



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

**PROCESOS DE SUPERVISIÓN EN REPARACIÓN DE FALLAS  
RECURRENTES EN LOSAS DE PAVIMENTOS DE CONCRETO  
HIDRÁULICO EN GUATEMALA**

**Gladis Magalí Urrutia Solís**

Asesorado por el Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno

Guatemala, junio de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROCESOS DE SUPERVISIÓN EN REPARACIÓN DE FALLAS  
RECURRENTES EN LOSAS DE PAVIMENTOS DE CONCRETO  
HIDRÁULICO EN GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**GLADIS MAGALÍ URRUTIA SOLIS**

ASESORADO POR EL ING. ALFREDO ENRIQUE BEBER ACEITUNO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA CIVIL**

GUATEMALA, JUNIO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

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

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Marco Antonio García Díaz
EXAMINADOR	Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz
EXAMINADOR	Ing. Crecencio Benjamín Cifuentes Velásquez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**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:

**PROCESOS DE SUPERVISIÓN EN REPARACIÓN DE FALLAS  
RECURRENTES EN LOSAS DE PAVIMENTOS DE CONCRETO  
HIDRÁULICO EN GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 7 de mayo de 2014.



**Gladis Magali Urrutia Solis**

Guatemala, 2 de noviembre de 2016

Ingeniero  
Guillermo Melini Salguero  
Jefatura del Área de Planeamiento  
Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente.

Ingeniero Melini:

Tengo el agrado de informarle que la señorita estudiante universitaria de la carrera de Ingeniería Civil **Gladis Magalí Urrutia Solis**, con número de carné 2007-14521, ha terminado de desarrollar su trabajo de graduación titulado "**PROCESOS DE SUPERVISIÓN EN REPARACIÓN DE FALLAS RECURRENTE EN LOSAS DE PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO EN GUATEMALA**", el suscrito en su calidad de asesor y después de haber revisado el presente, considero que el tema fue desarrollado de acuerdo a lo previsto en el protocolo respectivo y creo que el mismo aportará a los estudiantes y docentes de la Escuela de Ingeniería Civil importante información.

Agradezco la gentileza de su atención y en espera de que el proceso administrativo-académico para la aprobación del presente trabajo de graduación continúe el trámite respectivo, me suscribo de Usted,

Atentamente,

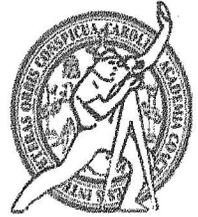
  
Alfredo Enrique Beber Aceituno  
Ingeniero Civil  
Colegiado 3079  
INGENIERO CIVIL  
COLEGIADO No. 3079



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala,  
 16 de mayo de 2017

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

Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **PROCESOS DE SUPERVISIÓN EN REPARACIÓN DE FALLAS RECURRENTE EN LOSAS DE PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO EN GUATEMALA**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Gladis Magalí Urrutia Solis, quien contó con la asesoría del Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la ingeniería nacional 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**

*Guillermo Melini*

Ing. civil, Guillermo Francisco Melini Salgueiro  
 Jefe Del Departamento de Planeamiento



**FACULTAD DE INGENIERIA  
 DEPARTAMENTO  
 DE  
 PLANEAMIENTO  
 U S A C**

/mrrm.





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno y del Coordinador del Departamento Planeamiento Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero, al trabajo de graduación de la estudiante Gladis Magalí Urrutia Solis **PROCESOS DE SUPERVISIÓN EN REPARACIÓN DE FALLAS RECURRENTE EN LOSAS DE PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO EN GUATEMALA** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, junio 2017

/mrrm.



*Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua*

Universidad de San Carlos  
de Guatemala

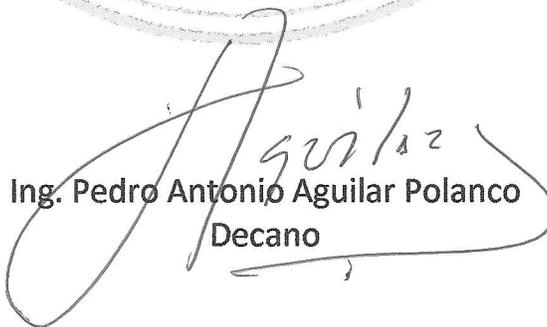


Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 278.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **PROCESOS DE SUPERVISIÓN EN REPARACIÓN DE FALLAS RECURRENTE EN LOSAS DE PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO EN GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria: **Gladis Magalí Urrutia Solis**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, junio de 2017

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

**Dios**

Por ser la fuente inagotable de mi fe.

**Mis padres**

Hugo Urrutia y Graciela Solis, por ser el más puro y grande amor en mi vida, este éxito es de ustedes.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Dios** Por cada bendición, por darme la fortaleza y perseverancia, para alcanzar tan anhelada meta. Jos1,9: *“mira que te mando que te esfuerces y seas valiente; no temas ni desmayes, porque Jehová tu Dios estará contigo en donde quiera que vayas”*.
- Mis padres** Por su amor, y su esfuerzo constante para apoyarme y formarme en la persona que ahora soy.
- Mis hermanos** Por ser mis compañeros de vida, por su amor e incondicional apoyo para alcanzar esta meta.
- Mis sobrinos** Hugo Danilo, Beliza, Ricardo, Andrea, Gretel y Fátima, con cariño especial, que esta meta sea un ejemplo más en su vida.
- Mis cuñados** Dionicio López y Miguel Galicia, por el afecto y apoyo oportuno que me han brindado.
- Julio Guzmán** Por su apoyo y cariño.

**Mis amigos**

Cecilia Alvarado, Jazmín Azurdía, Claudia Contreras, Pilar Ramírez, Bétzi Marroquín, Williams Castillo, Alejandro Guevara, y demás, por su inigualable amistad y apoyo en cada una de las circunstancias de mi vida, con especial cariño y agradecimiento a Esperanza Soto.

**Mi asesor**

Ing. Alfredo Beber, por compartir su conocimiento y asesorarme en mi formación académica desde el inicio al fin de mis estudios universitarios.

**Facultad de Ingeniería**

Por brindarme las mejores fuentes de conocimiento y de formación profesional.

**Universidad de San Carlos de Guatemala**

Por ser la casa de estudios que me brindó formación académica.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO.....	1
1.1. Descripción general del pavimento.....	1
1.1.1. Estructura interna de un pavimento de concreto hidráulico .....	2
1.1.2. Terreno de fundación.....	2
1.1.3. Material resistente (subbase y subrasante) .....	8
1.1.4. Material ligante .....	9
1.1.5. Superficie de rodadura .....	10
1.1.6. Definición de losa .....	10
1.2. Definición de concreto .....	10
1.2.1. Concreto hidráulico.....	10
1.2.2. Características del concreto hidráulico en pavimento.....	11
1.2.3. Tipos de pavimentos de concreto hidráulico.....	11
1.3. Factores que influyen en el deterioro de pavimentos de concreto hidráulico en Guatemala .....	14
1.3.1. Tránsito.....	14
1.3.2. Clima .....	15

1.3.3.	Suelo .....	16
1.3.4.	Posición de la estructura .....	16
1.3.5.	Geometría del proyecto .....	17
1.3.6.	Construcción y mantenimiento .....	17
2.	MANTENIMIENTOS IDEALES DE PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO .....	19
2.1.	Mantenimiento vial .....	20
2.2.	Tipos de mantenimiento vial.....	25
2.2.1.	Mantenimiento ordinario .....	26
2.2.2.	Mantenimiento periódico .....	27
2.2.3.	Mantenimiento preventivo .....	28
2.2.4.	Mantenimiento correctivo .....	29
3.	FALLAS EN LOSAS DE PAVIMENTOS CONCRETO HIDRÁULICO .....	33
3.1.	Fisuras .....	34
3.1.1.	Fisura transversal o diagonal .....	34
3.1.2.	Fisura longitudinal .....	35
3.1.3.	Fisura de esquina.....	35
3.1.4.	Losas subdivididas .....	36
3.1.5.	Fisuras en bloque.....	37
3.1.6.	Fisuras inducidas .....	38
3.2.	Deformaciones .....	39
3.2.1.	Levantamiento de losas.....	39
3.2.2.	Dislocamiento.....	40
3.2.3.	Hundimiento .....	41
3.3.	Desintegraciones .....	42
3.3.1.	Descascaramiento.....	42
3.3.2.	Pulimiento de la superficie.....	43

3.3.3.	Peladuras.....	44
3.3.4.	Bache .....	45
3.4.	Deficiencias de juntas.....	46
3.4.1.	Deficiencias en material de sello .....	46
3.4.2.	Desportillamiento .....	47
4.	REPARACIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO .....	49
4.1.	Fisuras.....	52
4.2.	Deformaciones .....	58
4.3.	Desintegraciones.....	61
4.4.	Deficiencias de juntas.....	65
	CONCLUSIONES .....	67
	RECOMENDACIONES.....	69
	BIBLIOGRAFÍA.....	71
	ANEXOS.....	75



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Sección transversal de un pavimento de concreto hidráulico.....	2
2.	Detalle de pavimento sin elementos de transferencia de carga. ....	12
3.	Detalle de pavimento con elementos de transferencia de carga .....	13
4.	Fisura transversal o diagonal .....	34
5.	Fisura longitudinal .....	35
6.	Fisura de esquina .....	36
7.	Losas subdivididas .....	37
8.	Fisuras en bloque .....	38
9.	Fisuras inducidas.....	39
10.	Levantamiento de losas.....	40
11.	Dislocamiento .....	41
12.	Hundimiento .....	42
13.	Descascaramiento.....	43
14.	Pulimiento de la superficie.....	44
15.	Peladuras .....	45
16.	Bache .....	46
17.	Deficiencias en material de sello .....	47
18.	Desportillamiento.....	48
19.	Detalle de reparación de losa a profundidad parcial.....	50
20.	Detalle de reparación de losa a profundidad parcial.....	50

## TABLAS

I.	Triángulo de clasificación de suelos (USDA) .....	4
II.	Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.) incluyendo identificación y descripción .....	6
III.	Clasificación unificada de suelos, aplicable como referencia de uso para subrasante, subbase o base .....	7
IV.	Clasificación de suelos AASHTO .....	8
V.	Fisura transversal o diagonal .....	52
VI.	Fisura longitudinal .....	53
VII.	Fisura de esquina .....	54
VIII.	Losas subdivididas .....	55
IX.	Fisuras en bloque .....	56
X.	Fisura inducida .....	57
XI.	Levantamiento de losas .....	58
XII.	Dislocamiento .....	59
XIII.	Hundimiento .....	60
XIV.	Descascaramiento .....	61
XV.	Pulimiento de la superficie .....	62
XVI.	Peladuras .....	63
XVII.	Bache .....	64
XVIII.	Deficiencias en material de sello .....	65
XIX.	Desportillamiento .....	66

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>cm</b>	Centímetro
<b>m</b>	Metro
<b>mm</b>	Milímetro
<b>%</b>	Porcentaje



## GLOSARIO

<b>Berma</b>	Es la superficie llana en un talud con la función de estabilizar las fuerzas actuantes, para el manejo de escorrentías y erosión en el mismo.
<b>Bombeo</b>	Pendiente transversal de la superficie del pavimento, medido desde el eje de la vía hasta los hombros, con el fin de evacuar el agua superficial por escurrimiento.
<b>Bordillo</b>	Elemento construido con concreto hidráulico, parcialmente enterrado al borde de la calzada que limita la misma del paso peatonal.
<b>Calzada</b>	Superficie de la carretera compuesta por la corona y el drenaje pluvial (cunetas) al bordillo o el límite con el área de paso peatonal.
<b>Carril</b>	Área que limita la circulación de vehículos en un sentido para transitar.
<b>Conglomerante</b>	Material capaz de unir fragmentos u otros materiales y dar cohesión al conjunto por efecto de reacciones químicas.

<b>Corona</b>	Superficie de la carretera destinada para el tránsito de vehículos, compuesta por los carriles y los hombros de una carretera.
<b>Cuneta</b>	Zanja lateral paralela al eje de la carretera para drenaje pluvial.
<b>Derecho de vía</b>	Ancho total de la carretera establecido por el gobierno y propiedad del Estado, para la construcción del pavimento, sus obras complementarias y su posible futura ampliación.
<b>Efecto de bombeo</b>	Erosión del suelo bajo la losa a través del movimiento del agua con material fino que fluye a la superficie a través de fallas o fisuras en el pavimento.
<b>Eje de la vía</b>	Es la línea paralela al centro de la carretera que delimita las pendientes transversales del pavimento.
<b>Grieta</b>	Fractura o abertura alargada que se produce en un cuerpo sólido por la separación o falla de sus materiales.
<b>Hombro</b>	Área contigua al pavimento para confinamiento de la subbase y posibilidad de parqueo emergente.
<b>Índice de plasticidad</b>	Rango de humedad del suelo donde este tiene un comportamiento plástico. Por definición es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

**Serviciabilidad**

Condición necesaria de un pavimento para brindar a los usuarios un manejo seguro y comfortable.

**Talud**

Inclinación natural o artificial de un terreno.



## **RESUMEN**

El tema de investigación expone las fallas típicas recurrentes en pavimentos con losas de concreto hidráulico en Guatemala, así como los métodos de reparación y la importancia de la supervisión para garantizar la calidad del trabajo. Asimismo busca detallar con una descripción teórica y práctica la reparación de las mismas y los controles de supervisión en la ejecución de dicha reparación en cuanto a especificaciones y la calidad del proceso, según las características que presenta la carretera.

Los pavimentos de concreto hidráulico según su desempeño, están propensos a deteriorarse por diversos factores a los que son expuestos o bien por el transcurrir de su vida útil, y como resultado de ello, las losas que componen la estructura de este tipo de pavimento, tienden a presentar fallas típicas y recurrentes según sea la zona del país y tránsito por servir.

Por lo tanto, el presente trabajo exhibe acciones de importancia en un proceso de reparación y/o sustitución de losa en pavimentos de concreto, según sea el daño, que deben ser realizadas bajo criterios de supervisión a través de una guía para profesionales y otros con interés en el tema.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Desarrollar una guía del proceso de reparación de losas en pavimentos de concreto hidráulico.

### **Específicos**

1. Presentar las fallas recurrentes en losas de concreto en Guatemala.
2. Explicar procesos para la reparación de fallas en losas en pavimentos de concreto hidráulico.
3. Exponer los requerimientos mínimos por cumplir según las normas regidas en Guatemala, para la ejecución de dichos trabajos.
4. Mostrar la importancia de realizar una adecuada ejecución del proceso de mantenimiento y/o reparación.



## INTRODUCCIÓN

La conservación vial está considerada como una actividad económicamente demandante, que puede llegar a requerir un presupuesto igual o mayor al del costo inicial de la obra, durante su periodo de vida útil. Es por ello que la supervisión en la ejecución de los trabajos de cualquier proceso de una obra vial, es primordial para garantizar y afianzar los resultados esperados, los cuales deben cumplir con requerimientos técnicos para garantizar la calidad de los resultados y sobre todo de la seguridad de los usuarios de las vías.

Así bien, cabe mencionar que las fallas se presentan no solo por la calidad de los materiales, tiempo de vida del pavimento y demanda de uso, sino también por la mala práctica profesional, es decir desde un diseño con malas bases hasta la mala ejecución del proceso constructivo, o bien un mal mantenimiento preventivo o correctivo durante el tiempo de vida y servicio de la losa. Esto último causa daños consecuentes y prolonga el deterioro en el pavimento de una carretera.



# 1. PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO

Es un pavimento clasificado como rígido debido a que está formado por losas de concreto hidráulico, con una estructura capaz de resistir los esfuerzos normales y tangenciales, producidos por fuerzas externas generadas por el tránsito. Su diseño estructural brinda la capacidad de resistir y transmitir dichos esfuerzos a los niveles inferiores de la estructura y el suelo.

## 1.1. Descripción general del pavimento

Se define el término pavimento como “la estructura integral de las capas de la subrasante, subbase, base y carpeta colocada encima de la rasante y destinada a sostener las cargas vehiculares”<sup>1</sup>.

Asimismo, en pavimentos rígidos se define como la superficie de concreto proyectada sobre una estructura formada por una base preparada sobre un terreno existente, destinada para el tránsito de personas, animales y/o vehículos.

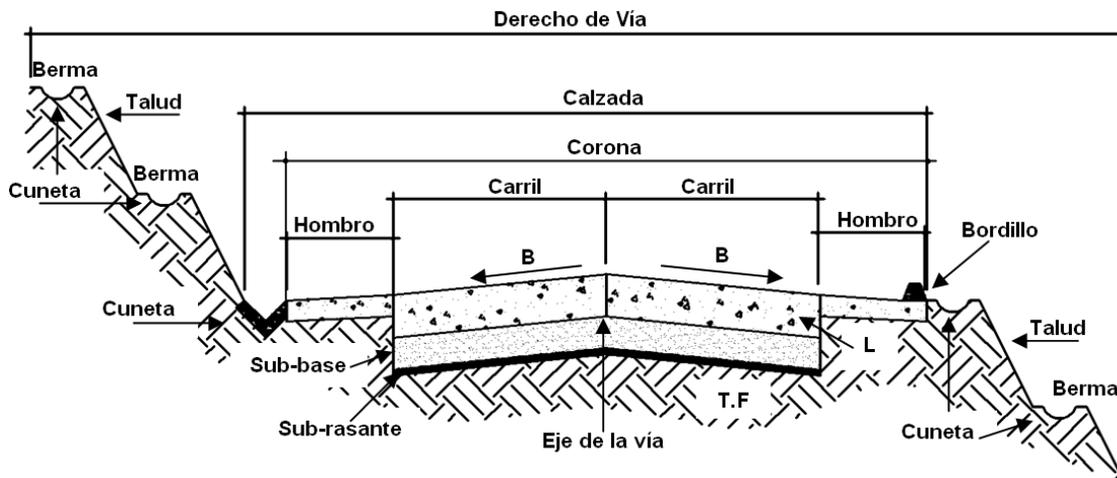
Toda esta estructura debe ser firme y capaz de resistir las cargas para las cuales fue diseñado el pavimento, asimismo, a todo fenómeno abrasivo durante su periodo de vida útil. La función principal de la losa es transmitir y distribuir las cargas de la superficie hacia la base y terreno de fundación, los cuales deben ser estructuralmente capaces de resistir dichas cargas. (ver figura1)

---

<sup>1</sup> CORONADO ITURBIDE, Jorge. *Manual Centroamericano para diseño de pavimentos*. p. xvii

### 1.1.1. Estructura interna de un pavimento de concreto hidráulico

Figura 1. Sección transversal de un pavimento de concreto hidráulico



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD (*software* de diseño asistido por computadora).

Donde:

B: bombeo o pendiente transversal

L: losa de concreto hidráulico

T.F.: terreno de fundación o suelo

### 1.1.2. Terreno de fundación

Es la superficie de suelo o terreno natural situado bajo la estructura del pavimento, el cual es debidamente controlado para funcionar como cimiento de la estructura, con características mecánicas que lo hacen capaz de resistir esfuerzos de toda la estructura del pavimento.

Referente al terreno bajo el pavimento, es importante conocer el tipo de material del suelo, el factor de retención de agua e índice de plasticidad (IP) y con todo ello su capacidad soporte.

Los suelos con gran capacidad de retención de agua generalmente tienen baja capacidad soporte, lo que perjudica la buena recepción de las cargas bajo la losa del pavimento.

Por lo tanto, un material con un alto IP es indeseable para pavimentos debido a su alta capacidad de retención de agua y baja capacidad de drenaje, como los suelos arcillosos. Lo cual requiere desde su inicio un mayor grado de compactación, a diferencia de los suelos con menor IP, como los limosos y arenosos que son ideales para terrenos de fundación.

“Para pavimentos, los suelos se pueden identificar y clasificar principalmente por el tamaño de sus partículas agrupándolos en tres grupos, arcillas, arenas y limos, una fuente para ello es el diagrama triangular de clasificación de suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA por sus siglas en inglés, *U.S. Department of Agriculture*)”<sup>2</sup> (ver tabla I)

La clasificación de suelos de USDA, se basa en los resultados del análisis de tamizado (ASTM D 422), porcentajes, por peso, de las partículas que pasan en cada tamiz de una muestra de suelo.

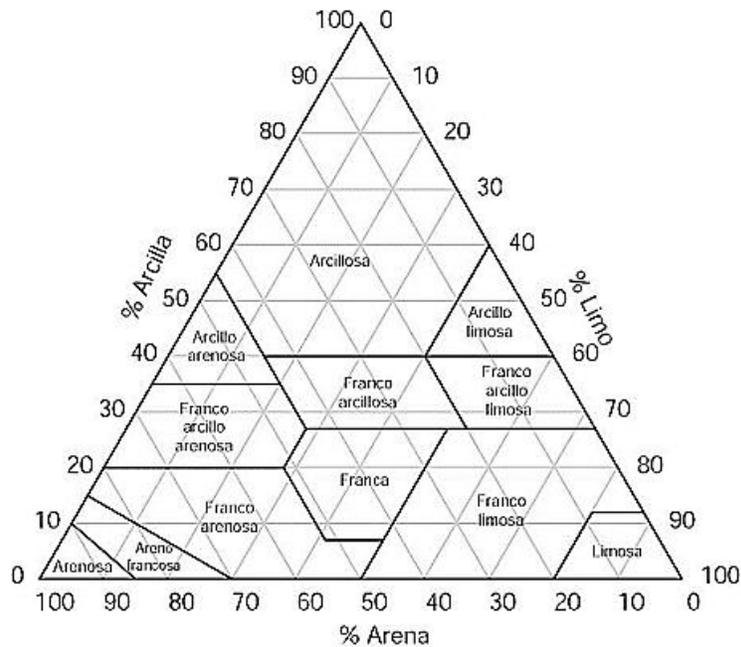
En sí la clasificación radica en un triángulo equilátero que presenta en cada uno de los lados, una de las tres fases del suelo (arena, limo, arcilla) con

---

<sup>2</sup> *Interlocking Concrete Pavement Institute. Características y compactación del suelo. Sección 4 del ICPI: p 55.*

una escala porcentual de 0 a 100. El procedimiento consiste en trazar una línea perpendicular sobre cada lado del triángulo en el porcentaje obtenido como resultado de la prueba del material y donde estas tres líneas perpendiculares a su eje intersecten, será el punto P que permitirá establecer el tipo de suelo que se tiene.

Tabla I. **Triángulo de clasificación de suelos (USDA)**



Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA), U.S. Department of Agriculture.

Asimismo, se cuenta con el sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.) que brinda cuadros guía con especificaciones para identificar el suelo que se esté analizando con base en los resultados obtenidos de las pruebas que se han realizado.

El S.U.C.S. sitúa todos los suelos en 15 grupos, según el tamaño de sus partículas y la capacidad de retener agua. (ver tabla II) “Para clasificarlo se utilizan símbolos que consta de un prefijo y un sufijo donde el prefijo, es la inicial de nombre inglés de los seis principales tipos de suelos (grava, arena, limo, arcilla, suelo orgánico de grano fino o turba); y el sufijo es la subdivisión de dichos grupos”<sup>3</sup>:

- GW = Gravas bien gradadas y mezclas de grava y arena, con pocos o sin finos.
- GP = Gravas pobremente gradadas y mezclas de grava y arena, con pocos o sin finos.
- GM = Gravas limosas, mezclas de grava, limo y arena.
- GC = Gravas arcillosas, mezclas de grava, arcilla y arena.
- SW = Arenas bien gradadas y arenas con grava, con pocos o sin finos.
- SP = Arenas mal gradadas y arenas uniformes, con pocos o sin finos.
- SM = Arenas limosas, mezclas de arena y limo.
- SC = Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.
- ML = Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, limos finos arcillosos.
- CL = Arcillas inorgánicas, de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas limosas, arcillas débiles.
- MH = Limos inorgánicos, arenas o limos finos micáceos o diatomáceos, limos plásticos.
- CH = Arcillas inorgánicas o arcillas de alta plasticidad.
- OL = Arcillas orgánicas con baja plasticidad.
- OH = Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta.
- Pt = Turba.

---

<sup>3</sup> CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. p 88.

Tabla II. Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.) incluyendo identificación y descripción

DIVISIÓN MAYOR		SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO			
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 ⊕ Las partículas de 0.074 mm de diámetro (la malla No.200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4 PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE ½ cm. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	GRAVAS LIMPIA Poco o nada de partículas finas	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Cu: mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA Cc: entre 1 y 3. $Cu = D_{60} / D_{10}$ $Cc = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$		
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos		NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW.	
		GRAVA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	* d	GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.	Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.
			u	GC	Gravas arcillosas, mezclas de gravas, arena y arcilla	LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.	
		ARENAS LIMPIA Poco o nada de partículas finas		SW	Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.	$Cu = D_{60} / D_{10}$ mayor de 6 ; $Cc = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ entre 1 y 3.	
				SP	Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.		No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW
	ARENA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	* d	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.	Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.	
		u	SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.	LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.		
	SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 ⊕ Las partículas de 0.074 mm de diámetro (la malla No.200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Menor de 50		ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.	G – Grava, S – Arena, O – Suelo Orgánico, P – Turba, M – Limo C – Arcilla, W – Bien Graduada, P – Mal Graduada, L – Baja Compresibilidad, H – Alta Compresibilidad	
				CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.		
		LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Mayor de 50		OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.		
				MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos.		
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS			CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.			
			OH	Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.			
			P	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.			

DETERMINESE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA, DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINOS (fracción que pasa por la malla No. 200) LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUE: Menos del 5%; GW, GP, SW, SP; más del 12%; GM, GC, SM, SC. Entre 5% y 12%; Casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.

**CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.)**

\*\* Clasificación de frontera - Los suelos que posean las características de dos grupos se designan con la combinación de los dos símbolos; por ejemplo GW-GC, mezcla de arena y grava bien graduadas con cementante arcilloso.

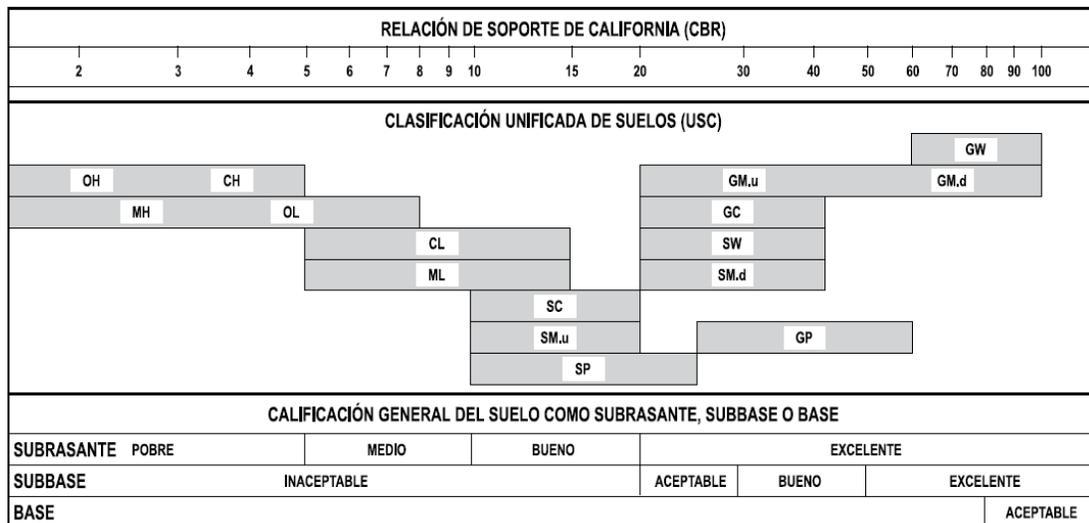
⊕ Todos los tamaños de las mallas en esta carta son los U.S. estándar.

\* La división de los grupos GM y SM en subdivisiones d. y u. son para caminos y aeropuertos únicamente, la subdivisión está basada en los límites de Atterberg. El sufijo d se usa cuando el L.L. es de 28 o menos y el I.P. es de 6 o menos. El sufijo u es usado cuando el L.L. es mayor que 28.

Fuente: Departamento de Transporte de California (CALTRANS), *California Department of Transportation.*

Por otra parte el sistema a través de la clasificación unificada de suelos permite también determinar la idoneidad de uso estructural del suelo para obras viales, en base a los resultados del ensayo CBR y una identificación visual del material suelo. (ver tabla III)

Tabla III. **Clasificación unificada de suelos, aplicable como referencia de uso para subrasante, subbase o base**



Fuente: Clasificación de los suelos, propiedades de los suelos, e identificación rápida en el campo. ICPI (*Interlocking Concrete Pavement Institute*).

Otra fuente para la clasificación de suelos es la *American Association of State Highway Officials* que adoptó el sistema de clasificación de suelos (AASHTO M 145), y brinda una guía en la cual agrupa los suelos en función de su comportamiento como capa de soporte o asiento firme. Este es un sistema muy utilizado en la clasificación de suelos en carreteras. (ver tabla IV)

Esta variante clasifica los suelos en siete grupos (A-1, A-2,..., A-7), según su granulometría y plasticidad. Principalmente en función del porcentaje que

pasa por los tamices nº 200, 40 y 10, y de los límites de Atterberg de la fracción que pasa por el tamiz nº 40. Estos siete grupos corresponden a dos grandes categorías de suelos, suelos granulares (con no más del 35 % que pasa por el tamiz nº 200) y suelos limo-arcillosos (más del 35 % que pasa por el tamiz nº 200).

Tabla IV. **Clasificación de suelos AASHTO**

CLASIFICACION GENERAL	Materiales Granulares (igual o menor del 35% pasa el tamiz Nº 200)							Materiales Limo - Arcillosos (más del 35% que pasa el tamiz Nº 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
% que pasa el Tamiz:											
Nº 10	50 máx.										
Nº 40	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
Nº 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del Material que pasa el tamiz Nº 40											
Límite Líquido			NO PLÁSTICO	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 máx.
Índice de Plasticidad	6máx	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava, arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno						Regular a Deficiente				

NOTA: El índice de plasticidad de los suelos A-7-5 es igual o menor que su Límite Líquido 30, el de los A-7-6 mayor que su Límite Líquido (fig. 1) se halla indicada la relación entre lo LL e IP de los materiales finos. Dicho de otro modo, el grupo A-7 es subdividido en A-7-5 ó A-7-6 dependiendo del Límite Plástico (L.P.)  
Si el LP  $\geq$  30, la clasificación es A-7-6  
Si el LP < 30, la clasificación es A-7-5

Fuente: Departamento de Caminos Públicos de USA (*Bureau of Public Roads*).

### 1.1.3. Material resistente (subbase y subrasante)

Es un material inerte, resistente a esfuerzos que se producen en la losa del pavimento durante su uso, generalmente formado por piedra o componentes de ella (piedra triturada, arena o polvo de piedra).

Subbase: es la capa de material que se encuentra justo bajo la losa de concreto, la cual debe cumplir con altas propiedades mecánicas para el desarrollo de su resistencia a las fuerzas ejercidas por el tránsito sobre la losa del pavimento, por lo general es una capa de material estabilizado o material selecto.

Subrasante: en los pavimentos de concreto está situada sobre el terreno de fundación, es la capa destinada a soportar la estructura del pavimento.

Cabe mencionar que una alternativa estructural para mejorar las propiedades mecánicas de las bases del suelo, tales como el CBR (relación soporte de California) y su IP (índice de plasticidad), es la estabilización de las mismas con cal y/o cemento.

Las funciones de la subbase y subrasante, en la estructura son:

- Uniformidad en la base de cimentación
- Soporte las cargas que la losa transmite
- Reducción de los esfuerzos inducidos al terreno de fundación

#### **1.1.4. Material ligante**

Material empleado para la unión de los materiales empleados en el pavimento, proporciona adherencia, soporte y resistencia a la unión para la cohesión necesaria en la estructura.

Principalmente se emplea un componente de suelo, adherente por reacción química, como cal o cemento.

### **1.1.5. Superficie de rodadura**

Estructura constituida por elementos rígidos (losas), que en conjunto integran una superficie de rodamiento llana y cómoda para el tránsito sobre la misma.

### **1.1.6. Definición de losa**

Elemento estructural plano, construido con concreto hidráulico, destinado a soportar y transmitir de forma directa las cargas de la superficie de rodadura hacia a la subrasante y terreno de fundación.

## **1.2. Definición de concreto**

“Material compuesto que consiste esencialmente de un medio conglomerante dentro del cual están embebidas las partículas o fragmentos del agregado; en el concreto de cemento hidráulico, el conglomerante está formado por una mezcla de cemento hidráulico y agua”.<sup>4</sup>

### **1.2.1. Concreto hidráulico**

Es un concreto elaborado con materiales agregados gruesos y finos, y cemento hidráulico, es decir que fragua, endurece y alcanza su resistencia a compresión por reacción química en contacto con el agua.

---

<sup>4</sup> Ministerio de Economía de Guatemala: Comisión Guatemalteca de Normas: Norma Técnica Guatemalteca, NTG 41006: p 7.

### **1.2.2. Características del concreto hidráulico en pavimento**

- Elemento estructural con alta resistencia a esfuerzos de compresión.
- Losas con resistencia a los esfuerzos normales y tangenciales ejercidos por los vehículos a través de los neumáticos.
- Resistencia a la flexo-tracción, capacidad soporte a deformaciones por flexión y tracción, comportamiento del concreto ante una fuerza de tracción/compresión, (plasticidad, ductilidad y fragilidad).
- Losas con capacidad de transferencia de cargas en la estructura.
- Larga durabilidad, brinda un largo periodo de servicio y bajo mantenimiento.

### **1.2.3. Tipos de pavimentos de concreto hidráulico**

En Guatemala los pavimentos de concreto hidráulico se clasifican por el tipo de refuerzo contenido en su estructura, pueden subdividirse de dos formas:

- Sin elementos de transferencia de carga

“Este pavimento es aplicable para tránsito ligero, este pavimento no contiene ningún elemento de refuerzo de acero ni elementos de transferencia de cargas, la cual se logra a través de espaciamiento corto entre juntas”.<sup>5</sup> (ver figura 2) Estructuralmente se apoya únicamente sobre la subrasante, por lo tanto, es conveniente la estabilización del terreno de fundación con cal o cemento, según criterios de diseño y condiciones del suelo.

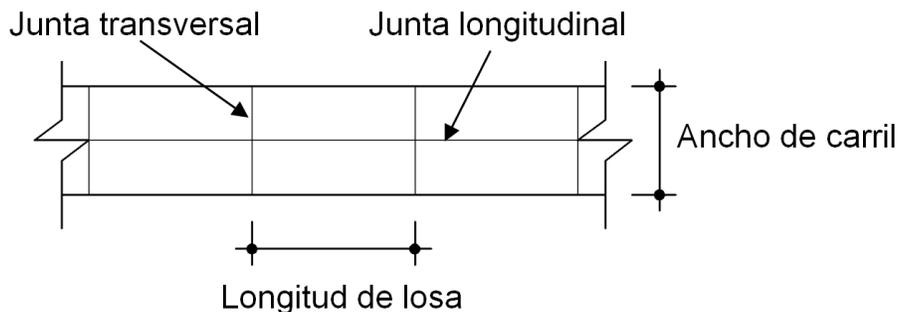
---

<sup>5</sup> Asociación de Productores de Cemento del Perú (ASOCEM): Boletín 81, Tipos de pavimentos de concreto: Método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos rígidos. Capítulo 1: p 1.

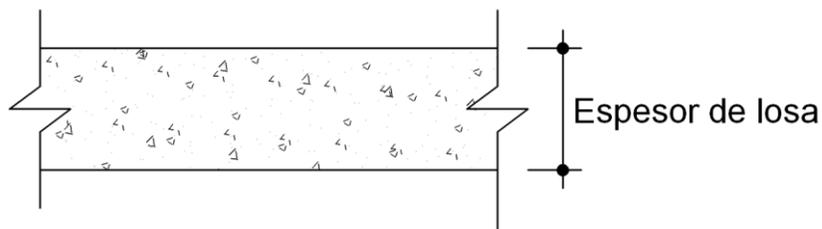
“Está constituido por losas de dimensiones relativamente cortas, menor a 6 m de largo y 3.5 de ancho; y los espesores varían de acuerdo al uso previsto.”<sup>6</sup> Por ejemplo: según la clasificación de la red vial de Guatemala, se puede considerar para las rutas de: caminos rurales (CR) entre 10 a 15 cm, rutas departamentales (RD) entre 15 y 17 cm, rutas nacionales (RN) mínimo 16 cm, carreteras centroamericanas (CA) mínimo 20 cm.

Figura 2. **Detalle de pavimento sin elementos de transferencia de carga**

- Planta



- Sección



Fuente: Tomado del boletín técnico N° 81, publicado por la Asociación de Productores del Cementos del Perú (ASOCEM).

<sup>6</sup> Asociación de Productores de Cemento del Perú (ASOCEM): Boletín 81, Tipos de pavimentos de concreto 1998: Método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos rígidos, Capítulo 1: p 1.

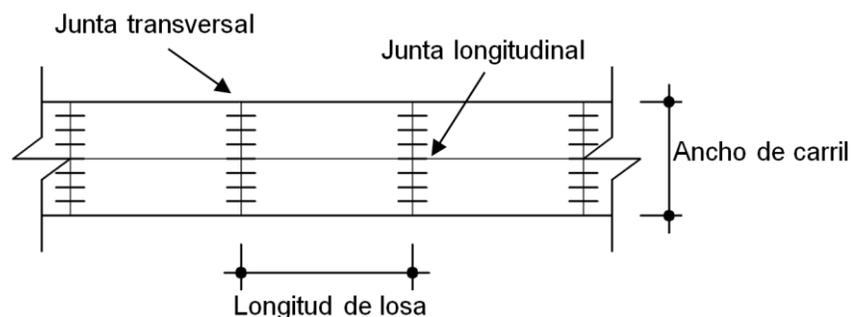
- Con elementos de transferencia de carga

Método usualmente empleado en Guatemala para pavimentos con tránsito diario y pesado, estructuralmente contiene refuerzo de acero, llamado elementos de transferencia de carga, barras pasa juntas, pasadores o dovelas, “son pequeñas barras de acero liso que se colocan en la sección transversal del pavimento, en las juntas de contracción, su función estructural es transmitir las cargas de una losa contigua, mejorando así las condiciones de deformación de juntas.”<sup>7</sup> Su objetivo es disminuir deformaciones, esfuerzos y deflexiones en las juntas y el escalonamiento de las losas.

Usualmente son colocadas a la mitad del espesor de la losa, sin que estas se peguen al concreto y son recubiertas con un material que impida la adherencia del acero al concreto. (ver figura 3)

Figura 3. **Detalle de pavimento con elementos de transferencia de carga**

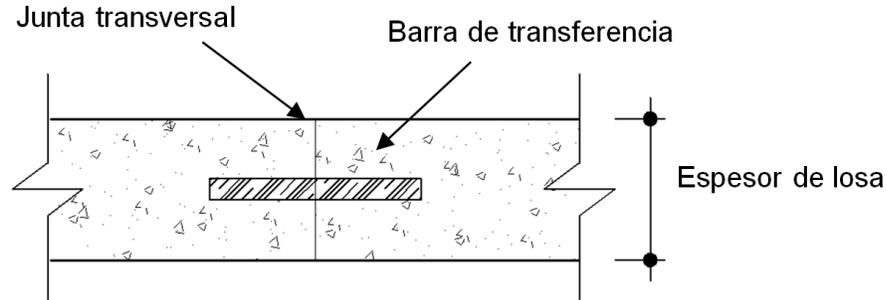
- Planta



<sup>7</sup> Asociación de Productores de Cemento del Perú (ASOCEM): Boletín 81, Tipos de pavimentos de concreto: Método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos rígidos, Capítulo 1: p 2.

Continuación de la figura 3.

- Sección



Fuente: Tomado del boletín técnico N° 81, publicado por la Asociación de Productores del Cementos del Perú (ASOCEM).

### 1.3. Factores que influyen en el deterioro de pavimentos de concreto hidráulico en Guatemala

Los principales factores que afectan al pavimento de concreto hidráulico de la red vial de Guatemala son, además del crecimiento vehicular tanto particular como comercial, las condiciones climáticas, geológicas y topográficas del país.

#### 1.3.1. Tránsito

“El tránsito está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes que producen diferentes tensiones y deformaciones en el pavimento, lo cual origina distintas fallas en este.”<sup>8</sup> Este es un factor principal de deterioro del pavimento, y de mucha importancia para el diseño y durabilidad

---

<sup>8</sup> Asociación de Productores de Cemento del Perú (ASOCEM): Boletín 81, Tipos de pavimentos de concreto: Método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos rígidos. p 14.

del mismo. Las variantes significativas que el tránsito aporta al pavimento son:

- Velocidad de tránsito
- Carga por eje
- Incremento de usuarios
- Incumplimiento de permisión de tránsito de ejes en carriles

### **1.3.2. Clima**

Guatemala cuenta con un clima marcado por dos estaciones, verano (época seca) comprendido de noviembre a abril, e invierno (época húmeda/lluviosa) de mayo a octubre. Estos climas destacan en unas regiones más que otras, y ello es debido a relieve del país; zona montañosa al centro y costas en todo su límite litoral. Por lo tanto los efectos del clima que influyen en el deterioro del pavimento serian:

- Precipitación pluvial.
- Contracción y expansión por cambios bruscos de temperatura.
- La temperatura ambiente del sitio en el momento de colocar el concreto, altera las propiedades de resistencia del mismo, debido los componentes físico-químicos se produce el calor de hidratación del concreto durante su fraguado.
- Caso “donde las temperaturas sean menores a 10 °C la reacción de endurecimiento es muy lenta, ya que el calor que se genera durante el fraguado del concreto es muy poco, retardando el endurecimiento como consecuencia puede presentar

desprendimientos de material y menor resistencia final”<sup>9</sup>. Caso contrario “donde las temperaturas son mayores a 30 °C la reacción es demasiado rápida debido a que el agua se evapora rápidamente por el calor en el fraguado del concreto”<sup>10</sup> que es afectado por la temperatura ambiente y del agua misma en sitio, pudiendo producir grietas prematuras en el concreto y baja resistencia. Por lo tanto, ambos extremos de temperatura pueden afectar las propiedades del concreto en el pavimento.

### **1.3.3. Suelo**

Es el factor estructural más importante para la construcción y durabilidad de un pavimento, ya que es donde este se cimienta. El suelo del terreno de fundación debe tener una capacidad portante capaz de soportar el cuerpo del pavimento y las cargas que este reciba y le transmita. Las características relevantes del suelo para el pavimento son:

- Geología
- Tipo y características de suelo

### **1.3.4. Posición de la estructura**

Son los factores que influyen en la estructura periférica del pavimento, y que forman parte del entorno de la carretera, tales como:

- Geografía
- Drenaje

---

<sup>9</sup> Centro de investigación y desarrollo CI+D/CETEC: Influencia del clima en el concreto: p 3.

<sup>10</sup> Centro de investigación y desarrollo CI+D/CETEC: Influencia del clima en el concreto: p 4.

- Estabilidad de taludes en secciones de corte y relleno

### **1.3.5. Geometría del proyecto**

Este factor consiste en las características del diseño geométrico de una carretera que influyen en el tránsito sobre la misma, las cuales son:

- Distribución de tránsito en el pavimento
- Diseño de curvas de la carretera

### **1.3.6. Construcción y mantenimiento**

Es el factor humano en la ejecución del proceso constructivo y de mantenimiento del pavimento, que consiste principalmente en toma de decisiones y acciones durante cada una de las circunstancias, lo cual influye directamente con la obra. Las de mayor importancia son:

- Deficiencia en la ejecución de trabajos
- Proceso constructivo
- Periodicidad del mantenimiento
- Tipo y calidad de los materiales



## 2. MANTENIMIENTOS IDEALES DE PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO

El mantenimiento vial enfocado en pavimentos con losas de concreto hidráulico, consiste en la realización de trabajos acordes con la demanda de uso y tipo de tránsito de la ruta. Es decir que para conservar una vía en un buen estado y evitar el desgaste acelerado o daños a la misma, un mantenimiento programado es esencial para que las posibles fallas que este pueda presentar no resulten perjudiciales principalmente para los usuarios de la ruta.

Con ello se busca alcanzar la conservación de la estructura de la carretera más allá de su periodo de diseño y garantizar que el camino se encuentre en buen estado, que brinde a los usuarios un transitar interrumpido y seguro, además de un acceso a servicios (salud, educación, comercio, y otros) y evitar los gastos por reconstrucción o rehabilitación de carreteras.

“Según estudios realizados, en carreteras construidas con mala calidad, el costo de mantenimiento puede llegar a ser hasta diez veces superior al costo inicial”<sup>11</sup> ya que “en los pavimentos rígidos el mantenimiento es mucho menos complicado, solamente se deben cambiar las juntas cada 5 años y prever una reconstrucción del 5 % del área construida cada 15 o 20 años, así como una demolición del 5 % del área construida en el mismo período”<sup>12</sup> por lo que se concluye y enfatiza la importancia del mantenimiento ideal enfocado en un carácter preventivo.

---

<sup>11</sup> MALTEZ ROMILLO, Juan Carlos. *Análisis comparativo de costos en la rehabilitación de pavimentos para carreteras*. p. 19

<sup>12</sup> *Ibíd*

En sí un pavimento rígido con losas de concreto hidráulico bien diseñado y elaborado correctamente demandará un mantenimiento mínimo que consistirá principalmente en el sellado de espacios en las juntas entre las losas con el fin esencial de evitar el ingreso de agua. Este es el principal causante de la pérdida del material base y demás fallas ocasionadas por otros agentes intrusivos. De ahí que sea importante el tratamiento de fisuras en los casos que fuese necesario.

## **2.1. Mantenimiento vial**

El mantenimiento en una carretera, es la ejecución de actividades o trabajos que no impliquen modificar la estructura existente en la misma en diferentes periodos de tiempo, y en todos los elementos que la componen: losas, hombros, bordillos, drenajes, taludes, con la finalidad de brindar un servicio seguro e ininterrumpido a los usuarios, ya que la infraestructura vial es considerada como un elemento de prioridad nacional.

El mantener una carretera en adecuadas condiciones, resulta un ahorro considerable en costos para el mismo mantenimiento. Por ello, es substancial que el ente encargado de la planificación y realización de actividades de mantenimiento supervise los mismos para prolongar el buen servicio durante todo el periodo de vida útil del pavimento, debido a que este se deteriora desde su primer día de servicio. Por lo tanto, es errónea la idea de que durante los años del periodo del diseño del pavimento, este no requiere mantenimiento sino hasta después de cierto tiempo.

La importancia del mantenimiento y conservación de las carreteras en buen estado, radica principalmente en mejorar las condiciones de vida de las comunidades, facilitando el acceso y los medios de transporte de la población

hacia otros servicios, como la salud y educación, lo cual resulta relevante en desarrollo y progreso para las comunidades.

Algo muy importante que debe considerar el supervisor es el nivel de servicio del tránsito, durante la ejecución de la obra. En el caso que el mantenimiento sea en una carretera existente, este deberá exigir al ente ejecutor establecer un camino o ruta alterna en buenas condiciones que binde a los usuarios una cómoda y segura transitabilidad, libre de obstáculos o peligros. Asimismo deberá señalar todos los trabajos e indicaciones de tránsito adyacente, considerando la posible señalización nocturna, en caso que sea necesario el ejecutor podrá, con autorización del supervisor, cerrar el tránsito cuando sus operaciones puedan poner en riesgo a los usuarios transeúntes.

En Guatemala, cuando sea necesario el cierre de una carretera por trabajos de mantenimiento, “con tres días de anticipación el contratista debe publicar por lo menos en dos diarios de mayor circulación, un aviso en que se informe al público el tramo o tramos que estarán cerrados durante las horas autorizadas, indicando las horas en que serán abiertos al tránsito público y las precauciones que éste debe tomar”<sup>13</sup>. Con el fin de no perjudicar a los usuarios y su transitar y el tiempo que este les demore.

El objetivo principal del supervisor es el control de calidad tanto de los materiales como de los trabajos por ejecutar. Ya que esto es la base para garantizar y obtener los resultados mínimos esperados de durabilidad del pavimento.

---

<sup>13</sup> Ingenieros Consultores de Centro América, S. A.; Dirección General de Caminos; Ministerios de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda de Guatemala. *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. p 115-1.

En cuanto a los materiales el supervisor tendrá la autoridad plena para inspeccionar los mismos desde su fabricación a través de ensayos de laboratorio y campo, para cerciorarse de que los mismos cumplen con los requerimientos mínimos especificados para la obra. Deberá realizar un informe periódico de los ensayos realizados y los resultados obtenidos en cada uno, que incluya observaciones y comentarios respectivos.

Respecto del control de calidad en la ejecución de los trabajos, la supervisión deberá realizarse en cada etapa de la obra. Donde deberá inspeccionarse inicialmente calidad de equipamiento y en casos especiales, la certificación de uso del mismo y el control de área de trabajo. También en cada trabajo por realizar el supervisor deberá constatar que la práctica de los mismos se realice de acuerdo con las especificaciones si las hubiera o a los procedimientos establecidos en las normas que los rigen y bajo toda medida de seguridad.

Además, deberá tener un registro de los ensayos realizados tanto en laboratorio como en campo y el resultado de los mismos, en los cuales deberá contener etapa de trabajo de la obra, fecha de inicio y finalización del trabajo, diagrama de flujo y descripción de actividades, normativa aplicada, controles de calidad realizados tanto dentro como fuera de obra, firma del ejecutor y visto bueno del responsable y del supervisor. Todo reporte fuera de etapa deberá ser justificado para su adjunción al reporte completo. De igual manera deberá reportar toda anomalía tanto en materiales, ejecuciones de trabajo, faltas y contratiempos, justificaciones y accidentes de trabajo.

En resumen el proceso de supervisión está dividido en tres fases, que denominaremos prerreparación, reparación y posreparación, donde el supervisor deberá realizar:

- Prereparación:

- Inspección de campo, observación y medición.
- Toma de muestras de materiales construcción y/o suelos.
- Investigación, patología de la falla.
- Reporte e hipótesis de la causa problema.
- Pruebas de laboratorio, análisis e interpretación de resultados, de las muestras tomadas en sitio.
- Reporte, conclusión de la patología de la falla.
- Planificación de trabajos correctivos a ejecutar, planos, especificaciones y presupuesto.

- Reparación:

- Inspección de limpieza y preparación del sitio.
- Verificar la calidad de los materiales por utilizar, con la hoja de certificación de calidad u hoja resultados de ensayo a los mismos.
- Supervisión de las pruebas de materiales en sitio y la ejecución de los trabajos.
- Control de la relación del avance de los trabajos con respecto al tiempo de ejecución y entrega.
- Constatar el uso de medidas de seguridad para la ejecución de los trabajos por realizar.
- En el caso de obras mayores, deberá supervisar los trabajos que mitigan los daños ambientales del lugar y la comunidad, por ejemplo, control de polvo y ruidos, y la protección de fuentes de agua principalmente.

- Posreparación:
  - Inspección de los trabajos terminados.
  - Pruebas y tomas de muestras.
  - Rectificación de resultados.
  - Entrega del trabajo, mediante un informe y especificaciones de los trabajos realizados.

En cualquiera de las fases del proceso de mantenimiento, la supervisión podrá ser de forma parcial, es decir, el supervisor podrá inspeccionar los trabajos y demás, solo en algunos puntos de interés de la obra total. Esta supervisión no deberá entorpecer ni ocasionar retraso en la ejecución de la obra, sin embargo, tendrá potestad para detener los trabajos de la misma en caso sea necesario.

Por tanto, la supervisión del mantenimiento deberá estar a cargo de un profesional en la rama con capacidades técnicas certificadas, para la adecuada planificación y cumplimiento de la misma y la ejecución de los trabajos establecidos convenientemente para la conservación de la carretera y su pavimento.

El supervisor será quien, además de velar por el cumplimiento de los trabajos deberá asegurar la correcta ejecución de los mismos, para garantizar la calidad de los resultados y el cumplimiento del tiempo establecido para su entrega. Por lo tanto, el supervisor tendrá la autoridad competente para inspeccionar y controlar de acciones que ello demande.

Asimismo, el supervisor tendrá obligaciones y responsabilidades, en cada proceso de la ejecución de los trabajos, así como el reporte de los mismos y tendrá la autoridad para:

- Delegar de forma clara y precisa, obligaciones y responsabilidades en los trabajos por realizar, preferible y convenientemente por escrito.
- Autorizar, negar o suspender cualquier acción que considera oportuna en los trabajos.
- A criterio, realizar trabajos con procedimientos aprobados basados en normas y reglamentos de construcción establecidos y válidos dentro del territorio guatemalteco, para trabajos no contemplados o especificados en la documentación de la planificación del mantenimiento.

## **2.2. Tipos de mantenimiento vial**

El tipo de mantenimiento vial se divide en dos tipos según sus actividades de acción o reacción. Es decir, por acción, se tiene el mantenimiento que establece y planifica actividades en función del tiempo de vida útil del diseño del pavimento, el cual puede ser ordinario o periódico. Asimismo, por acción se incluye el mantenimiento preventivo, que consiste en realizar actividades previas que prolonguen el estado y calidad del servicio de la carretera.

Y por reacción se tiene el mantenimiento correctivo que consiste en realizar actividades de reparación a daños severos en el pavimento causados por diversos factores.

### **2.2.1. Mantenimiento ordinario**

Consiste en la realización de trabajos de rutina en intervalos de tiempo cortos, según el tipo de actividad y demanda de uso de la carretera, con el fin de conservar y prolongar el servicio de la misma en buen estado.

El supervisor deberá realizar una planificación mensual o bimensual para la inspección de la carreta y los distintos elementos que integran una carretera y su nivel de servicio, entre los trabajos dentro de este mantenimiento se consideran:

- Corona: daños catalogados como menores localizados sobre la superficie de rodadura de carriles y hombros, limpieza de calzada, sellado en fisuras menores o grietas cortas y deficiencias menores de juntas.
- Drenaje: limpieza y reparaciones menores localizadas que no obstruyen el funcionamiento de los canales, alcantarillas y badenes.
- Señalización vial: reparación o reposición a elementos menores de señalizaciones verticales y/o señalizaciones horizontales como reductores de velocidad y demás elementos de protección.
- Vegetación: limpieza y chapeo.
- Taludes: limpieza en calzadas por pequeños desprendimientos en taludes y nueva protección a taludes contra erosión con revegetación.

Este mantenimiento consiste en toda actividad para reparar daños menores que no afectan a la estructura, servicio y seguridad de la carretera y su

pavimento, con el fin de conservar la serviciabilidad de la carretera y evitar la ejecución de un mantenimiento mayor.

### **2.2.2. Mantenimiento periódico**

A diferencia del mantenimiento ordinario, el mantenimiento periódico es la ejecución de actividades de trabajo que se llevan a cabo en periodos de tiempo equidistantes, como mínimo un año o más.

Consiste en sí, en un tratamiento que restaure ciertas características de la superficie de rodadura, sin que entre en contacto o forme parte de la estructura del pavimento. Es decir que se busca conservar la uniformidad en la superficie de la carretera, con renovaciones a los elementos que la conforman, con el objetivo de asegurar la integridad estructural y la superficie del pavimento, para proveer y garantizar una seguro transitar vehicular sobre la misma.

Los trabajos que se consideran están enfocados a los distintos elementos que integran la superficie de rodadura de la carretera y su nivel de servicio:

- Corona: reparación de grietas o fisuras significativas en juntas, baches o hundimientos leves, desportillamiento en la textura de la superficie y juntas, remplazo parcial de losas, pulimiento de la superficie y microfresado de losas.
- Drenaje: reparaciones localizadas en canales, alcantarillas, cajas y drenajes transversales.
- Señalización vial: reparaciones a elementos de señalización verticales y mantenimiento de pintura y elementos de señalización horizontal.
- Vegetación: cambios panorámicos y/o revegetación.

- Taludes: inspección visual, limpieza, reestabilización y/o nuevo perfilado superficial de taludes, por derrumbes superficiales con profundidad no mayor a 0,50m medido desde el rostro del talud.

Con el cumplimiento de una supervisión planificada el mantenimiento periódico puede aportar mejoras significativas y oportunas en las carreteras, y evitar pérdidas que conlleven tener que realizar renovación en la estructura superficial de la carretera.

### **2.2.3. Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo resulta ser el ideal, consiste en el firme cumplimiento de un programa estratégico de actividades planificadas estrictamente para la conservación vial. Se basa en la supervisión constante y la ejecución de trabajos claves para retardar el deterioro que puedan presentar la vía, con la intención de prevenir posibles fallas mayores y prescindir de la necesidad de reconstruir y/o restituir del pavimento.

Este mantenimiento se debe realizar desde el inicio de servicio de la carretera, a través de un proceso de inspección estricta en función del tiempo de servicio de la vía, ordinario o periódico, así el mantenimiento preventivo es integridad de estos últimos. Esto se considera un proceso ideal debido a su efectividad y constancia, sabiendo de antemano que todo trabajo preventivo a una carretera tiene como resultado mitigar los problemas en la vía tanto en el pavimento como en su entorno.

El mantenimiento preventivo con una correcta y prevista planificación, permite integrar las estaciones climatológicas del lugar, permitiendo programar en calendario los trabajos oportunos que requiera el lugar. Por ejemplo en Guatemala con su relieve topográfico y su condición climatológica, se pueden

realizar los trabajos en drenajes, taludes y vegetación, para prevenir y/o mitigar inconvenientes o daños a la carretera, sus usuarios y a la población.

El trabajo preventivo, a través de su programa de actividades reduce los costos imprevistos en el mantenimiento de una carretera, lo cual representa un costo mucho más alto que el del mantenimiento en sí, haciendo evidente la importancia del mantenimiento preventivo, para prolongar la vida útil del pavimento y el nivel de servicio de la carretera.

#### **2.2.4. Mantenimiento correctivo**

Este mantenimiento es la ejecución de trabajos correctivos que se realizan justo después que se presenta una falla en la losa por motivo de un avanzado deterioro de la superficie de rodadura o bien por una falla muy severa debido a la estructura interna del pavimento, las cuales se pueden manifestar de manera repentina afectando el nivel de servicio del mismo, presentando peligro para los usuarios.

Este mantenimiento no tiene una rutina periódica de ejecución y es considerado como una reacción de respuesta a un evento imprevisto, ya que consiste en una reparación fortuita a una falla grave localizada en una fracción de la superficie del pavimento en la carretera. Cabe mencionar que este mantenimiento puede ser mitigado por las supervisiones programadas y ejecuciones de un mantenimiento preventivo.

Los trabajos desarrollados en este tipo de mantenimiento están enfocados a los distintos elementos de la carretera y su nivel de servicio:

- Corona: inspección visual y análisis, ejecución de trabajos para restablecer la estructura y su capacidad soporte, hundimiento o

levantamiento relevante de losas, dislocamiento, baches, daños severos en las juntas, colocación de nuevas barras de transferencia de carga y remplazo total de la losa.

- Drenaje: inspección visual y reconstrucción por daños mayores o pérdida localizada de canales, alcantarillas, cajas y cabezales de concreto y drenajes transversales (bóveda o badén).
- Señalización vial: inspección visual y reemplazo de elementos de señalización vertical, ocasionadas por derrumbes u otros agentes climáticos y accidentes viales.
- Vegetación: inspección visual, limpieza y retiro obstrucciones de gran impacto, árboles caídos por efectos climáticos, reforestación.
- Taludes: inspección visual, limpieza, reestabilización y/o nuevo perfilado de taludes con elementos estructurales o revegetación, por derrumbes severos con desprendimientos que superan 0,50 m de profundidad medido desde el rostro del talud.

Los pavimentos en carreteras sufren un deterioro constante por diferentes agentes que actúan de manera permanente y pueden causar un deterioro lento y silencioso, finalizando en una falla grave que se manifiesta de forma repentina, resultando un daño severo en el pavimento. Lo cual se puede evitar con un mantenimiento ideal con inspecciones minuciosas, para no recurrir a la rehabilitación por daños o pérdida.

La red vial es una condición que favorece al desarrollo de las comunidades en un país, por lo tanto, un mantenimiento preventivo conserva o mejora la condición de la infraestructura. Sin embargo, cabe mencionar que en la realidad, las circunstancias de muchos países hacen del mantenimiento vial una actividad correctiva en la mayoría de casos, debido a su asignación y/o administración presupuestaria.

En Guatemala, la supervisión de obras de infraestructura vial está estipulada por la Dirección General de Caminos, y la dependencia del Ministerio de Infraestructura y Vivienda, quien se encarga del planeamiento, estudio, supervisión y mantenimiento de las carreteras de la república de Guatemala, a través de las entidades contratadas.

El supervisor deberá ser ingeniero civil con colegiado activo, quien estará a cargo de todo lo concerniente a los trabajos de la obra. Su función principal será supervisar e inspeccionar técnicamente, además de tener el control administrativo de los trabajos del proyecto, para tener la garantía de que los trabajos se estén realizando acorde con lo planificado, tanto en calidad como en tiempo estipulado.



### **3. FALLAS EN LOSAS DE PAVIMENTOS CONCRETO HIDRÁULICO**

En general las fallas en pavimentos de concreto hidráulico son causadas por factores que afectan al concreto de manera interna y externa, iniciando por la contracción natural del concreto, que corresponde a la formación natural de la roca, la cual es relativamente afectada por cambios bruscos de la temperatura ambiente.

Los principales factores que afectan al concreto en su formación pueden ser: fatiga, cuando las losas están sometidas a tensiones por carga excesiva o repetitiva; pérdida del valor soporte del suelo, deficiente apoyo de las losas o estructura de la base.

Las fallas se presentan como consecuencia de losas mal diseñadas, por ejemplo, cuando estas exceden en su relación longitud/ancho. Generalmente esta relación es de 1,4, es decir, que idealmente la longitud debe ser como máximo 4 veces el ancho de la losa. Esta relación se establece con el objeto de reducir las tensiones producidas tanto por los fenómenos de retracción como por los gradientes térmicos que las losas experimentan, de forma que no se generen fisuras por ello.

También por una deficiente supervisión en su proceso constructivo, desde el control de calidad de los materiales, la ejecución de los trabajos, faltas al diseño y proceso constructivo, ausencia de juntas transversales, variaciones significativas en el espesor de las losas, entre otras posibles variantes.

Por ejemplo, a continuación se exponen fallas localizadas en ciertos tramos carreteros de la red vial de Guatemala, donde se pueden identificar y conocer los niveles de severidad que estas pueden alcanzar a falta de un mantenimiento preventivo y/o correctivo.

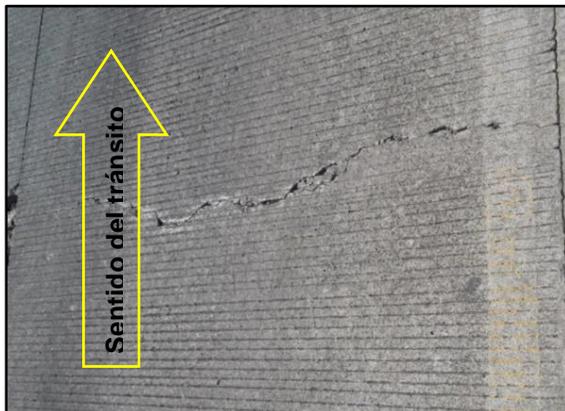
### **3.1. Fisuras**

Las fisuras son grietas que se presentan como producto de la separación de dos materiales.

#### **3.1.1. Fisura transversal o diagonal**

Es el fracturamiento en la losa con sentido predominantemente perpendicular al eje de la carretera, originándose en una de las juntas longitudinales de la losa hacia su borde, siempre que la intersección con el borde sea a una distancia de la junta longitudinal mayor al ancho medio de la losa, dividiendo así la misma en dos planos anchos.

Figura 4. **Fisura transversal o diagonal**



Fuente: CA-9 SUR "A", Carretera Puerto Quetzal, Escuintla, Guatemala.

### 3.1.2. Fisura longitudinal

Es el fracturamiento de la losa con sentido predominantemente paralelo al eje de la carretera, originándose en una de las juntas transversales de la losa hacia un borde de la losa a una distancia de la junta transversal mucho mayor al ancho medio, dividiendo así la misma en dos planos largos.

Figura 5. **Fisura longitudinal**



Fuente: CA-9 SUR "A", Carretera Puerto Quetzal, Escuintla, Guatemala.

### 3.1.3. Fisura de esquina

Es el fracturamiento que se presenta en la losa justo en las esquinas de la misma, que intersectan una junta transversal a una longitudinal, originando un trozo de losa con forma triangular. Generalmente la longitud de los lados del triángulo no excede la mitad del ancho de la losa.

Usualmente estos fracturamiento de esquina no son superficiales ya que se extienden verticalmente a través de todo el espesor de la losa.

Figura 6. **Fisura de esquina**



Fuente: avenida Bolívar, ciudad de Guatemala.

#### **3.1.4. Losas subdivididas**

Es el fracturamiento abierto de la losa de concreto conformado como retícula, combinando fisuras longitudinales, transversales y/o diagonales, fraccionando la losa en cuatro o más planos separados. Las losas subdivididas son consideradas como una falla de severidad alta, por el daño estructural y físico que causa a la losa.

Figura 7. **Losas subdivididas**



Fuente: CA-9 SUR "A", carretera Puerto Quetzal, Escuintla Guatemala.

### **3.1.5. Fisuras en bloque**

Es el fracturamiento que subdivide por completo la losa, son fisuras por efecto de retracción y en las de mayor dimensión tienden a extenderse en sentido longitudinal sobre el eje de la carretera, se conectan entre sí por finas fisuras con sentido aleatorio.

Figura 8. **Fisuras en bloque**



Fuente: parqueo Facultad de Ingeniería, USAC, zona 12, Guatemala.

### **3.1.6. Fisuras inducidas**

Esta falla tiene la descripción de un conjunto de fisuras de forma errática cuyo desarrollo en el pavimento es indicado por factores concernientes a una inadecuada distribución de juntas o inapropiada implantación de estructuras u otros elementos dentro de las losas.

Figura 9. **Fisuras inducidas**



Fuente: RD SRO-26, Guazacapán, Santa Rosa, Guatemala.

### **3.2. Deformaciones**

Es el cambio de condición de un cuerpo como resultado de un efecto mecánico al ser sometido a fuerzas externas y/o internas.

#### **3.2.1. Levantamiento de losas**

Es la manifestación de una falla que sobre eleva de forma abrupta la losa o fracción de ella en la superficie del pavimento. Esta falla se presenta usualmente en áreas contiguas a una junta o fisura transversal y por lo general el concreto de fractura y con ello, la losa se subdivide en varias piezas.

Figura 10. **Levantamiento de losas**



Fuente: parqueo Facultad de Ingeniería, USAC, zona 12, Guatemala.

### **3.2.2. Dislocamiento**

Es la manifestación de una falla que se genera por el tránsito sobre una losa del pavimento, presenta un desnivel en la junta en uno de sus lados respecto de la losa contigua. La severidad de esta falla se clasifica según sea la altura diferencial entre losas.

Figura 11. **Dislocamiento**



Fuente: ruta RD SAC-5, Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez.

### **3.2.3. Hundimiento**

Es la falla que genera una depresión o descenso en un área de la superficie del pavimento, asimismo puede presentar fisuramiento significativo debido al mismo asentamiento del pavimento. La severidad de esta falla se clasifica según sea el impacto del vehículo al transitar sobre el pavimento.

Figura 12. **Hundimiento**



Fuente: RN10, Escuintla - Sacatepéquez, Guatemala.

### **3.3. Desintegraciones**

En general la desintegración consiste en el desprendimiento o separación de una parte del cuerpo de la losa.

#### **3.3.1. Descascaramiento**

El descascaramiento es una falla que genera una fisura en la superficie de la losa con un peralte de la misma entre 2 y 15 mm, por desprendimiento de pequeños fragmentos de concreto. Generalmente, es una pérdida progresiva de la textura, del mortero, hasta quedar expuesto el material grueso de la losa. La severidad de esta falla se clasifica según sea el daño en el área.

Figura 13. **Descascaramiento**



Fuente: RN1, Quetzaltenango, Guatemala.

### 3.3.2. Pulimiento de la superficie

Es el efecto de lisura en la superficie de rodamiento de la losa, donde se pierde excesivamente la textura de la losa por el efecto de pulimiento de los agregados que la forman, necesarios para la fricción entre pavimento y el neumático.

La severidad de esta falla se clasifica por el área con daño en la superficie, sin embargo la misma no se considera significativa, ya que, esta falla no causa incomodidad o inseguridad alguna al usuario.

Figura 14. **Pulimiento de la superficie**



Fuente: bulevar San Nicolás, Mixco, Guatemala.

### **3.3.3. Peladuras**

Las peladuras es una falla que consiste en la desintegración gradual del concreto en la superficie del pavimento, esencialmente por pérdida de material fino (arena-cemento) del concreto, consecuente a una superficie de rodamiento rugosa y con pequeñas cavidades.

Figura 15. **Peladuras**



Fuente: bulevar San Nicolás, Mixco, Guatemala.

#### **3.3.4. Bache**

Es la falla donde se tiene la apreciación de la desintegración en una fracción de la losa de concreto y su sustracción o desprendimiento del concreto en la superficie de la losa, formando una cavidad con bordes redondeados y profundidades irregulares.

Figura 16. **Bache**



Fuente: CA-9 SUR "A", carretera Puerto Quetzal, Escuintla, Guatemala.

### **3.4. Deficiencias de juntas**

Las juntas en pavimentos de concreto hidráulico además de su función de modular el pavimento para su proceso constructivo, son esenciales estructuralmente para contrarrestar la contracción y los cambios de temperatura entre las losas.

#### **3.4.1. Deficiencias en material de sello**

Es la falla del material sellante en las juntas entre las losas, se refiere a cualquier situación que facilite la acumulación de material incompresible (gravas, arenas, materia orgánica, etc.) en las juntas o la infiltración considerable de agua superficial.

La acumulación de material firme entre las juntas impide el movimiento de la losa, dando origen a fallas en las mismas como levantamiento o despostillamiento de juntas.

Figura 17. **Deficiencias en material de sello**



Fuente: bulevar San Nicolás, Mixco, Guatemala.

### **3.4.2. Desportillamiento**

Es la falla de fisura, fractura o desintegración de las aristas de una junta de una losa, longitudinal o transversal, afectando desprendimientos en los bordes de la losa. Generalmente estos llegan a extenderse 0,50 m desde la junta o esquina hacia dentro de la losa.

Figura 18. **Desportillamiento**



Fuente: RN1, Quetzaltenango, Guatemala.

#### **4. REPARACIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO**

La reparación de fallas en pavimentos de concreto consiste en la ejecución de trabajos concernientes del mantenimiento correctivo. El supervisor de los trabajos deberá visitar el lugar y realizar una inspección visual para identificar los daños en las losas del pavimento.

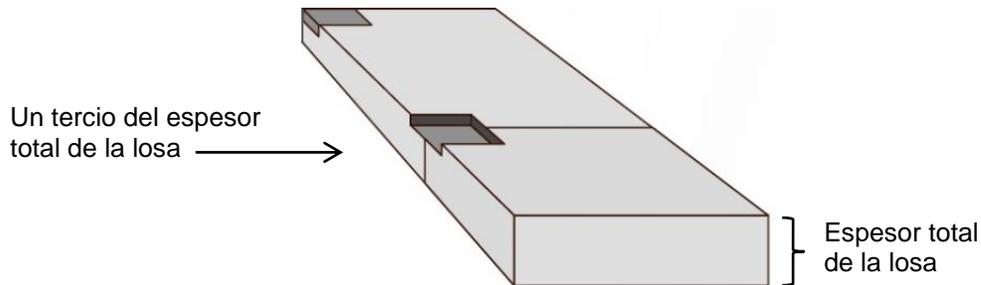
Con base a los datos recabados sobre la falla en la losa, el supervisor puede determinar las posibles causas que dieron origen a la misma y comprobar mediante una investigación minuciosa que comprenda condición de la estructura, tránsito, entorno y reseña del pavimento. Para la respectiva patología, análisis y conclusión del origen del daño, el supervisor deberá indicar la acción correctiva y que elimine la fuente que dio origen a la falla, para luego proceder a la reparación del pavimento.

Previo a iniciar con la ejecución de los trabajos del mantenimiento correctivo, el supervisor deberá realizar acciones de medidas de seguridad, prevención y comunicación, que consisten en señalizar sobre la ruta la proximidad a los trabajos como medio de seguridad para los conductores. Asimismo delimitar el área para resguardo de los trabajadores.

Es importante que el supervisor se cerciore que el área por tratar debe marcarse extendiéndose al menos 10 cm del borde de la falla, siempre conservando secciones rectas al cortar el concreto y el corte debe ser tan profundo como requiera la falla, es decir, si la reparación es a profundidad parcial o total de la losa.

La reparación a profundidad parcial no deberá exceder de un tercio del espesor de la losa, ni alterará la estructura interna del pavimento. (ver figura 19)

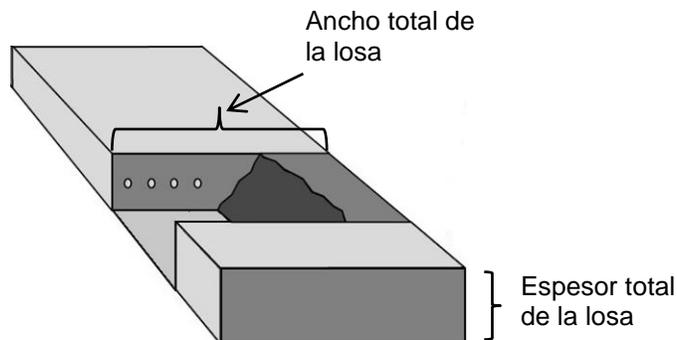
Figura 19. **Detalle de reparación de losa a profundidad parcial**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD y Paint (*software* de diseño y dibujo asistido por computadora).

Si el área afectada requiere de una reparación a profundidad total, se deberá remover y reemplazar la pieza con la profundidad y ancho total de la losa, asimismo se deberá integrar todos los elementos estructurales afectados, (ver figura 20)

Figura 20. **Detalle de reparación de losa a profundidad parcial**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD y Paint (*software* de diseño y dibujo asistido por computadora).

En cuanto a la limpieza del área el supervisor deberá asegurarse que deberán limpiarse las caras del concreto expuesto de cualquier partícula suelta, aceite polvo entre otros contaminantes.

Antes de la colocación del concreto deberá aplicarse una resina adhesiva epóxica. Y el nuevo concreto deberá instalarse hasta que dicho epóxica tenga una consistencia pegajosa. Es importante que el supervisor inspeccione y se cerciore de que al verter el concreto se deberán eliminar los vacíos posibles en la unión del material nuevo con el existente. Y por último, que se deberá alcanzar el mismo nivel del pavimento y conservar la misma textura de la losa.

Para cada tipo de falla en pavimentos con losas de concreto hidráulico el supervisor deberá inspeccionar y asegurar la correcta ejecución de una secuencia de acciones; que consisten en:

- Toma de datos; medición de la dimensión de la falla y toma de muestras.
- Investigación; pruebas de laboratorio, análisis e interpretación de resultados.
- Identificación del origen de la falla; hipótesis y teorías, informe y conclusiones,
- Eliminación de la fuente que la origina; método reconstructivo.

A continuación se muestra una tabla que guía el seguimiento del proceso de supervisión y reparación para el mantenimiento de fallas en losas de concreto hidráulico.

## 4.1. Fisuras

Tabla V. **Fisura transversal o diagonal**

Falla	Patología de causas	Medición	Severidad		Reparación
			Tipo	Descripción	
Fisura transversal o diagonal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asentamiento en la subbase y/o subrasante</li> <li>• Excesivas repeticiones de cargas pesadas</li> <li>• Deficiente apoyo de las losas</li> <li>• Excesiva relación entre la longitud y el ancho de la losa</li> <li>• Ausencia de juntas transversales</li> <li>• Variaciones significativas en el espesor de la losa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En metros lineales, la extensión de la sección o muestra</li> <li>• Contabilizar el total de número de losas afectadas por fisuras transversales o diagonales</li> <li>• En una losa con más de una evento, la severidad se establece por el nivel de la falla predominante</li> </ul>	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fisura con ancho promedio menor a 3 mm</li> <li>• Fisura con sello en condición satisfactoria; no presentan signos visibles de despostillamiento y/o escalonamiento no perceptible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza de fisura, barrer el material suelto y aplicación de aire comprimido</li> <li>• Sello de fisuras, aplicación de material sellante, usualmente ligante asfáltico u otros materiales sellantes industriales</li> <li>• Inspección de control de calidad, sello uniforme, sin agrietamientos, burbujas, ni sobresaltos mayores a 3mm</li> <li>• Cabe mencionar que estos trabajos son recomendables cuando las grietas presentan un nivel de severidad bajo o medio, para prevenir el deterioro de la estructura, excepto las grietas superficiales</li> </ul>
			B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fisura con ancho promedio entre 3 mm y 10 mm</li> <li>• Fisura de cualquier ancho, con material de sello en condición insatisfactoria, con despostillamiento y/o escalonamiento perceptible menor a 15 mm</li> </ul>	
			C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fisura con ancho promedio mayor a 10 mm</li> <li>• Con escalonamiento muy perceptible, mayor a 15 mm</li> </ul>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. Fisura longitudinal

Falla	Patología de causas	Medición	Severidad		Reparación
			Tipo	Descripción	
Fisura longitudinal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Excesivas repeticiones de cargas pesadas.</li> <li>Pérdida de soporte del terreno de fundación</li> <li>Declives de resistencias por causa de cambios brucos de temperatura y humedad</li> <li>Deficiente ejecución de juntas longitudinales o ausencia de las mismas</li> <li>Excesiva relación entre la longitud y el ancho de la losa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En metros lineales, la extensión de la sección o muestra</li> <li>Contabilizar el total de número de losas afectadas por fisuras transversales o diagonales</li> <li>En una losa con más de una evento, la severidad se establece por el nivel de la falla predominante</li> </ul>	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fisura con ancho promedio menor a 3 mm</li> <li>Fisura con sello en condición satisfactoria; no presentan signos visibles de despostillamiento y/o escalonamiento no perceptible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limpieza de fisura, barrer el material suelto y aplicación de aire comprimido</li> <li>Sello de fisuras, aplicación de material sellante, usualmente ligante asfáltico u otros materiales sellantes industriales</li> <li>Inspección de control de calidad, sello uniforme, sin agrietamientos, burbujas, ni sobresaltos mayores a 3 mm</li> <li>Cabe mencionar que estos trabajos son recomendables cuando las grietas presentan un nivel de severidad bajo o medio, para prevenir el deterioro de la estructura, excepto las grietas superficiales</li> </ul>
			B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fisura con ancho promedio entre 3 mm y 10 mm</li> <li>Fisura de cualquier ancho, con material de sello en condición insatisfactoria, con despostillamiento y/o escalonamiento perceptible menor a 15 mm</li> </ul>	
			C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fisura con ancho promedio mayor a 10 mm</li> <li>Con escalonamiento muy perceptible, mayor a 15 mm</li> </ul>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. Fisura de esquina

Falla	Patología de causas	Medición	Severidad		Reparación
			Tipo	Descripción	
Fisura de esquina	<ul style="list-style-type: none"> <li>Excesivas repeticiones de cargas pesadas</li> <li>Deficiente transferencia de cargas</li> <li>Deficiente drenaje entre losas</li> <li>Pérdida y/o asentamiento material subbase</li> <li>Deficiente ejecución de juntas longitudinales y/o transversales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La extensión de la falla en metros lineales</li> <li>Contiene una única fisura</li> <li>La distancia en metros lineales de la esquina de la losa al origen de la falla</li> <li>Contiene más de una fisura de igual o mayor severidad</li> <li>En una losa con más de una evento, la severidad se establece por el nivel de la falla predominante</li> </ul>	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>El fracturamiento está definido por fisura &lt;10 % de la longitud de la losa poco severa con ancho menor a 3 mm, escalonamiento no perceptible y la sección triangular está completa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limpieza de fisura, barrer el material suelto y aplicación de aire comprimido</li> <li>Sello de fisuras, aplicación de material sellante, usualmente ligante asfáltico u otros materiales sellantes industriales</li> <li>Inspección de control de calidad, sello uniforme, sin agrietamientos, burbujas, ni sobresaltos mayores a 3 mm</li> <li>Cabe mencionar que estos trabajos son recomendables cuando las grietas presentan un nivel de severidad bajo o medio, para prevenir el deterioro de la estructura, excepto las grietas superficiales</li> </ul>
			B	<ul style="list-style-type: none"> <li>El fracturamiento está definido por fisura severa con longitud entre el 10 % y 15 % de la longitud de la losa, con ancho mayor a 3 mm y menor a 10 mm, el área nueva triangular está completa</li> </ul>	
			C	<ul style="list-style-type: none"> <li>El fracturamiento está definido por fisura mayor al 15 % de la longitud de la losa, muy severa con ancho mayor a 10 mm, la sección triangular presenta varias fracturas y está dividido en dos o más piezas</li> </ul>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. Losas subdivididas

Falla	Patología de causas	Medición	Severidad		Reparación
			Tipo	Descripción	
Losas subdivididas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Excesivas repeticiones de cargas pesadas</li> <li>Deficiente soporte de la fundación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contar la cantidad de bloques que existe en una losa, y la dimensión de los mismos en metros lineales (ancho y largo)</li> <li>Contabilizar el número total de losas afectadas en el tramo carretero de la muestra</li> </ul>	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Este tipo de falla es considerado como un daño relevante en el pavimento, por lo que su clasificación de severidad es tipo C</li> <li>Fisuras con ancho promedio desde 5 mm hasta 15 mm</li> <li>Losa dividida en 4 o más bloques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabajos correctivos, remplazo total de la losa, en el cual se debe realizar el manejo temporal de tránsito y el desecho de los residuos</li> <li>Delimitar los límites del área por trabajar, extendiéndose al menos 8 cm del área afectada</li> <li>Demoler la losa y extraer el material, con sierra y/o martillo neumático.</li> <li>Evaluar el material subbase, si este estuviese insatisfactorio debe extraerse hasta llegar a la subrasante y reconstruir. Si bien, al momento de la inspección se observa una buena condición aparente, se debe compactar el material subbase existente con pistón manual, en capas no mayores a 10 cm</li> <li>Limpiar las caras expuestas del concreto con un chorro de arena a presión e inspeccionar la condición de las barras de transferencia</li> <li>Colocar el concreto en la sección por reemplazar, hasta el nivel de las losas adyacentes</li> <li>Realizar el texturizado de la losa y curado</li> <li>Inspección final y control de calidad, no deben haber vacíos o burbujas, no debe quedar agregado grueso expuesto en la superficie y la textura final debe ser acorde al resto de losas</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. Fisuras en bloque

Falla	Patología de causas	Medición	Severidad		Reparación
			Tipo	Descripción	
Fisuras en bloque	<ul style="list-style-type: none"> <li>Excesivas repeticiones de cargas pesadas</li> <li>Mal diseño estructural</li> <li>Deficiente soporte de la fundación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dimensión del área afectada, medida en metros cuadrados</li> <li>Contabilizar la cantidad de losas afectadas con la misma falla</li> <li>En una losa con más de una evento, la severidad se establece por el nivel de la falla predominante</li> </ul>	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los bloques están definidos por fisuras finas poco severas, con ancho promedio a 3 mm</li> <li>Los planos son relativamente amplios y se mantienen unidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limpeza de fisura, barrer el material suelto y aplicación de aire comprimido</li> <li>Sello de fisuras, aplicación de material sellante, usualmente ligante asfáltico u otros materiales sellantes industriales</li> <li>Inspección de control de calidad, sello uniforme, sin agrietamientos, burbujas, ni sobresaltos mayores a 3 mm</li> </ul>
			B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los bloques están definidos por fisuras poco severas, con ancho promedio mayor a 3 mm y menos a 10 mm</li> <li>Los planos son relativamente más pequeños y presentan despostillamiento en los bordes de las fisuras</li> </ul>	
			C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los bloques son más pequeños, presentan despostillamiento en sus bordes y están definidos por fisuras amplias y muy severas, con ancho promedio mayor a 10 mm</li> <li>Los planos en los bloques tienen a formar baches en la superficie</li> </ul>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. Fisura inducida

Falla	Patología de causas	Medición	Severidad		Reparación
			Tipo	Descripción	
Fisura inducida	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cuando se realizan cortes de bloques por parches en un pavimento</li> <li>Cuando se realizan reparaciones a juntas y se habilita muy pronto el tránsito</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En metros lineales, totalizando la sumatoria de metros lineales contabilizados en sección o muestra</li> <li>Contabilizando y totalizando el número de losas afectadas por fisuras transversales o diagonales</li> <li>En una losa con más de una evento, la severidad se establece por el nivel de la falla predominante</li> </ul>	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fisuras finas, con ancho promedio menor de 3 mm</li> <li>Fisuras con sello en condición satisfactoria</li> <li>Fisuras que no presentan despostillamiento y/o dislocamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limpieza de fisura, barrer el material suelto y aplicación de aire comprimido</li> <li>Sello de fisuras, aplicación de material sellante, usualmente ligante asfáltico u otros materiales sellantes industriales</li> <li>Inspección de control de calidad, sello uniforme, sin agrietamientos, burbujas, ni sobresaltos mayores a 3 mm</li> <li>Cabe mencionar que estos trabajos son recomendables cuando las grietas presentan un nivel de severidad bajo o medio, para prevenir el deterioro de la estructura, excepto las grietas superficiales</li> </ul>
			B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fisuras con ancho mayor a 3 mm y menor a 10 mm</li> <li>Fisuras con sello en condición relativamente satisfactoria</li> <li>Fisuras que no presentan signos de despostillamiento y/o dislocamiento menor a 10 mm</li> </ul>	
			C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fisuras de ancho localizado mayor a 10 mm</li> <li>Fisuras con sello en condición deplorable, o sin sello alguno</li> <li>Fisuras con despostillamiento severo y/o dislocamiento mayor de 10 mm</li> </ul>	

Fuente: elaboración propia.

## 4.2. Deformaciones

Tabla XI. Levantamiento de losas

Falla	Patología de causas	Medición	Severidad		Reparación
			Tipo	Descripción	
Levantamiento de losas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limitación en la expansión de las losas en el pavimento, a través de las juntas transversales</li> <li>Terreno de fundación con estrato de suelo expansivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En metros lineales la extensión longitudinal del levantamiento y su altura</li> <li>Contabilizar unidades de losas afectadas, en el tramo carretero de interés</li> </ul>	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>La elevación tiene baja incidencia en la comodidad de manejo y seguridad del usuario</li> <li>El resalte es poco perceptible a velocidad de operación promedio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Delimitar los límites del área por trabajar, extendiéndose al menos 8 cm del área afectada, preferiblemente en forma cuadrada o rectangular</li> <li>Cortar y extraer el material, con sierra y/o martillo neumático</li> <li>Extraer el material de la subbase, hasta llegar a la subrasante</li> <li>Evaluar la superficie, y compactar el material subbase con pistón manual, en capas no mayores a 10 cm</li> <li>Limpiar las caras expuestas del concreto con un chorro de arena a presión</li> <li>Verter concreto en la sección por reemplazar, hasta el nivel de las losas adyacentes</li> <li>Inspección final y control de calidad, no debe haber vacíos o burbujas, no debe quedar agregado grueso expuesto en la superficie y la textura debe ser acorde al resto del pavimento</li> </ul>
			B	<ul style="list-style-type: none"> <li>La elevación tiene moderada incidencia en la comodidad de manejo y seguridad del usuario</li> <li>El resalte es perceptible a velocidad de operación promedio, lo cual obliga al usuario a disminuir la velocidad al transitar</li> </ul>	
			C	<ul style="list-style-type: none"> <li>La elevación tiene alta incidencia en la comodidad de manejo y seguridad del usuario</li> <li>El resalte es muy perceptible a velocidad de operación promedio, lo cual obliga al usuario a detener drásticamente la marcha</li> </ul>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Dislocamiento**

Falla	Patología de causas	Medición	Severidad		Reparación
			Tipo	Descripción	
Dislocamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excesivas repeticiones de cargas pesadas</li> <li>• Depresión en el material</li> <li>• subbase de en el extremo de la losa posterior</li> <li>• Es consecuencia de una manifestación de bombeo</li> <li>• Cambio de volumen en el suelo</li> <li>• Deficiente transferencia de carga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contabilizar las unidades de pares losas afectadas</li> <li>• La medición del peralte del dislocamiento se mide a una distancia de 0,30 a 0,50 m de borde extremo de la losa</li> </ul>	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando la diferencia de nivel entre losas es de 2 a 5 mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Delimitar los límites del área por trabajar, extendiéndose al menos 8 cm del área afectada</li> <li>• Delimitar el área por recortar en forma cuadrada o rectangular preferiblemente</li> <li>• Corta y extraer el material, con sierra y/o martillo neumático</li> <li>• Extraer el material de la subbase, hasta llegar a la subrasante</li> <li>• Evaluar la superficie, y compactar el material subbase con pistón manual, en capas no mayores a 10 cm</li> <li>• Limpiar las caras expuestas del concreto con un chorro de arena a presión.</li> <li>• Colocar el concreto en la sección por reemplazar, hasta el nivel de las losas adyacentes</li> <li>• En la inspección final de control de calidad, debe cerciorarse que no debe haber vacíos o burbujas, no debe quedar agregado grueso expuesto en la superficie y la textura debe ser acorde con el resto de las losas</li> </ul>
			B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando la diferencia de nivel entre losas es de 5 a 10 mm</li> </ul>	
			C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando la diferencia de nivel entre losas es mayor a 10 mm</li> </ul>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. Hundimiento

Falla	Patología de causas	Medición	Severidad		Reparación
			Tipo	Descripción	
Hundimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asentamiento de la subrasante</li> <li>Deficiente compactación inicial</li> <li>Movimiento de propia estructura (falla geológica)</li> <li>Deficiente proceso en la construcción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contabilizar las unidades de hundimientos por losa</li> <li>Dimensión del área afectada en metros cuadrados del evento</li> <li>Contabilizar el número de losas afectadas en el tramo carretero</li> <li>En una losa con más de una evento, la severidad se establece por el nivel de la falla predominante</li> </ul>	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cuando al transitar el hundimiento causa un balanceo o salto ligero, poco perceptible, incómodo e inseguro al usuario</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Delimitar los límites del área por trabajar, extendiéndose al menos 8 cm del área afectada</li> <li>Delimitar el área por recortar en forma cuadrada o rectangular preferiblemente</li> <li>Corta y extraer el material, con sierra y/o martillo neumático. Manejar los residuos apropiadamente como material inerte</li> <li>Extraer el material de la subbase, hasta llegar a la subrasante</li> <li>Evaluar la superficie, y compactar el material subbase con pistón manual, en capas no mayores a 10 cm</li> <li>Limpiar las caras expuestas del concreto con un chorro de arena a presión</li> <li>Colocar el concreto en la sección por reemplazar, hasta el nivel de las losas adyacentes</li> <li>En la inspección final de control de calidad, debe cerciorarse que no debe haber vacíos o burbujas, no debe quedar agregado grueso expuesto en la superficie y la textura debe ser acorde al resto de las losas</li> </ul>
			B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cuando al transitar el hundimiento causa un balanceo o salto moderado, siendo incómodo e inseguro al usuario</li> <li>Cuando su percepción visual obliga al usuario a disminuir considerablemente su velocidad promedio de transitar</li> </ul>	
			C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cuando al transitar el hundimiento causa un balanceo o salto excesivo, muy incómodo e inseguro al usuario</li> <li>Cuando su percepción visual obliga al usuario a disminuir abruptamente su velocidad promedio de transitar</li> </ul>	

Fuente: elaboración propia.

### 4.3. Desintegraciones

Tabla XIV. **Descascaramiento**

Falla	Patología de causas	Medición	Severidad		Reparación
			Tipo	Descripción	
Descascaramiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Curado inapropiado del concreto fresco</li> <li>• Acabado excesivo de la superficie del concreto</li> <li>• Excesivas repeticiones de cargas pesadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contabilizar los eventos presentes por número de losas afectadas</li> <li>• Medir la superficie de cada fenómeno en metros cuadrados</li> <li>• En una losa con más de una evento, la severidad se establece por el nivel de la falla predominante</li> </ul>	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando la losa presenta pérdida ligera de finos en el área y es poco perceptible a la vista</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los trabajos consisten en la restauración de la superficie del pavimento (retexturizado).</li> <li>• Realizar la limpieza del área y delimitar el área por restaurar</li> <li>• Picar el área por recubrir para verte el nuevo concreto.</li> <li>• Fresar el pavimento superficial</li> <li>• Proteger el trabajo fresco</li> <li>• Como control de calidad se debe inspeccionar que se la textura final brinde una adecuada fricción a los neumáticos sobre el pavimento</li> </ul>
			B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando la losa presenta de descascaramient o leve, perceptible en un área relativamente pequeña no mayor al 10 % de la losa</li> </ul>	
			C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando la losa presenta evidentemente descascaramient o en un área superior al 10 % de su superficie</li> </ul>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. Pulimiento de la superficie

Falla	Patología de causas	Medición	Severidad		Reparación
			Tipo	Descripción	
Pulimiento de la superficie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Excesiva frecuencia de tránsito</li> <li>Agregados de mala calidad</li> <li>Deplorable elaboración del concreto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Medición de la superficie afectada en metros cuadrados</li> </ul>	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cuando la superficie es levemente visible y el área es menor al 10 % de la superficie de la losa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los trabajos consisten en la restauración de la superficie del pavimento (retexturizado)</li> <li>Realizar la limpieza del área y delimitar el área por restaurar</li> <li>Fresar el pavimento superficial</li> <li>Como control de calidad se debe inspeccionar que la textura final brinde una adecuada fricción a los neumáticos sobre el pavimento</li> </ul>
			B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cuando la superficie es visible y el área es mayor al 10 % de la superficie de la losa. Esta severidad no es significativamente reportable</li> </ul>	
			C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cuando la superficie esta evidentemente pulida y el área es mayor al 10 % de la superficie de la losa</li> </ul>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. Peladuras

Falla	Patología de causas	Medición	Severidad		Reparación
			Tipo	Descripción	
Peladuras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abrasión por la excesiva frecuencia de tránsito</li> <li>• Uso de dosificados inadecuados en la elaboración del concreto</li> <li>• Exceso de agua en la elaboración del concreto</li> <li>• Mala granulometría en los agregados</li> <li>• Deficiente ejecución en el trabajo constructivo y curado del concreto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contabilizando el número de losas afectadas</li> <li>• Midiendo la extensión del fenómeno en metros cuadrados</li> <li>• En una losa con más de una evento, la severidad se establece por el nivel de la falla predominante</li> </ul>	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia superficial de pequeñas peladuras, localizadas y concentradas en pequeñas áreas de la superficie de la losa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los trabajos consisten en la restauración de la superficie del pavimento (retexturizado)</li> <li>• Realizar la limpieza del área y delimitar el área por restaurar</li> <li>• Picar el área por recubrir para verte el nuevo concreto</li> <li>• Fresar el pavimento superficial.</li> <li>• Proteger el trabajo fresco</li> <li>• Como control de calidad se debe inspeccionar que la textura final brinde una adecuada fricción a los neumáticos sobre el pavimento</li> </ul>
			B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia general de peladuras, sobre la superficie con textura fisurada y abierta, y desprendimientos superficiales limitados a material fino</li> </ul>	
			C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia general de peladuras extendidas sobre la superficie con desprendimiento de agregados grueso, consecuente a una superficie rugosa o pequeños baches</li> </ul>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Bache**

Falla	Patología de causas	Medición	Severidad		Reparación
			Tipo	Descripción	
Bache	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consecuencia de la conjunción de varias causas y daños en la losa</li> <li>• Capas estructurales inconsistentes</li> <li>• Espesor de la losa insuficiente para el tránsito real</li> <li>• Retención de agua a través de fisuras</li> <li>• Abrasiva frecuencia de tránsito</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contabilizando el número de losas afectadas</li> <li>• Midiendo la extensión de bache en metros cuadrados</li> <li>• Midiendo el peralte de la profundidad de bache</li> <li>• En una losa con más de una evento, la severidad se establece por el nivel de la falla predominante</li> </ul>	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>P &lt; 2.5 : 70 \geq D &lt; 100</math></li> <li>• <math>2.5 &lt; P &lt; 5.0 : 70 \geq D</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Delimitar los límites del área por trabajar, extendiéndose al menos 8 cm del área dañada</li> <li>• Estas áreas se delimitan en forma cuadrada o rectangular preferiblemente.</li> <li>• Se corta y extrae el material, con sierra y/o martillo neumático. Y dar el manejo propio del tipo de desecho</li> <li>• Asimismo se extrae el material de la subbase, hasta llegar a la subrasante</li> <li>• Se evalúa la superficie, y se compacta el material subbase con pistón manual, en capas no mayores a 10 cm</li> <li>• Limpiar las caras expuestas del concreto con un chorro de arena a presión</li> <li>• Inicia al trabajo de elaboración del concreto y se verte el mismo en el hueco</li> <li>• La inspección final de control de calidad, no deben haber vacíos o burbujas, no debe quedar agregado grueso expuesto en la superficie y la textura de la huella debe estar acorde con el resto del pavimento</li> </ul>
			B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>P &lt; 2.5 : D &gt; 100</math></li> <li>• <math>2.5 &lt; P &lt; 5.0 : 70 &lt; D &lt; 100</math></li> <li>• <math>P &gt; 5.0 : 70 \geq D &lt; 100</math></li> </ul>	
			C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>2.5 &lt; P &lt; 5.0 : D &gt; 100</math></li> <li>• <math>P &gt; 5.0 : D &gt; 100</math></li> </ul>	
			P = Profundidad máxima (cm) D = Diámetro promedio (cm)		

Fuente: elaboración propia.

#### 4.4. Deficiencias de juntas

Tabla XVIII. Deficiencias en material de sello

Falla	Patología de causas	Medición	Severidad		Reparación
			Tipo	Descripción	
Deficiencias en material de sello	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Endurecimiento u oxidación del material de sello</li> <li>• Desprendimiento del material de sello de una o ambas losas</li> <li>• Levantamiento y pérdida del material de sello por efecto del tránsito y movimientos de las losas</li> <li>• Material de sello inadecuado para la condición del pavimento</li> <li>• Escasez o ausencia del material de sello, desde la construcción del pavimento</li> <li>• Crecimiento de vegetación por orificios en las juntas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medición en metros lineales de material sello endurecido, adherido a una de las losas</li> <li>• Medición en metros lineales del material orgánico presente la junta</li> <li>• Medición en metros lineales de ausencia de material de sello</li> </ul>	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si el material de sello tiene una condición aceptable en la sección evaluada; se observa un daño mínimo y no existe riesgo de infiltración de materiales o agua, y el daño es menor al 5 % de la longitud de la junta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza de juntas</li> <li>• Resellado de juntas</li> <li>• Cuando existe presencia de finos por efecto de bombeo se debe realizar una investigación para hallar la causa del mismo, y eliminar la fuente que lo genera</li> </ul>
			B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando la condición del material de sello es regular, hay desprendimiento moderado y el material de sello necesita ser reemplazado, y el daño alcanza entre el 5 % al 25 % de la longitud de la junta</li> </ul>	
			C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando el material sellante tiene una condición deplorable, o bien no existe; se observan inicios de daños en los bordes de las losas, las juntas requieren ser reparadas y/o selladas, y el daño supera el 25 % de la longitud de la junta</li> </ul>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Desportillamiento**

Falla	Patología de causas	Medición	Severidad		Reparación
			Tipo	Descripción	
Desportillamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Excesiva tensión en juntas por cargas del tránsito o por la acumulación de material incomprensible</li> <li>Deficiente diseño en concreto</li> <li>Inadecuada del proceso constructivo del sistema de transferencia de cargas en la junta</li> <li>Deficiente sistema de drenaje, acumulación de y retención de agua a nivel de juntas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contabilizando el número de losas afectadas</li> <li>Contabilizando el número de juntas afectadas por losa y su nivel de severidad</li> <li>Midiendo la extensión del desportillamiento en metro lineales en su centro hacia dentro de la losa</li> </ul>	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presencia de pequeños fracturamientos con extensión menor a 5 cm a cada lado de la junta, y originan pequeñas y firmes piezas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limpeza de la falla y revisión de la estructura</li> <li>Remoción de los bordes y recorte de la junta</li> <li>Construcción de bloque sustraído y reconstrucción de elementos de transferencia, si el caso es severo</li> <li>Resellado de junta</li> <li>Cuando existe presencia de finos por efecto de bombeo se debe realizar una investigación para hallar la causa del mismo, y eliminar la fuente que lo genera</li> </ul>
			B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presencia de fracturas moderadas con extensión mayor a 5 cm y menos a 15 cm a cada lado de la junta, que originan piezas relativamente sueltas, que pueden ser removidas</li> </ul>	
			C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presencia de muchas fracturas con una extensión mayor a 15 cm a cada lado de la junta, las piezas han sido removidas por el tránsito</li> </ul>	

Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

1. La infraestructura de la red vial de Guatemala, conformada por pavimentos rígidos, presenta un deterioro evidente y progresivo en diversas regiones; dicho daño es consecuencia de diversos factores que afectan directamente al pavimento. Evidentemente el crecimiento del comercio del país aporta al pavimento sobrecarga vehicular, aumentando las cargas, por ejes, que el diseño puede soportar y para lo cual fue construido. Además, hay falta de mantenimiento.
2. La adecuada compactación en el terreno de fundación incrementa la solidez del suelo o subbase, aumentando la capacidad de soporte de carga. Caso contrario, el suelo o la subbase presentarán de manera gradual, asentamiento o ahuellamiento, afectando directamente a la losa.
3. Cuando un terreno de fundación tiene un material con buena granulometría, que evita la posibilidad del fenómeno de bombeo en el pavimento, este puede colocarse directamente sobre el mismo sin cimentación alguna.
4. La probabilidad que se presente el efecto de bombeo, es cuando el material de la subrasante o base granular muestra en sus resultados un porcentaje de finos menor de 45 % (pasa tamiz No. 200).
5. Para pavimentos rígidos adecuadamente diseñados y debidamente construidos, el mantenimiento es mínimo y básicamente consiste en tratamiento de juntas, fisuras y posibles parches con concreto. Por lo

tanto, es conveniente que en todo proyecto de infraestructura vial se contemple e incluya una planificación del mantenimiento por requerir con el fin de conservar el nivel de servicio durante su vida útil.

6. En sí un pavimento rígido con losas de concreto hidráulico bien diseñado y elaborado correctamente demandará un mantenimiento mínimo que consistirá principalmente en el sellado de espacios en las juntas entre las losas con el fin esencial de evitar el ingreso de agua, principal causante de la pérdida del material base y demás fallas como consecuencia de dicha pérdida, u otros agentes intrusivos, y el tratamiento de fisuras en los casos que fuese necesario.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar un monitoreo periódico de la condición de las carreteras, para obtener indicadores que permitan conocer el estado del pavimento e identificar con prontitud el mantenimiento que esta requiera.
2. Para el suelo del terreno de fundación es recomendable al menos alcanzar una densidad del 98 % en próctor modificado para carreteras con tránsito pesado, por ejemplo, las rutas centroamericanas (CA).
3. Si la losa presenta ahuellamiento, no debe colocarse una sobrecapa, pues esto indica que existe problema con el terreno de fundación o con el material de subbase y puede ser necesario removerlos y reemplazarlos.
4. Para cualquier condición de clima o temperatura ambiente en el lugar de colocación de concreto, se debe conservar una humedad o hidratación constante por lo menos 17 días. Esto debido a que los concretos colocados en clima cálido son más susceptibles al agrietamiento que los concretos colocados en clima frío.
5. En todo trabajo de mantenimiento correctivo en pavimentos, es recomendable, en la medida de lo posible, utilizar los mismos tipos de materiales y realizar el mismo texturizado.

6. Al ejecutar cualquier trabajo de mantenimiento vial se debe implementar todas las medidas de seguridad, para que no existan accidentes, tanto viales como laborales.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ALDANA SALGUERO, Josué Roberto. *Mantenimiento de carreteras con concreto asfáltico en caliente*. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. 145 p. [en línea] <[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2496\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2496_C.pdf)> [Consulta: junio de 2016].
2. Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica. M5.2 *Catálogo de deterioros de pavimentos rígidos*. Vol. 12, año 2012. 71p. [en línea] <<http://dircaibea.org/sites/all/themes/dircaibea/images/vol12.pdf>> [Consulta: septiembre de 2016].
3. CORONADO I, Jorge. *Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras*, Tomo III, *Catálogo centroamericano de daños a pavimento viales*. Consejo Sectorial de Ministros de Transporte de Centro América (COMITRAN) & Secretaria de Integración Económica Centroamericana (SIECA). Guatemala, 2000. 52 p. [en línea]: <<https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/catalogo-centroamericano-de-danos-a-pavimentos-viales.pdf>> [Consulta: junio de 2016].
4. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 6ª ed. México: Limusa, 2008. 644p.

5. Dirección general de caminos y ferrocarriles. *Manual de carreteras conservación vial*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Perú, 2013. 1243 p. [en línea] <[http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4877.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4877.pdf)> [Consulta: octubre de 2016]
6. Ingenieros Consultores de Centro América, S. A.; Dirección General de Caminos; Ministerios de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda de Guatemala. *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala 2001. 724 p. [en línea] <<http://www.caminos.civ.gob.gt/files/Desc-LibroAzulSept2001.pdf>> [Consulta: mayo de 2017]
7. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A. C. (IMCYC). *Manual para supervisar obras de concreto*. ACI 311-99 publicación SP-2 (99). 2002. 260 p.
8. *Interlocking Concrete Pavement Institute (ICPI) Características y compactación del suelo*. Sección 4. 30 p. [en línea] <<https://es.slideshare.net/yonnisanchezfelix/7th-edition-section4sp-anish1>> [Consulta: mayo de 2016]
9. JARAMILLO PORTO, Diego A. *Evaluación y patología de pavimentos de concreto*. [PDF] Colombia, 2012. 91 p.
10. MENÉNDEZ, José Rafael. *Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas: Manual técnico*. ISBN 92-2-315513-4. Oficina internacional del trabajo. Oficina subregional para los países andinos. Primera edición. Perú, 2003. 82 p. [en línea]

<<http://www.ilo.org/public/spanish/employment/recon/eiip/download/mcrlmantec.pdf>> [Consulta: mayo de 2016]

11. Ministerio de Transporte de Colombia, Pontificia Universidad Javeriana. *Manual para el mantenimiento de la red vial secundaria (pavimentada y en afirmado)*. Colombia, 2007. 106 p. [en línea] <<https://dirinfra.mintransporte.gov.co/pvr2/images/stories/documentos/pavimentos1.pdf>> [Consulta: junio de 2016]
12. MORA Q., Samuel . *Pavimentos de concreto hidráulico*. Recuperado en noviembre de 2014. 16 p. [en línea] <[www.mtc.gob.pe/portal/transportes/caminos\\_ferro/Seminario2006/3.%20Pavimento\\_Concreto\\_%20Ing\\_Mora.pdf](http://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/caminos_ferro/Seminario2006/3.%20Pavimento_Concreto_%20Ing_Mora.pdf)> [Consulta: febrero de 2016]
13. ROMÁN ÁVILA, Luis Rolando. *Método constructivo de losas cortas en pavimentos de concreto hidráulico*. Msc. Ing. Vial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2008. 145 p. [en línea] <<http://www.repositorio.usac.edu.gt/5013/1/Luis%20Rolando%20Rom%C3%A1n%20Avila.pdf>> [Consulta: febrero de 2016]



## ANEXOS

### Anexo 1. Tipos de materiales para sello de fisuras o juntas

Material	Especificación Técnica
<b>Sellador aplicado en caliente</b>	
Asfalto polimérico	AASHTO M-173
Sellador polimérico	AASHTO M-301
Sellador elastomérico	AASHTO M-282
<b>Sellador pre-moldeados</b>	
Sellador de compresión	AASHTO M-220
<b>Material de relleno</b>	
Bituminoso	AASHTO M-33
De hule-espuma	AASHTO M-213
Pre-moldeado de fibra	AASHTO M-213

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos 2002.

Ref. Asociación de Cemento Portland.

