
17. Fisura longitudinal severidad alta.....	35
18. Fisura de esquina severidad media	36
19. Losa subdividida severidad alta	38
20. Fisuras en bloque severidad alta	39
21. Levantamiento de losas severidad alta	41
22. Dislocamiento severidad alta	43
23. Hundimiento severidad alta.....	44

24.	Descascaramiento severidad alta	46
25.	Bache severidad alta	48
26.	Deficiencia de material de sello severidad alta	49
27.	Despostillamiento severidad media	51
28.	Fisuras por mal funcionamiento de juntas severidad media	53
29.	Parchado severidad media	55
30.	Pérdida de sección transversal severidad alta.....	59
31.	Corrugaciones severidad alta	61
32.	Corrugaciones severidad alta	62
33.	Pérdida de agregados severidad alta	64
34.	Baches en terracería severidad alta	65
35.	Clasificación de puentes según su sección	68
36.	Clasificación de puentes según su estructura.....	69
37.	Clasificación de puentes según posición del piso	69
38.	Clasificación de puentes según ángulo entre puente y estribo	70
39.	Esquema representativo de un puente	75
40.	Tubería seccional	79
41.	Tubería sección circular	79
42.	Dimensiones badén.....	81
43.	Dimensiones badén tipo circular.....	82
44.	Est. 0+000, piel de lagarto y baches severidad alta	85
45.	Est. 0+000, grietas en bloque severidad alta	85
46.	Est. 0+080, bache severidad media	86
47.	Est. 0+140, grietas en bloque severidad media	86
48.	Est. 0+260, parches severidad media.....	87
49.	Est. 0+390, parches severidad media.....	87
50.	Est. 0+480, parches severidad media.....	88
51.	Est. 0+520, bache severidad baja	88
52.	Est. 0+660, parche severidad media	89

53.	Est. 0+810, piel de cocodrilo severidad media	89
54.	Est. 1+270, grieta longitudinal severidad media	90
55.	Est. 1+550, grietas en bloque severidad media	90
56.	Est. 1+570, grietas en bloque severidad media	91
57.	Est. 1+630, grietas en bloque severidad media	91
58.	Est. 1+720, grietas en bloque severidad alta	92
59.	Est. 1+990, grietas en bloque severidad alta	92
60.	Est. 2+100, grietas en bloque y parches de severidad alta	93
61.	Est. 2+170, fractura de losa severidad alta	93
62.	Est. 2+440, grieta longitudinal severidad media	94
63.	Est. 2+560, grieta longitudinal severidad alta	94
64.	Larguillo tramo piloto.....	95
65.	Acceso a <i>software</i> de aplicación	100
66.	Configuración de teclado	100
67.	Mostrar vídeo.....	101
68.	Funcionamiento de vídeo.....	101
69.	Ocultar vídeo	102
70.	Puerto asignado a <i>GPS</i>	102
71.	Relación de baudios	103
72.	Conexión a <i>GPS</i>	104
73.	Base para montaje.....	105
74.	Cámara de vídeo	106
75.	Inversor de corriente	106
76.	Computadora portátil	107
77.	<i>GPS</i> antena externa	108
78.	<i>GPS</i> interfaz gráfica.....	108
79.	Conexión <i>GPS</i> con computadora portátil	109
80.	Conexión teclado programable con computadora portátil	110
81.	Inicio de inventario	111

82.	Configuración de teclado programable	112
83.	Sentido del inventario	113
84.	Tipo de superficie	113
85.	Ancho de derecho de vía.....	114
86.	Número de carriles	114
87.	Ancho de carril	115
88.	Ancho de hombros	115
89.	Superficie de hombros.....	116
90.	Chequeo de funcionamiento de vídeo	116
91.	Chequeo de funcionamiento de vídeo	117
92.	Chequeo de funcionamiento de vídeo	117
93.	Chequeo de formato de vídeo	118
94.	Chequeo de <i>CODEC</i>	118
95.	Chequeo de visualización.....	119
96.	Ubicación del mapa del área a analizar	122
97.	Ubicación de archivos utilizados.....	122
98.	Registro del recorrido	123
99.	Gráfico del recorrido	123
100.	Ubicación del vídeo registrado	124
101.	Registros de eventos de inventario.....	124
102.	Registros georreferenciados.....	125
103.	Registros de daños encontrados	125
104.	Registros de daños encontrados	126
105.	Registros de daños encontrados	126
106.	Registros de daños encontrados	127
107.	Registros de daños encontrados	127
108.	Registros de daños encontrados	128
109.	Registros de daños encontrados (vista general).....	128

TABLAS

I.	Clasificaciones de baches en carpeta asfáltica	23
II.	Clasificaciones de paños en pista de concreto hidráulico	37
III.	Clasificaciones de baches en concreto hidráulico	47
IV.	Clasificaciones de baches en terracería.....	65
V.	Badenes y almohadas de tipo circular	81
VI.	Relación de badius	103
VII.	Resultado final comparativo de método tradicional y <i>software</i>	130

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetros
m²	Metros cuadrados
mm	Milímetros
'	Pie
"	Pulgadas
%	Rampa de inclinación

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.
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 1.0 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.

Pulimiento

Superficie de rodamiento excesivamente lisa, por efecto de desgaste de la superficie del agregado que la compone.

RESUMEN

Guatemala es un país vulnerable a los fenómenos naturales, tanto geológicos (terremotos), como atmosféricos (tormentas, huracanes, etc). En los últimos 35 años han ocurrido varios desastres naturales; tal es el caso del terremoto en 1976, el huracán *Mitch* en 1998, la tormenta tropical *Stan* en el 2005 y la más reciente la tormenta tropical *Agatha* en el 2010, donde los principales efectos se exteriorizan en el colapso de puentes y carreteras, los cuales son de vital importancia para el país. Lamentablemente, nuestro país no está preparado aún para estos tipos de desastres, en los cuales la tarea preventiva es prácticamente inexistente.

Dentro de este contexto y una vez ocurrida la emergencia, la reacción del proceso de rehabilitación y reconstrucción debe ser organizada y coordinada a manera de utilizar eficientemente los recursos materiales y económicos. Para ello, contar con herramientas de información y divulgación que brinden un estado de situación en forma fidedigna y actualizada a los mandos que toman las decisiones, son fundamentales para un proceso exitoso.

Es por ello que este trabajo de graduación se ha focalizado en la “Evaluación para control y seguimiento de proyectos de obras viales, mediante software de aplicación”, el cual ha sido aplicado durante las emergencias acaecidas en el país, como lo fueron la tormenta *Stan* en el 2005 y muy recientemente la tormenta *Agatha* en el 2010, haciendo principal énfasis en obtener registros de daños mediante métodos tecnológicos en contraposición de utilizar métodos convencionales y así lograr mayor rapidez y mayor detalle

en la recolección de datos, para que de esta manera se inicien los trabajos de reconstrucción de una manera más práctica y efectiva.

OBJETIVOS

General

Evaluar proyectos de obras viales, dándoles control y seguimiento mediante *software* de aplicación.

Específicos

1. Describir, aplicar y evaluar el uso de una herramienta tecnológica para realizar registros y mediciones de los componentes de condición superficial y trabajos de mantenimiento de un tramo carretero.
2. Establecer condiciones de factibilidad en la utilización de una herramienta tecnológica en relación con la ejecución de mediciones de una manera tradicional.
3. Optimizar el factor tiempo, económico y humano al ejecutar mediciones basadas en un sistema tecnológico, lo cual permita la administración adecuada de los recursos.
4. Definir los términos integrados en registros y definiciones para un tramo carretero.

INTRODUCCIÓN

Por su ubicación geográfica, Guatemala se encuentra expuesta a una serie de desastres naturales que afectan todo su territorio. Es atravesada por una cadena volcánica, donde existen aproximadamente 288 volcanes; de estos solamente cuatro son los más activos actualmente. Además, cuenta con una cadena de montañas que sobrepasan los 3,500 msnm, y más de 36 ríos de gran magnitud, con un sinnúmero de pequeños ríos y quebradas.

El país 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 ocasionan más de 1,000 sismos de diversas magnitudes.

Entre los fenómenos que causan los desastres más comunes y deterioro o destrucción de los tramos carreteros son: movimientos sísmicos, derrumbes y deslizamientos, desbordamiento de ríos y deterioro por mala construcción de una carretera o por efectos del tiempo.

De esta manera llevar el control o registros de todos los daños que puedan afectar una carretera, necesita herramientas tecnológicas para lograr realizar exactamente dichos registros, y así iniciar con los trabajos de mantenimiento o reconstrucción lo más pronto posible.

El *software* que se va a utilizar durante la materialización de un proyecto nos daría información en tiempo real, para la oportuna toma de decisiones con el fin de reencauzar rumbos ante ciertas contingencias, especialmente si estas se encuentran en rutas críticas.

1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

1.1. Antecedentes

A solicitud del Ministerio de Obras Públicas de El Salvador se desarrolló en 1995 un Sistema Geográfico de Información (*GIS*), a través del programa *ARCINFO-ARCVIEW*, el cual presenta gráficamente la ubicación de todas las vías componentes de la red vial de dicho país. Estas vías fueron ligadas a una base de datos compuesta por la información del inventario, cálculo del estado de condición de los caminos y de datos procesados sobre la caracterización del cuadro de fallas de los mismos y sobre las actividades de mantenimiento recomendadas para su tratamiento. De esta manera se puede obtener la información referente del estado de condición de los tramos componentes de la vía y del medio relacionado con la misma, como también de las opciones recomendadas para su mantenimiento, dimensión y costo.

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 presenta la red vial no pavimentada ligada a una base de datos que contiene toda la información en relación con las características y estado físico de los caminos y además contiene una base informática fílmica del camino de cada tramo componente de la red; de esta manera, se puede contar con un registro visual de la condición de los caminos y 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 contenían 9,500 kilómetros.

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

2. COMPONENTES DE UN INVENTARIO VIAL

A continuación se presentan algunas de las definiciones relacionadas con componentes de un inventario vial (SIECA-Manual centroamericano de carreteras, 2010), que ayudarán a comprender conceptos que se manejarán en el transcurso de este trabajo.

2.1. Condición superficial vías pavimentadas

2.1.1. 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.

2.1.1.1. Fisuras y grietas

2.1.1.1.1. Piel de cocodrilo

Son fisuras interconectadas formando pequeños polígonos irregulares de ángulos agudos, generalmente con un diámetro promedio menor a 30 cm. El fisuramiento empieza en la parte inferior de las capas asfálticas, donde las tensiones y deformaciones por tracción alcanza 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 instancia, en las huellas exteriores. En su etapa final, el agrietamiento se transforma en bache. La misma sección del pavimento presentará fisuras y grietas de cocodrilo, ahuellamientos y baches.

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. El ligante por lo general ha envejecido y por ende ha perdido la flexibilidad de sostener cargas repetidas al tránsito sin agrietarse.

Se definen tres niveles de severidad: bajo, mediano 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.

En el nivel mediano 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.

En el nivel alto la red de fisuras ha progresado a manera de constituir una malla cerrada de pequeños polígonos bien definidos, con despostillamientos 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 por el mismo formando baches.

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 severidad alta**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 300.

2.1.1.1.2. Fisuras en bloque

Son fisuras interconectadas formando 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. También 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, mediano 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 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 el nivel alto existen las siguientes condiciones: fisuras sin sellar, de ancho promedio a 5 mm; fisuras con presencia de despostillamientos severos.

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 severidad alta**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 301.

2.1.1.1.3. 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. La causa también puede ser un contenido alto de arena en la mezcla, sea arena de río o finos triturados.

Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano, 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 severidad alta**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 302.

2.1.1.1.4. 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.

Las posibles causas incluyen contracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad, debido a un exceso de *filler*, envejecimiento asfáltico, etc. 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, mediano 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 mediano 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; fisuras selladas, de cualquier tipo, rodeadas de fisuras 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 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 evidenciando un diferente nivel de severidad, debe ser registrada separadamente. Se totaliza el número de metros lineales observados en la sección o muestra.

Figura 4. **Fisura transversal severidad alta**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 303.

2.1.1.1.5. Fisura longitudinal

Es la fracturación que se extiende a través de la superficie del pavimento, paralelamente al eje de la carretera, pudiendo 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 instancias del fenómeno de fatiga por debilidad estructural, ocurren en las huellas de canalización del tránsito. Defectuosa ejecución de las juntas longitudinales de construcción, al distribuir las mezclas asfálticas durante la construcción; ocurren en el eje y coincidencia con los carriles de distribución y ensanches. Contracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad, particularmente ante gradientes térmicos importantes. Reflexión de fisuras causadas por grietas existentes por debajo de la superficie de rodamiento; incluyendo fisuras en pavimentos conformadas por capas estabilizadas químicamente o de concreto, usualmente se presentan combinadas con fisuras transversales. Deficiente confinamiento lateral, por falta

de hombros y cordones o bordillos, que provocan un debilitamiento del pavimento en correspondencia con el borde. Estas, asociadas a las cargas del tránsito, ocurren a una distancia de 0.30 a 0.60 m del borde.

Se definen tres niveles de severidad: bajo, mediano 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; fisuras selladas, de cualquier tipo, rodeadas de fisuras 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 evidenciando un diferente nivel de severidad, debe ser observada en la sección o muestra.

Figura 5. **Fisura longitudinal severidad media**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 304.

2.1.1.1.6. 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 hacia la superficie asfáltica, de las juntas del pavimento de concreto. 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 dos 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; no provocan golpeteo cuando se circula en vehículo sobre el pavimento. Existen algunas de las condiciones siguientes: fisuras sin sellar, de ancho promedio entre 5 y 15 mm.

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.

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



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 305.

2.1.1.2. Deformaciones superficiales

2.1.1.2.1. Ahuellamiento

Depresión longitudinal continua a lo largo del rodamiento del tránsito, de longitud mínima de 6 m.

Las repeticiones de las cargas de tránsito conducen a deformaciones permanentes en cualquiera de las capas del pavimento o en la subrasante. Cuando el radio de influencia de la zona ahuellada es pequeño, las deformaciones ocurren en las capas superiores del pavimento; cuando el radio de influencia es amplio, las deformaciones ocurren en la subrasante. Las deformaciones resultan de una compactación o movimiento lateral de los materiales (fluencia plástica o punzonamiento por corte), ambos por efecto de tránsito. El ahuellamiento indica una insuficiencia estructural del pavimento o una deficiente estabilidad del sistema subrasante-pavimento. En algunos casos se hace más evidente cuando la mezcla asfáltica se desplaza formando un cordón a cada lado del área deprimida.

Otras posibles causas para la formación de ahuellamientos son: las capas estructurales pobremente compactadas, inestabilidad en bases y subbases granulares, creada por la presión del agua o saturación de la misma, mezcla asfáltica inestable, falta de apoyo lateral por erosión del hombro, capacidad estructural del pavimento con espesores deficientes de las capas que lo integran, técnica de construcción pobre y un bajo control de calidad, utilización de materiales no apropiados o de mala calidad y la acción del tránsito (sobrecargas y altos volúmenes de tránsito no previstos en el diseño original). El acompañamiento por levantamientos adyacentes a los ahuellamientos, indica que hay fallas en las capas superiores 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.

En el nivel medio la profundidad promedio es entre 10 y 25 mm.

En el nivel alto la profundidad promedio es mayor de 25 mm.

Figura 7. **Ahuellamiento severidad media**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 306.

2.1.1.2.2. 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 desplazamientos son ocasionados 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, mediano 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, registrando separadamente, de acuerdo a su severidad, el área total afectada en la muestra o sección.

Figura 8. **Corrimiento severidad media**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 307.

2.1.1.2.3. Corrugación

Serie de ondulaciones, constituidas por crestas y depresiones, perpendiculares a la dirección del tránsito, las cuales se suceden muy próximas unas de otras, a intervalos aproximadamente regulares, en general menor de 1 m entre ellas, a lo largo del pavimento.

Este tipo de falla es ocasionado por la acción del tránsito sobre las capas superficiales

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

En el nivel bajo la corrugación causa 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 continúa 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, de acuerdo a su severidad, el área total afectada en la muestra o sección.

Figura 9. Corrugaciones severidad alta



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 308.

2.1.1.2.4. 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. En muchos casos pueden estar acompañadas por el fisuramiento de la superficie.

Según su incidencia en la comodidad de manejo, se definen tres niveles de severidad: bajo, mediano 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 moderada incidencia en la comodidad de manejo, genera incomodidad y obliga a disminuir la velocidad de circulación.

En el nivel alto mucha incidencia en la comodidad de manejo, condiciona la velocidad de circulación y produce una severa incomodidad con peligro para la circulación (el vehículo es proyectado por efecto del hinchamiento).

Los hinchamientos se miden en metros cuadrados de la superficie afectada, registrando separadamente, según su severidad, el área afectada en la muestra o sección.

Figura 10. **Hinchamiento severidad alta**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 309.

2.1.1.2.5. 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, mediano y alto.

En el nivel bajo poca incidencia en la comodidad de manejo, apenas perceptible a la velocidad de operación promedio.

En el nivel medio moderada incidencia en la comodidad de manejo, genera incomodidad y obliga a disminuir la velocidad de circulación.

En el nivel alto mucha incidencia en la comodidad de manejo, produce una severa incomodidad requiriéndose reducir la velocidad por razones de seguridad.

El hundimiento se mide en metros cuadrados, registrando separadamente, según su severidad, el área afectada en la muestra o sección.

Figura 10. **Hundimiento severidad alta**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 310.

2.1.1.3. Desintegración

2.1.1.3.1. 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, o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras tipo cuero de cocodrilo, que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento, originando un bache.

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

Tabla I. **Diámetro promedio de baches**

Profundidad (cm)	Diámetro promedio del bache (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 computando éstos en metros cuadrados de superficie afectada, registrando separadamente las áreas, según su nivel de severidad.

Figura 11. **Bache severidad media**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 311.

2.1.1.3.2. Peladura

Es la desintegración superficial de la carpeta asfáltica como consecuencia de la pérdida de ligante bituminoso y del desprendimiento del agregado pétreo, aumentando la textura del pavimento y exponiendo cada vez más los agregados a la acción del tránsito y clima.

Esta anomalía es indicativa que el ligante se ha endurecido apreciablemente, perdiendo sus propiedades ligantes, o bien que la mezcla asfáltica existente es de deficiente calidad, ya sea por un contenido de ligante insuficiente, empleo de agregados sucios o muy absorbentes, como también por deficiencias durante la construcción, especialmente en tratamientos superficiales bituminosos; frecuentemente, se presenta como un desprendimiento de agregados en forma de estrías longitudinales, paralelas a la dirección del riego. El desprendimiento puede ser originado también en un proceso de descubrimiento por pérdida de adherencia entre el agregado y el asfalto, cuando actúan agentes agresivos tales como solventes y otros derivados del petróleo, e inclusive, la acción del agua.

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

En el nivel bajo se presentan pequeñas peladuras u oquedades superficiales, distribuidas erráticamente en la superficie del pavimento. El agregado y/o el ligante han comenzado a desprenderse en algunos sectores. En el caso de ataque por aceites, la superficie se ha ablandado y no puede penetrarse con una moneda.

En el nivel medio se presentan extensivos desprendimientos de agregados pétreos finos y/o de ligante, confieren a la superficie una textura abierta y

rugosa. En el caso de ataque por aceites, la superficie se ha ablandado y puede penetrarse con una moneda.

En el nivel alto existe un extensivo desprendimiento de agregados pétreos gruesos y finos, confiere a la superficie una textura muy rugosa, con presencia de oquedades de máximo 10 y 15 mm de diámetro y profundidad respectivamente. En el caso de ataque por aceites, el asfalto ha perdido sus propiedades ligantes y el agregado ha quedado suelto.

Las peladuras se miden en metros cuadrados de superficie afectada.

Figura 12. **Peladura severidad media**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 313.

2.1.1.3.3. 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, deficiente compactación del borde, etc.

La presencia de arenas angulosas sueltas, muy próximas a la pista, hace que aumente la abrasión de las llantas que ascienden y descienden del pavimento, provocando peladuras severas que pueden conducir a la desintegración.

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, totalizados separadamente, de acuerdo con su severidad, las longitudes dañadas en la muestra o sección.

Figura 13. Ruptura de borde severidad alta



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 312.

2.1.1.4. Otros deterioros

2.1.1.4.1. 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, mediano 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.

Figura 14. **Exudación severidad alta**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 315.

2.1.1.4.2. 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.

Si bien los parches por reparaciones de servicios públicos se deben a causas diferentes, los niveles de severidad.

Se definen tres niveles de severidad: bajo, mediano 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, registrando 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 severidad media**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 315.

2.1.2. Concreto hidráulico

Mezcla compuesta de piedras menudas y mortero de cemento y arena, utilizada para la circulación vehicular.

2.1.2.1. Fisuras

2.1.2.1.1. Fisura transversal

Es un fracturamiento de la losa que ocurre aproximadamente perpendicular al eje del pavimento, o en forma oblicua a este, dividiendo la misma en dos planos.

Son causadas por una combinación de los siguientes factores: excesivas repeticiones de cargas pesadas (fatiga), deficiente apoyo de las losas,

asentamientos de la fundición, excesiva relación longitud y ancho de la losa o deficiencias en la ejecución de estas.

La ausencia de juntas transversales o bien losas con una relación longitud y ancho excesivos, conduce a fisuras transversales o diagonales, regularmente distribuidas o próximas al centro de las losas, respectivamente. Variaciones significativas en el espesor de las losas provocan también fisuras transversales.

Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano, alto) de acuerdo a las características de las fisuras.

En el nivel bajo existen las condiciones siguientes: fisuras finas, no activas, de ancho promedio menor de 3 mm; fisuras selladas de cualquier ancho, con sello en condición satisfactoria; no hay signos visibles de despostillamiento y/o dislocamiento menor de 10 mm.

En el nivel medio existen las condiciones siguientes: fisuras activas, de ancho promedio entre 3 y 10 mm; fisuras de 10 mm de ancho con despostillamiento y/o dislocamiento menor de 10 mm.

En el nivel alto existen algunas de las condiciones siguientes: fisuras activas de ancho promedio mayor de 10 mm y fisuras selladas, con despostillamientos severos y/o dislocamiento mayor de 10 mm.

Puede medirse: en metros lineales, totalizando metros lineales en sección o muestra; registrándola por losa, totalizando el número de losas afectadas por fisuras transversales y/o longitudinales. Si existen dos fisuras en una misma losa, se adopta el nivel de severidad de la fisura predominante.

Figura 16. **Fisura transversal severidad media**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 316.

2.1.2.1.2. Fisura longitudinal

Es un fracturamiento de la losa que ocurre aproximadamente paralela al eje de la carretera, dividiendo la misma en dos.

Son causadas por la repetición de cargas pesadas, pérdida de soporte de la fundación, gradientes de tensiones originados por cambios de temperatura y humedad, o por las deficiencias en la ejecución y/o sus juntas longitudinales.

Con frecuencia, la ausencia de juntas longitudinales y/o losas, con relación ancho / longitud excesiva, conducen también al desarrollo de fisuras longitudinales.

Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano y alto) de acuerdo al ancho de la fisura, condición y estado de los bordes.

En el nivel bajo existen las condiciones siguientes: fisuras finas, no activas, de ancho promedio menor de 3 mm y fisuras selladas de cualquier ancho, con el material de sello en condición satisfactoria; no hay signos visibles de despostillamiento y/o dislocamiento.

En el nivel medio existen algunas de las condiciones siguientes: fisuras activas, de ancho promedio entre 3 y 10 mm; fisuras de hasta 10 mm de ancho acompañadas de despostillamiento y dislocamiento de hasta 10 mm y fisuras selladas de cualquier ancho, con material de sello en condición insatisfactoria y/o despostillamiento y/o dislocamiento menor de 10 mm.

En el nivel alto existen las condiciones siguientes: fisuras de ancho mayor de 10 mm y fisuras selladas o no, de cualquier ancho, con despostillamientos severos y/o dislocamiento mayor de 10 mm.

Puede ser medida: en metros lineales, totalizando metros lineales en la sección o muestra; en términos de número de losas afectadas, totalizando el número de estas que evidencien fisuras longitudinales. Si existen dos fisuras en una misma losa, se adopta el nivel de severidad de la fisura predominante.

Figura 17. **Fisura longitudinal severidad alta**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 317.

2.1.2.1.3. Fisura de esquina

Es una fisura que intersecta la junta o borde que delimita la losa a una distancia menor de 1.30 m a cada lado, medida desde la esquina. Las fisuras de esquina se extienden verticalmente a través de todo el espesor de la losa.

Son causadas por la repetición de cargas pesadas (fatiga de concreto) combinadas con la acción drenante, que debilita y erosiona el apoyo de la fundación, así como también por una deficiente transferencia de cargas a través de la junta, que favorece el que se produzcan altas deflexiones de esquina.

La presencia de arenas angulosas sueltas, muy próximas a la pista, hace que aumente la abrasión de las llantas que ascienden y descienden del pavimento, provocando peladuras severas que pueden conducir a la desintegración.

Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano y alto) considerando la severidad misma de la fisura que la origina, como el estado del pavimento comprendido por la misma y los bordes de la losa.

En el nivel bajo el fracturamiento es definido por una fisura y el área entre ésta y las juntas, no se encuentra fisurado o bien hay alguna pequeña fisura.

En el nivel medio El fracturamiento es definido por una fisura y el área entre ésta y las juntas se encuentra medianamente fisurada.

En el nivel alto el fracturamiento es definido por una fisura y el área entre esta y las juntas se encuentra muy fisurada o presenta hundimientos.

Las fisuras de esquina son medidas contando el número total que existe en una sección o muestra, generalmente en término de número de losas afectadas por una o más fisuras de esquina.

Figura 18. Fisura de esquina severidad media



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 318.

2.1.2.1.4. Losas subdivididas

Es un fracturamiento de la losa de concreto conformando una malla amplia, combinando fisuras longitudinales, transversales y/o diagonales, subdividiendo la losa en cuatro o más planos.

Son originadas por la fatiga del concreto, provocadas por la repetición de elevadas cargas de tránsito y/o deficiente soporte de la fundación, que se traducen en una capacidad de soporte deficiente de la losa.

Cuando no se toman medidas preventivas o correctivas oportunas, las losas subdivididas se degeneran en fisuras en bloque.

Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano y alto) con base en la severidad de la fisura que detienen la malla y el número de paños en que queda dividida la losa, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla II. **Clasificación de paños**

Severidad	No. paños en que se divide la losa
Baja	4-5
Mediana	6-8
Alta	Más de 8

Fuente: elaboración propia.

Se miden contando la cantidad total que existe en una sección muestra, en términos del número de losas afectadas según su severidad. Si se registró como de severidad mediana a alta, no se cuenta otros daños que pudieran evidenciar la losa. El registro se lleva separadamente para cada nivel de severidad.

Figura 19. **Losa subdividida severidad alta**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 319.

2.1.2.1.5. Fisuras en bloque

Es un fracturamiento que subdivide generalmente una porción de la losa en planos o bloques pequeños de área inferior a 1 metro cuadrado.

Es causado por la repetición de cargas pesadas (fatiga de concreto), el equivocado diseño estructural y las condiciones de soporte deficiente. Es la evolución final del proceso de fisuración, que comienza formando una malla más o menos cerrada; el tránsito y el continuo deflexionar de los planos aceleran la subdivisión en bloques más pequeños, favoreciendo el despostillamiento de sus bordes. De no tomarse medidas correctivas el

deterioro progresa formando a corto plazo un bache. Pueden presentar diversas formas y aspectos, pero con mayor frecuencia son delimitados por una junta y una fisura.

Se establecen tres niveles de severidad (bajo, mediano y alto) en base a la severidad de las fisuras que detienen la malla.

En el nivel bajo los bloques definidos por fisuras y planos relativamente amplios.

En el nivel medio los planos son más pequeños evidenciándose un moderado despostillamiento de los bordes de las fisuras.

En el nivel alto los planos son más pequeños evidenciándose un severo despostillamiento de los bordes de las fisuras, con tendencia a formar bache.

Puede ser medida: en metros cuadrados, totalizando metros cuadrados en la sección o muestra y en términos de cantidad de losas afectadas, totalizando el número en la sección o muestra; de existir en una misma losa dos manifestaciones se adopta el nivel de severidad de la fisura predominante.

Figura 20. **Fisuras en bloque severidad alta**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 320.

2.1.2.2. Deformaciones

2.1.2.2.1. Levantamiento de losas

Es una sobre elevación abrupta de la superficie del pavimento, localizada generalmente en zonas contiguas a una junta.

Es causada por falta de libertad de expansión de las losas de concreto, las mismas que ocurren mayormente en la proximidad de las juntas transversales. La restricción a la expansión de las losas puede originar fuerzas de compresión considerables sobre el plano de la junta. Cuando estas fuerzas no son completamente perpendiculares al plano de la junta o son excéntricas a la sección de la misma, pueden ocasionar el levantamiento de las losas contiguas a las juntas, acompañados generalmente por la rotura de estas losas.

Según la incidencia en la comodidad de manejo, se diferencian tres niveles de severidad bajo, mediano y alto.

En el nivel bajo poca incidencia en la comodidad de manejo, apenas perceptible a velocidad de operación promedio.

En el nivel medio moderada incidencia en la comodidad de manejo, genera incomodidad y obliga a disminuir velocidad de circulación.

En el nivel alto el levantamiento causa un excesivo salto del vehículo, generando la pérdida de control del mismo, una sustancial incomodidad, y/o riesgo para la seguridad y/o daños al vehículo, siendo necesario reducir drásticamente la velocidad.

Los levantamientos se miden contando y registrando separadamente según su severidad, en general en términos de la cantidad existente de losas afectadas en una sección o muestra, de acuerdo con las premisas siguientes: levantamiento en fisura cuenta como una losa afectada. y levantamiento en juntas se cuenta como dos losas afectadas.

Figura 21. **Levantamiento de losas severidad alta**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 321.

2.1.2.2.2. Dislocamiento

Es una falla provocada por el tránsito en la que una losa del pavimento a un lado de una junta presenta un desnivel con respecto a una losa vecina; también puede manifestarse en correspondencia con fisuras.

Es el resultado en parte del ascenso a través de la junta o grieta del material suelto proveniente de la capa inferior de la losa (en sentido de la circulación del tránsito) como también por depresión del extremo de la losa posterior, al disminuir el soporte de la fundación. Son manifestaciones del

fenómeno de bombeo, cambios de volumen que sufren los suelos bajo la losa de concreto y de una deficiente transferencia de carga entre juntas.

La severidad se determina en función del desnivel medido en correspondencia con las juntas, se diferencian tres niveles de severidad: bajo, mediano y alto.

En el nivel bajo la diferencia de alturas es de 3 a 10 mm.

En el nivel medio la diferencia de alturas es de 10 a 20 mm.

En el nivel alto la diferencia de altura es mayor de 20 mm.

Los dislocamientos se miden contando y registrando separadamente según su severidad, la cantidad existente en una sección o muestra, generalmente en términos de número de losas afectadas, de acuerdo a las siguientes premisas: el dislocamiento a través de una junta, se cuenta como una losa y el dislocamiento a través de una grieta es una falla combinada; no se computa como dislocamiento pero se considera al definir la severidad de la grieta. La medición se efectúa a una distancia de 0.30 a 0.50 metros del borde externo de las losas. No se efectúa la medición en juntas afectadas por parchados temporales.

Figura 22. **Dislocamiento severidad alta**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 323.

2.1.2.2.3. Hundimiento

Es una depresión o descenso de la superficie del pavimento en un área localizada del mismo; puede estar acompañado de un fisuramiento significativo, debido al asentamiento del pavimento.

Este tipo de deformación permanente del pavimento, con o sin agrietamiento puede ocurrir cuando se producen asentamiento o consolidación en la subrasante, por ejemplo, en terraplenes cuando existen condiciones muy desfavorables para la fundación, o bien en zonas contiguas a una estructura de drenaje o de retención donde puede ocurrir el asentamiento del material de relleno por deficiente compactación inicial o bien por movimiento de la propia estructura. También pueden ser originadas por deficiencias durante el proceso de construcción de las losas.

Siendo en general de gran longitud de onda, se pueden diferenciar tres niveles de severidad (bajo, mediano y alto) según su incidencia en la comodidad de manejo.

En el nivel bajo el hundimiento causa al vehículo un balanceo o salto característico, sin generar incomodidad.

En el nivel medio el hundimiento causa a los vehículos un significativo salto o balanceo, que genera incomodidad.

En el nivel alto el hundimiento causa un excesivo salto que provoca una pérdida de control de los vehículos, siendo necesario recurrir a una reducción de velocidad.

Los hundimientos se miden contando y registrando separadamente según su severidad, la cantidad existente en una sección o muestra. Los resultados pueden computarse sobre la base de: los metros cuadrados afectados; el número de losas afectadas y simplemente el número de daños observados.

Tratándose de una falla de tipo puntual, originada en causas localizadas, suele excluirse de los procedimientos para inventarios de condición, limitándose a informar su existencia.

Figura 23. **Hundimiento severidad alta**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 324.

2.1.2.3. Desintegraciones

2.1.2.3.1. Descascaramiento

El descascaramiento es la rotura de la superficie de la losa hasta una profundidad del orden de 5 a 15 mm, por desprendimiento de pequeños trozos de concreto. Por fisuras capilares se refiere a una malla o red de fisuras superficiales muy finas, que se extiende solo a la superficie del concreto. Las mismas que tienden a intersectarse en ángulos de 120°.

Las fisuras capilares generalmente son consecuencia de un exceso de acabado del concreto fresco colocado, produciendo la exudación del mortero y agua, dando lugar a que la superficie del concreto resulte muy débil frente a la retracción.

Las fisuras capilares pueden evolucionar en muchos casos por efecto del tránsito, dando origen al descascaramiento de la superficie, posibilitando un desconchado que progresa tanto en profundidad como en área. También pueden observarse manifestaciones de descascaramiento en pavimentos de concreto armado, cuando las armaduras se colocan muy próximas a la superficie.

Se diferencian tres niveles de severidad (bajo, mediano y alto) según el tipo de daño y el área de la losa afectada.

En el nivel bajo las fisuras capilares se extienden sobre toda la losa; la superficie se encuentra en buena condición sin descascaramiento.

En el nivel medio la losa evidencia descascaramiento, pero estas son de reducida área, afectando menos del 10% de la losa.

En el nivel alto la losa evidencia descascaramiento en áreas significativas, afectando más del 10% de la losa.

Se miden en términos de número de losas afectadas. Una vez identificada la severidad de la falla se registra como una losa, con su nivel de severidad correspondiente. Se totaliza el número de losas afectadas en la muestra o sección, para cada nivel de severidad.

Figura 24. **Descascaramiento severidad alta**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 325.

2.1.2.3.2. Bache

Es la descomposición o desintegración la losa de concreto y su remoción en una cierta área, formando una cavidad de bordes irregulares.

Los baches se producen por conjunción de varias causas: fundiciones y capas inferiores inestables; espesores del pavimento estructuralmente 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 o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras en bloque, que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento, originando un bache.

Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano y alto) en función del área afectada y de la profundidad del bache, asociada ya sea a hundimientos como a la pérdida de material.

Tabla III. **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 por cada nivel de severidad y registrando estos separadamente, y computándolos en metros cuadrados de superficie afectada, registrando separadamente las áreas, según su nivel de severidad.

Figura 25. **Bache severidad alta**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 328.

2.1.2.4. Deficiencia de sello

2.1.2.4.1. Deficiencias de sello

Se refiere a cualquier condición que posibilite la acumulación de material en las juntas o permita una significativa infiltración de agua. La acumulación de material incompresible impide el movimiento de la losa, posibilitando que se produzcan fallas, como levantamiento o despostillamientos de juntas.

Las causas más frecuentes para que el material de sello sea deficiente, son: endurecimiento por oxidación del material de sello, pérdida de adherencia con los bordes de las losas, levantamiento del material de sello por efecto del tránsito y movimientos de las losas y escasez o ausencia del material de sello.

Se diferencian tres niveles de severidad: bajo, mediano y alto.

En el nivel bajo el material de sello se encuentra en general en buena condición en toda la sección o muestra evaluada; pueden presentarse, pero solo en cantidad reducida, algunos de los defectos arriba indicados, pero no existe riesgo de infiltración de material incompresible.

En el nivel medio el material de sello se encuentra en general en condición regular, en toda la sección o muestra; uno o más defectos de la relación arriba indicados ocurren en grado moderado; el material de sello necesita ser reemplazado en un período de dos años.

En el nivel alto el material de sello se encuentra en general en condición pobre, o bien no existe; en toda la sección o muestra, uno o más defectos de la relación arriba indicada ocurren con grado de severidad alto, las juntas requieren ser selladas o reselladas a la brevedad.

Las deficiencias del material de sello no se contabilizan de losa en losa. La calificación asignada se refiere a la condición del material de sello en toda el área.

Figura 26. Deficiencia de material de sello severidad alta



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 329.

2.1.2.4.2. Despostillamiento

Se refiere a la rotura, fracturación o desintegración de los bordes de las losas dentro de los 0.60 metros de una junta o una esquina y generalmente no se extiende más allá de esa distancia. Además no se extiende verticalmente a través de la losa sino que intersectan la junta en ángulo.

Se producen como consecuencia de diversos factores que pueden actuar aislada o combinadamente; excesivas tensiones en las juntas ocasionadas por las cargas del tránsito y/o por infiltración de materiales incompresibles; debilidad del concreto en la proximidad de la junta debido a un sobreacabado y excesiva disturbación durante la ejecución de la junta; deficiente diseño y/o construcción de los sistemas de transferencia de carga de la junta; acumulación de agua a nivel de las juntas.

Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano y alto) combinando el estado de las "piezas" que se forman por el fracturamiento en contacto con la junta, así como el ancho y longitud afectada.

En el nivel bajo los pequeños fracturamientos, que no se extienden más de 8 cm a cada lado de la junta, dan lugar a pequeñas piezas que se mantienen bien firmes, aunque ocasionalmente algún pequeño trozo puede faltar.

En el nivel medio las fracturas se extienden a lo largo de la junta en más de 8 cm a cada lado de la misma, dando origen a piezas o trozos relativamente sueltos, que pueden ser removidos; algunos o todos los trozos pueden faltar, pero su profundidad es menor de 25 mm.

En el nivel alto las fracturas se extienden a lo largo de a junta en más de 8 cm a cada lado de la misma, las piezas o trozos han sido removidos por el tránsito y tienen una profundidad mayor de 25 mm.

Se miden contando y registrando el número de juntas afectadas con cada nivel de severidad, expresándolos en términos de números de losas afectadas, de acuerdo con las siguientes premisas: si el despostillamiento afecta un solo borde de la losa se controla como una losa con despostillamiento, si el despostillamiento se observa en más de un borde de la misma losa se registra como una sola losa, indicando el nivel de severidad correspondiente al borde más dañado y si el despostillamiento ocurre a cada lado de la junta afectando dos losas adyacentes, se registra como 2 losas.

Figura 27. **Despostillamiento severidad media**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 330.

2.1.2.5. Deficiencia de juntas

2.1.2.5.1. Fisuras por juntas

Son fisuras sinuosas aproximadamente paralelas a la junta, en algunos casos transversalmente y en forma de arcos erráticos, localizados muy próximas a las mismas.

La falta de verticalidad y la inadecuada inserción de los elementos empleados para inducir el corte de la junta, cortes poco profundos, excesiva disturbación durante la ejecución de las juntas son algunas causas frecuentes que provocan una fisura paralela muy próxima a las mismas (doble junta).

Típicamente, la colocación de barras pasadores mal alineados, el empleo de barras de insuficiente diámetro y/o longitud, o bien la corrosión, impiden el movimiento normal de las juntas, provocando fisuras próximas a la junta transversal, a una distancia de 0.20 a 0.40 metros.

Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano y alto) según las características de las fisuras y el estado del pavimento entre estas y la junta correspondiente.

En el nivel bajo existen las condiciones siguientes: fisuras finas bien delgadas, de ancho menos de 3 mm y fisuras selladas de cualquier ancho, con sello en condición satisfactoria; no hay signos visibles de despostillamiento y/o dislocamiento.

Para el nivel medio existen las condiciones siguientes: fisuras de ancho promedio de 3 a 10 mm; fisuras hasta 10 mm con despostillamiento y/o

dislocamiento hasta 10 mm y fisuras selladas de cualquier ancho, con sello en condición insatisfactoria.

Una vez identificada la severidad del daño, se mide contabilizando el número existente en una muestra o sección, en términos de juntas afectadas. Se totaliza el número de juntas que presentan este daño para cada nivel de severidad.

Figura 28. **Fisuras por mal funcionamiento de juntas severidad media**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 331.

2.1.2.5.2. Parchados

Un parche es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado, ya sea con un material similar o eventualmente 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 la servicialidad de la pista, al tiempo que pueden constituir indicadores, tanto de la intensidad de mantenimiento demandado por una carretera, como la necesidad de reforzar la estructura de la misma. En muchos casos, los parchados, por deficiente ejecución dan origen a nuevas fallas. Si bien los parches por reparaciones en servicios públicos se deben a causas bien diferentes, los niveles de severidad se definen en forma idéntica.

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

En el nivel bajo el parche se comporta satisfactoriamente, con muy poco deterioro.

En el nivel medio el parche se encuentra moderadamente deteriorado: se evidencia un moderado deterioro o descascaramiento alrededor de sus bordes y/o existe un pequeño desnivel con el pavimento continuo; si se presentan daños en su interior, estos afectan su superficie.

En el nivel alto el parche está severamente dañado. La extensión o importancia de estos daños indican una condición de falla, siendo el reemplazo del parche necesario.

Se miden contando separadamente según su nivel de severidad, el número de losas afectadas en una determinada sección o muestra, de acuerdo con las siguientes premisas: si una losa tiene uno o más parches con el mismo nivel de severidad, se cuenta como una losa conteniendo esa falla y si una losa tiene parches con más de un nivel de severidad, se cuenta como una losa con el mayor nivel de severidad observado.

Figura 29. **Parchado severidad media**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 333.

2.2. Renglones de trabajo vías pavimentadas

- *Asfalto (Asphalt)*: es un material cementante, de color marrón oscuro a negro, constituido principalmente por betunes de origen natural u obtenido por refinación del petróleo.
- *Riego asfáltico de imprimación (Asphalt prime coat)*: es una aplicación de asfalto de imprimación a una superficie absorbente. Se emplea para preparar una base sin tratar, sobre la que se colocará una carpeta asfáltica. La imprimación penetra en la superficie de la base cerrando los vacíos, endureciendo la superficie y colaborando con la ligazón con la carpeta asfáltica a colocar.

- Lechada asfáltica (*Slutty seal*): es una mezcla de emulsión asfáltica, agregado fino bien graduado, *filler* mineral u otros aditivos y agua. Se aplica en espesores de 3 a 10 mm y se emplea para renovar superficies de pavimento y retardar el ingreso de humedad y de aire en el pavimento subyacente. Las lechadas asfálticas sellan fisuras menores, proveen una textura superficial uniforme y restauran los valores de fricción.
- Microaglomerado (*Microsurfacing*): es una mezcla de emulsión asfáltica modificada con polímeros, agregado triturado de granulometría cerrada, filler mineral, aditivos y agua. Los micro-aglomerantes proveen recapeados de 10 a 20 mm, permitiendo la liberación del tránsito, en condiciones promedio, en una hora. La selección de los materiales y el diseño de la mezcla hacen posible la aplicación en múltiples capas y reperfilados de menor cuantía. El producto puede rellenar huellas de hasta 40 mm de profundidad en una sola pasada y provee superficies con altos valores de resistencia friccional. Los micro-aglomerados son adecuados para carreteras de alta velocidad, de accesos controlados, así como en calles residenciales, arterias y carreteras.
- Riego de neblina (*Fog seal*): es una ligera aplicación de emulsión asfáltica diluida. Se emplea para renovar viejas superficies asfálticas, sellar pequeñas fisuras y vacíos en la superficie e impedir desprendimientos.
- Sellado doble (*Double bituminous surface treatment*): es un tratamiento de superficie que consiste en la aplicación de un agregado de gran tamaño, luego de un riego con una emulsión asfáltica (normalmente modificada con polímeros), y finalmente una cubierta de agregado de menor.

- Tratamiento superficial múltiple (*Multiple bituminous surface treatment*): se refiere a dos o más tratamientos superficiales colocados uno a continuación del otro. El tamaño máximo del agregado de cada tratamiento siguiente es usualmente la mitad del correspondiente al tratamiento anterior y el espesor total del pavimento aproximadamente igual al tamaño máximo del primer tratamiento. Un tratamiento superficial múltiple puede ser una serie de tratamientos simples que resultan en una capa de pavimento de hasta 25 mm o más de espesor. Un tratamiento superficial múltiple es una capa de desgaste y de impermeabilización más cerrada que la capa correspondiente a un tratamiento superficial simple y agrega algo de resistencia. Una aplicación simple de asfalto a una superficie de la carretera, seguida inmediatamente de una capa simple de agregados. El espesor del tratamiento es aproximadamente igual al del tamaño nominal de las partículas del agregado.
- Subrasante: se define así al terreno de fundación de los pavimentos, pudiendo estar constituida por el suelo natural del corte o de la parte superior de un relleno debidamente compactado.
- Subbase: es una capa, generalmente constituida por agregados pétreos convenientemente graduados y compactados, construida sobre la subrasante, y sobre la cual puede construirse la base cuando sea necesaria.
- Base: es una capa intermedia entre la subbase y la carpeta del pavimento, generalmente constituida por agregados pétreos convenientemente graduados y compactados, pudiendo contener además un agente estabilizador. Aunque hay diversos estabilizadores, el de uso más generalizado es el cemento hidráulico.

- Carpeta: es la superficie constituida por elementos de hormigón, fabricados in situ o prefabricados, sobre la cual transitan personas y/o vehículos.
- Hormigón: es un material que está constituido por una mezcla dosificada de áridos gruesos (grava), árido fino (arena), cemento y agua y una pequeña porción de aire, eventualmente se agregan aditivos para modificar alguna de sus propiedades.

2.3. Condición superficial vías de terracería

2.3.1. Sección transversal inadecuada

Son deformaciones en la superficie de la carretera que no permiten el flujo de las aguas pluviales y dificultan el tránsito.

Están relacionadas con el asentamiento diferencial de la carretera, el movimiento de los materiales del pavimento por acción de las aguas pluviales, ausencia de drenes y cargas del tránsito.

La sección transversal es inadecuada cuando existen altas posibilidades de quede el agua acumulada en su superficie (empozamientos). Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano y alto) en función de dicho parámetro.

En el nivel bajo los empozamientos ocupan menos del 10% de la sección transversal de la carretera y son poco profundos.

En el nivel medio los empozamientos ocupan entre el 10% y el 30% de la sección transversal de la carretera y son poco profundos.

En el nivel alto los empozamientos ocupan más del 30% de la sección transversal de la carretera y son poco profundos o cuando estos originan grandes acumulaciones de agua.

Son medidas según su severidad, como porcentaje de la longitud total de la sección que presenta este daño.

Figura 30. **Pérdida sección transversal severidad alta**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 334.

2.3.2. Corrugaciones

Es una serie de ondulaciones constituidas por crestas y depresiones perpendiculares a la dirección del tránsito, los cuales se suceden muy próximas, unas de otras, a intervalos aproximadamente regulares, en general menores de 1 metro, a lo largo de la superficie.

Este daño es usualmente causado por la acción del tránsito y la falta de cohesión del material de superficie; desarrollándose mayormente en la época seca. Los materiales que presentan baja plasticidad, escasez de finos y agregados de tamaño mayor de 5 cm son más susceptibles de desarrollar este daño.

La severidad de la corrugación se determina en función de la profundidad de la depresión entre dos crestas. Estas se miden con una regla de 2.0 metros de longitud colocada a lo largo de la carretera. Se promedian los valores máximos de las depresiones. Se definen tres niveles de severidad: alto, mediano y bajo.

En el nivel bajo la profundidad promedio es menor de 2 cm.

En el nivel medio la profundidad promedio está comprendida entre 2 y 5 cm.

En el nivel alto la profundidad promedio es mayor de 5 cm.

Las corrugaciones son medidas según su severidad, como porcentaje de longitud total de la sección que presenta este daño.

Figura 31. **Corrugaciones severidad alta**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 335.

2.3.3. Ahuellamiento

Es una deformación longitudinal continua a lo largo de las huellas de canalización del tránsito, de longitud mínima de 6 m. En casos extremos la sección transversal de la carretera muestra un perfil en forma de W.

Es la acción de las cargas transmitidas por los neumáticos de los vehículos, así como por la frecuencia de los mismas. Las características del material de superficie y las condiciones climáticas son factores que posibilitan el desarrollo de este daño. Por ejemplo, materiales arcillosos en clima húmedo o materiales sin cohesión (arenoso) en clima seco.

La severidad del ahuellamiento se determina en función de la profundidad de la huella, midiendo esta con una regla de 2 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 de largo de la huella. Se definen tres niveles de severidad: alto, mediano, y bajo.

En el nivel bajo la profundidad promedio es menor de 2 cm.

En el nivel medio la profundidad promedio está comprendida entre 2 y 5 cm.

En el nivel alto la profundidad promedio es mayor de 5 cm.

Los ahuellamientos son medidos según su severidad, como porcentaje de longitud total de la sección que presenta este daño.

Figura 32. **Ahuellamientos severidad alta**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 336.

2.3.4. Pérdida de agregados

Se refiere a la separación de los agregados de la capa de superficie, quedando dichos agregados en estado suelto y formando cordones a lo largo de la carretera.

Principalmente se origina por acción del tránsito sobre capas de superficie carente de finos plásticos y con presencia de agregados cuyas partículas son mayores a 5 cm. El daño se desarrolla con mayor rapidez cuando las partículas carecen de angulosidad. El tránsito desplaza longitudinalmente los agregados gruesos a las orillas de las huellas de canalización o ahuellamiento.

Según la altura de los cordones longitudinales sueltos que se forman, se definen tres niveles de severidad: alto, mediano y bajo.

En el nivel bajo la altura promedio del cordón menor de 5 cm.

En el nivel medio la altura promedio del cordón entre 5 y 10 cm.

En el nivel alto la altura promedio del cordón mayor de 10 cm.

La pérdida de agregados es medida según su severidad, como porcentaje de la longitud total de la sección que presenta este daño.

Figura 33. **Pérdida de agregados severidad alta**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 337.

2.3.5. Baches

Son cavidades en la superficie de la carretera en forma de tazón, cuyo diámetro promedio usualmente es menor de 1 m.

Son muy variadas las causas que originan este daño. Se producen debido a un estado muy avanzado de otros daños, por ejemplo las corrugaciones, ahuellamientos, etc. Y también por la combinación del tránsito, clima y características de los materiales de la rodadura, son factores que influyen en la formación de este daño. Este daño tiende a desarrollarse durante la época húmeda, durante la cual cualquier deformación en la superficie, posibilita la concentración de agua y por tanto el debilitamiento de dichas áreas.

Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano y alto) en función del diámetro promedio y profundidad del bache, condición y estado de los bordes, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla IV. **Diámetro promedio del bache**

Profundidad (cm)	Diámetro promedio del bache (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 pueden medirse contando el número de baches con nivel bajo, mediano y alto de severidad por cada 100 metros de longitud de la carretera.

Figura 34. **Baches en terracería severidad alta**



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras. p. 338.

2.4. Renglones de trabajo vías de terracería

- Excavación no clasificada: es el material no clasificado que se excava dentro de los límites de construcción, para utilizarlo en la construcción de terraplenes.
- Excavación de canales: este trabajo consiste en la excavación, remoción, utilización o acondicionamiento de los materiales, para ampliar, profundizar o rectificar canales existentes o construir canales nuevos, incluyendo las contracunetas, los canales en la entrada y salida de alcantarillas, así como para puentes y bóvedas.
- Excavación estructural: este trabajo consiste en la excavación y relleno para la construcción de estructuras. Incluye la limpia, chapeo y destronque del lugar de la obra, excepto que se indique de otra manera en las disposiciones especiales; remoción de todo el material que se encuentre dentro de los límites de las excavaciones que se describen en esta sección; la construcción del embreizado, apuntalamiento, tablestacado y encofrado que fueren necesarios, así como su retiro posterior, el bombeo, reducción del agua, drenaje, colocación de un sello de concreto, si es necesario; compactación del relleno; acondicionamiento del material sobrante o inadecuado; y la limpieza final que sea necesaria para la terminación del trabajo.
- Balasto: es un material clasificado que se coloca sobre la subrasante terminada de una carretera, con el objeto de protegerla y de que sirva de superficie de rodadura.

Este trabajo consiste en el suministro, transporte y colocación del material con la humedad requerida; conformación y compactación de la capa de balasto, de acuerdo con el espesor total mostrado en planos.

2.5. Obra civil en tramos carreteros

Se definen los siguientes términos (SIECA-Manual centroamericano de gestión del riesgo en puentes, 2010) de los elementos que integran las diferentes obras civiles encontradas en un tramo carretero.

2.5.1. Puentes

Son estructuras que permiten pasar el tráfico a través de cualquier interrupción al trazo de una carretera tal como un río, un cañón, un barranco u otra línea de tráfico. La estructura de un puente puede dividirse en dos partes:

- Subestructura: está compuesta por los elementos que soportan el puente tales como estribos y pilas.
- Superestructura: está conformada por el piso y la estructura que a la vez soporta el piso.

Estructuralmente funciona de manera que el piso recibe la carga viva que pasa sobre el puente y la transmite a las vigas principalmente que están apoyadas en los estribos y pilas; estos a su vez reciben la carga muerta por peso propio de los elementos del puente, transmitiendo la carga total a los cimientos, los cuales transmiten la carga al suelo.

Clasificación de puentes

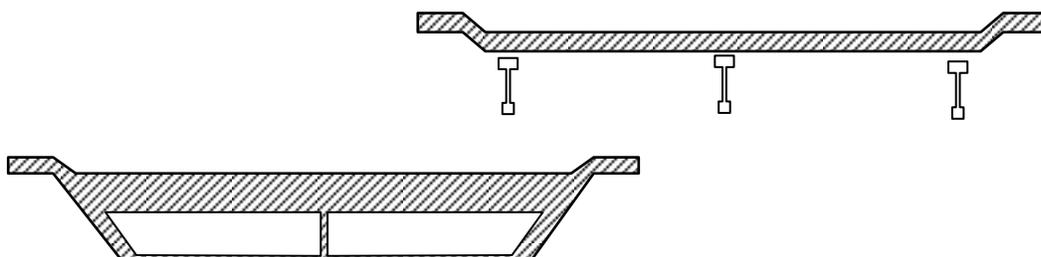
Según su función

- Carretera: se diseñará para las cargas especificadas por la *AASHTO*, dependiendo del tipo de carretera donde se sitúe.
- Tren: Se diseñará para un tren de carga con el peso especificado por el código correspondiente.
- Peatonal: tomando la carga especificada para peatones por la *AASHTO*, y que funciona específicamente como una pasarela.
- Tuberías: en este caso se deberá ser muy cuidadoso con los fenómenos hidráulicos de un conductor de agua, como el golpe de ariete.

Según la sección del puente

Vigas: simples o cajones

Figura 35. **Clasificación de puentes según su sección**

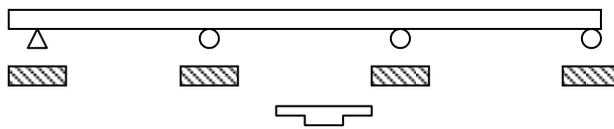


Fuente: elaboración propia.

Según la estructura del puente

Vigas: simplemente apoyadas

Figura 36. **Clasificación de puentes según su estructura**



Fuente: elaboración propia.

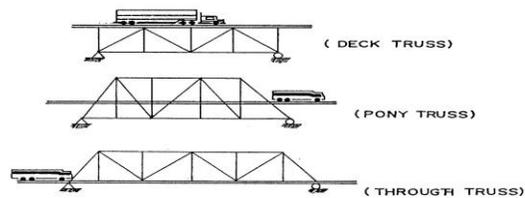
Según la posición del piso del puente

Paso superior (*Deck truss*)

Paso intermedio (*Pony truss*)

Paso inferior (*Through truss*)

Figura 37. **Clasificación de puentes según posición del piso**



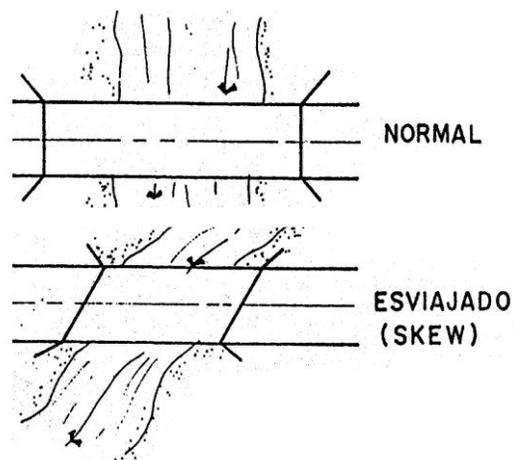
Fuente: SIECA. Manual centroamericano de gestión del riesgo en puentes. p.79.

Según el ángulo entre el puente y los estribos

Normal

Esviajado (*Skew*)

Figura 38. Clasificación de puentes según ángulo entre puente y estribo



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de gestión del riesgo en puentes. p.79.

Según la duración del puente

- Permanente: diseñado para una vida útil de por lo menos 30 años.
- Temporal: diseñado para dar acceso temporalmente mientras se construye uno permanente. El tipo *bailey* es el más comúnmente usado.

Según el claro del puente

- Corto (hasta 15 m)
- Moderado (15 a 30 m)
- Largo (30 a 300 m)
- Muy largo (300 m en adelante)

Según el material

- Madera
- Concreto
- Acero
- Híbrido

Partes fundamentales de un puente

Superestructura

- **Viga principal:** es cada una de las vigas de soporte de la estructura colocada, paralelamente a la línea central del puente; se asienta en los apoyos de la subestructura y recibe la carga de las losas.
- **Viga transversal:** está colocada perpendicularmente a la línea central del puente; se apoya en las vigas principales. Cuando las vigas transversales están en los extremos de un puente, se les llama vigas externas.

- Piso: es el tablero o losa del puente que soporta directamente el tráfico de vehículos o peatones. Cuando es de madera se le llama “tablero” y cuando es de concreto hidráulico se le llama “losa”.
- Losa superior: losa de concreto armado que siendo parte de la estructura, cierra la caja y soporta el relleno.
- Losa de acceso: se le llama a la losa de entrada y salida de los puentes.
- Junta de expansión: es el dispositivo que permite pequeños movimientos a la superestructura ocasionados por cambios de temperatura o el paso de vehículos sin que se dañe la estructura.
- Acera: parte de la estructura dedicada exclusivamente al paso de peatones.
- Baranda: es la armadura o muro construido a manera de remate de las cargas y que protegen a los vehículos y peatones.
- Bombeo: es la pendiente transversal que se le da al piso de los puentes para permitir que drenen las aguas superficiales.
- Apoyo fijo: es la placa, pedestal u otro aparato diseñado para recibir y transmitir a la subestructura la carga de las vigas, losas o armaduras de la superestructura.
- Apoyo móvil: dispositivo o aparato diseñado para recibir y transmitir a la subestructura la carga de las vigas, losas o armaduras de la superestructura, permitiendo a la vez movimientos longitudinales, como

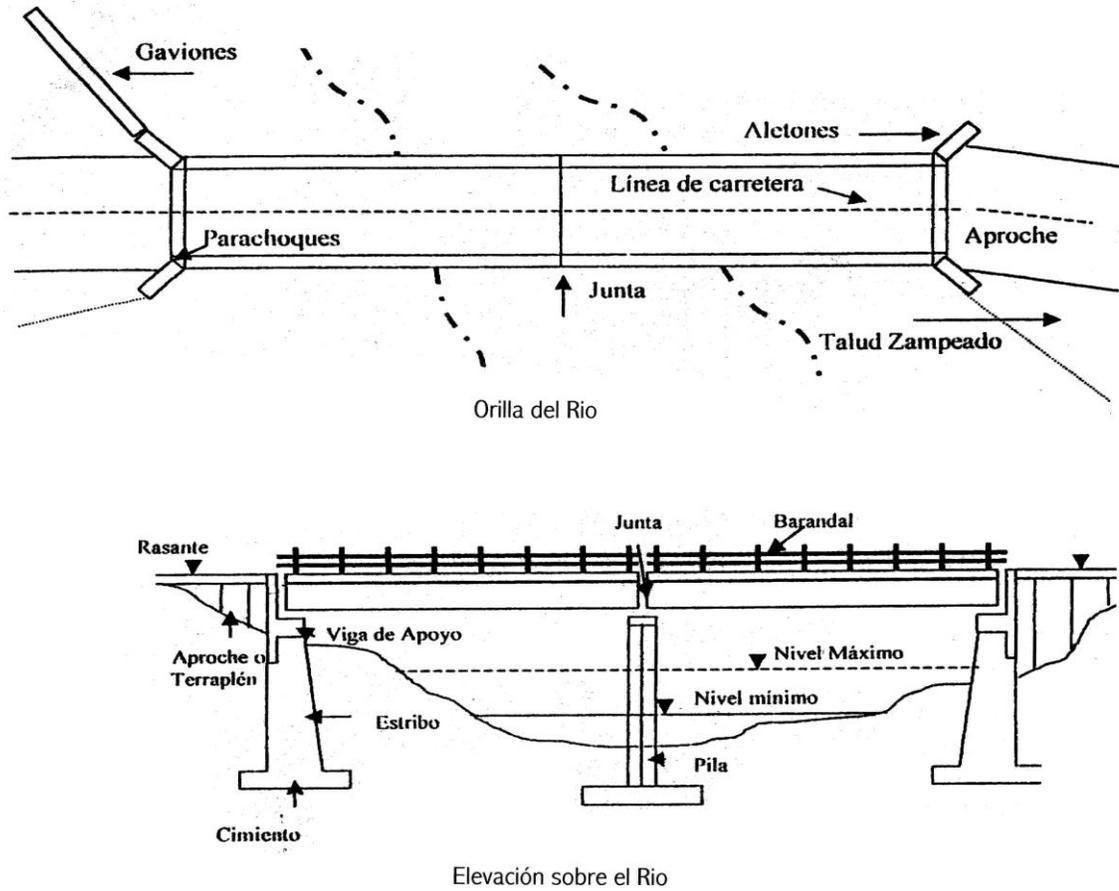
resultado del paso de los vehículos o cambios de temperatura, sin transmitir esfuerzos horizontales a la subestructura.

Subestructura

- Excavación de la cimentación: son las excavaciones efectuadas conforme a las indicaciones de los planos, para abrir los espacios que servirán de acomodo a las cimentaciones de muros, estribos, pilas y aletones.
- Piso de la cimentación: es el lecho a la parte baja de la excavación donde se asientan las cimentaciones de los estribos, pilas y aletones.
- Pilotes: son columnas esbeltas de madera, concreto o hierro, que se hincan o clavan hasta una profundidad determinada para sustentar la subestructura.
- Zapatas: es la base del estribo o pila, diseñado y construido para recibir y distribuir el peso y la carga hacia el suelo.
- Llave: rectángulo construido en la placa de la cimentación para dar mayor amarre o adherencia entre el cimienta y el cuerpo del estribo, pila, aletón o muro de retención.
- Cuerpo: es el muro o columna de un estribo o pila que soporta la superestructura y transmite las cargas a la cimentación.
- Estribo: es cada una de las estructuras externas que sirven de apoyo a la superestructura.

- Pila o pilastra: es la estructura intermedia que sirve de apoyo a la superestructura.
- Aletón o ala: es el muro lateral a los estribos, diseñado y construido como muro de protección de los rellenos y para el encauzamiento del agua.
- Raíz de aletón: es la unión con el estribo.
- Asiento: es la parte de un estribo, pila, muro o columna sobre la que se apoya la superestructura.
- Luz: distancia horizontal interna, entre dos estribos o entre estribo y pila o entre dos pilas
- Altura: distancia vertical entre la parte más baja de la superestructura y el nivel de las aguas en estiaje.
- Tramo: sección del puente entre estribos o entre estribos y pila o entre pilas.

Figura 39. Esquema representativo de un puente



Fuente: SIECA. Manual centroamericano de gestión del riesgo en puentes. p.78.

Apéndice (Ver proceso constructivo de puente Sosí, Cuilco, Huehuetenango).

2.5.2. Obras de protección para ríos

- Mantenimiento de cuencas: es necesario que la cuenca del río tenga un mantenimiento continuo, sobre todo previo a la entrada del invierno, no es recomendable hacer extracciones de material cerca de las subestructura de los puentes, sobre todo río abajo. En algunos casos habrá necesidad de hacer enrocamientos y hasta tratamientos especiales en el lecho del río, sobre todo cuando se hace notar que los cimientos de las pilas y de los estribos empiezan a verse o que comiencen a quedarse en el aire.
- Gaviones: se le llama gaviones a unas canastas fabricadas con alambre galvanizado, las cuales se llenan con piedra de canto rodado de regular tamaño y se amarran entre sí para producir muros que a la vez de encauzar la cuenca del río, protegen contra las socavaciones laterales del mismo y protegen la subestructura del puente. Es aconsejable que el alto del gavión no exceda de 3 veces su base.
- Dragados: en algunos casos, cuando el cauce del río ha acarreado mucho material y este se ha sedimentado cerca de la subestructura del puente, es necesario hacer dragados para que la corriente pase adecuadamente por debajo del mismo, evitando así golpear y dañar la estructura.

Otro caso en el cual son necesarios los dragados, es cuando el río ha cambiado su cauce, o cuando se desea cambiar el cauce de un río de manera temporal, mientras se realizan algunos trabajos en la cuenca.

- Enrocamientos: se conoce con el nombre a las bordas de regular tamaño, que se hacen a los lados del cauce de río, para garantizar su cauce y para proteger de socavaciones laterales.

2.5.2. Alcantarillas

Una alcantarilla es una estructura que tiene por objetivo principal sortear un obstáculo al paso del agua. En la mayoría de los casos se aplican al diseño vial, es decir, cuando el flujo es interceptado por un camino o una vía de ferrocarril.

Cuando se realiza el diseño geométrico de un camino, el mismo, normalmente se interpone en el movimiento natural de escurrimiento de las aguas de la zona de emplazamiento. En la ladera de una montaña, se interpone en el camino de escurrimiento de las aguas que bajan por la montaña. Cuando atraviesan un arroyo, un río, o cualquier otro canal, y aún en los paisajes más llanos la topografía del terreno obliga al movimiento del agua en alguna dirección. El camino, en la mayoría de los casos constituye un verdadero obstáculo al paso del agua.

Normalmente se adopta para la alcantarilla el caudal producido por una tormenta con un tiempo de retorno de 25 a 50 años, dependiendo básicamente del grado de daños que podría ocasionar una falla funcional de la alcantarilla. También se asume en este trabajo que se conocen las características geométricas del obstáculo que atraviesa la alcantarilla. Por ejemplo, se conoce la altura del terraplén del camino que se va a atravesar. Además, deben ser tenidos en cuenta otros factores, como por ejemplo el paquete estructural del camino, que incluye capas de distintos materiales y densidades. En general, conviene evitar el contacto del agua con el paquete estructural. Por esta razón

se exige que el nivel del agua a la entrada de la alcantarilla no supere un cierto límite asociado a la conservación física del camino.

Por otro lado, es importante considerar la resistencia de la alcantarilla para que pueda soportar el peso de la tapada de tierra que la confina. Esto podría condicionar el material empleado en la alcantarilla. Con esto quiere ponerse de manifiesto que existen varios factores que se condicionan el dimensionamiento hidráulico de las alcantarillas, factores que se analizan a cada caso en particular, y que están fuertemente ligados a la experiencia del proyectista. Es evidente que en toda obra de ingeniería se procura maximizar la relación beneficio-costos, por lo que el factor económico desempeña un rol principal en la selección de la alcantarilla más adecuada al problema planteado.

Se asume que todas las alcantarillas tienen sección transversal uniforme, con forma circular, ovalada o bóveda, tanto de hormigón como metálicas; y de sección rectangular, sólo de hormigón. La entrada puede consistir en el conducto de la alcantarilla prolongado fuera del terraplén (embocadura saliente), o cortado en bisel, según la pendiente de los taludes.

Algunas alcantarillas tienen muros de cabecera, de ala y plateas de entrada, o entradas *standard* metálicas, o de hormigón.

En síntesis, el diseño de alcantarillas consiste en determinar el tipo de sección, material y embocadura de alcantarilla que, para la longitud y pendiente que posee, sea capaz de evacuar el caudal de diseño, provocando un nivel de agua en la entrada que no ponga en peligro de falla estructural ni funcional la estructura que se desea atravesar, optimizando los recursos disponibles. Es decir, buscar la solución económica más conveniente.

Figura 40. **Tubería seccional**



Fuente: elaboración propia. San Carlos Alzatate, Jalapa.

Como su nombre lo indica se forman a base de placas corrugadas, perforadas y roladas, atornilladas entre sí, con tomillos de alta resistencia, en juntas transversales y longitudinales.

Figura 41. **Tubería sección circular**



Fuente: elaboración propia. San Carlos Alzatate, Jalapa.

Las alcantarillas seccionales circulares ofrecen diámetros variables que se adaptan perfectamente a los requerimientos de diversas obras. Los diámetros varían desde 1.52 metros hasta 7.93 metros en calibres 12, 10, 8, 7, 5, 3, 1 y 5/16, y están formadas con placas de 2.44, 3.05 y 3.66 metros (8', 10' y 12') de largo. En la corrugación 6" x 2". Y en la corrugación 200 x 55 mm. 2.00 y 3.00 m de largo, lo que facilita su manejo.

2.5.3. Badenes

Consisten en elevaciones puntuales de la calzada, que animan a mantener velocidades reducidas a los conductores, si quieren evitar la incomodidad del escalón que suponen o, incluso, el daño que pueden causar en el automóvil.

En función de su longitud y función específica pueden distinguirse: badenes, caracterizados por extenderse a todo lo ancho de la calle y por su pequeña longitud, en general, inferior a 5 metros; almohadas, caracterizadas por no afectar a todo el ancho de la calzada; otras elevaciones de calzada, que se aplican por ejemplo, al conjunto de una intersección, un tramo de calle, un paso de peatones, etc, creando una plataforma elevada, que puede coincidir o no con la cota de las aceras.

Para los badenes de sección trapezoidal se recomiendan los siguientes parámetros de acuerdo con la pendiente de la rampa.

- 4% para una velocidad de 50 km/h
- 10% para una velocidad de 30 km/h
- 14% para una velocidad de 20 km/h

- Elevación: de 75 a 100 mm
- Longitud: 4-5 m
- Anchura: la de la calzada

Figura 42. **Dimensiones badén trapezoidal**



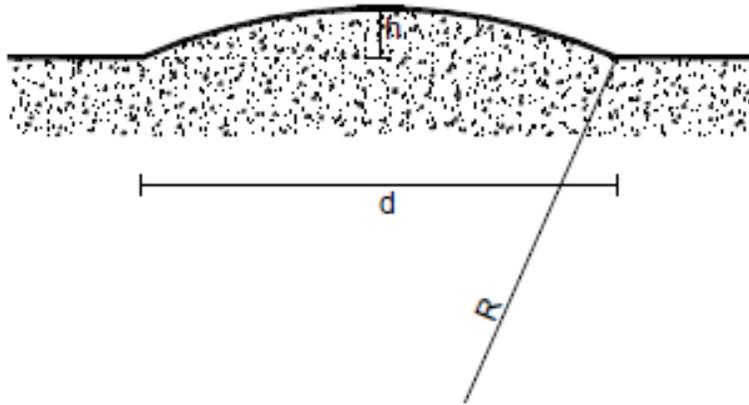
Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Badenes y almohadas de tipo circular**

Velocidad (km/h)	Cuerda "d" (m)	Radio (m)	Altura "h" (cm)
50	9.5	120	9.5
30	5.0	25	12.5
20	3.0	11	10.5

Fuente: elaboración propia.

Figura 43. Dimensiones badén tipo circular



Fuente: elaboración propia.

La anchura de la calzada en badenes es de 1,8 a 2,0 metros, incluidas las rampas transversales, en almohadas para que, sin afectar a la circulación de autobuses, obstaculice la de los vehículos convencionales.

3. INVENTARIO VIAL MEDIANTE MÉTODOS TRADICIONALES

3.1. Recurso humano

Al momento de realizar un inventario se necesitan las siguientes personas para la elaboración del mismo.

- 1 ingeniero (encargado de realizar las clasificaciones de daños y/o trabajos en ejecución).
- 2 auxiliares (encargados de ayudar a realizar las diferentes clasificaciones).
- 1 piloto (encargado del traslado del personal a los diferentes puntos de trabajo).

3.2. Recurso material

Se necesita utilizar los siguientes elementos:

- 1 cinta métrica
- Formularios para registro de información
- Cámara fotográfica para evidencia de registros

- 1 vehículo (para traslado de personal)

3.3. Recopilación de información

Realizar el inventario registrando los diferentes daños encontrados en un tramo carretero.

3.4. Análisis de datos

Clasificación de la información recolectada.

3.5. Resultados

De la realización del inventario en un tramo piloto se obtienen las diferentes clasificaciones de daños.

3.6. Tramo piloto

Tramo que interconecta la aldea El Pueblito, con aldea Cuchilla del Carmen con una longitud del mismo de 2.6 km; ambas aldeas se encuentran en jurisdicción de Santa Catarina Pinula.

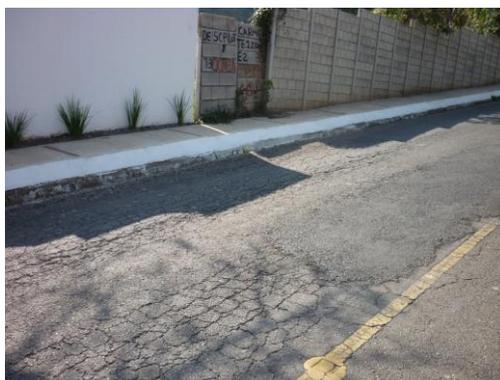
Se realizó la recolección de datos y la clasificación de estos mediante una inspección visual; obteniendo las siguientes imágenes y clasificaciones de daños del recorrido.

Figura 44. **Est. 0+000, piel de lagarto y baches severidad alta**



Fuente: elaboración propia. Aldea El Pueblito hacia Aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula.

Figura 45. **Est. 0+040, grietas en bloque severidad alta**



Fuente: elaboración propia. Aldea El Pueblito hacia aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula.

Figura 46. **Est. 0+080, bache severidad media**



Fuente: elaboración propia. Aldea El Pueblito hacia aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula.

Figura 47. **Est. 0+140, grietas en bloque severidad media**



Fuente: elaboración propia. Aldea El Pueblito hacia aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula.

Figura 48. **Est. 0+260, parches severidad media**



Fuente: elaboración propia. Aldea El Pueblito hacia aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula.

Figura 49. **Est. 0+390, parches severidad media**



Fuente: elaboración propia. Aldea El Pueblito hacia aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula.

Figura 50. **Est. 0+480, parches severidad media**



Fuente: elaboración propia. Aldea El Pueblito hacia aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula.

Figura 51. **Est. 0+520, bache severidad baja**



Fuente: elaboración propia. Aldea El Pueblito hacia aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula.

Figura 52. **Est. 0+660, parche severidad media**



Fuente: elaboración propia. Aldea El Pueblito hacia aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula.

Figura 53. **Est. 0+810, piel de cocodrilo severidad media**



Fuente: elaboración propia. Aldea El Pueblito hacia aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula.

Figura 54. **Est. 1+270, grieta longitudinal severidad media**



Fuente: elaboración propia. Aldea El Pueblito hacia aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula.

Figura 55. **Est. 1+550, grietas en bloque severidad media**



Fuente: elaboración propia. Aldea El Pueblito hacia aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula.

Figura 56. **Est. 1+570, grietas en bloque severidad media**



Fuente: elaboración propia. Aldea El Pueblito hacia aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula.

Figura 57. **Est. 1+630, grietas en bloque severidad media**



Fuente: elaboración propia. Aldea El Pueblito hacia aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula.

Figura 58. **Est. 1+720, grietas en bloque severidad alta**



Fuente: elaboración propia. Aldea El Pueblito hacia aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula.

Figura 59. **Est. 1+990, grietas en bloque severidad alta**



Fuente: elaboración propia. Aldea El Pueblito hacia aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula.

Figura 60. **Est. 2+100, grietas en bloque y parches severidad alta**



Fuente: elaboración propia. Aldea El Pueblito hacia aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula.

Figura 61. **Est. 2+170, fractura de losa severidad alta**



Fuente: elaboración propia. Aldea El Pueblito hacia aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula.

Figura 62. Est. 2+440, grieta longitudinal severidad media en concreto hidráulico



Fuente: elaboración propia. Aldea El Pueblito hacia aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula.

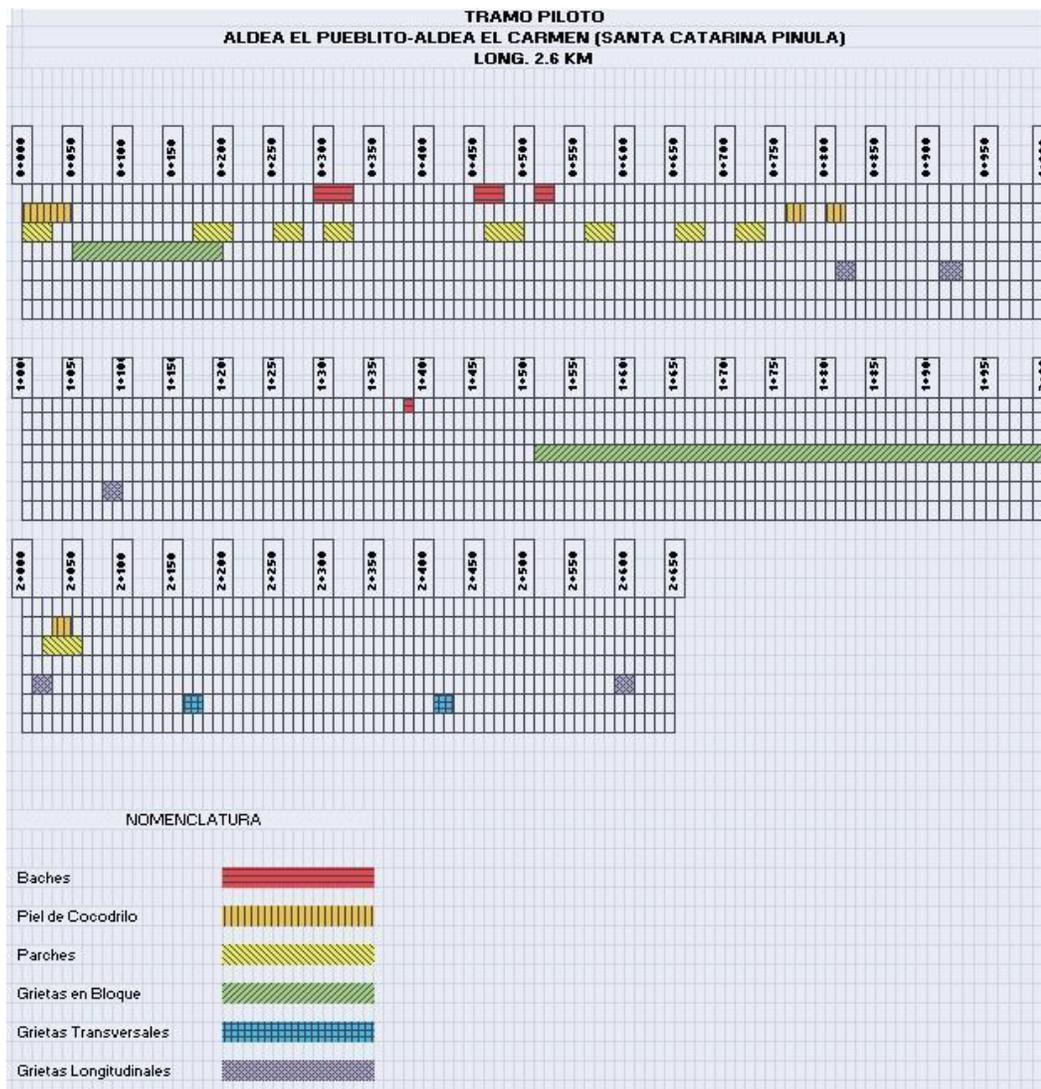
Figura 63. Est. 2+560, grieta longitudinal severidad alta



Fuente: elaboración propia. Aldea El Pueblito hacia aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula.

De acuerdo con la información recolectada se puede realizar una síntesis de los daños encontrados representados en la siguiente figura:

Figura 64. Larguillo tramo piloto



Fuente: elaboración propia.

Con estos resultados obtenidos ya se puede tener una mejor perspectiva de los daños encontrados en este tramo piloto, el cual fue realizado tomando tiempo de campo de aproximadamente 45 minutos, para después llegar a la gráfica obtenida realizando trabajo de gabinete; el mismo fue realizado aproximadamente en 60 minutos, lo cual hace un total de 105 minutos y es equivalente a 1 hora con 45 minutos para lograr obtener este resultado.

4. INVENTARIO VIAL MEDIANTE MÉTODOS TRADICIONALES

Para iniciar con el inventario vial, se definen los siguientes parámetros y elementos a utilizar (GISYSTEMS-Instructivo de preparativos de campo, 2010).

4.1. Requerimiento de *software*

El *software* a utilizar es un programa de computadora especialmente diseñado para realizar el monitoreo de proyectos de infraestructura, utilizando la metodología 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 preconfigurada para esa tecla en particular; registrándola junto con la distancia, hora y coordenadas del punto específico donde se presionó la tecla.

Dado 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:

- **Piloto:** para el monitoreo del proyecto, la brigada contará con un piloto, quien deberá de 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 nacional.
- **Técnicos evaluadores:** la brigada contará con dos técnicos evaluadores 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 ó 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.

Previo a iniciar cualquier inventario vial, estos técnicos deben conocer y manejar a la perfección el equipo de inventario, así como el *software* y su documentación de soporte. En tal sentido deberán ser entrenados en el uso de estas herramientas.

4.2. Configuración de *software*

Luego de la instalación del equipo, se procede a la configuración del *software* de aplicación (GISYSTEMS, Instructivo módulo de captura de datos en campo, 2010), siguiendo los pasos que se describen a continuación:

Los cuales se deben repetir cada vez que se ejecute el programa.

- Ingresar al programa, dando doble click en el icono que aparece en el escritorio.

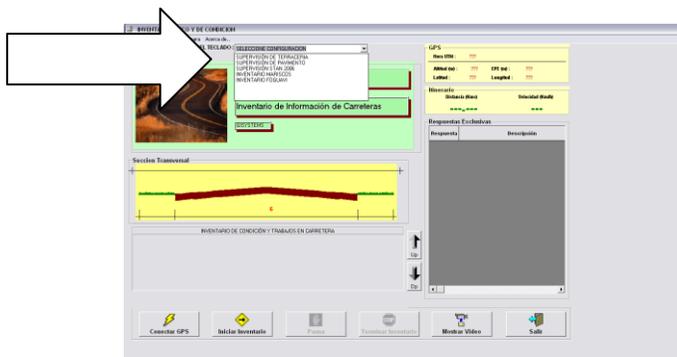
Figura 65. Acceso a *software* de aplicación



Fuente: elaboración propia.

- Al cargar la pantalla principal, se observa la opción, configuración actual del teclado, se da click en la lista desplegable para elegir el tipo de configuración, según el tipo de monitoreo que se va a realizar.

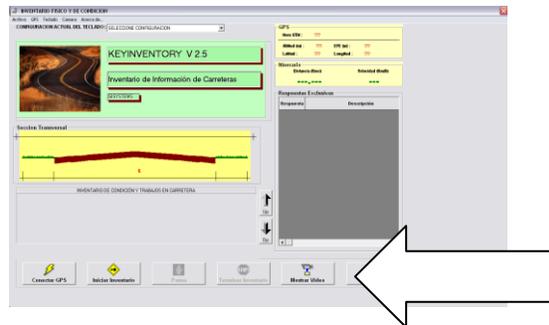
Figura 66. Configuración de teclado



Fuente: elaboración propia.

- Se da click en el icono , ubicado en la parte inferior.

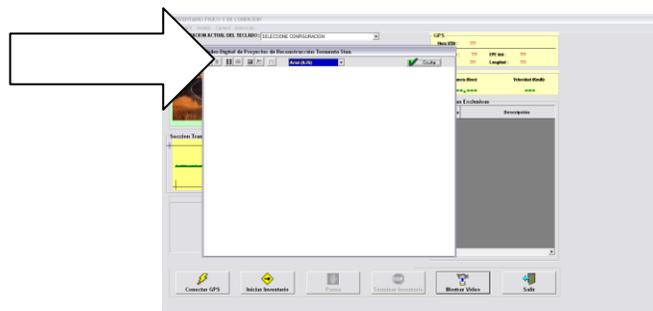
Figura 67. **Mostrar vídeo**



Fuente: elaboración propia.

- Luego de dar click en el icono mostrar vídeo, se muestra una pantalla en blanco con nuevas opciones, se da click en el icono , para verificar el funcionamiento de la cámara de vídeo.

Figura 68. **Funcionamiento de vídeo**



Fuente: elaboración propia.

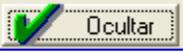
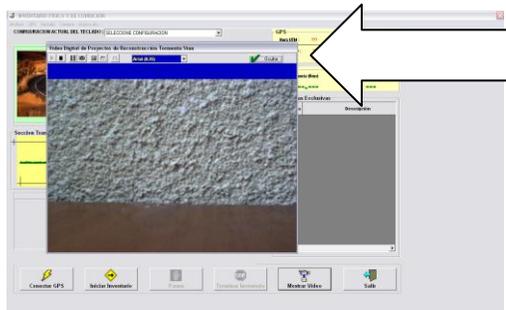
- Al verificar el funcionamiento correcto de la cámara se da click en el icono .

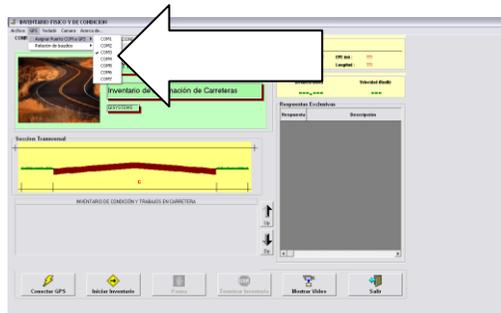
Figura 69. Ocultar vídeo



Fuente: elaboración propia.

- Verificar el puerto de conexión del *GPS*, dando click en *GPS*, luego en *Asignar Puerto COM a GPS* y por último seleccionar el puerto donde se encuentra conectado el *GPS*.

Figura 70. Puerto asignado a *GPS*



Fuente: elaboración propia.

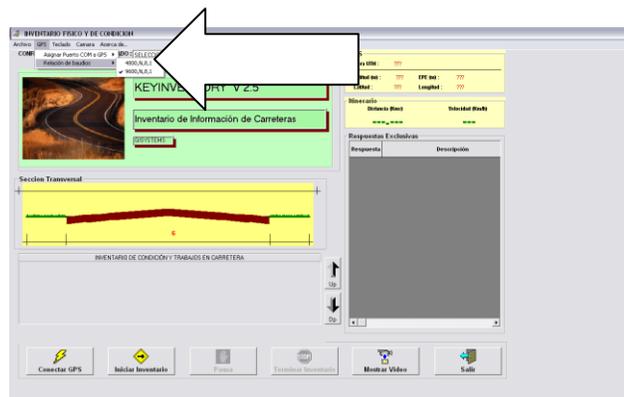
- Verificar la relación de baudios según modelo de *GPS*. Por lo general se elige la segunda opción de la tabla siguiente.

Tabla VI. Relación de baudios

Modelo GPS	Relación de Baudios
<i>HVS o LVS</i>	4000 baudios
<i>GPS</i> convencional	9600 baudios

Fuente: elaboración propia.

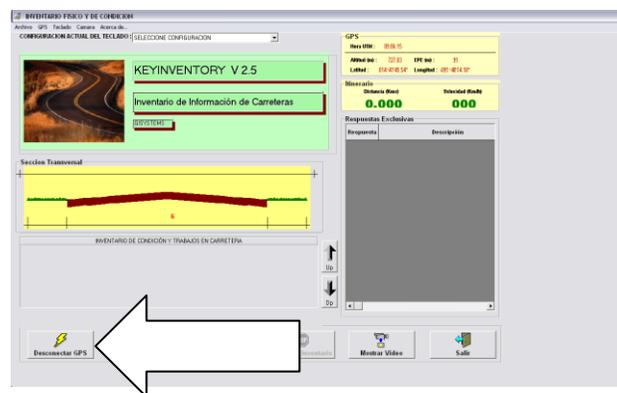
Figura 71. Relación de baudios



Fuente: elaboración propia.

- Seleccionar el icono , ubicado en la parte inferior izquierda de la pantalla; deberán aparecer los datos de altitud, *EPE*, latitud, longitud, hora *UTM*, distancia y velocidad; esto indica que el *GPS* cuenta con señal de satélite.

Figura 72. **Conexión de *GPS***



Fuente: elaboración propia.

4.3. Recopilación de Información

4.3.1. Tareas preliminares

Los pasos a 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 soporte para la computadora portátil, teniendo especial cuidado que no interfiera con la movilidad de la palanca de cambios del

vehículo. Se deja a discreción de las necesidades de las brigadas de campo, la solicitud y adquisición del tipo de soporte que se ajuste a sus necesidades y vehículo.

Figura 73. **Base para montaje**



Fuente: empresa Gisystems.

- Instalación de 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 74. **Cámara de vídeo**



Fuente: vehículo particular.

- Conectar inversor de corriente a la cigarrera del vehículo. El inversor de corriente proveerá una o varias fuentes de alimentación de corriente eléctrica para la computadora y dispositivos periféricos. Dependiendo de la cantidad de conexiones que provea el inversor de corriente, se podría tener la necesidad de conectar una regleta que aumente la cantidad de conexiones a la fuente de energía.

Figura 75. **Inversor de corriente**



Fuente: vehículo particular.

- Conectar cámara de vídeo en entrada *USB* de computadora portátil.

Figura 76. **Computadora portátil**



Fuente: vehículo particular.

- Conectar computadora portátil a inversor de corriente.
- Para instalación de *GPS*, se tienen dos opciones de antenas.

Las antenas externas están diseñadas para instalación y portación en el capó del vehículo. Esto habitualmente garantiza una mejor recepción y calidad de la señal, por ser instalada fuera del vehículo.

- Las antenas con interfaz gráfica se utilizan generalmente como un dispositivo de mano. Estos dispositivos cuentan con una interfaz gráfica que le permite a la brigada contar con una herramienta adicional en la ubicación de proyectos. El inconveniente de estos aparatos es que se deben instalar en el interior de la cabina del automóvil, por lo tanto, dependiendo de la ubicación dentro del vehículo, la calidad de señal

puede verse afectada. Cuando se utilice este tipo de *GPS* se recomienda instalarlo en el vidrio delantero del automóvil.

El tipo y modelo de *GPS* que se utilice debe cumplir con los requerimientos técnicos apropiados.

Figura 77. ***GPS* antena externa**



Fuente: vehículo particular.

Figura 78. ***GPS* interfaz gráfica**



Fuente: vehículo particular.

- Conectar cable mixto al receptor *GPS*, la computadora portátil y al adaptador doble. Se recomienda que la terminal *USB* del *GPS* que se conecta a la computadora, se haga siempre en el mismo puerto.

Figura 79. **Conexión *GPS* con computadora portátil**



Fuente: vehículo particular.

- 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 reconozca dicho teclado.

Figura 80. **Conexión teclado programable con computadora portátil**



Fuente: vehículo particular.

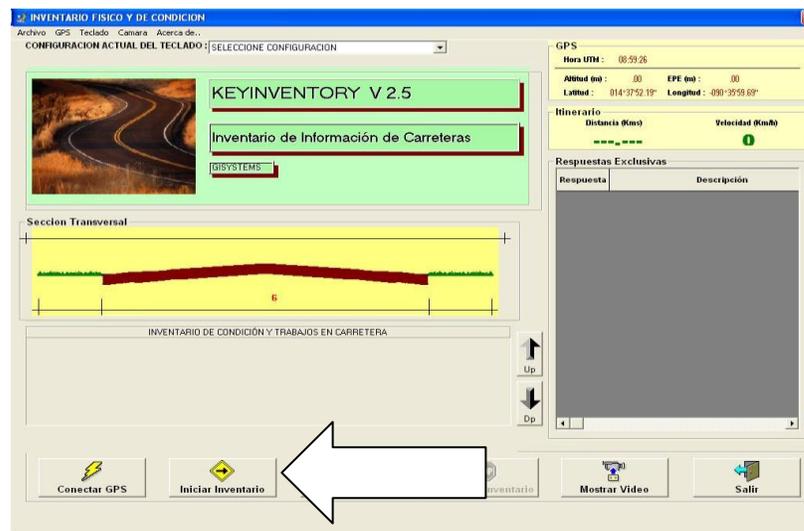
- Encender vehículo. Se debe tener la seguridad de que todos los dispositivos descritos se encuentran conectados.
- Encender inversor de corriente.
- Encender receptor *GPS* y esperar a que adquiera señal satelital y esté listo para navegar.
- Encender computadora portátil e iniciar el programa de captura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

4.3.2. Referencia de monitoreo

A continuación se describirán los pasos a seguir para iniciar la recolección de información con esta herramienta. Se debe tener presente que para la identificación de cada proyecto en el sistema, se hace por medio de un código único que se define. Por ejemplo, un segmento de una carretera podría definirse con el código “00003” dentro del sistema.

Para iniciar un inventario, se debe presionar el botón “Iniciar Inventario”, que se encuentra en la parte inferior de la pantalla principal. Otra alternativa es, presionar el botón Inicio que se encuentra en la parte superior del teclado programable.

Figura 81. Inicio de inventario



Fuente: elaboración propia.

- Se ingresan las características del proyecto, como ejemplo se tiene un monitoreo vial, por lo que se ingresan los datos y características de construcción de este tipo proyecto. La configuración de teclado que se utilizará para este ejemplo es la siguiente:

Figura 82. 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	Alcantarilla (R)
Cajas y Cabezales	Cajas y Cabezales (R)
No Cuneta	Fin Cuneta revestida
Inicio Cuneta	Inicio Cuneta revestida
Shift	DRENAJE MAYOR

NO BACHES 7	NO DESPRENDIMEN 8	NO EXUDACIÓN 9	NO PIEL DE LAGARTO
BACHES 4	DESPREDIM 5	EXUDACIÓN 6	P. DE LAGAR.
NO PARCHES 1	NO GRIETAS LONG. 2	NO GRIETAS BLOQUE 3	NO RUPTURA DE BORDES
PARCHES 0	GRIETAS LONG. -	GRIETAS EN BLOQUE	RUPTURA DE BORDES
INTERSECCION	COMENTARIO.	ENTER	

NO PERDIDA SEC. TRANS.	NO CORRUGACIONES
PERDIDA SEC. TRANS.	CORRUGAC.
NO SEGREGACIÓN	NO AHUELLAMIENTO
SEGREGACION	AHUELLAMIENTO
OBRAS DE RETENCION (R)	MUROS EXISTENTES

Fuente: elaboración propia.

- Dirección del inventario directo o inverso, presionar 1 o 2 según sea el caso.

Figura 83. Sentido del inventario



Fuente: elaboración propia.

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

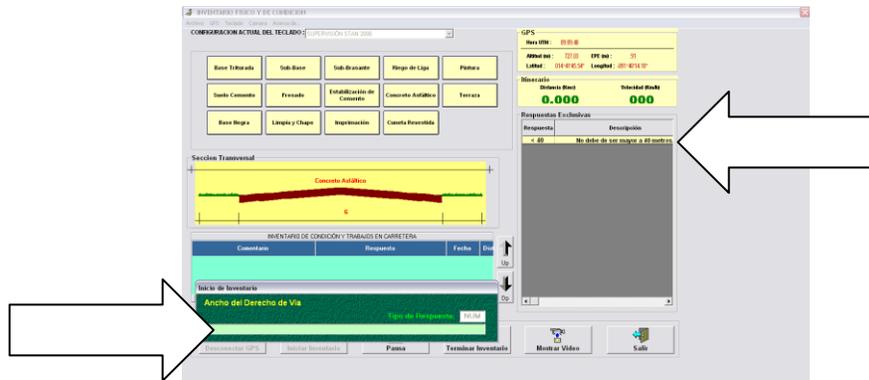
Figura 84. Tipo de superficie



Fuente: elaboración propia.

- Ancho del derecho de vía, ingresar cantidad en metros.

Figura 85. Ancho de derecho de vía



Fuente: elaboración propia.

- Número de carriles, presionar 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 o 9, según sea el caso.

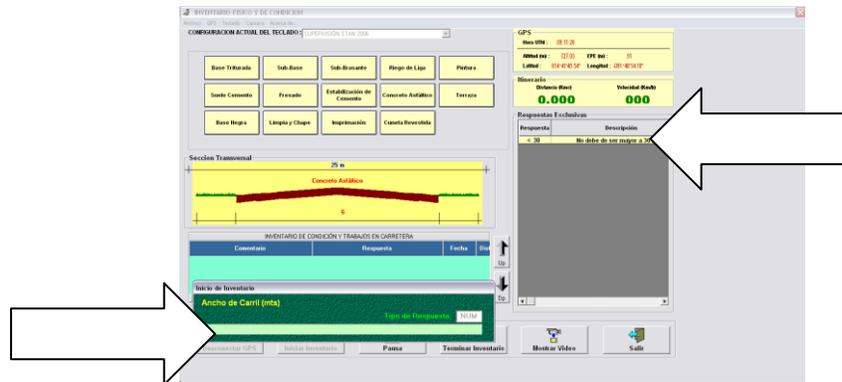
Figura 86. Número de carriles



Fuente: elaboración propia.

- Ancho de carril.

Figura 87. Ancho de carril



Fuente: elaboración propia.

- Ancho de hombros.

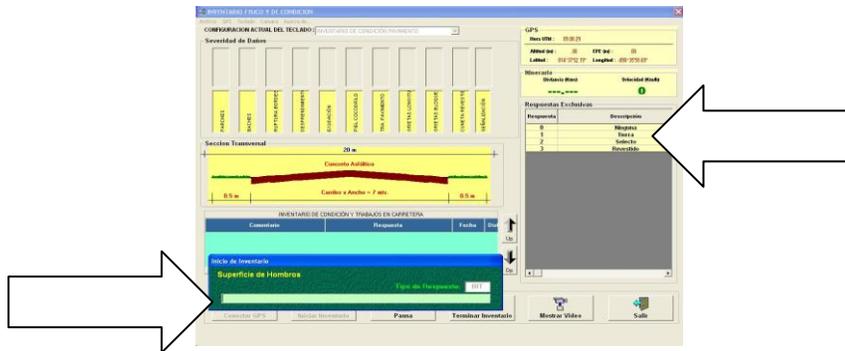
Figura 88. Ancho de hombros



Fuente: elaboración propia.

- Superficie de hombros.

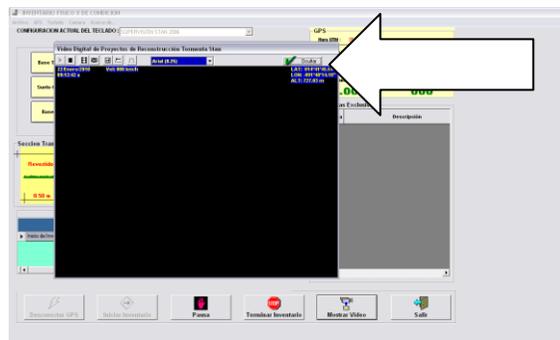
Figura 89. **Superficie de hombros**



Fuente: elaboración propia.

- Al terminar de ingresar los datos se verifica nuevamente el funcionamiento de la cámara, dando click en icono **Mostrar vídeo** , para chequear que el vídeo esté grabando correctamente.

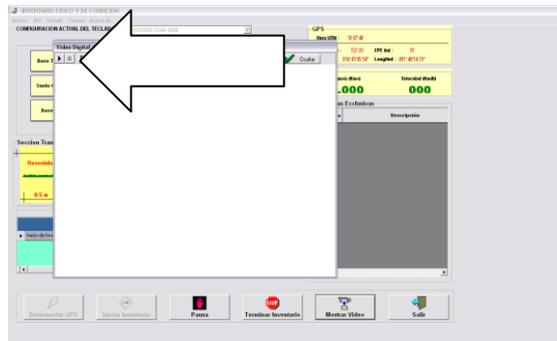
Figura 90. **Chequeo de funcionamiento de vídeo**



Fuente: elaboración propia.

- Se muestra una pantalla negra, entonces se da click en el icono .

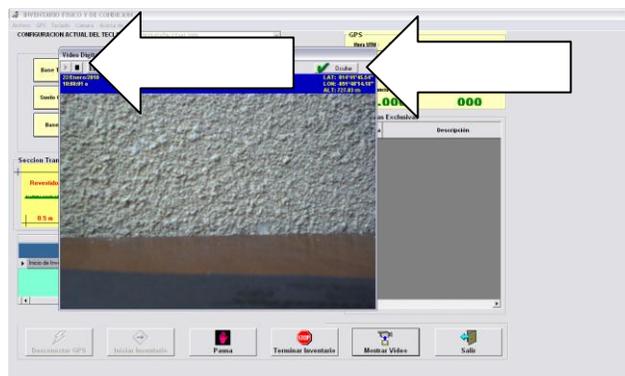
Figura 91. Chequeo de funcionamiento de vídeo



Fuente: elaboración propia.

- La pantalla se vuelve blanca, entonces se da click en el icono  y luego en .

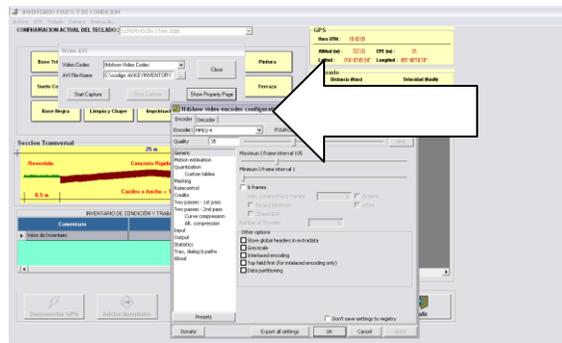
Figura 92. Chequeo de funcionamiento de vídeo



Fuente: elaboración propia.

- Para revisar si la configuración del formato de vídeo cumple con los lineamientos de capacidad de 3 *megabytes* por minuto, se presiona en el icono  y luego en .

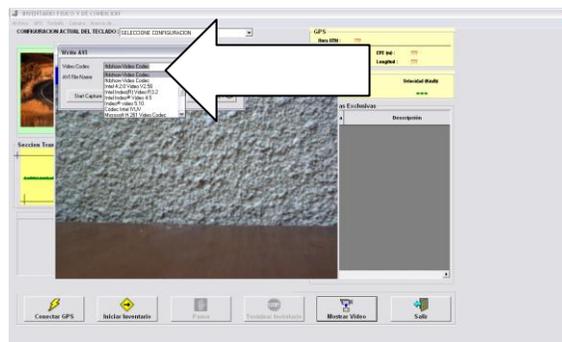
Figura 93. Chequeo de formato de vídeo



Fuente: elaboración propia.

- Chequear que el *CODEC* para la captura de vídeo se encuentre en *FFDSHOW VÍDEO ENCODER*.

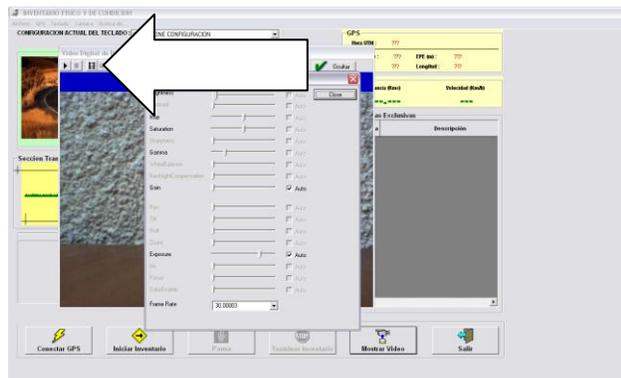
Figura 94. Chequeo de *CODEC*



Fuente: elaboración propia.

- Para chequear el control de calidad de la visualización en parámetros de imagen, se debe seleccionar el ícono .

Figura 95. **Chequeo de visualización**



Fuente: elaboración propia.

4.3.3. Ejecución (control y pasos a realizar)

Al iniciar la jornada de monitoreo, el piloto deberá de revisar los niveles de aceite y la disponibilidad de combustible del vehículo.

Los integrantes de la brigada de campo, con excepción del piloto se darán a la tarea de instalar el equipo de campo y verificarán que el mismo esté bien instalado; cuando este requiera de baterías, se debe de contar con los niveles de carga adecuados para la buena ejecución de la jornada de monitoreo.

Para poder hacer una buena verificación del funcionamiento del equipo, deberán encender todos los instrumentos tal como se haría cuando se

monitoree un proyecto, con el fin de constatar que el equipo se encuentra en buenas condiciones.

Al llegar al proyecto, los integrantes de la brigada de campo iniciarán con las labores de recolección de datos.

Además de la recolección de datos, los integrantes de la brigada estarán pendientes de la permanencia de personal en el proyecto, tanto de la empresa ejecutora como de la que va a supervisar y si existiera la posibilidad, conversar con las personas encargadas de los proyectos para que ellos les den una información más detallada de los trabajos que se han hecho y los que se han planificado.

4.4. Análisis de datos

Al finalizar la grabación del vídeo, el encargado de grabarlo, verificará que se encuentre en la ubicación correspondiente y el archivo *DATA* contenga los datos de *GPS* y las anotaciones hechas a lo largo del proyecto visitado.

Al terminar las visitas a los proyectos según la programación del día, el jefe y el auxiliar de brigada se dedicarán a la clasificación de vídeos y fotografías, creando una carpeta con el nombre del proyecto visitado o el código en su defecto; debe crearse una carpeta para vídeos y otra para fotografías; en algunos casos existen proyectos que contienen varios subproyectos, aquí se deberá de crear subcarpetas según la cantidad de subtramos y estas carpetas contendrán el vídeo y fotografías de cada subtramo. Todos los proyectos se almacenarán en una carpeta que tendrá como nombre la fecha de la visita a los proyectos, por ejemplo “01-04-2011”.

Las fotografías deberán de ser clasificadas por proyecto y se renombrarán, poniéndoles como nuevo nombre la ubicación “Estacionamiento” donde fue tomada la fotografía y si fuese posible se les colocará una anotación indicando el daño detectado.

4.5. Resultados

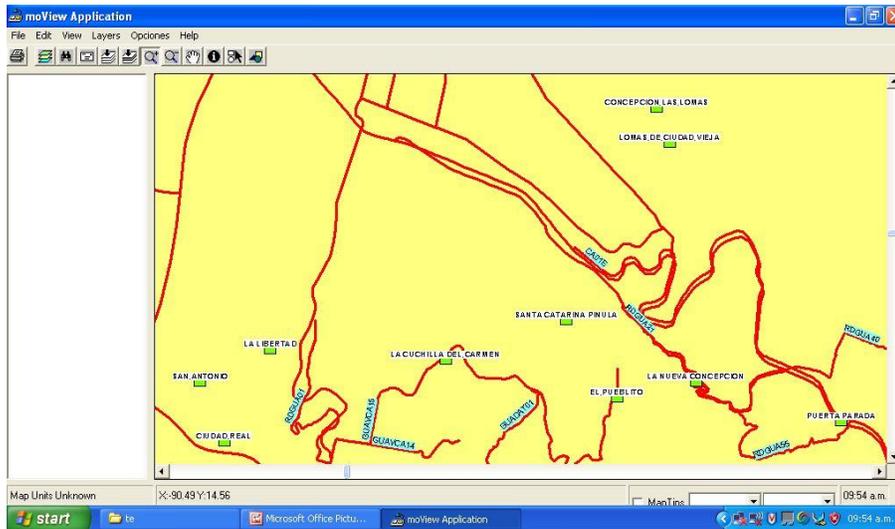
De la aplicación del *software* en un tramo piloto se obtienen los siguientes resultados:

Ejemplo de aplicación de *software* en un tramo piloto:

Tramo que interconecta aldea El Pueblito, con aldea Cuchilla del Carmen con una longitud del mismo de 2.6 km; ambas aldeas se encuentran en jurisdicción de Santa Catarina Pinula.

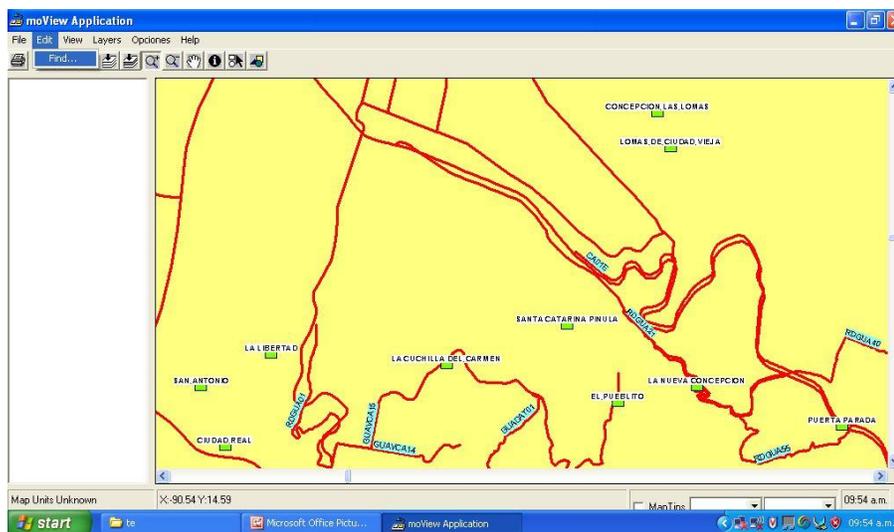
Se realizó la recolección de datos y la clasificación de estos mediante *software* de aplicación obteniendo los siguientes gráficos:

Figura 96. **Ubicación del mapa del área a analizar**



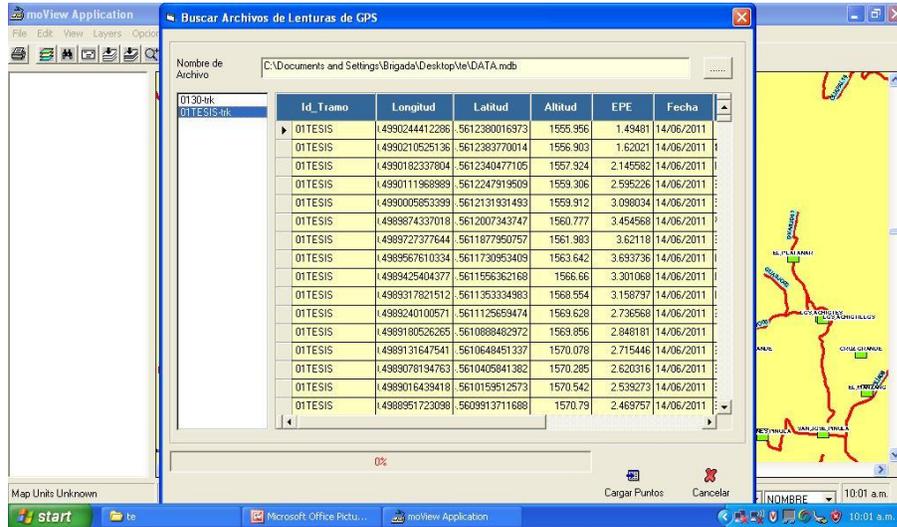
Fuente: elaboración propia.

Figura 97. **Ubicación de archivos utilizados**



Fuente: elaboración propia.

Figura 98. Registro del recorrido



Fuente: elaboración propia.

Figura 99. Gráfico del recorrido



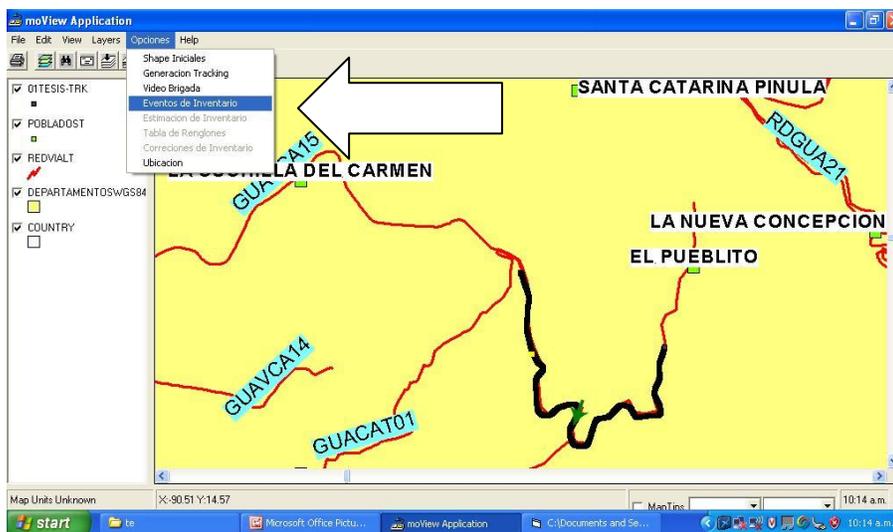
Fuente: elaboración propia.

Figura 100. Ubicación del vídeo registrado



Fuente: elaboración propia.

Figura 101. Registro de eventos de inventario



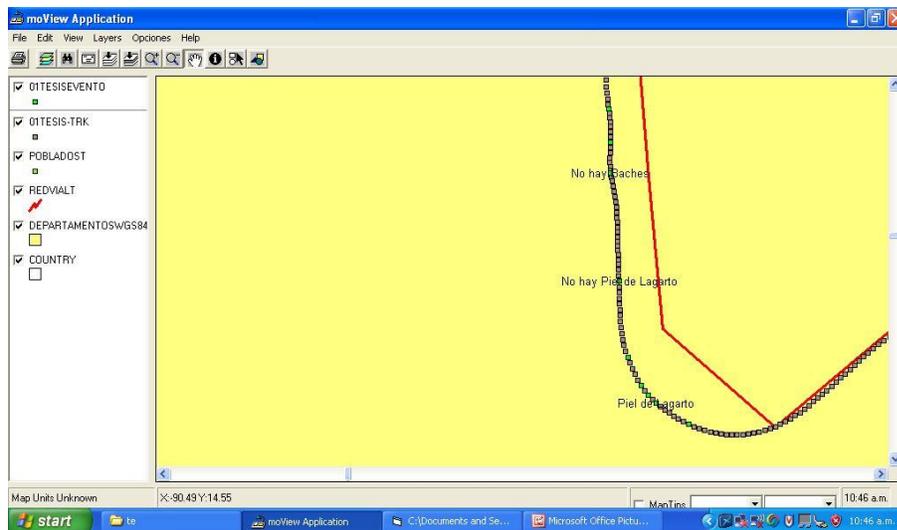
Fuente: elaboración propia.

Figura 102. Registros georreferenciados

Id_Tramo	Tecla	Con	Descripcio	Respuesta	Fecha	Longitud	Latitud
01TESIS	>	6	Inicio de Inventario		14/06/2011 02:04:16 p.m.	-90.4990244412	14.56123
01TESIS	N	6	No hay Piel de Lagarto		14/06/2011 02:04:52 p.m.	-90.4990231424	14.56123
01TESIS	O	6	Piel de Lagarto	Alta	14/06/2011 02:04:54 p.m.	-90.4990230636	14.56123
0130-trk	4	6	Baches	Alta	14/06/2011 02:05:47 p.m.	-90.4990111969	14.56122
01TESIS	7	6	No hay Baches		14/06/2011 02:06:01 p.m.	-90.4988885434	14.5609
01TESIS	0	6	Parches	Baja	14/06/2011 02:06:04 p.m.	-90.4988868432	14.56089
01TESIS	0	6	Parches	Baja	14/06/2011 02:06:13 p.m.	-90.4988120779	14.56071
01TESIS	1	6	No hay Parches		14/06/2011 02:06:26 p.m.	-90.4987294278	14.56050
01TESIS	0	6	Parches	Baja	14/06/2011 02:06:46 p.m.	-90.4986039261	14.56013
01TESIS	1	6	No hay Parches		14/06/2011 02:06:54 p.m.	-90.4985598661	14.55995
01TESIS	0	6	Parches	Baja	14/06/2011 02:07:02 p.m.	-90.4985345372	14.55974
01TESIS	1	6	No hay Parches		14/06/2011 02:07:11 p.m.	-90.4985883635	14.55947
01TESIS	0	6	Parches	Media	14/06/2011 02:07:24 p.m.	-90.4986126593	14.55913
01TESIS	1	6	No hay Parches		14/06/2011 02:07:30 p.m.	-90.4986228051	14.55900
01TESIS	0	6	Parches	Baja	14/06/2011 02:07:45 p.m.	-90.4986498148	14.55859
01TESIS	1	6	No hay Parches		14/06/2011 02:07:47 p.m.	-90.4986532527	14.55855

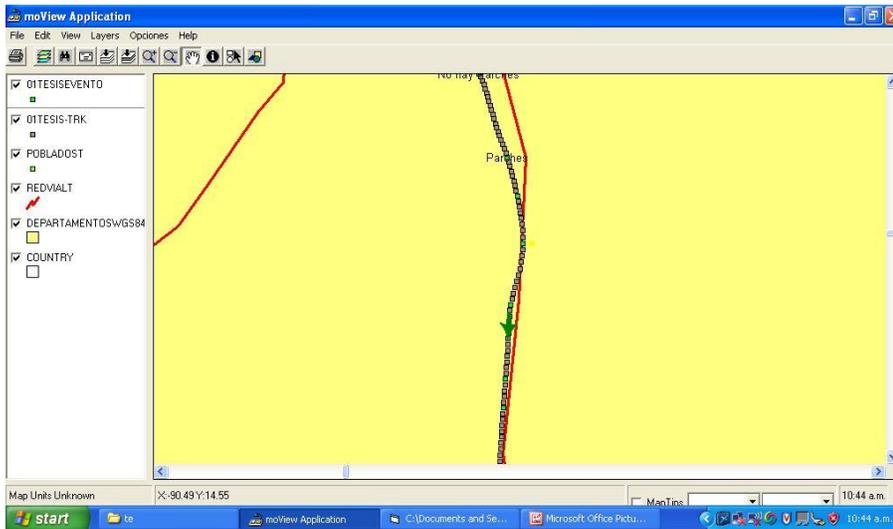
Fuente: elaboración propia.

Figura 103. Registros de daños encontrados



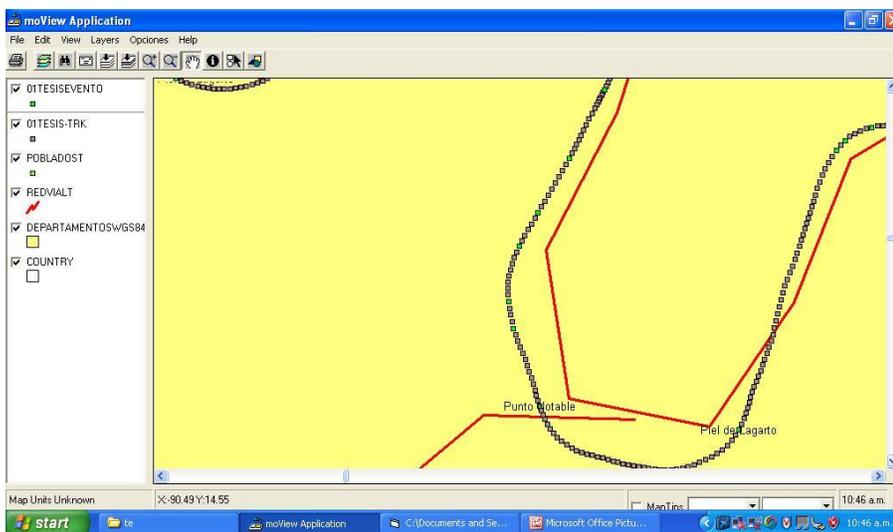
Fuente: elaboración propia.

Figura 104. **Registros de daños encontrados**



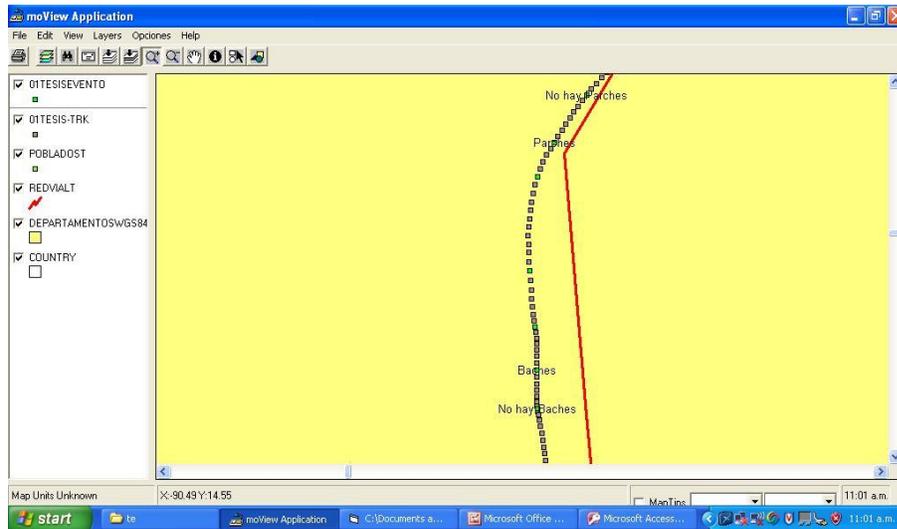
Fuente: elaboración propia.

Figura 105. **Registros de daños encontrados**



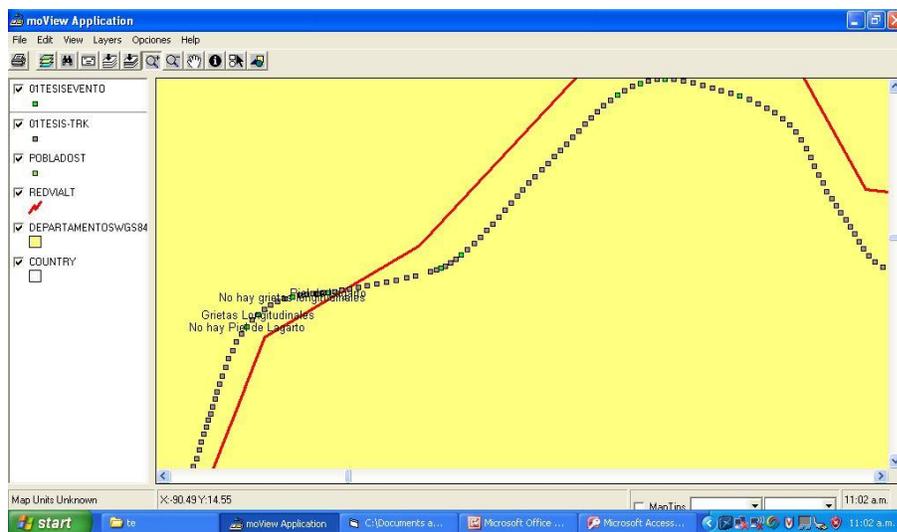
Fuente: elaboración propia.

Figura 106. Registros de daños encontrados



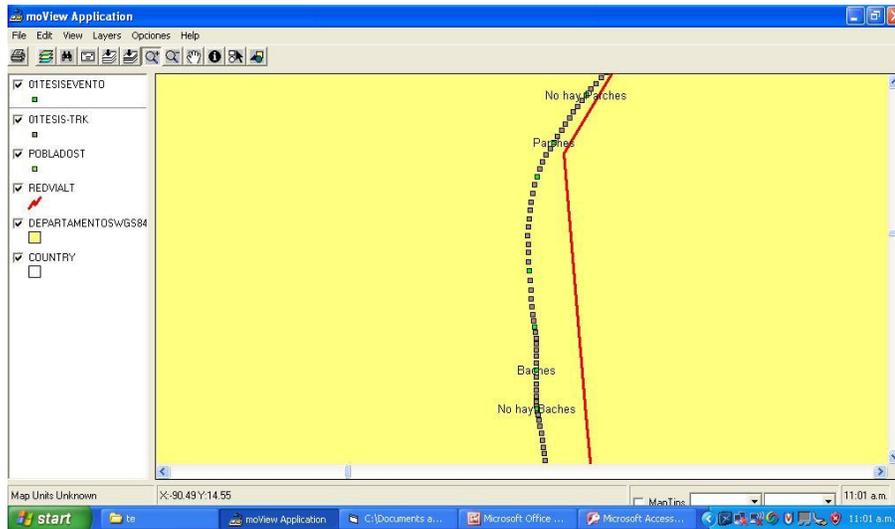
Fuente: elaboración propia.

Figura 107. Registros de daños encontrados



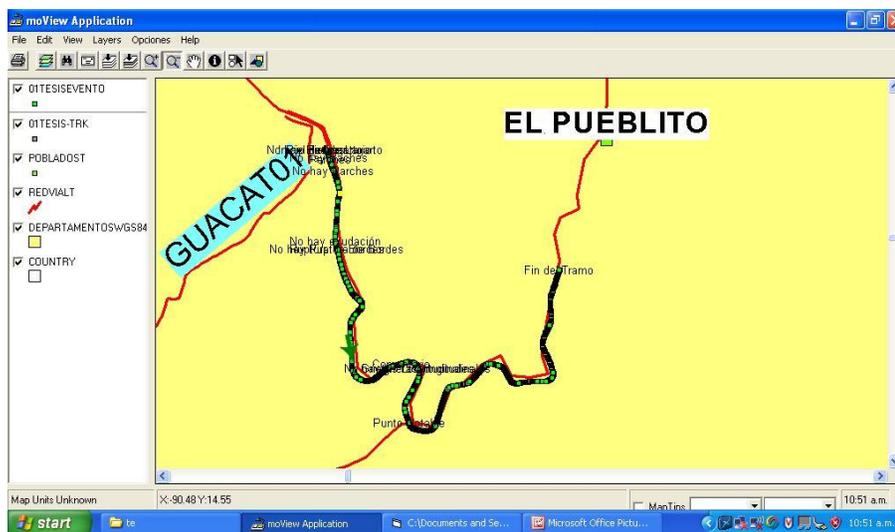
Fuente: elaboración propia.

Figura 108. Registros de daños encontrados



Fuente: elaboración propia.

Figura 109. Registros de daños encontrados (vista general)



Fuente: elaboración propia.

5. ANÁLISIS COMPARATIVO

5.1. Análisis de registros

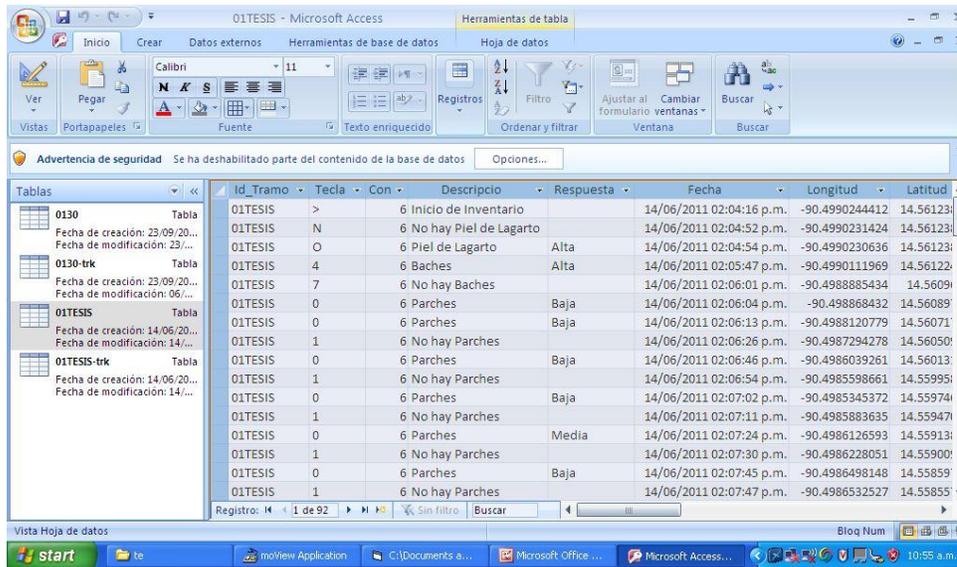
El análisis de registros conlleva al realizarlo de una forma convencional supera el tiempo en ejecución de más de 1 hora con 45 minutos sobre el tramo piloto estudiado, lo cual implica hacer los registros de una manera lenta; es decir, reducción en la velocidad para recolección de información; además de otros factores que obstruirían la realización práctica de la toma de datos.

Al realizar el registro con la utilización del *software* de aplicación conlleva a realizarlo en un tiempo de solamente 15 minutos, lo cual indica diferencia de optimización de tiempo en el registro de datos.

Además de que los datos con la utilización del *software* se presentan georreferenciados lo cual da el punto exacto de la ubicación de los puntos registrados.

Los registros que se van a tomar de una manera convencional o tradicional, solamente se reportan en algún formulario, mientras que con la utilización del *software*, los datos quedan registrados en una base de datos representada en la figura a continuación:

Figura 102. Registros georreferenciados



Fuente: elaboración propia.

5.2. Análisis gráfico

El análisis de tiempo conlleva a obtener los siguientes resultados comparativos donde se ponen de manifiesto las ventajas en la utilización de esta herramienta tecnológica.

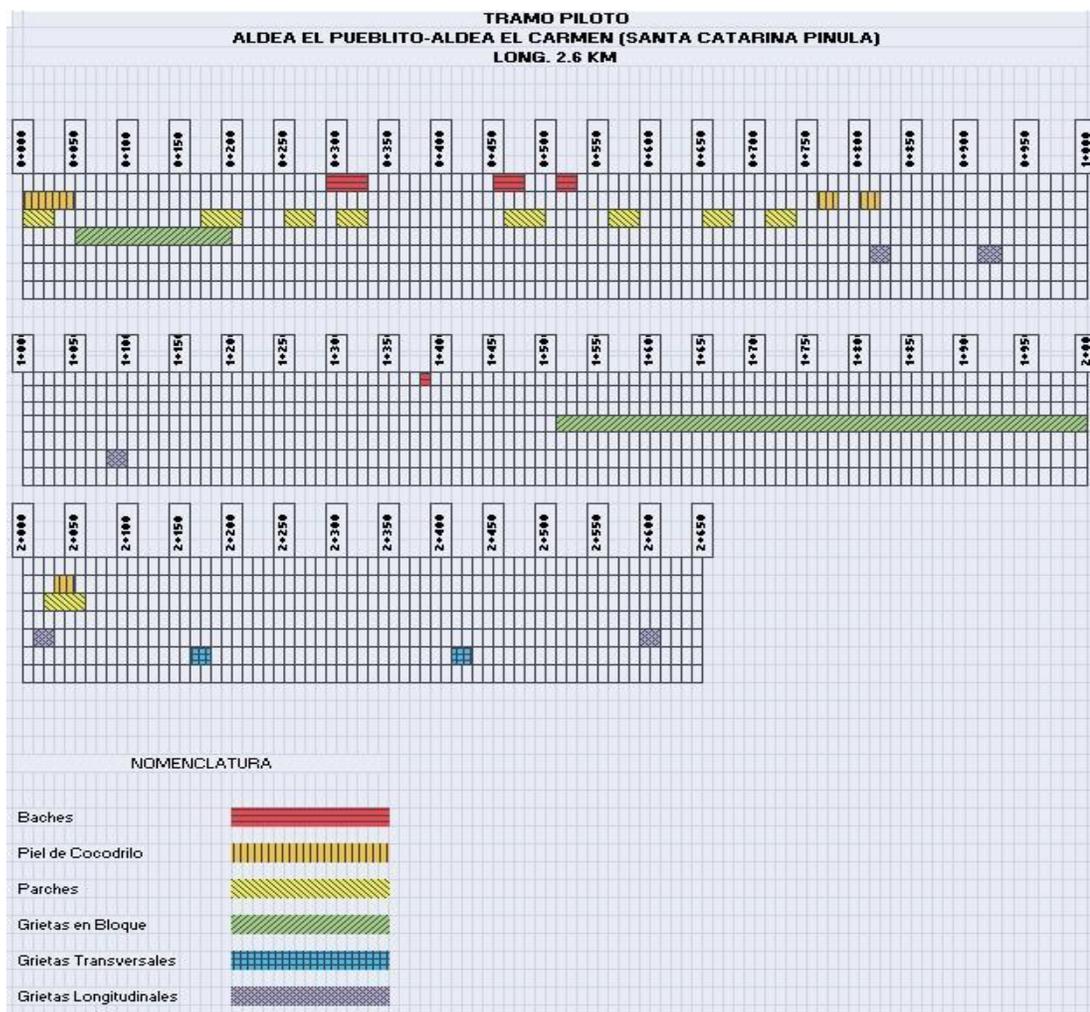
Tabla VII. Resultado final comparativo de método tradicional y software

	Método tradicional	Software
Registro en campo	1 hora 45 minutos	15 minutos
Trabajo de gabinete	1 hora	5 minutos
Tiempo total	2 horas 45 minutos	20 minutos

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente a eso, en la comparación de la información generada, con la utilización del método tradicional, se obtiene un gráfico en forma longitudinal de los registros, lo cual conlleva a hacer un gráfico no tan exacto de la ubicación de estos como se puede observar a continuación:

Figura 64. Larguillo tramo piloto



Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Las necesidades de mantenimiento vial requieren contar con una base actualizada del estado de condición de los caminos. Esta situación incrementa su importancia cuando se incorporan las necesidades de las vías no 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 de maquinaria, personal y la eficiencia lograda al ejecutar trabajos de mantenimiento conociendo el sitio exacto donde se ubican, y no diferir en tratar de conocer una ubicación aproximada dónde realizar el respectivo mantenimiento del tramo carretero.
3. La utilización de equipos modernos posibilita a la alta gerencia 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 interiorizarse del estado de situación de cada uno de ellos.
4. La metodología para la recolección y procesamiento de información vial, está establecida por un sistema de monitoreo para la obtención de datos de campo y otro sistema para el procesamiento de dicha información, que tiene como fin primordial la obtención de información de la manera más fácil y exacta.

RECOMENDACIONES

1. La información de daños registrados en un tramo carretero, después de ocurrida una emergencia por algún desastre natural, deben registrarse con base en formas tecnológicas para realizar los trabajos de rehabilitación de manera óptima y ahorro en el apartado económico.
2. Instituciones tanto públicas como privadas que brinden un servicio de construcción o supervisión de proyectos viales, deben de contar con un sistema de monitoreo de proyectos con la más alta tecnología para ofrecer al público un trabajo rápido, exacto y confiable.
3. Los conceptos concernientes al registro de daños y trabajos ejecutados en un tramo carretero, deben ser fundamentos básicos para el personal que realice un inventario vial. De esta forma se pueden omitir errores al momento de realizar los levantamientos de un tramo carretero.

BIBLIOGRAFÍA

1. GISYSTEMS. *Instructivo de preparativos de equipo de campo*. n°1, Guatemala: Gisystems, 2010. 7 p.
2. _____. *Instructivo ejecución de monitoreo de campo*. n°1, Guatemala: Gisystems, 2010. 3 p.
3. _____. *Instructivo módulo de captura de datos de campo*. n°1, Guatemala: Gisystems, 2010. 12 p.
4. SIECA. *Manual centroamericano de gestión del riesgo en puentes*. n°1. Guatemala: Cepredenac, 2010. 99 p.
5. _____. *Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras*. n°1. Guatemala: Cepredenac, 2010. 342 p.

APÉNDICE

Proceso constructivo del puente Sosí, jurisdicción de Cuilco, Huehuetenango.

Puente antiguo colapsado



Fuente: elaboración propia. Cuilco, Huehuetenango.

Trazo de ubicación de nueva estructura



Fuente: elaboración propia. Cuilco, Huehuetenango.

Excavación para cimentación de pila



Fuente: elaboración propia. Cuilco, Huehuetenango.

Armadura de zapata de pila



Fuente: elaboración propia. Cuilco, Huehuetenango.

Zapata fundida y encofrado de armadura de columna



Fuente: elaboración propia. Cuilco, Huehuetenango.

Columna fundida al igual que viga cabezal de pila



Fuente: elaboración propia. Cuilco, Huehuetenango.

Montaje de obra falsa para armadura de vigas longitudinales



Fuente: elaboración propia. Cuilco, Huehuetenango.

Armadura de vigas longitudinales



Fuente: elaboración propia. Cuilco, Huehuetenango.

Fundición de vigas longitudinales



Fuente: elaboración propia. Cuilco, Huehuetenango.

Fundición de losa de rodadura



Fuente: elaboración propia. Cuilco, Huehuetenango.

Vista de superestructura finalizada



Fuente: elaboración propia. Cuilco, Huehuetenango.

Panorámica de estructura finalizada



Fuente: elaboración propia. Cuilco, Huehuetenango.