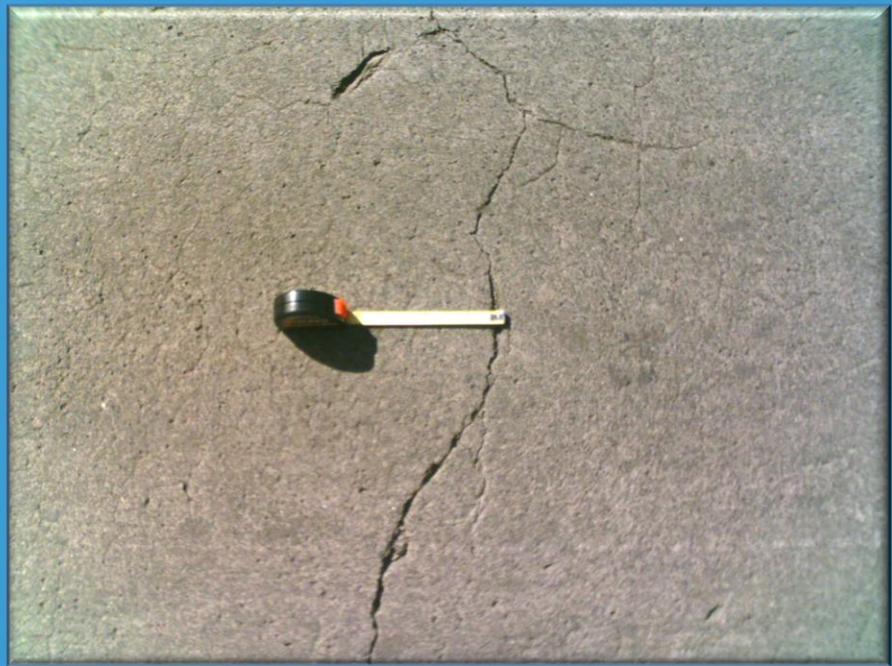


2007

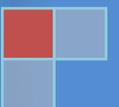
DETERIORO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

METODOLOGÍA DE MEDICIÓN, POSIBLES CAUSAS DE DETERIORO Y REPARACIONES

En el documento, se presentan una descripción general de los pavimentos rígidos con las posibles causas de deterioros. Como ejemplo práctico se dan a conocer 6 vías en donde se han hecho uso de este tipo de estructuras de rodamiento y se localizan en ellas los daños causados, forma de medición, posible causas que generen el daño y formas de reparación.



Elaborado por: Ing. Luis F. Altamirano Kauffmann.
ludwigkauf@yahoo.com



I. INDICE.

I.	INDICE.....	1
II.	OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.....	3
1)	OBJETIVOS GENERALES:	3
2)	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	3
3)	INTRODUCCIÓN:.....	4
4)	MARCO TEORICO.....	6
1)	COMPARACIÓN ENTRE UNA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y UNA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO HIDRÁULICO. ...	6
2)	ELEMENTOS QUE INTEGRAN UN PAVIMENTO RÍGIDO.	7
a)	Subrasante.....	7
b)	Subbase.	7
c)	Superficie de rodadura	8
3)	TIPOS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS:.....	8
a)	Concreto hidráulico simple	8
b)	Concreto hidráulico reforzado	8
c)	Concreto hidráulico reforzado continuo.....	8
4)	MATERIALES NECESARIOS PARA LA ELABORACIÓN DE UNA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO.	8
a)	Cemento	8
b)	Agua.	9
c)	Materiales pétreos.	9
d)	Aditivos.....	13
e)	Concreto	13
f)	Membrana de Curado.	15
g)	Acero de refuerzo	15
h)	Sellador para juntas.....	17
5)	PREPARACIÓN DEL TERRENO PARA CONSTRUIR UNA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO.	19
6)	PROCESO DE PAVIMENTACIÓN EN UNA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO.	20
7)	APLICACIONES DEL PAVIMENTOS RÍGIDOS:	21
a)	Aeropistas.....	21
b)	Vialidades urbanas	21
c)	Zonas residenciales.....	21
8)	DAÑOS EN ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO	21
a)	Fisura transversal o diagonal	21
b)	Fisura Longitudinal:	22
c)	Fisura de Esquina.....	23
d)	Losas subdivididas.	24
e)	Fisuras en Bloque.....	25
f)	Fisuras Inducidas.	26
9)	DEFORMACIONES EN ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO.....	27
a)	Levantamiento de losas.....	27
b)	Dislocamiento.....	28
c)	Hundimiento.....	29
10)	DESINTEGRACIONES EN ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO.....	30
a)	Descascaramiento y fisuras capilares.....	30
b)	Pulimiento de la superficie	31
c)	Peladuras.....	31
d)	Bache.....	32
11)	DEFICIENCIAS DE JUNTAS EN ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO.....	33
a)	Deficiencias en material de sello	33

b)	Despostillamiento.....	34
c)	Fisuras por mal funcionamiento de juntas	35
12)	OTROS DETERIOROS EN ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO.....	36
a)	Parchados y reparaciones para servicios públicos.....	36
13)	TÉCNICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS.	37
a)	Generalidades.....	37
b)	Materiales.	38
c)	Mezclas de mortero de cemento hidráulico.	38
d)	Cemento asfáltico.....	39
e)	Procedimiento para estabilización de losas con mortero de cemento.	39
f)	Localización de Áreas que Necesitan Estabilización de Losas.	39
g)	Procedimientos para la Estabilización de Losas.	40
h)	Eficacia de Estabilización de Losas.	41
i)	Estimación de Cantidades de Material para Estabilización de Losas.	41
j)	Procedimientos de estabilización con asfaltos.	41
k)	Trabajos paralelos.	42
l)	Nivelación de Losas.	43
5)	EJEMPLOS DE DETERIORES DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS DE RÍGIDOS EN NICARAGUA.	45
A)	EJEMPLO N° 1: VÍA DE ACCESO A RESIDENCIAL SANTA MÓNICA, MANAGUA.	45
B)	EJEMPLO N° 2: VÍA BARRIO EL PROGRESO, MATAGALPA.	52
C)	EJEMPLO N° 3: VÍA BARRIO OTONIEL ARÁUZ, MATAGALPA.	58
D)	EJEMPLO N° 4: VÍA COSTADO OESTE RADIO YES, MATAGALPA.	63
E)	EJEMPLO N° 5: VÍA ESTE UNAN, MATAGALPA.	66
F)	EJEMPLO N° 6: VÍA BARRIO CARLOS FONSECA, MATAGALPA.....	69
6)	COMPARACIÓN ENTRE ESTRUCTURAS DE CONCRETO RÍGIDO.	75
7)	RECOMENDACIONES	77
8)	CONCLUSIONES.....	78
9)	BIBLIOGRAFÍA.....	79
10)	ANEXOS.....	80
1)	ESQUEMAS DE DETERIOROS DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO.	80
2)	ESQUEMAS DE DEFORMACIONES DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO.	81
4)	ESQUEMAS DE DESINTEGRACIÓN DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO.	82
3)	ESQUEMAS DE DEFICIENCIAS DE JUNTAS EN ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO.	83
4)	ESQUEMAS DE OTROS DETERIOROS EN ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO.....	84
5)	PROCEDIMIENTO PARA EVITAR LA FORMACIÓN DE GRIETAS EN EL CONCRETO.	84
6)	¿POR QUÉ SE AGRIETAN LAS SUPERFICIES DE CONCRETO?.....	85
7)	PREVENCIÓN O MINIMIZACIÓN DEL AGRIETAMIENTO EN LAS SUPERFICIES DE CONCRETO.	85
8)	REPARACIÓN DE GRIETAS EN ESTRUCTURAS EXISTENTES.....	87

II. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.

1) OBJETIVOS GENERALES:

- Ⓢ Conocer de forma completa y actualizada la situación de algunas estructuras de pavimentos rígidos en Nicaragua.

2) OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Ⓢ Obtener información del estado físico de las vías seleccionadas en el análisis de deterioros de pavimentos rígidos.
- Ⓢ Clasificar los tipos de deterioros encontrados.
- Ⓢ Analizar las posibles causas que generan un tipo de deterioro en particular.
- Ⓢ Realizar las mediciones de los deterioros para catalogar su grado de severidad.
- Ⓢ Recomendar los procesos de reparación que más se adecuen a una situación particular (área de muestreo).

3) INTRODUCCIÓN:

Desde los senderos hechos a fuerza de paso, hasta las grandes carreteras de concreto, el hombre ha modificado su entorno de acuerdo con las necesidades de su tiempo. Actualmente, en la era de las comunicaciones, la necesidad de construir caminos más fuertes y más seguros intensifica su mirada en el concreto, material de grandes posibilidades para el desarrollo de los caminos en el mundo contemporáneo.

La historia de las modernas técnicas de construcción de caminos y puentes tiene sus inicios alrededor de 1850, con Tressaguet en Francia y John Metcalfe en el Reino Unido, quienes desarrollaron un método de construcción con base en la colocación de piedras largas, limitadas por piedras de tamaño progresivamente más pequeño.

Este tipo de caminos, junto con otros realizados con piedras, grava y arena, fueron diseñados para los bajos volúmenes y velocidades de los primeros vehículos, hasta que la industria automotriz, al ir creciendo a pasos agigantados, fue demandando mejores carreteras y caminos urbanos.

El reto, entonces, era buscar un material que resistiera pesadas cargas de manera eficiente y duradera: la solución se tradujo en lo que ahora llamamos la construcción de caminos pavimentados. Fue John Loundon MacAdam, a principios del siglo XIX quien desarrolló el sistema notablemente más económico que se usa en la actualidad.

La historia del primer pavimento de concreto se remonta al año 1905, en la ciudad de Ohio, en los Estados Unidos. De ahí en adelante, el uso de este material en la construcción de caminos será recurrente, tanto en dicho país como en Europa.

La cronología de la expansión de caminos de concreto en el siglo XX, es la siguiente:

- ✚ 1920 - 1939: Uso de pavimentos de concreto hidráulico, en el Sistema de carreteras de los Estados Unidos, difundiéndose en Europa.
- ✚ 1940 - 1950: Inicios de la aviación comercial; se construyen aeropuertos que utilizan pistas de concreto.
- ✚ 1960 -1970: Uso intensivo de pavimentos de concreto em el sistema de carreteras y aeropuetos de Estados Unidos.
- ✚ 1990 ... : Era de la sobre carpeta de concreto hidráulico o whitetopping.

La elaboración de concreto para pavimentos, no requiere de materiales ni técnicas especiales. Los componentes de la mezcla (cemento, agua, aire, agregados y aditivos) se



pueden adaptar para producir las resistencias deseadas, y bastará con controlar la relación, reacción y contenido de agua y cemento.

Sin embargo, al momento de colocar el concreto se debe asegurar la resistencia requerida, ya que de lo contrario, será necesario elaborar una cimentación mucho más fuerte que la normal

4) MARCO TEORICO

Anteriormente se pensaba que construir un pavimento de concreto hidráulico representaba largos tiempos de ejecución, estructuras de carpetas robustas, grandes cantidades de acero de refuerzo y superficies de rodamiento que al cabo de algún tiempo, se tornaban propensas al derrapamiento de los vehículos. Atendiendo a lo anterior el equipo de expertos designado a este fin, han diseñado y asesoran a los constructores de acuerdo a las necesidades particulares de cada proyecto, en los cuales se cuida cada detalle con el fin de eficientizar los recursos y garantizar la confortabilidad y seguridad del usuario.

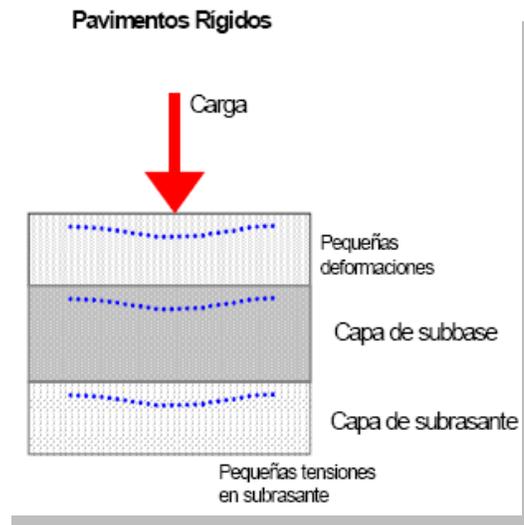
Las ventajas de un pavimento de concreto hidráulico radican en:

- 1) Velocidad en su construcción
- 2) Mayor vida útil con alto índice de servicio
- 3) Mantenimiento mínimo
- 4) No se deforma ni deteriora con el tiempo
- 5) Requiere menor estructura de soporte

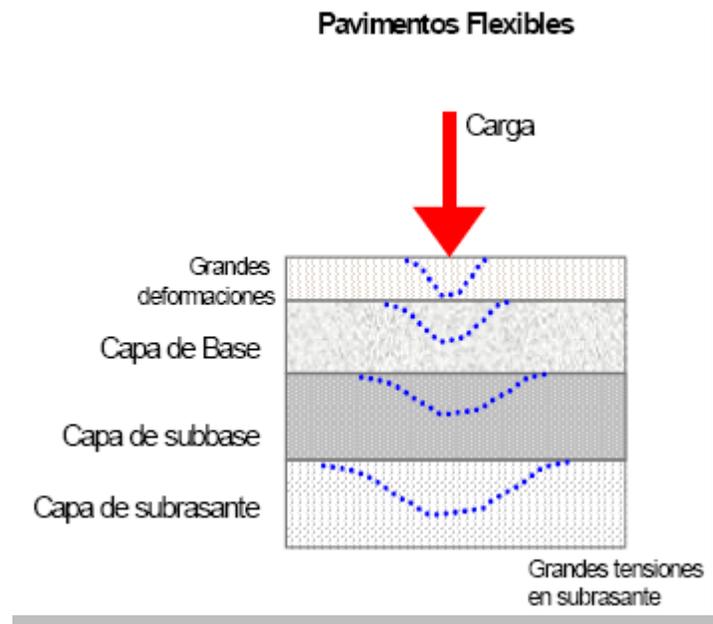
“Para la elaboración de un pavimento de concreto hidráulico es primordial contar con materiales de la mas alta calidad que garanticen su durabilidad y perfecto funcionamiento”

1) *Comparación entre una estructura de pavimento flexible y una estructura de pavimento hidráulico.*

En un pavimento rígido, debido a la consistencia de la superficie de rodadura, se produce una buena distribución de las cargas, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante.



Lo contrario sucede en un pavimento flexible, la superficie de rodadura al tener menos rigidez, se deforma más y se producen mayores tensiones en la subrasante.



2) Elementos que integran un Pavimento Rígido.

a) Subrasante.

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño.

El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante.

b) Subbase.

Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la subbase. La subbase debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

Se utiliza además como capa de drenaje y contralor de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares. Al haber capilaridad en época de heladas, se produce un hinchamiento del agua, causado por el congelamiento, lo que produce fallas en el pavimento, si éste no dispone de una subrasante o subbase adecuada. Esta capa de material se coloca entre la subrasante y la capa de base, sirviendo como material de transición, en los pavimentos flexibles.

c) Superficie de rodadura

Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base. En general, se puede indicar que el concreto hidráulico distribuye mejor las cargas hacia la estructura de pavimento.

3) Tipos de Pavimentos Rígidos:

a) Concreto hidráulico simple

No contiene armadura en la losa y el espaciamiento entre juntas es pequeño (entre 2.50 a 4.50 metros ó 8 a 15 pies). Las juntas pueden o no tener dispositivos de transferencia de cargas (dovelas).

b) Concreto hidráulico reforzado

Tienen espaciamientos mayores entre juntas (entre 6.10 y 36.60 metros ó 20 a 120 pies) y llevan armadura distribuida en la losa a efecto de controlar y mantener cerradas las fisuras de contracción.

c) Concreto hidráulico reforzado continuo

Tiene armadura continua longitudinal y no tiene juntas transversales, excepto juntas de construcción. La armadura transversal es opcional en este caso. Estos pavimentos tienen más armadura que las juntas armadas y el objetivo de esta armadura es mantener un espaciamiento adecuado entre fisuras y que éstas permanezcan cerradas.

4) Materiales necesarios para la elaboración de una estructura de pavimento de concreto hidráulico.

a) Cemento

El cemento a utilizar para la elaboración del concreto será preferentemente Portland, de marca aprobada oficialmente, el cual deberá cumplir lo especificado en las normas NMX - C-414 - 1999 - ONNCCE. Si los documentos del proyecto o una especificación particular no señalan algo diferente, se emplearán los denominados CPO (Cemento Portland Ordinario) y CPP (Cemento Portland Puzolánico) dependiendo del caso y con sub - clasificaciones 30R, 40 y 40R. Estos cementos corresponden principalmente a los que anteriormente se denominaban como Tipo I y Tipo IP.

Es importante que se cumplan respectivamente con los requisitos físicos y químicos que se señalan en las cláusulas 4.01.02.004-B y 4.01.02.004-C de las Normas de Calidad de los Materiales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

El cemento en sacos se deberá almacenar en sitios secos y aislados del suelo, en acopios de no más de siete metros (7 m) de altura. Si el cemento se suministra a granel, se deberá almacenar en sitios aislados de la humedad. La capacidad mínima de almacenamiento deberá ser la suficiente para el consumo de un día ó una jornada de producción normal. Todo cemento que tenga más de dos (2) meses de almacenamiento en sacos o tres (3) en silos, deberá ser examinado por el Supervisor del proyecto, para verificar si aún es susceptible de utilización.

b) Agua.

El agua que se emplee en la fabricación del concreto deberá cumplir con la norma NMX-C-122, debe ser potable, y por lo tanto, estar libre de materiales perjudiciales tales como aceites, grasas, materia orgánica, etc. En general, se considera adecuada el agua que sea apta para el consumo humano. Así mismo, no deberá contener cantidades mayores de las sustancias químicas que las que se indican en la siguiente tabla, en partes por millón:

Especificaciones - Materiales - Sustancias Perjudiciales en el Agua

Sustancias perjudiciales	Ppm Máximo
Sulfatos (convertidos a Na ₂ SO ₄)	1,000
Cloruros (convertidos a NaCl)	1,000
Materia orgánica (óxido consumido en medio ácido)	50
Turbiedad y/o lignito	1,500

Referencia: CEMEX

- ✓ El pH, medido según norma ASTM D -1293, no podrá ser inferior a cinco (5).
- ✓ El contenido de sulfatos, expresado como SO₄⁼, no podrá ser mayor de un gramo por litro (1g/l). Su determinación se hará de acuerdo con la norma ASTM D-516.
- ✓ Su contenido de ión cloro, determinado según norma ASTM D-512, no podrá exceder de seis gramos por litro (6 g/l).

c) Materiales pétreos.

Estos materiales se sujetarán al tratamiento o tratamientos necesarios para cumplir con los requisitos de calidad que se indican en cada caso, debiendo el contratista prever las características en el almacén y los tratamientos necesarios para su ulterior utilización. El manejo y/o almacenamiento subsecuente de los agregados, deberá hacerse de tal manera que se eviten segregaciones o contaminaciones con sustancias u otros materiales

perjudiciales y de que se mantenga una condición de humedad uniforme, antes de ser utilizados en la mezcla.

Grava

El agregado grueso será grava triturada totalmente con tamaño máximo de treinta y ocho (38) milímetros, resistencia superior a la resistencia del concreto señalada en el proyecto, y con la secuencia granulométrica que se indica a continuación:

Especificaciones – Materiales – Granulometría de la Grava

MALLA		% QUE PASA
2"	50.00 mm	100
1 ½"	37.50 mm	95 - 100
¾"	19.00 mm	35 - 70
3/8"	9.50 mm	10 - 30
Número 4	4.75 mm	0 - 5

Referencia: CEMEX

El contenido de sustancias perjudiciales en el agregado grueso no deberá exceder los porcentajes máximos que se indican en la siguiente tabla

Especificaciones – Materiales – Sustancia Perjudiciales en Grava

Sustancias perjudiciales	%
Partículas deleznable	0.25
Partículas Suaves	5.00
Pedernal como impureza	1.00
Carbón mineral y/o lignito	1.00

Referencia: CEMEX

El agregado grueso además, deberá cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

-  Desgaste "Los Ángeles" 40% máximo
-  Intemperismo Acelerado 12% máximo (utilizando sulfato de sodio)

Cuando la muestra esté constituida por material heterogéneo y se tengan dudas de su calidad, el Especificador podrá ordenar se efectúen pruebas de desgaste de los Ángeles, separando el material sano del material alterado o de diferente origen, así como pruebas en la muestra constituida por ambos materiales, en la que estén representados en la misma proporción en que se encuentren en los almacenamientos de agregados ya tratados o en donde vayan a ser utilizados. En ninguno de los casos mencionados se deberán obtener desgastes mayores que cuarenta por ciento (40%).

En el caso de que se tengan dudas acerca de la calidad del agregado grueso, a juicio del Supervisor se llevará a cabo la determinación de la pérdida por intemperismo acelerado, la cual no deberá ser mayor de doce por ciento (12%), en el entendido que el cumplimiento de esta característica no excluye las mencionadas anteriormente.

Arena

El agregado fino o arena deberá tener un tamaño máximo de nueve punto cincuenta y un milímetros (9.51 mm) con la secuencia granulométrica que se indica a continuación:

Especificaciones – Materiales – Granulometría de la Arena

MALLA		% QUE PASA
3/8"	9.50 mm	100
Número 4	4.75 mm	95 - 100
Número 8	2.36 mm	80 - 100
Número 16	1.18 mm	50 - 85
Número 30	600 µm	25 - 60
Número 50	300 µm	10 - 30
Número 100	150 µm	2 - 10
Número 200	75 µm	4 máximo

Referencia: CEMEX

La arena deberá estar dentro de la zona que establece esta tabla excepto en los siguientes casos:

- ✓ Cuando se tengan antecedentes de comportamientos aceptables, en el concreto elaborado con ellos, o bien, que los resultados de las pruebas realizados a estos concretos sean satisfactorios; en este caso, los agregados se pueden usar siempre que se haga el ajuste apropiado al proporcionamiento del concreto, para compensar las deficiencias en la granulometría.
- ✓ El porcentaje de material que pasa la malla #200 está modificado según los límites de consistencia lo cual se indica en la siguiente tabla:

Especificaciones – Materiales – Ajuste granulométrico de la Arena

Límite líquido	Índice Plástico	Material máximo permisible en masa que pasa por la criba 0.075 (# 200), en porcentaje
Hasta 25	Hasta 5	18.0
Hasta 25	5 – 10	16.0
Hasta 25	10 – 15	6.0

Hasta 25	15 – 20	4.0
Hasta 25	20 – 25	1.0
25 – 35	Hasta 5	16.0
25 – 35	5 – 10	14.0
25 – 35	10 – 15	11.0
25 – 35	15 – 20	8.0
25 – 35	20 – 25	1.0
35 – 45	Hasta 5	15.0
35 – 45	5 – 10	9.0
35 – 45	10 – 15	6.0
35 – 45	15 – 20	2.0
35 – 45	20 – 25	1.0
45 – 55	Hasta 5	9.0
45 – 55	5 – 10	8.0
45 – 55	10 – 15	5.0
45 – 55	15 – 20	4.0
45 – 55	20 – 25	1.0

Referencia: CEMEX

La arena no deberá tener un retenido mayor de cuarenta y cinco por ciento (45%), entre dos (2) mallas consecutivas; además, deberá cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

- ✓ Equivalente de arena** 80% máximo
- ✓ Módulo de finura 2.30 mínimo y 3.10 máximo
- ✓ Intemperismo Acelerado 10% máximo (Empleando sul. sodio)

** Al ser modificado el porcentaje de material que pasa la malla #200 según los límites de consistencia el equivalente de arena también debe de ser modificado.

El contenido de sustancias perjudiciales en la arena, no deberá exceder los porcentajes máximos siguientes:

Especificaciones – Materiales – Sustancia Perjudiciales en la Arena

Sustancias perjudiciales	% Máximo
Partículas deleznable	1.00
Carbón mineral y/o lignito	1.00

Referencia: CEMEX

En el caso de que se tengan dudas acerca de la calidad del agregado fino, a juicio de la Secretaría se llevará a cabo la determinación de la pérdida por intemperismo acelerado, la

cual no deberá ser mayor de 10%, en el entendido de que esta condición no excluye las mencionadas anteriormente.

Reactividad.

Deberá verificarse mediante análisis petrográficos y/o la prueba química rápida que los agregados (grueso y fino) para la elaboración de la mezcla de concreto no sean potencialmente reactivos.

d) Aditivos.

Deberán emplearse aditivos del tipo “D” reductores de agua y retardantes con la dosificación requerida para que la manejabilidad de la mezcla permanezca durante dos (2) horas a partir de la finalización del mezclado a la temperatura estándar de veintitrés grados centígrados (23° C) y no se produzca el fraguado después de cuatro (4) horas a partir de la finalización del mezclado.. Los aditivos deberán ser certificados por la casa productora.

Para asegurar la trabajabilidad de la mezcla, también se utilizara un agente inclusor de aire, con los requisitos que señala la norma ASTM C 260.

Estos aditivos se transportaran desde la fábrica hasta la planta de concreto en camiones cisternas y se depositaran en tanques especialmente diseñados para su almacenamiento y dosificación.

e) Concreto

El diseño de la mezcla, utilizando los agregados provenientes de los bancos ya tratados, será responsabilidad del productor de concreto quien tiene la obligación de obtener la resistencia y todas las demás características para el concreto fresco y endurecido, así como las características adecuadas para lograr los acabados del pavimento. Durante la construcción, la dosificación de la mezcla de concreto hidráulico se hará en peso y su control durante la elaboración se hará bajo la responsabilidad exclusiva del Proveedor, es conveniente que el suministro se realice por proveedores profesionales de concreto.

Resistencia

La resistencia de diseño especificada a la tensión por flexión ($S'c$) o Módulo de Ruptura (MR) a los 28 días, se verificará en especímenes moldeados durante el colado del concreto, correspondientes a vigas estándar de quince por quince por cincuenta (15 x 15 x 50) centímetros, compactando el concreto por vibro compresión y una vez curados adecuadamente, se ensayarán a los 3, 7 y 28 días aplicando las cargas en los tercios del claro. (ASTM C 78).

✓ **Especímenes de prueba**

Se deberán tomar muestras de concreto para hacer especímenes de prueba para determinar la resistencia a la flexión durante el colado del concreto. Especímenes de

prueba adicionales podrán ser necesarios para determinar adecuadamente la resistencia del concreto cuando la resistencia del mismo a temprana edad límite la apertura del pavimento al tránsito. El procedimiento seguido para el muestreo del concreto deberá cumplir con la norma ASTM C 172.

La frecuencia de muestreo será de 6 especímenes para prueba de módulo de ruptura y 3 especímenes más para determinar el módulo elástico y resistencia a la compresión por cada 150 m³ de producción de concreto. En el caso de la determinación del módulo de ruptura, se ensayarán dos especímenes a los 3 y 7 días de colado, y los otros dos restantes a los 28 días. En el caso de la determinación del módulo de elasticidad, resistencia a la compresión, se ensayará un espécimen por cada prueba a los 3 y 7 días de colado, y el restante a los 28 días de transcurrido el colado.

La apertura al tránsito vehicular del pavimento no podrá realizarse antes de que el concreto haya alcanzado una resistencia a la tensión por flexión o Módulo de Ruptura del setenta y cinco por ciento (75%) de la especificada de proyecto como mínimo. En caso de ser necesario, con ayuda de un consultor capacitado, se podrán revisar los esfuerzos actuantes a los que estará sometido el pavimento y se permitirá abrir al tráfico cuando la relación entre esfuerzo actuante entre resistente sea de 0.5.

Especificaciones – Materiales – Resistencias de Concreto Recomendada

Sustancias perjudiciales	MR Kf/cm²
Autopistas y Carreteras	48
Zonas Industriales y Urbanos Principales	45
Urbanos Secundarios	42

Referencia: CEMEX

✚ Trabajabilidad.

El revenimiento promedio de la mezcla de concreto deberá especificarse de acuerdo con el procedimiento de colocación a utilizar:

- ✓ Para Tendido con Cimbra Deslizante deberá ser de cinco centímetros (5 cm) mas – menos uno punto cinco centímetros (1.5 cm) al momento de su colocación.
- ✓ Para Colados con Cimbra Fija deberá ser de diez centímetros (10 cm) mas – menos dos centímetros (2 cm)) al momento de su colocación.

Las mezclas que no cumplan con este requisito deberán ser destinadas a otras obras de concreto como cunetas y drenajes, y no se permitirá su colocación para la losa de concreto.

El concreto deberá de ser uniformemente plástico, cohesivo y manejable. El concreto trabajable es definido como aquel que puede ser colocado sin que se produzcan demasiados vacíos en su interior y en la superficie del pavimento, así como el que no presente una apariencia pastosa.

Cuando aparezca agua en la superficie del concreto en cantidades excesivas después del acabado se deberá efectuar inmediatamente una corrección por medio de una o más de las siguientes medidas:

- Rediseño de la mezcla
- Adición de relleno mineral o de agregados finos
- Incremento del contenido de cemento
- Uso de un aditivo inclusor de aire o equivalente, previamente aprobado.

f) Membrana de Curado.

Para el curado de la superficie del concreto recién colada deberá emplearse una Membrana de Curado de emulsión en agua y base parafina de color claro, el que deberá cumplir con los requisitos de calidad que se describen en la normas ASTM C171, ASTM C309, Tipo 2, Clase A, AASHTO M 148, Tipo 2, Clase A, FAA Item P-610-2.10. Este tipo de membranas evitan que se tapen las esperas de los equipos de rociado.

Deberá aplicarse apropiadamente para proveer un sello impermeable que optimiza la retención del agua de la mezcla. El pigmento blanco refleja los rayos solares ayudando a mantener la superficie más fresca y prevenir la acumulación de calor.

g) Acero de refuerzo

El acero de refuerzo necesario para la construcción del pavimento se utiliza en las juntas, ya sea como pasadores de cortante ó pasajuntas o como barras de amarre para mantener los cuerpos del pavimento unidos.

Barras de amarre.

En las juntas que muestre el proyecto y/o en los sitios que indique el Especificador del proyecto, se colocarán barras de amarre con el propósito de evitar el corrimiento o desplazamiento de las losas en el sentido perpendicular al de circulación. Las barras de amarre serán de varilla corrugada, de acero estructural, con límite de fluencia (f_y) de cuatro mil doscientos kilogramos por centímetro cuadrado (4,200 kg/cm²), debiendo quedar ahogadas en las losas, con las dimensiones y en la posición indicada en el proyecto. Estas barras siempre deberán estar colocadas a la mitad del espesor del pavimento.

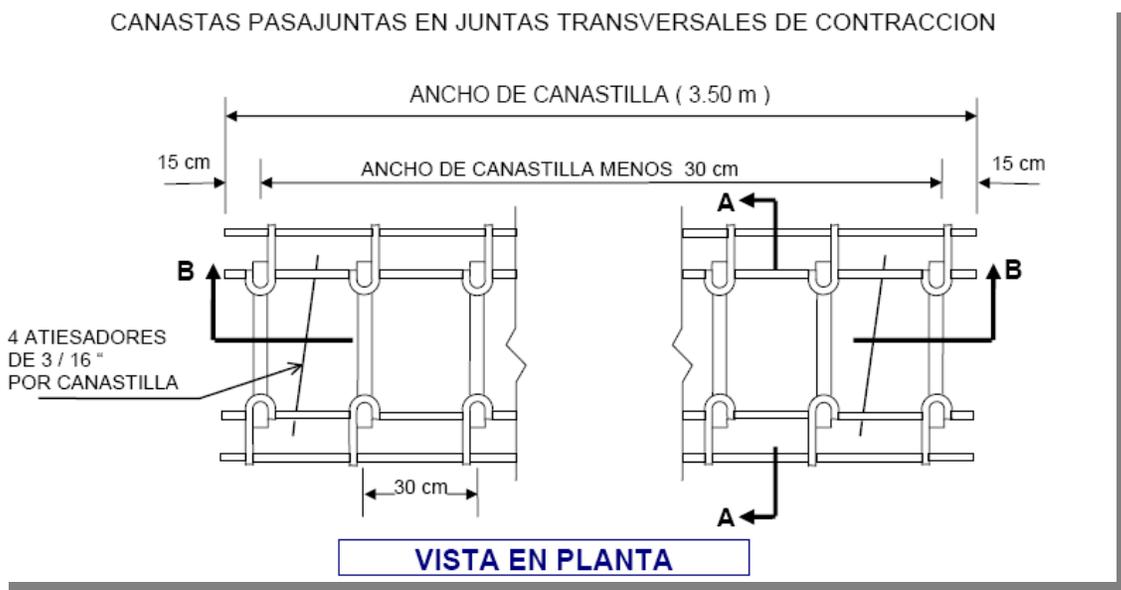
Barras Pasajuntas.

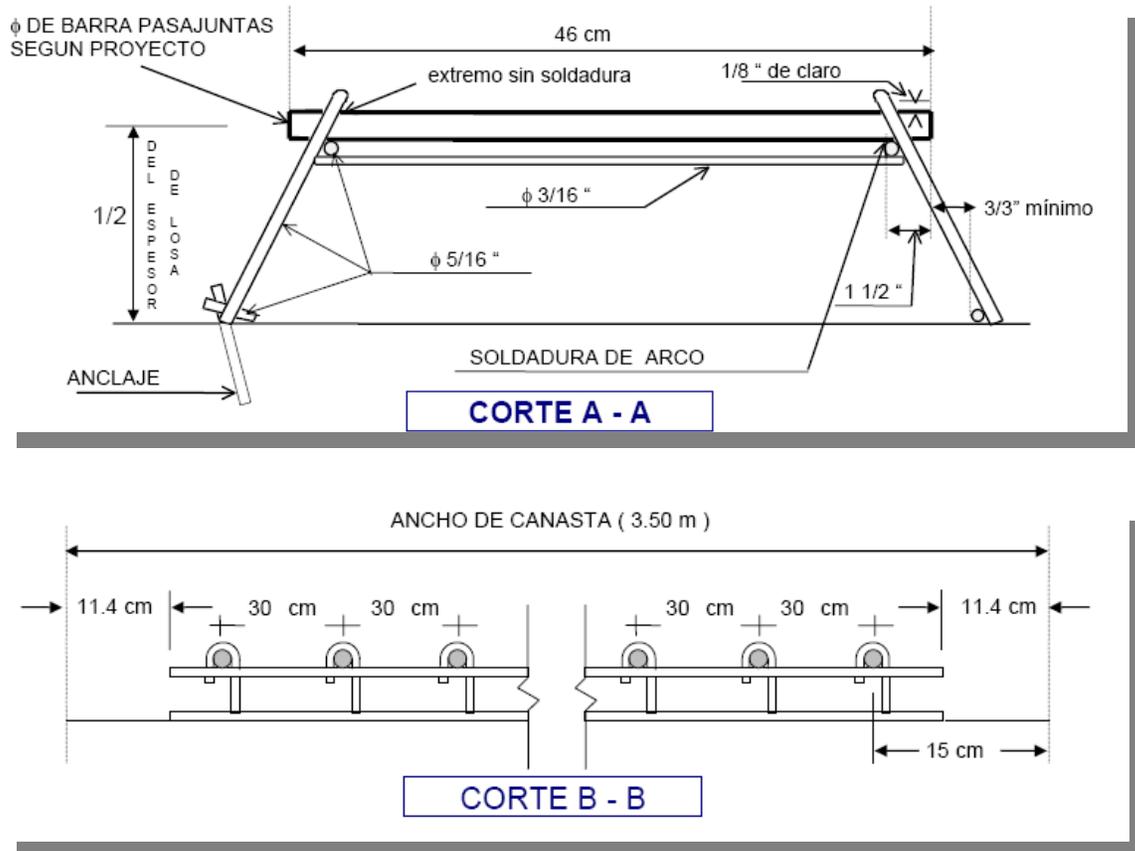
En las juntas transversales de contracción, en las juntas de construcción, en las juntas de emergencia y/o en los sitios que indique el Supervisor del proyecto se colocarán barras

pasajuntas como mecanismos para garantizar la transferencia efectiva de carga entre las losas adyacentes. Las barras serán de acero redondo liso y deberán quedar ahogadas en las losas en la posición y con las dimensiones indicadas por el proyecto.

Estas barras deberán estar perfectamente alineadas con el sentido longitudinal del pavimento y con su plano horizontal, colocándose a la mitad del espesor de la losa. Ambos extremos de las pasajuntas deberán ser lisos y estar libres de rebabas cortantes. El acero deberá cumplir con la norma ASTM A 615 Grado 60 ($f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$), y deberá ser recubierta con asfalto, parafina, grasa o cualquier otro medio que impida efectivamente la adherencia del acero con el concreto y que sea aprobado por el Especificador del proyecto.

Las pasajuntas podrán ser instaladas en la posición indicada en el proyecto por medios mecánicos, o bien por medio de la instalación de canastas metálicas de sujeción. Las canastas de sujeción deberán asegurar las pasajuntas en la posición correcta como se indica en el proyecto durante el colado y acabado del concreto, mas no deberán impedir el movimiento longitudinal de la misma.





h) Sellador para juntas.

El material sellante para las juntas transversales y longitudinales deberá ser elástico, resistente a los efectos de combustibles y aceites automotrices, con propiedades adherentes con el concreto y que permita las dilataciones y contracciones que se presenten en las losas de concreto sin degradarse, debiéndose emplear productos a base de silicona, poliuretano - asfalto o similares, los cuales deberán ser autonivelantes, de un solo componente y solidificarse a temperatura ambiente.

A menos de que se especifique lo contrario, el material para el sellado de juntas deberá de cumplir con los requerimientos aquí indicados. El material se deberá adherir a los lados de la junta o grieta con el concreto y deberá formar un sello efectivo contra la filtración de agua o incrustación de materiales incompresibles. En ningún caso se podrá emplear algún material sellador no autorizado por el Especificador.

Para todas las juntas de la losa de concreto se deberá emplear un sellador de silicón o similar de bajo módulo autonivelable. Este sellador deberá ser un compuesto de un solo componente sin requerir la adición de un catalizador para su curado. El sellador deberá presentar fluidez suficiente para autonivelarse y no requerir de formado adicional, adicionalmente se deberá colocar respetando el factor de forma (altura de silicón / ancho

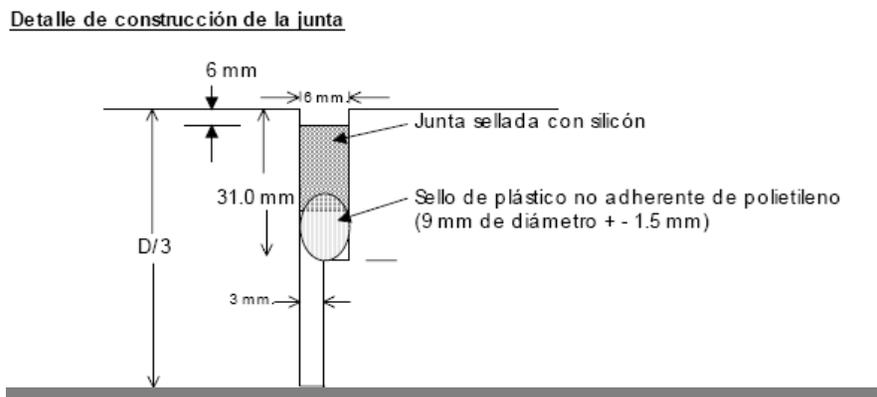
del silicón en el depósito) mismo que deberá proporcionar o recomendar el fabricante del sellador.

La tirilla de respaldo a emplear deberá impedir efectivamente la adhesión del sellador a la superficie inferior de la junta. La tirilla de respaldo deberá ser de espuma de polietileno y de las dimensiones indicadas en los documentos de construcción. La tirilla de respaldo deberá ser compatible con el sellador de silicón a emplear y no se deberá presentar adhesión alguna entre el silicón y la tirilla de respaldo.

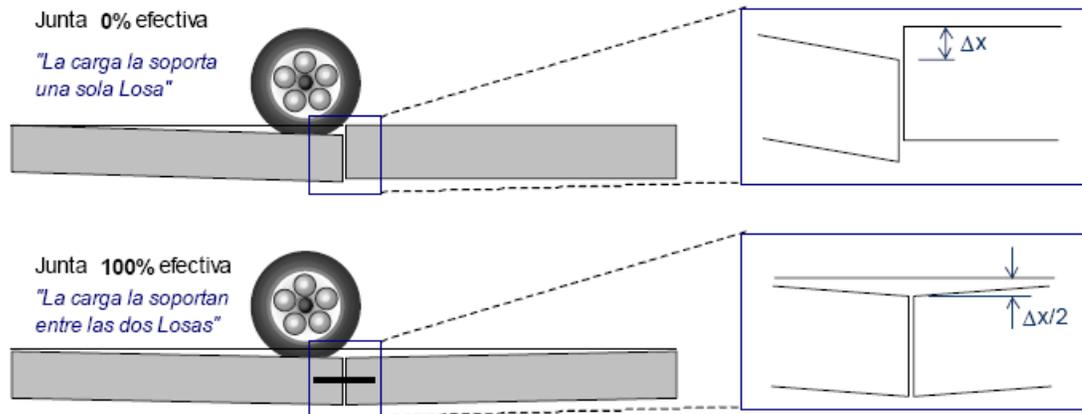
Se denomina Pasajuntas, a una barra de acero redondo liso $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ la cual no se debe de adherir al concreto permitiendo el libre movimiento de losas longitudinalmente, pero si debe de transferir verticalmente parte de la carga aplicada en una losa a la adyacente. Se colocan perfectamente alineadas a la mitad del espesor de la losa.

El diámetro, longitud y separación de las pasajuntas esta en función de el espesor de las losas principalmente. Algunas recomendaciones prácticas para la selección de la Barra son las siguientes:

Espesor de Losa		Barras Pasajuntas					
		Diámetro		Longitud		Separación	
cm	in	mm	in	cm	in	cm	in
13 a 15	5 a 6	19	3/4	41	16	30	12
15 a 20	6 a 8	25	1	46	18	30	12
20 a 30	8 a 12	32	1 1/4	46	18	30	12
30 a 43	12 a 17	38	1 1/2	51	20	38	15
43 a 50	17 a 20	45	1 3/4	56	22	46	18



Transferencia de carga



5) Preparación del Terreno para construir una estructura de pavimento rígido.

Para construir correctamente un pavimento de concreto, es muy importante considerar una serie de pasos al preparar el terreno, proceso conocido como diseño y construcción de las subrasantes:

1. **Compactación de los suelos**, de esta forma se garantiza un apoyo uniforme y estable para el pavimento.
2. **Fijado de la rasante**, consiste en la excavación de zanjas laterales, lo suficientemente profundas para aumentar la distancia vertical entre el nivel freático y el pavimento.
3. **Uniformado del terreno** en zonas donde se tengan cambios bruscos en sentido horizontal del tipo de suelo.
4. **Nivelación selectiva de la rasante** en zonas de terraplén, a fin de colocar los mejores suelos cerca de la parte superior de la elevación de la subrasante.

En ocasiones será necesario colocar una capa de material inmediatamente abajo del contacto con el pavimento de concreto, el cual se conoce como sub-base. Las sub-bases se pueden elaborar con materiales granulares, permeables y de tamaño uniforme. Su uso es especialmente recomendable en rutas de tránsito pesado, sobre todo en grandes aeropuertos, carreteras y vialidades primarias.

6) *Proceso de Pavimentación en una estructura de pavimento rígido.*

1. Conformar **terracerías** con respecto al trazo y niveles especificados en el proyecto. Es conveniente pedir asesoría a un laboratorio calificado en la materia para que realice revisiones periódicas de las superficies mediante, los estándares de supervisión, referentes al valor relativo de soporte (VRS) y al espesor y grado de compactación de los suelos.
2. El segundo paso consiste en elaborar el cimbrado, cuidando que se coloque siguiendo el alineamiento y los niveles que indique la brigada de topografía. Una vez terminado el proceso, será preciso revisar nuevamente los niveles de la cimbra con un topógrafo especializado.
3. Para el tendido del concreto se deberá, primero, humedecer la superficie que recibirá la mezcla, con el fin de evitar que el suelo absorba agua del concreto. Posteriormente, el material deberá esparcirse por todo lo ancho del pavimento.
4. Una vez colocado el concreto, se procede a elaborar el vibrado y perfilado, que consiste en acomodar las orillas pegadas a la cimbra, mediante el uso de un vibrador manual. Posteriormente, deberán insertarse las barras para sujetar al concreto, con la ayuda de un escantillón que señale exactamente la mitad del espesor. Por último, se pasará la regla vibratoria que dará el acabado final al pavimento.
4. El texturizado deberá efectuarse mediante el uso de una tela de yute húmeda, que será arrastrada en sentido longitudinal al pavimento. En su defecto, puede usarse pasto sintético.
6. Para el curado del concreto deberá emplearse una membrana de la marca y cantidad que especifique el proyecto.
En el proceso de curado deberá utilizarse un aspersor manual. Este procedimiento se realizará en seguida del texturizado.
7. El corte de juntas se realiza con máquinas especiales que cuentan con discos de diamante y elaboran incisiones en el concreto de forma transversal y longitudinal.
8. La limpieza de juntas se hace mediante la inyección de agua a presión sobre las incisiones. Posteriormente se secarán los bordes con aire, se colocará un agente sellador dentro de la junta y una cintilla de respaldo.

7) Aplicaciones del Pavimentos Rígidos:

a) Aeropistas

En los aeropuertos, donde se demanda un mínimo de prórroga para la utilización del pavimento terminado, se ha empleado un sistema de apertura rápida; éste consiste en el colado secuencial del pavimento en la reconstrucción de pistas aéreas y plataformas.

b) Vialidades urbanas

La reconstrucción de vialidades urbanas se ha convertido en uno de los principales problemas, pues además del tiempo y costo, afectan al tránsito vehicular. Sin embargo, con los pavimentos de concreto de apertura rápida, estos problemas se minimizan ostensiblemente.

c) Zonas residenciales

El uso de pavimentos de concreto en zonas residenciales aumenta día con día, debido a la reducción del tiempo de curado en la mezcla. Se ha demostrado que lo más eficiente para disminuir el cierre de accesos, es la construcción con base en cimbra deslizante a todo lo ancho de la calle. En los estacionamientos de las casas particulares, por ejemplo, se ha logrado limitar a sólo 24 horas el impedimento para que los residentes metan sus automóviles.

8) Daños en estructuras de Pavimento de concreto hidráulico

a) Fisura transversal o diagonal



Descripción: Fracturamiento de la losa que ocurre aproximadamente perpendicular al eje del pavimento, o en forma oblicua a este, dividiendo la misma en dos planos.

Posibles Causas: Son causadas por una combinación de los siguientes factores: excesivas repeticiones de cargas pesadas (fatiga), deficiente apoyo de las losas, asentamientos de la fundación, excesiva relación longitud / ancho de la losa o deficiencias en la ejecución de éstas.

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

Niveles de Severidad: Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano, alto) de acuerdo a las características de las fisuras, según la siguiente guía:

B (Bajo) Existen algunas de las condiciones siguientes:

- Fisuras finas, no activas, de ancho promedio menor de 3 mm.
- Fisuras selladas de cualquier ancho, con sello en condición satisfactoria; no hay signos visibles de despostillamiento y/o dislocamiento menor de 10 mm.

M (Mediano) Existen algunas de las condiciones siguientes:

- Fisuras activas, de ancho promedio entre 3 y 10 mm.
- Fisuras de 10 mm de ancho con despostillamiento y/o dislocamiento menor de 10 mm.
- Fisuras selladas de cualquier ancho, con material de sello en condición insatisfactoria y/o despostillamiento y/o dislocamiento menor de 10 mm.

A (Alto) Existen algunas de las condiciones siguientes:

- Fisuras activas de ancho promedio mayor de 10 mm.
- Fisuras selladas, con despostillamientos severos y/o dislocamiento mayor de 10 mm.

Medición: Una vez identificada la severidad de la fisura, esta puede medirse:

- ✓ En metros lineales, totalizando metros lineales en sección o muestra.
- ✓ Registrándola por losa, totalizando el número de losas afectadas por fisuras transversales y/o longitudinales.
- ✓ Si existen dos fisuras en una misma losa, se adopta el nivel de severidad de la fisura predominante.

b) Fisura Longitudinal:



Descripción: Fracturamiento de la losa que ocurre aproximadamente paralela al eje de la carretera, dividiendo la misma en dos planos.

Posibles causas: Son causadas por la repetición de cargas pesadas, pérdida de soporte de la fundación, gradientes de tensiones originados por cambios de temperatura y humedad, o por las

deficiencias en la ejecución de éstas y/o sus juntas longitudinales.

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

Niveles de Severidad: Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano, alto) de acuerdo al ancho de la fisura, condición y estado de los bordes, según la siguiente guía:

B (Bajo) Existen algunas de las condiciones siguientes:

- Fisuras finas, no activas, de ancho promedio menor de 3 mm.
- Fisuras selladas de cualquier ancho, con el material de sello en condición satisfactoria; no hay signos visibles de despostillamiento y/o dislocamiento.

M (Mediano) Existen algunas de las condiciones siguientes:

- Fisuras activas, de ancho promedio entre 3 y 10 mm.
- Fisuras de hasta 10 mm de ancho acompañadas de despostillamiento y dislocamiento de hasta 10 mm.
- Fisuras selladas de cualquier ancho, con material de sello en condición insatisfactoria y/o despostillamiento y/o dislocamiento menor de 10 mm.

A (Alto) Existen algunas de las condiciones siguientes:

- Fisuras de ancho mayor de 10 mm.
- Fisuras selladas o no, de cualquier ancho, con despostillamientos severos y/o dislocamiento mayor de 10 mm.

Medición: Una vez identificada la severidad de la fisura, esta puede ser medida:

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

c) Fisura de Esquina.



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

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

Niveles de Severidad: Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano y Alto) considerando la severidad misma de la fisura que la origina, como el estado del pavimento comprendido por la misma y los bordes de la losa, de acuerdo con la siguiente guía:

B (Bajo) El fracturamiento es definido por una fisura de severidad baja* y el área entre ésta y las juntas no se encuentra fisurado o bien hay alguna pequeña fisura.

M (Mediano) El fracturamiento es definido por una fisura de severidad moderada* y el área entre ésta y las juntas se encuentra medianamente fisurada.

A (Alto) El fracturamiento es definido por una fisura de severidad alta* y el área entre ésta y las juntas se encuentra muy fisurada o presenta hundimientos

Ver " Fisuras Longitudinales"

Medición: Las fisuras de esquina son medidas contando el número total que existe en una sección o muestra, generalmente en término de número de losas afectadas por una o más fisuras de esquina. Se contabiliza como una losa cuando ésta:

- ✓ Contiene una única fisura de esquina;
- ✓ Contiene más de una fisura del mismo nivel de severidad;
- ✓ Contiene dos o más fisuras de diferentes niveles de severidad;
En este caso se registra el nivel de severidad correspondiente a la más desfavorable.
- ✓ También puede medirse en metros lineales, totalizando metros lineales en la sección o muestra evaluada.

d) Losas subdivididas.



Descripción: Fracturamiento de la losa de concreto conformando una malla amplia, combinando fisuras longitudinales, transversales y/o diagonales, subdividiendo la losa en cuatro o más planos.

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

Niveles de Severidad: Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano, Alto) en base a la severidad de las fisuras que detienen la malla y el número de paños en que queda dividida la losa, de acuerdo a la siguiente tabla:

CLASE	NIVEL DE SEVERIDAD DE LA FISURA *	Nº DE Paños en que se divide la Losa
B	Bajo	4 ó 5
M	Mediano	De 6 a 8
A	Alto	Más de 8

Ver " Fisuras Longitudinales"

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

e) Fisuras en Bloque.



Descripción: Fracturamiento que subdividen generalmente una porción de la losa en planos o bloque pequeños de área inferior a 1 metro cuadrado.

Posibles causas: Son causadas por la repetición de cargas pesadas (fatiga de concreto), el equivocado diseño estructural y las condiciones de soporte deficiente. Es la evolución final del proceso de fisuración, que comienza formando una malla más o menos cerrada; el tránsito y el continuo deflexionar de los planos aceleran la subdivisión en bloques más pequeños, favoreciendo el despostillamiento de sus bordes.

De no tomarse medidas correctivas el deterioro progresa formando a corto plazo un bache. Pueden presentar diversas formas y aspectos, pero con mayor frecuencia son delimitados por una junta y una fisura.

Niveles de Severidad: Se establecen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano y Alto) en base a la severidad de las fisuras que detienen la malla, de acuerdo con la siguiente guía:

B (Bajo) Bloques definidos por fisuras de severidad baja*; los planos relativamente amplios y se mantienen ligados.

M (Mediano) Bloques definidos por fisuras de severidad moderada*; los planos son más pequeños evidenciándose un moderado despostillamiento de los bordes de las fisuras.

A (Alto) Bloques definidos por fisuras de severidad alta*; los planos son más pequeños evidenciándose un severo despostillamiento de los bordes de las fisuras, con tendencia a formar bache.

Ver " Fisuras Longitudinales"

Medición: Una vez identificada la severidad de la falla, ésta puede ser medida:

- ✓ En metros cuadrados, totalizando metros cuadrados en la sección o muestra.
- ✓ En términos de cantidad de losas afectadas, totalizando el número en la sección o muestra; de existir en una misma losa dos manifestaciones se adopta el nivel de severidad de la fisura predominante. En ambos casos se registran separadamente las fallas según su severidad.

f) Fisuras Inducidas.



Descripción: Se incluyen bajo esta denominación un conjunto de fisuras de forma errática cuyo desarrollo en el pavimento es indicado por factores relativos a una inadecuada distribución de juntas o inapropiada inserción de estructuras u otros elementos dentro de las losas.

Posibles causas: Cuando el arreglo de juntas en un carril no es respetado en el carril contiguo, es muy probable que induzcan o reflejen en éste, fisuras que den continuidad a las juntas existentes. Esta situación se presenta también con frecuencia cuando se ejecutan parchados y el diseño de sus bordes o juntas, sus dimensionamientos o inclusive distancias mínimas o juntas existentes, no son respetadas; eventualmente este fisuramiento puede continuar subdividiendo los planos resultantes identificándose este caso particularmente como "Fisuras en Bloques"

Fisuras alrededor de estructuras pueden inducirse cuando no se proveen elementos de aislamiento que eviten restricción en el movimiento de las losas.

Niveles de Severidad: Se establecen tres niveles de severidad (bajo, mediano, alto) considerando ancho, condición y estado de los bordes de la fisura, de acuerdo con la siguiente guía:

B (Bajo) Existen algunas de las condiciones siguientes:

- Fisuras finas, no activas, de ancho promedio menor de 3 mm.
- Fisuras selladas de cualquier ancho, con el material de sello en condición satisfactoria.
- No hay signos visibles de despostillamiento y/o dislocamiento

M (Mediano) Existen algunas de las condiciones siguientes:

- Fisuras de ancho promedio entre 3 y 10 mm.

- Fisuras selladas, de cualquier ancho, con sello en condición satisfactoria.
- No hay signos visibles de despostillamiento y/o dislocamiento menor de 10 mm.

A (Alto) Existen algunas de las condiciones siguientes:

- Fisuras de ancho promedio mayor de 10 mm.
- Fisuras selladas o no, con despostillamiento severo y/o dislocamiento mayor de 10 mm.

Medición: Una vez identificada la severidad de la fisura, esta puede ser medida:

- ✓ En metros lineales, totalizando metros lineales en la sección o muestra.
- ✓ Registrándola por losa, totalizando el número de losas afectadas por "Fisuras Inducidas".

9) Deformaciones en estructuras de Pavimento de concreto hidráulico.

a) Levantamiento de losas



Descripción: Sobre-elevación abrupta de la superficie del pavimento, localizada generalmente en zonas contiguas a una junta o fisura transversal.

Posibles causas: Son causadas por falta de libertad de

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

Niveles de Severidad: Según la incidencia en la comodidad de manejo, se diferencian tres niveles de severidad (Bajo, Mediano y Alto) de acuerdo con la siguiente guía:

B (Bajo) Baja incidencia en la comodidad de manejo, apenas perceptible a velocidad de operación promedio.

M (Mediano) Moderada incidencia en la comodidad de manejo, genera incomodidad y obliga a disminuir velocidad de circulación.

A (Alto) El levantamiento causa un excesivo salto del vehículo, generando la pérdida de control del mismo, una sustancial incomodidad, y/o riesgo para la seguridad y/o daños al vehículo, siendo necesario reducir drásticamente la velocidad.

Medición: Los levantamientos se miden contando y registrando separadamente según su severidad, en general en términos de la cantidad existente de losas afectadas en una sección o muestra, de acuerdo con las premisas siguientes:

- ✓ Levantamiento en fisura cuenta como una losa afectada.
- ✓ Levantamiento en juntas se cuenta como dos losas afectadas.

b) Dislocamiento



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

Posibles causas: Es el resultado en parte del ascenso a través de la junta o grieta del material suelto proveniente de la capa inferior de la losa (en sentido de la circulación del tránsito) como también por depresión del extremo de la losa posterior, al disminuir el soporte de la fundación. Son manifestaciones del fenómeno de bombeo, cambios de volumen que sufren los suelos bajo la losa de concreto y de una deficiente transferencia de carga entre juntas.

Niveles de severidad: La severidad se determina en función del desnivel medido en correspondencia con las juntas, se diferencian tres niveles de severidad (Bajo, Mediano y Alto) de acuerdo con la siguiente guía:

B (Bajo) Diferencia de nivel de 3 a 10 mm.

M (Mediano) Diferencia de nivel de 10 a 20 mm.

A (Alto) Diferencia de nivel mayor de 20 mm.

Medición: Los dislocamientos se miden contando y registrando separadamente según su severidad, la cantidad existente en una sección o muestra, generalmente en términos de número de losas afectadas, de acuerdo a las siguientes premisas:

- ✓ El desplazamiento a través de una junta, se cuenta como una losa.
- ✓ El desplazamiento a través de una grieta es una falla combinada; no se computa como desplazamiento pero se considera al definir la severidad de la grieta.

La medición se efectúa a una distancia de 0.30 a 0.50 metros del borde externo de las losas. No se efectúa la medición en juntas afectadas por parchados temporales.

c) Hundimiento



Descripción: Depresión o descenso de la superficie del pavimento en un área localizada del mismo; puede estar acompañado de un fisuramiento significativo, debido al asentamiento del pavimento.

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

Niveles de severidad: Siendo en general de gran longitud de onda, se pueden diferenciar tres niveles de severidad (Bajo, Mediano y Alto) según su incidencia en la comodidad de manejo, de acuerdo con la siguiente guía:

B (Bajo) El hundimiento causa al vehículo un balanceo o salto característico, sin generar incomodidad.

M (Mediano) El hundimiento causa a los vehículos un significativo salto o balanceo, que genera incomodidad.

A (Alto) El hundimiento causa un excesivo salto que provoca una pérdida de control de los vehículos, siendo necesario recurrir a una reducción de velocidad.

Medición: Los hundimientos se miden contando y registrando separadamente según su severidad, la cantidad existente en una sección o muestra. Los resultados pueden computarse sobre la base de:

- ✓ Los metros cuadrados afectados.
- ✓ El número de losas afectadas.
- ✓ Simplemente el número de daños observados.

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

10) Desintegraciones en estructuras de Pavimento de concreto hidráulico.

a) Descascaramiento y fisuras capilares



Descripción: Descascaramiento es la rotura de la superficie de la losa hasta una profundidad del orden de 5 a 15 mm, por desprendimiento de pequeños trozos de concreto. Por fisuras capilares se refiere a una malla o red de fisuras superficiales muy finas, que se extiende solo

a la superficie del concreto. Las mismas que tienden a intersectarse en ángulos de 120°.

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

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

Niveles de severidad: Se diferencian tres niveles de severidad (Bajo, Mediano y Alto) según el tipo de daño y el área de la losa afectada, de acuerdo con la siguiente guía:

B (Bajo) Fisuras capilares se extienden sobre toda la losa; la superficie se encuentra en buena condición sin descascaramiento.

M (Mediano) La losa evidencia descascaramiento, pero estas son de reducida área, afectando menos del 10% de la losa.

A (Alto) La losa evidencia descascaramiento en áreas significativas, afectando más del 10% de la losa.

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

b) Pulimiento de la superficie

Descripción: Superficie de rodamiento excesivamente lisa por efecto del pulimiento de los agregados que la componen.

Posibles causas: Esta deficiencia es causada principalmente por el tránsito, el mismo que produce el

desgaste superficial de los agregados de naturaleza degradable, particularmente cuando el concreto es de calidad pobre y favorece la exposición de los mismos. Cuando el agregado en la superficie favorece la exposición de los mismos.

Cuando el agregado en la superficie llega a ser muy suave al tacto, la adherencia con las llantas de los vehículos se reduce considerablemente. La reducción de la fricción o resistencia al deslizamiento, puede alcanzar niveles de riesgo para la seguridad del tránsito. El pulimiento de los agregados puede ser considerado cuando un examen de cerca revela que el número de contactos con el agregado sobre la superficie es muy reducido y este presenta una superficie suave al tacto.

Niveles de severidad: No se definen niveles de severidad. El grado de pulimiento de la superficie debe ser significativo para ser informado.

Medición: De ser necesario puede medirse en metros cuadrados de superficie afectada.

c) Peladuras.

Descripción: Progresiva desintegración de la superficie del pavimento por pérdida de material fino desprendido de matriz arena cemento del concreto, provocando una superficie de rodamiento rugosa y eventualmente pequeñas cavidades.

Posibles causas: Son causadas por el efecto abrasivo del tránsito sobre concretos de calidad pobre, ya sea por el empleo de dosificaciones inadecuadas (bajo contenido de cemento, exceso de agua, agregados de inapropiada granulometría), o bien por deficiencias durante su ejecución (segregación de la mezcla, insuficiente densificación, curado defectuoso, etc.).

Niveles de severidad: Se diferencian tres niveles de severidad (Bajo, Mediano y Alto) según la magnitud de los desprendimientos, de acuerdo con la siguiente guía:

B (Bajo) Pequeñas peladuras muy superficiales, puntuales o concentradas en pequeñas áreas, como remiendos.

M (Mediano) Peladuras generalizadas, se extienden en la superficie dando lugar a una textura abierta, pero los desprendimientos se limitan a material fino, solo superficialmente.

A (Alto) Peladuras generalizadas, se extienden en la superficie dando lugar a una superficie muy rugosa, con desprendimiento de agregado grueso formando cavidades o pequeños baches superficiales.

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

d) Bache.



Descripción: Descomposición o desintegración la losa de concreto y su remoción en una cierta área, formando una cavidad de bordes irregulares.

Posibles causas: Los baches se producen por conjunción de varias causas: fundaciones y capas inferiores inestables; espesores del pavimento

estructuralmente insuficientes; defectos constructivos; retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas. La acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras en bloque, que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento, originando un bache.

Niveles de severidad; Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano, Alto) en función del área afectada y de la profundidad del bache, asociada ya sea a hundimientos como a la pérdida de material, de acuerdo a la siguiente tabla:

Profundidad máxima (cm)	Diámetro Promedio del Bache (cm)		
	Menor a 70	70 – 100	Mayor a 100
Menor de 2.5	B	B	M
De 2.5 – 5.0	B	M	A
Mayor de 5.0	M	M	A

Medición: Los baches descubiertos pueden medirse alternativamente:

- ✓ Contando el número de baches por cada nivel de severidad y registrando estos separadamente.
- ✓ Computando éstos en metros cuadrados de superficie afectada, registrando separadamente las áreas, según su nivel de severidad.

11) Deficiencias de juntas en estructuras de Pavimento de concreto hidráulico.

a) Deficiencias en material de sello

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



Posibles causas: Las causas más frecuentes para que el material de sello sea deficiente, son:

- ✓ Endurecimiento por oxidación del material de sello.
- ✓ Pérdida de adherencia con los bordes de las losas.
- ✓ Levantamiento del material de sello por efecto del tránsito y movimientos de las losas.
- ✓ Escasez o ausencia del material de sello
- ✓ Material de sello inadecuado

Niveles de severidad: Se diferencian tres niveles de severidad (Bajo, Mediano y Alto) de acuerdo con la siguiente guía:

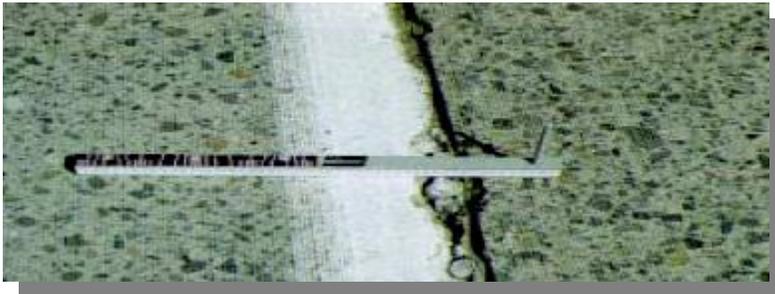
B (Bajo) El material de sello se encuentra en general en buena condición en toda la sección o muestra evaluada; pueden presentarse, pero solo en cantidad reducida, algunos de los defectos arriba indicados, pero no existe riesgo de infiltración de material incompresible.

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

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

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

b) Despostillamiento



Descripción: Rotura, fracturación o desintegración de los bordes de las losas dentro de los 0.60 metros de una junta o una esquina y generalmente no se extiende más allá de esa

distancia. Además no se extiende verticalmente a través de la losa sino que intersectan la junta en ángulo

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

Niveles de severidad: Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano y Alto) combinando el estado de las "piezas" que se forman por el fracturamiento en contacto con la junta, así como el ancho y longitud afectada, de acuerdo con la siguiente guía:

B (Bajo) Pequeños fracturamientos, que no se extienden más de 8 cm a cada lado de la junta, dan lugar a pequeñas piezas que se mantienen bien firmes, aunque ocasionalmente algún pequeño trozo puede faltar.

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

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

Medición: Se miden contando y registrando el número de juntas afectadas con cada nivel de severidad, expresándolos en términos de números de losas afectadas, de acuerdo a las siguientes premisas:

- ✓ Si el despostillamiento afecta un solo borde de la losa se controla como una losa con despostillamiento.
- ✓ Si el despostillamiento ocurre a cada lado de la junta, afectando dos losas adyacentes, se registra como 2 losas.
- ✓ Si el despostillamiento se observa en más de un borde de la misma losa se registra como una losa indicando el nivel de severidad correspondiente al borde más dañado.

c) Fisuras por mal funcionamiento de juntas

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



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

próxima a las mismas (doble junta).

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

Niveles de severidad: Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano y Alto) según las características de las fisuras y el estado del pavimento entre éstas y la junta correspondiente, de acuerdo con la siguiente guía:

B (Bajo) Existen algunas de las condiciones siguientes:

- ✓ Fisuras finas bien delgadas, de ancho menos de 3 mm.
- ✓ Fisuras selladas de cualquier ancho, con sello en condición satisfactoria; no hay signos visibles de despostillamiento y/o dislocamiento.

M (Mediano) Existen algunas de las condiciones siguientes:

- ✓ Fisuras de ancho promedio de 3 a 10 mm.

- ✓ Fisuras hasta 10 mm con despostillamiento y/o dislocamiento hasta 10 mm.
- ✓ Fisuras selladas de cualquier ancho, con sello en condición insatisfactoria.
- ✓ Por despostillamiento, el área entre la fisura y la junta ha comenzado a fracturarse en trozos pequeños.

A (Alto) Existen algunas de las condiciones siguientes:

- ✓ Fisuras de ancho promedio mayor de 10 mm.
- ✓ Fisuras, selladas o no, con despostillamiento y/o dislocamiento mayor de 10 mm.
- ✓ El área entre las fisuras y la junta se ha fracturado en trozos pequeños que se encuentran sueltos y/o removidos por el tránsito.

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

12) Otros deterioros en estructuras de Pavimento de concreto hidráulico.

a) Parchados y reparaciones para servicios públicos



Descripción: Un parche es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado, ya sea con un material similar o eventualmente diferente, para reparar el pavimento existente, también un

parchado por reparación de servicios públicos es un parche que se ha ejecutado para permitir la instalación o mantenimiento de algún tipo de servicio público subterráneo.

Los parchados disminuyen la serviciabilidad de la pista, al tiempo que pueden constituir indicadores, tanto de la intensidad de mantenimiento demandado por una carretera, como la necesidad de reforzar la estructura de la misma. En muchos casos, los parchados, por deficiente ejecución dan origen a nuevas fallas. Si bien los parches por reparaciones en servicios públicos se deben a causas bien diferentes, los niveles de severidad se definen en forma idéntica.

Niveles de severidad: Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano y Alto) de acuerdo con la siguiente guía:

B (Bajo) El parche se comporta satisfactoriamente, con muy poco deterioro.

M (Mediano) El parche se encuentra moderadamente deteriorado: se evidencia un moderado deterioro o descascaramiento alrededor de sus bordes y/o existe un pequeño

desnivel con el pavimento continuo; si se presentan daños en su interior, éstos afectan su superficie.

A (Alto) El parche está severamente dañado. La extensión o importancia de estos daños indican una condición de falla, siendo el reemplazo del parche necesario.

Medición: Se miden contando separadamente según su nivel de severidad, el número de losas afectadas en una determinada sección o muestra, de acuerdo a las siguientes premisas:

- ✓ Si una losa tiene uno o más parches con el mismo nivel de severidad, se cuenta como una losa conteniendo esa falla.
- ✓ Si una losa tiene parches con más de un nivel de severidad, se cuenta como una losa con el mayor nivel de severidad observado.

13) Técnicas para la conservación de pavimentos rígidos.

Se entenderá por conservación de pavimentos rígidos el conjunto de acciones que se llevan a cabo para que un pavimento, construido con anterioridad con losas de concreto hidráulico, continúe en condiciones adecuadas de operación, ofreciendo comodidad y seguridad al usuario.

a) Generalidades.

La pérdida de soporte en pavimentos de concreto hidráulico es una de las causas principales del deterioro (bombeo, agrietamiento y hundimiento de losas). Si se ha hecho un bombeo significativo y el soporte de la losa no se ha restaurado se observarán deflexiones altas, especialmente en zonas de gran aforo vehicular, y la tasa de deterioro se acelerará. Aún después de un recarpetado asfáltico, las deflexiones altas causarán severas grietas de reflexión. Por lo tanto, si la rehabilitación incluye o no un recarpetado asfáltico, es necesario estabilizar la losa existente si hay pérdida de soporte.

El término "Estabilización de Losas", se define como la inyección bajo presión de un material debajo de la losa y/o en la sub-base para llenar los huecos y proveer una capa delgada que reducirá las deflexiones y resistirá la acción de bombeo.

El propósito de la estabilización de losas es restaurar el soporte de la losa rellenando con material los huecos existentes en la base sin levantarla.

El término "Nivelación de Losas", se refiere al levantamiento de una losa en los puntos de depresión restaurándola a su posición y perfil original. El propósito es nivelar una depresión y restaurar la integridad del pavimento, sin reconstruirlo, mejorando notablemente su nivel de servicio al mínimo costo.

La estabilización y la nivelación de losas de concreto hidráulico o de recarpetado con asfalto se han llevado a cabo por muchos años; sin embargo, durante los últimos diez años se han ido perfeccionando estas técnicas y se han utilizado materiales más desarrollados, personal especialmente capacitado y equipo específicamente diseñado.

b) Materiales.

Los materiales que se han usado en trabajos convencionales de estabilización de losas son los siguientes:

- ✓ Mortero de cemento hidráulico, incluyendo cal, arena y estabilizantes como "filler".
- ✓ Cemento asfáltico oxidado de alta viscosidad.

Los morteros de cemento hidráulico se han usado más extensamente que los de cemento asfáltico. Un material de silicón y caucho espumoso ha sido probado recientemente en California con buenos resultados en la prevención de la acción futura de bombeo. Los morteros hidráulicos se usan extensivamente en la nivelación de losas.

c) Mezclas de mortero de cemento hidráulico.

Existen varias alternativas. Una mezcla de mortero de consistencia firme es utilizada para la nivelación de losas, más que para la estabilización. Los materiales que conforman el mortero influyen bastante en la consistencia, resistencia y durabilidad de la mezcla.

Generalmente se utilizan las siguientes:

- ✓ Mortero de cemento puzolánico (o fly ash).
- ✓ Mortero de cemento y cal.
- ✓ Mortero de cemento y arena fina.

La mezcla de mortero que se utilice para la estabilización de losas debe ser lo suficientemente líquida para fluir a pequeños huecos y desarrollar una resistencia adecuada y propiedades suficientes de durabilidad. El uso de mortero de cemento y arena fina no proporciona buenas características de flujo, especialmente cuando los huecos son pequeños y dispersos. El otro gran problema que ocurre con el uso de este material es la infiltración de arena en las juntas transversales, perjudicando así su funcionamiento. Las otras mezclas de mortero no causan este problema.

- ✓ Una mezcla recomendada para la estabilización de losas es la siguiente:
- ✓ Una parte por volumen de cemento Portland tipo I o II (el tipo III, debe ser especificado si se necesita resistencia rápida).
- ✓ Tres partes por volumen de puzolánico (natural o artificial) o cal.
- ✓ Agua para obtener la fluidez necesaria.
- ✓ Aditivos (Si requieren por clima o condiciones especiales locales).

No se debe aplicar esta mezcla en temperaturas ambientales menores de 10 °C. Por la variación en los materiales, el contratista debe ser obligado a proporcionar los resultados

de las pruebas de laboratorio mostrando las propiedades químicas y físicas del material, así como la fuerza de compresión (en uno, tres y siete días), contracción y expansión observadas y el tiempo de colocación inicial.

d) Cemento asfáltico.

Para la estabilización de losas, el cemento asfáltico debe caracterizarse por una baja penetración (por ejemplo 15 a 30) y un alto punto de reblandecimiento (82 a 93 °C). También debe tener una viscosidad adecuada para el bombeo, cuando tenga un calentamiento entre 204 y 232 grados °C. El uso de un grado normal de cemento asfáltico de pavimentación puede llevar a expulsar grandes cantidades de asfalto fuera de las juntas sobre la superficie del pavimento en el futuro.

El Instituto del Asfalto recomienda el uso de cementos asfálticos que reúnan los requerimientos de la especificación para estabilización AASHTO-M238 o ASTM-D31241.

e) Procedimiento para estabilización de losas con mortero de cemento.

La estabilización de losas con mortero de cemento hidráulico es casi un arte, y su éxito depende en gran parte de la experiencia del contratista. Por lo tanto, debe haber un período de experiencia, requiriendo trabajos anteriores. Se necesitan unas investigaciones adicionales para dar respuestas a varios problemas difíciles, asociados con la estabilización de losas. El presente instructivo tiene como función servir de guía general, y con experiencia las ciudades medias pueden reducir substancialmente sus costos de mantenimiento utilizando estas técnicas.

f) Localización de Áreas que Necesitan Estabilización de Losas.

La estabilización de losas se debe hacer solamente en las juntas y en las fracturas donde exista la pérdida de soporte. Se dan las recomendaciones generales siguientes:

✓ Pavimentos de Losas de Concreto.

El bombeo con frecuencia se presenta en las juntas y fracturas transversales. La estabilización de losas se debe considerar solamente en estos lugares. Si hay una evidencia de bombeo a lo largo de las orillas de la losa entre las juntas, la estabilización de losas debe ser considerada también a lo largo de las orillas.

✓ Pavimentos Continuos de Concreto Reforzado.

El bombeo ocurre a través del carril exterior del pavimento, o sea, el carril de máxima carga vehicular y más usualmente en hundimientos o depresiones localizadas, resanes existentes y perforaciones.

La estabilización de losas generalmente se debe realizar sólo en áreas localizadas de deflexiones altas o donde se observe el bombeo. Si hay una prueba visual de bombeo extenso a lo largo de todo el proyecto, la mayoría de éste se debe considerar para cubrirse con la estabilización de losas.

- ✓ Reparaciones por todo el Espesor de la Losa. (Full-Depth Repair).

La estabilización de losas debe ser realizada en todas las reparaciones existentes de "Full Depth" mostrando cualquier evidencia de bombeo o sedimentación, esto alargará la vida de la reparación y de las losas de alrededor.

La pérdida de soporte (o huecos en la base) se evalúa empleando el método de ensayos no destructivos. Hay métodos que usan un dispositivo de carga pesada (Prueba de Placa) capaz de adaptarse a cargas niveladas y excedentes como las cargas de camión, es usado para estudiar las deflexiones del borde. La medición de deflexiones bajo las cargas pesadas permite una evaluación real y puntual del soporte de base. Algunos huecos son detectados debajo de la base estabilizada, los cuales pueden ser localizados con deflexiones por carga pesada.

g) Procedimientos para la Estabilización de Losas.

Después de que se localizan las áreas específicas de estabilización de losas, se puede comenzar su reparación. El bombeo y los huecos generalmente ocurren en la vía externa de tránsito porque la mayoría de los camiones pesados la utilizan. Por lo tanto, en muchos casos, es probablemente el costo efectivo para estabilizar solamente las losas de los carriles de máxima carga vehicular. El primer paso es la localización del sitio para las perforaciones y la definición de su profundidad. La secuencia de perforaciones puede variar dependiendo de los resultados obtenidos durante la ejecución del trabajo. Si existen grietas de media o alta severidad que no están incluidas en la lista para la reparación de "Full Depth", deben ser tratadas como juntas.

La perforación de 5 centímetros de diámetro se realiza con un extractor de corazones, penetrando más allá del fondo de la losa cuando una sub-base granular se presente. Si la subbase está estabilizada (con cemento o asfalto) el pavimento deberá ser perforado hasta el fondo de la sub-base. Frecuentemente los huecos existen debajo de la sub-base estabilizada y es importante que éstos se rellenen.

Se debe tener cuidado en presionar en forma inclinada en la perforación para no descascarar el fondo de la losa.

Después de que los baches son perforados, un obturador o tapón de caucho conectado a la manguera de descarga en la bomba de presión del mortero es puesto dentro de los agujeros.

La descarga final del obturador no es extendida bajo la superficie más profunda de la losa de concreto.

El proceso de bombeo puede variar considerablemente. Se requiere mucho cuidado durante la inyección del mortero. El propósito es estabilizar la losa relleno los huecos existentes con mortero y no levantar la losa.

El levantamiento de losas causa la creación de nuevos huecos, el sobre-esfuerzo de la losa y, eventualmente, agrietamiento y fracturación.

Las especificaciones del proyecto deben permitir el levantamiento de la losa por no más de 3 milímetros para cualquiera de sus bordes, por lo tanto, será necesario un dispositivo para monitorear el levantamiento.

h) Eficacia de Estabilización de Losas.

La eficacia de la estabilización de losas en cada proyecto se demuestra por el monitoreo del pavimento sobre tiempo.

El mejor y más rápido indicador de la suficiencia de la obra se obtiene midiendo las deficiencias con la viga Benkelman, después de la inyección del mortero para asegurar que la losa tendrá pleno soporte. Es aconsejable realizar esta prueba antes de realizar el último pago al contratista, señalando las normas de la prueba dentro de las especificaciones del trabajo. La deflexión bajo la carga del eje equivalente, 8.2 toneladas, no debe exceder de 0.7 milímetros.

i) Estimación de Cantidades de Material para Estabilización de Losas.

La cantidad de mortero que se requiere para rellenar los huecos y estabilizar losas depende de la condición del pavimento, especialmente la acción de bombeo. Los intentos de utilizar métodos mecánicos para estimar la cantidad de material para estabilización de losas requieren equipo especializado y su aplicación para los proyectos típicos de vialidad urbana tiene un costo efectivo alto. Cuando el bombeo es evidente en unas losas aisladas, se justifica la estabilización puntual.

En proyectos de rehabilitación o mantenimiento intensivo que van a evaluarse estructuralmente por ensayos no destructivos con viga Benkelman, es recomendable medir las deflexiones en cada junta transversal e inyectar el material estabilizante, únicamente en las losas donde las deflexiones excedan las normas. Se puede estimar un volumen 0.03 a 0.1 m³. de mortero estabilizante para cada junta.

j) Procedimientos de estabilización con asfaltos.

La técnica de estabilización con asfalto requiere un alto control de calidad y es aconsejable otorgar estos trabajos únicamente a contratistas con experiencia en estos proyectos.

✓ Localización de Áreas que deben tratarse.

Frecuentemente se aplica este procedimiento sobre toda la longitud de los tramos que han presentado bombeo, agrietamiento y otros deterioros asociados con la inestabilidad o erosión de la base. Sin embargo, es recomendable utilizar los ensayos no destructivos para precisar las juntas que deben ser tratados y contratar trabajos únicamente en las losas así afectadas.

Para inyectar el material en las losas afectadas, se debe perforar la losa cada 3 metros longitudinalmente a través del eje central de cada carril, ajustando las distancias para evitar que se haga una perforación dentro de un metro de una junta existente (longitudinal o transversal). Para estabilizar las esquinas de las losas, se debe perforar un metro desde la junta en cada lado de ella, y un metro desde la losa más cercana a la esquina.

✓ **Actividades de Estabilización.**

Una vez perforada la losa se debe secar el material por debajo, introduciendo aire comprimido bajo presión de 70 psi, para cada perforación durante un periodo comprendido entre los 15 - 60 segundos (dependiendo del clima), antes de empezar la inyección del asfalto. Si se estima imposible secar los huecos en este tiempo, es recomendable postergar la actividad, ya que la calidad del trabajo se afecta por el agua. De acuerdo al juicio del ingeniero, se puede adoptar uno de los procedimientos siguientes:

a) Calentar el asfalto hasta el rango comprendido entre los 204 - 232 °C antes de empezar a bombear. Dejar circular el material en la bomba y manguera para normalizar la temperatura del equipo y asegurar flujo libre. Después de secar la base con el aire comprimido se introduce el material en cada perforación bajo presión entre el rango de los 40 - 60 psi hasta que los huecos se rellenen o se vea el asfalto saliendo de las juntas, o la losa empiece a levantarse ligeramente. Cuando se termine de bombear, quitar la manguera y se cerrar la perforación con tapón de madera para mantener la presión hasta que se enfríe el material.

b) Seguir el procedimiento anterior, dejando que la losa se levante entre 2 y 3 milímetros antes de que se deje de bombear el asfalto. Esta alternativa requiere que se coloque un medidor sobre la junta más cercana a la perforación.

✓ **Cuantificación del Asfalto.**

La cantidad de asfalto inyectado por cada perforación depende de cual de los procedimientos anteriores se haya elegido y de la magnitud de los huecos que existan por debajo de la losa. Donde el bombeo de las juntas no sea muy evidente, se puede estimar el empleo de unos 35 - 40 litros de asfalto para cada perforación. En lugares donde el bombeo sea evidente, es probable que se necesiten entre 120 y 150 litros de asfalto por perforación.

k) Trabajos paralelos.

La estabilización de losas, bien realizada, disminuirá las deflexiones en las juntas y fracturas donde el material de la losa de concreto hidráulico se haya erosionado o de alguna manera debilitado. Sin embargo, el beneficio de este trabajo no será permanente si no se elimina la causa del problema, que generalmente es una deficiencia del sistema de drenaje que se manifiesta por la penetración del agua pluvial y su retención en el pavimento durante varios días después de una lluvia normal. La falta de mantenimiento del sellante en las juntas es la causa principal de penetración del agua superficial. Otro

factor es una deficiencia en la operación de juntas transversales por mala transferencia de la carga dinámica del tránsito y que resulta en deflexiones excesivas en las juntas y esquinas.

Cada vez que se realice la estabilización de losas se debe evaluar la necesidad de ejecutar las tres actividades siguientes:

- ✓ Mejorar el sistema de subdrenaje.
- ✓ Sellar todas las juntas, fracturas y grietas existentes. y/o,
- ✓ Adecuar los mecanismos de transferencia de carga entre losas (pasajuntas).

I) Nivelación de Losas.

La nivelación de losas consiste en el bombeo de mortero por debajo de la losa, bajo suficiente presión, como para levantarla hasta que se restaure el perfil original del pavimento.

El asentamiento o hundimiento de losas que resulte en una superficie rugosa puede ocurrir en cualquier tramo de un pavimento, pero, frecuentemente se observa este daño en secciones de relleno, sobre alcantarillas y en los accesos a puentes.

✓ Perforación de Losas.

Para inyectar el mortero que debe introducirse para levantar las losas, es necesario perforarlos de la misma manera de la estabilización. Para localizar las perforaciones, es conveniente considerar el procedimiento como si fuera un levantamiento con un gato hidráulico, perforando la losa en los lugares donde se colocarían los gatos, si fuera posible meterlos por debajo de la losa.

Para evitar que una losa se fracture, es importante evitar que la presión sea excesiva en los puntos de inyección. Por esto, se recomienda que las perforaciones se coloquen entre 1.5 y 1.8 metros entre sí para no levantar una área mayor de 2.8 m².

La presión que levanta la losa disminuye en proporción a la distancia de la perforación. Cuando la losa está agrietada, se requieren más perforaciones para reducir la presión puntual alrededor de las grietas. Las perforaciones deben de colocarse a menos de 30 centímetros de las juntas y bordes de las losas, ni a más de 45 centímetros. Las fracturas y grietas severas aisladas se consideran como si fueran juntas en la colocación de las perforaciones. Cuando es imposible seguir estas normas por la localización de unas fracturas muy seguidas, hay que programar una reparación "full depth".

Para eliminar bombeo de juntas donde todavía no hay asentamiento de la losa, se necesita un mínimo de dos perforaciones.

✓ Procedimiento de la Nivelación.

Es importante monitorear el proceso de levantamiento para asegurar que el perfil alcance al terminar el proceso, el nivel y perfil de diseño. El método de cuerda en tensión (con

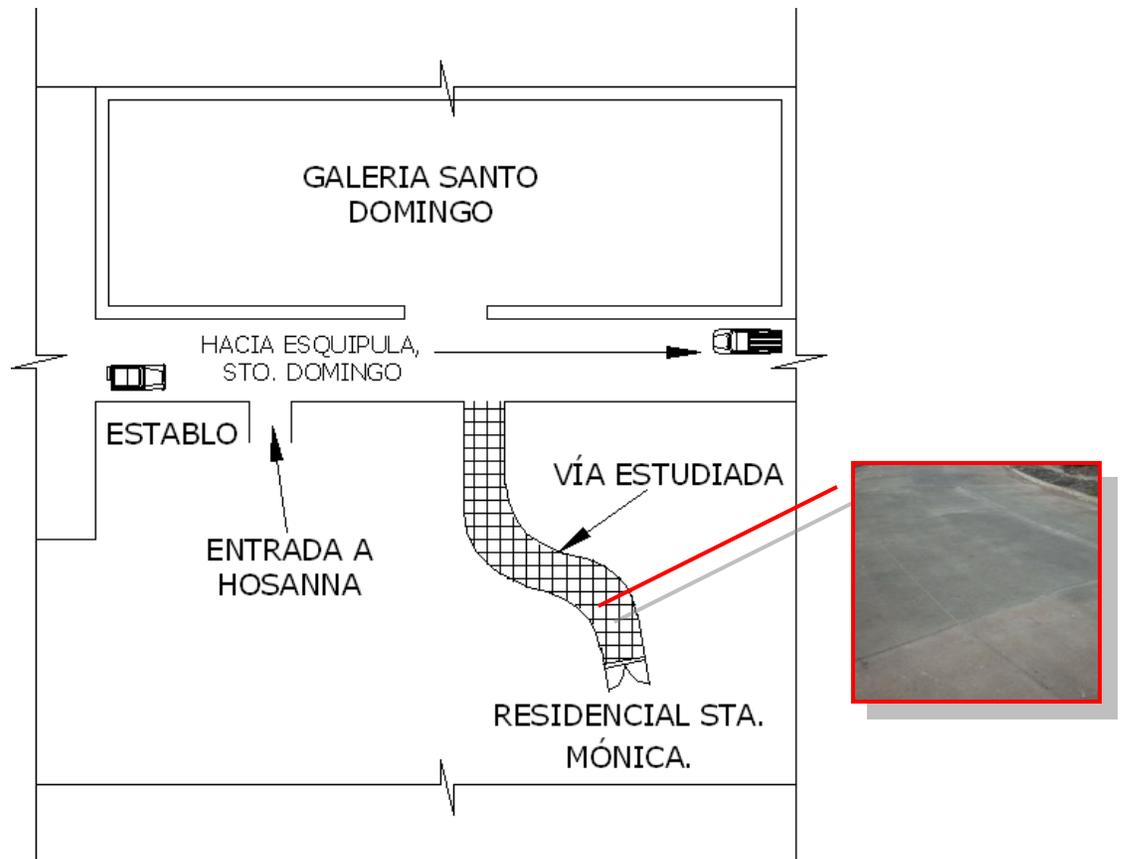
instrumentos de topografía, cuando se trata de proyectos largos) es el método más fácil de control del avance de la obra. Con la cuerda fijada por lo menos 3 metros sobre la depresión y utilizando radios de 2 cm. en las superficies alrededor las juntas, se controla el levantamiento y la duración del bombeo de mortero por cada perforación. Este método puede alcanzar el perfil con tolerancias de 6 a 9 milímetros.

El levantamiento por la inyección bajo presión del mortero debe limitarse a 2.5 centímetros por cada perforación para evitar exceso de presión puntual y fracturamiento de la losa. Con un buen control, se asegura una presión equilibrada por debajo de toda la losa y se garantiza un resultado duradero.

5) EJEMPLOS DE DETERIORES DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS DE RÍGIDOS EN NICARAGUA.

A) Ejemplo N° 1: Vía de acceso a Residencial Santa Mónica, Managua.

a) Mapa de Localización de la vía bajo análisis.



Sin escala.

- b) **Tiempo de construida:** 1 año como máximo.
- c) **Institución o empresa que llevo a cabo la obra:** CEMEX de Nicaragua.
- d) **Deterioros encontrados en la vía.**

Fisura de esquina y presencia de descascaramiento.

Descripción:

- La fisura de esquina es aquella que intersecta la junta o borde que delimita la losa a una distancia menor de 1.30 metros a cada lado. La fisura de esquina se extiende verticalmente a través de todo el espesor de la losa.
- Descascaramiento es la ruptura de la superficie de la losa hasta una profundidad del orden de 5 a 15 mm, por desprendimiento de pequeños trozos de concretos.

Causas:

El primer deterioro que se manifestó en esta losa fue la fisura de esquina, producto de la repetición de cargas pesadas. Deberá recordarse que en esta zona para llevar a cabo la construcción de La Residencial Santa Mónica, existe la presencia de vehículos que circulan cargados del material necesario para llevar a cabo la obra. Otra razón por la cual se pudo dar esta falla es por la deficiente transferencia de carga a través de las juntas lo que produce altas deflexiones en las esquinas.

Una vez que la fisura de esquina siguió progresando y por la falta de mantenimiento de la vía aparece la segunda falla localizada en este tablero de losa y corresponde al descascaramiento de la estructura de pavimento en el área afectada. Cuando fisura de esquina aumenta su ancho producto del constante tráfico vehicular, da lugar a la introducción de materiales incompresibles dentro de la grieta, en el instante que la losa se expande con el incremento de las temperaturas, los materiales incompresibles alojados dentro de la grieta, evitarán el movimiento de expansión de las losas que tienden a cerrar las juntas, induciéndose tensiones de compresión a lo largo de la paredes generando el descascaramiento del concreto en su parte inferior como es en este caso.

Forma de medir:

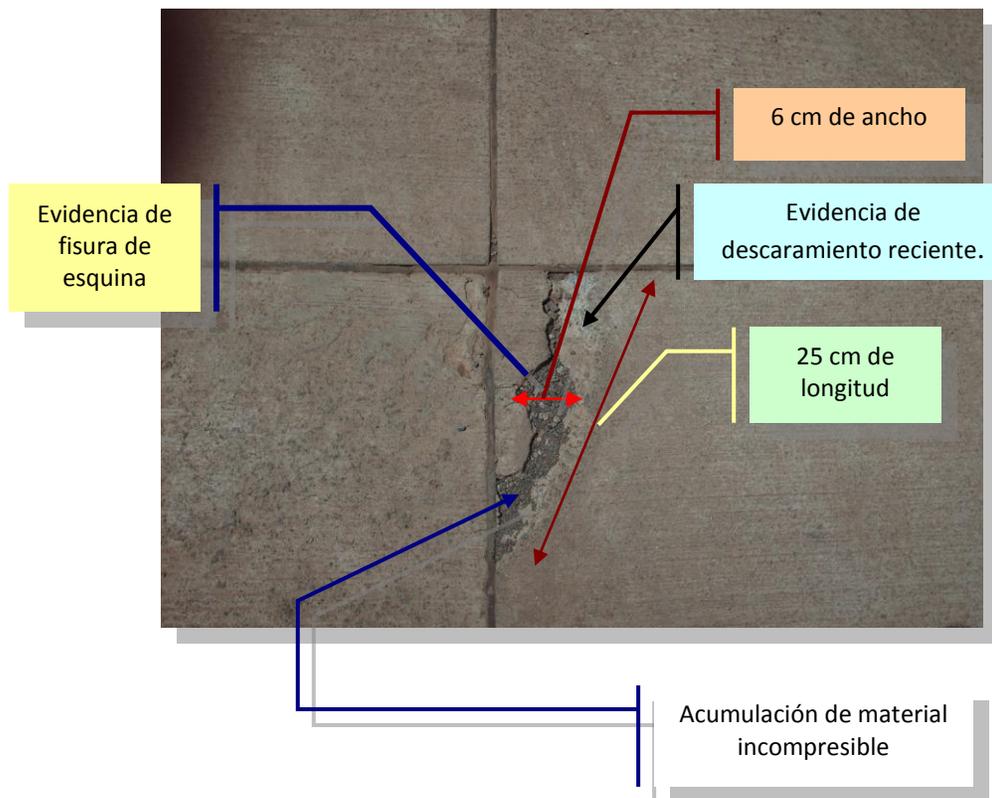
Medición de Fisura de esquina:

- ✓ Número de tableros muestrales afectados: 1 tablero.
- ✓ Ancho de fisura: 6 centímetros.
- ✓ Nivel de severidad: Alto, catalogado dentro de este rango por ser una fisura de ancho mayor a 10 mm.

Medición de Descascaramiento.

- ✓ Número de tableros muestrales afectados: 1 tablero
- ✓ Profundidad: 1 centímetro.
- ✓ Nivel de Severidad: Mediano, catalogado en este rango por evidencia de descascaramiento y afectando menos del 10% del losa.

Foto de Deterioro.

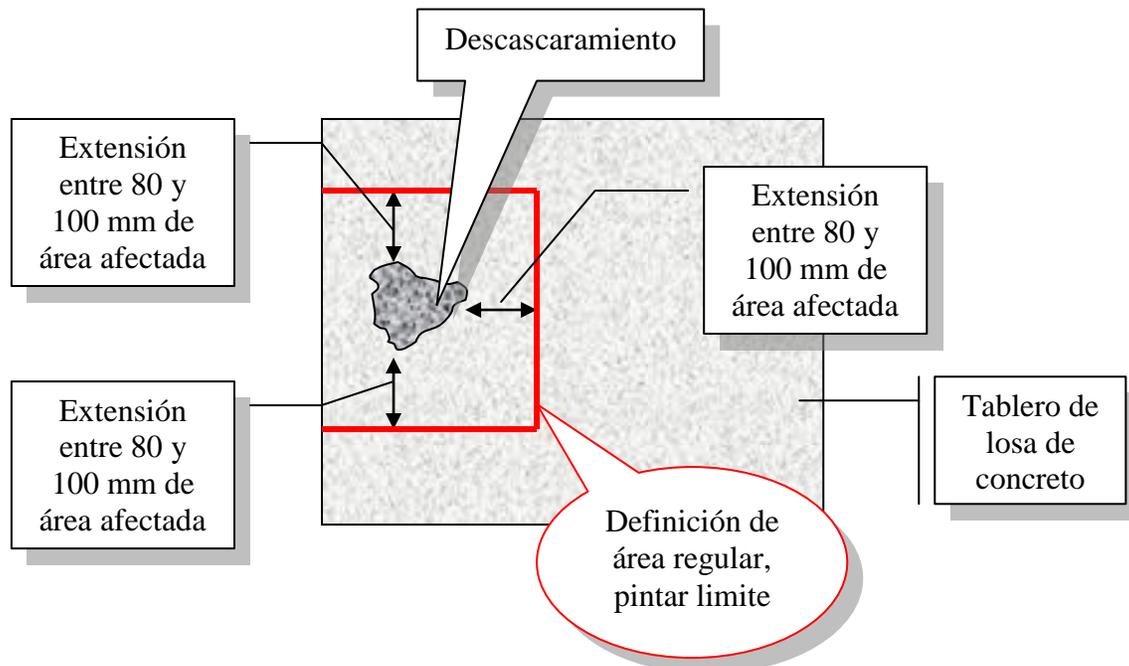


Como podrá observarse en la foto, existen los dos tipos de deterioros en esta losa, localizándose en la esquina, además existe la presencia de arenas en el interior de la grieta, así como la evidencia del progresivo deterioro de la losa por la falta de mantenimiento.

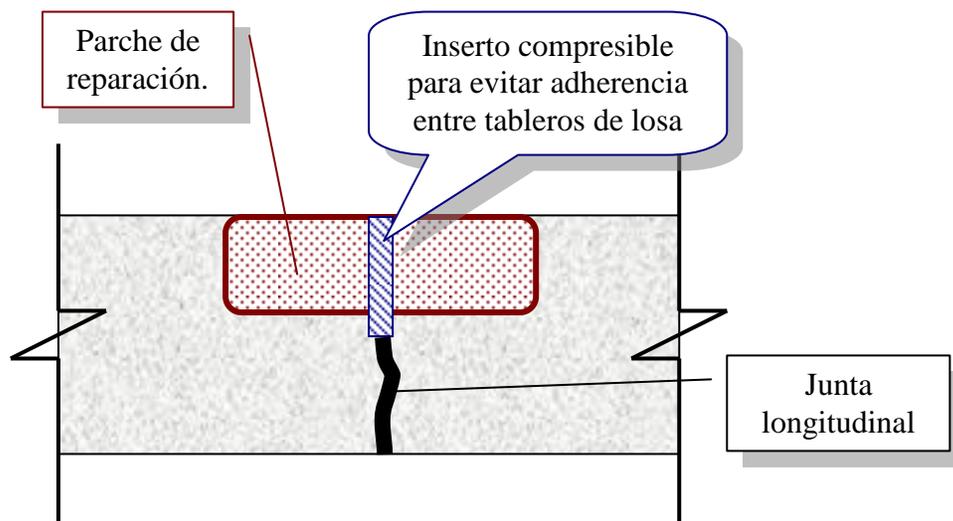
Proceso de reparación.

Como el descascaramiento es en la parte superior de la losa y el nivel de severidad de la fisura de esquina es Alto, es un indicativo de remover el área afectada por medio de reparaciones parciales.

- ✓ Definir el área a remover (entre 80 a 100 mm mas allá de las área afectada).
- ✓ Definir áreas cuadradas y rectangulares para que la remoción del concreto sea más fácil.
- ✓ Pintar los límites de remoción.



- ✓ Efectuar un corte con una sierra alrededor del perímetro del área a reparar. El corte de la sierra debe tener una profundidad mínima de 40 mm.
- ✓ La superficie se debe remover en una profundidad mínima de 40 mm con herramientas neumáticas ligeras hasta que quede expuesto el concreto sano.
- ✓ Retirar los escombros con herramientas manuales cincelado una vez que se haya utilizado la herramientas neumáticas.
- ✓ Como nuestra remoción se efectúa cerca de una junta longitudinal y transversal, antes de verter el concreto se debe colocar un inserto incomprensible para evitar la adherencia entre tableros adyacentes.



Fisura de longitudinal.

Descripción:

- Fracturamiento de la losa que ocurre aproximadamente paralela al eje de la vía, dividiendo la misma en dos planos.

Causas:

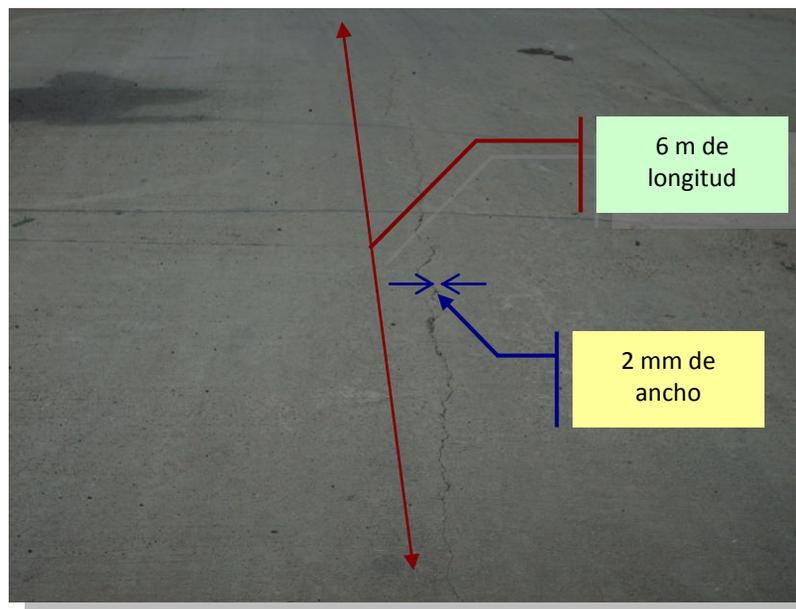
Producto de la repetición de cargas pesadas. Deberá recordarse que en esta zona para llevar a cabo la construcción de La Residencial Santa Mónica, existe la presencia de vehículos que circulan cargados del material necesario para llevar a cabo la obra.

Perdida de soporte de la fundación, debido a la existencia de suelos malos, debe recordarse que la mayoría de los suelos de Managua están compuestos por escoria volcánica y que son malos suelos para cimentar obras es por tal motivo que ocurren un alabeo de la losa debido a la repeticiones de cargas de tránsito lo que ocasiona el fracturamiento de la misma por fatiga del concreto.

Forma de medir:

- ✓ Número de tableros muestrales afectados: 3 tablero.
- ✓ Ancho de fisura: 2 milímetros.
- ✓ Nivel de severidad: Bajo, catalogado dentro de este rango por ser una fisura de ancho promedio menor a 3 mm.

Foto de Deterioro.

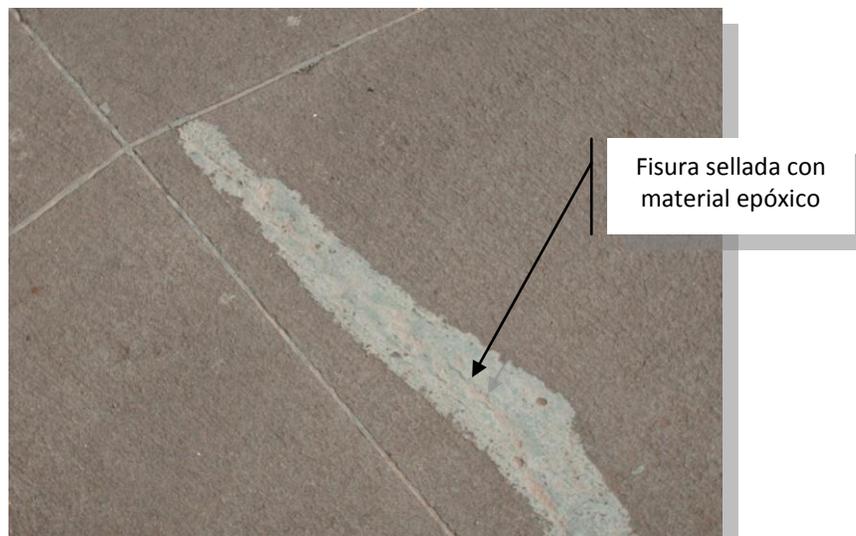


Como podrá observarse en la foto, la longitud de la grieta es considerable y puede inducirse que es producto del alabeo de la losa por estar presente a lo largo de tres tableros que conforman la estructura de soporte de pavimento rígido.

Proceso de reparación.

Como hemos catalogado su severidad como baja debido al ancho de la fisura, el proceso de reparación recomendado es el sellado de grietas con material mástil asfáltico, pero antes debe de limpiarse el área afectada con herramientas manuales adecuadas que permitan la remoción de materiales ajenos a la estructura del pavimento; luego de haber removido todo el material se debe de barrer la fisura con una escobilla de acero para asegurar la eliminación de cualquier material extraño.

El espesor del material sellante será como mínimo de 15 mm, y deberá quedar entre 4 y 5 mm, por debajo de la superficie del pavimento.



Reparación de una fisura. (Esta foto corresponde a la misma vía).

Fisura de esquina.

Descripción:

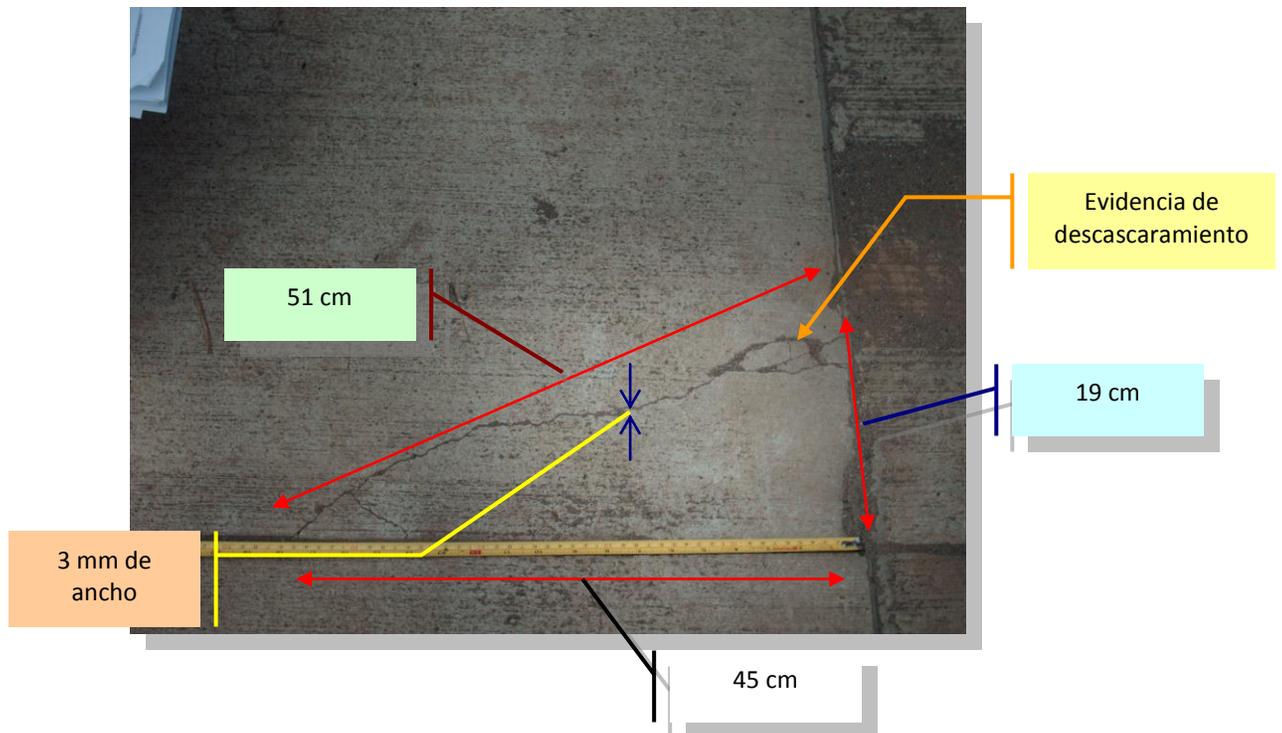
La fisura de esquina es aquella que intersecta la junta o borde que delimita la losa a una distancia menor de 1.30 metros a cada lado. La fisura de esquina se extiende verticalmente a través de todo el espesor de la losa.

Causas:

Producto de la repetición de cargas pesadas. Deberá recordarse que en esta zona para llevar a cabo la construcción de La Residencial Santa Mónica, existe la presencia de vehículos que circulan cargados del material necesario para llevar a cabo la obra.

Forma de medir:

- ✓ Número de tableros muéstrales afectados: 1 tablero.
- ✓ Ancho de fisura: 3 milímetros.
- ✓ Nivel de severidad: Mediano, catalogado dentro de este rango por ser una fisura de ancho promedio a 3 mm y con una longitud alrededor de 51 cm.

Foto de Deterioro.

Como podrá observarse en la foto, la longitud de la grieta es mayor y considerable para efectuarse a la mayor brevedad la reparación. Hay indicio de descascamiento y se podrá observar en esta zona la acumulación de arenas la que propiciarán los efectos de tensión en las paredes de la losa y el posterior descascamiento del concreto.

Proceso de reparación.

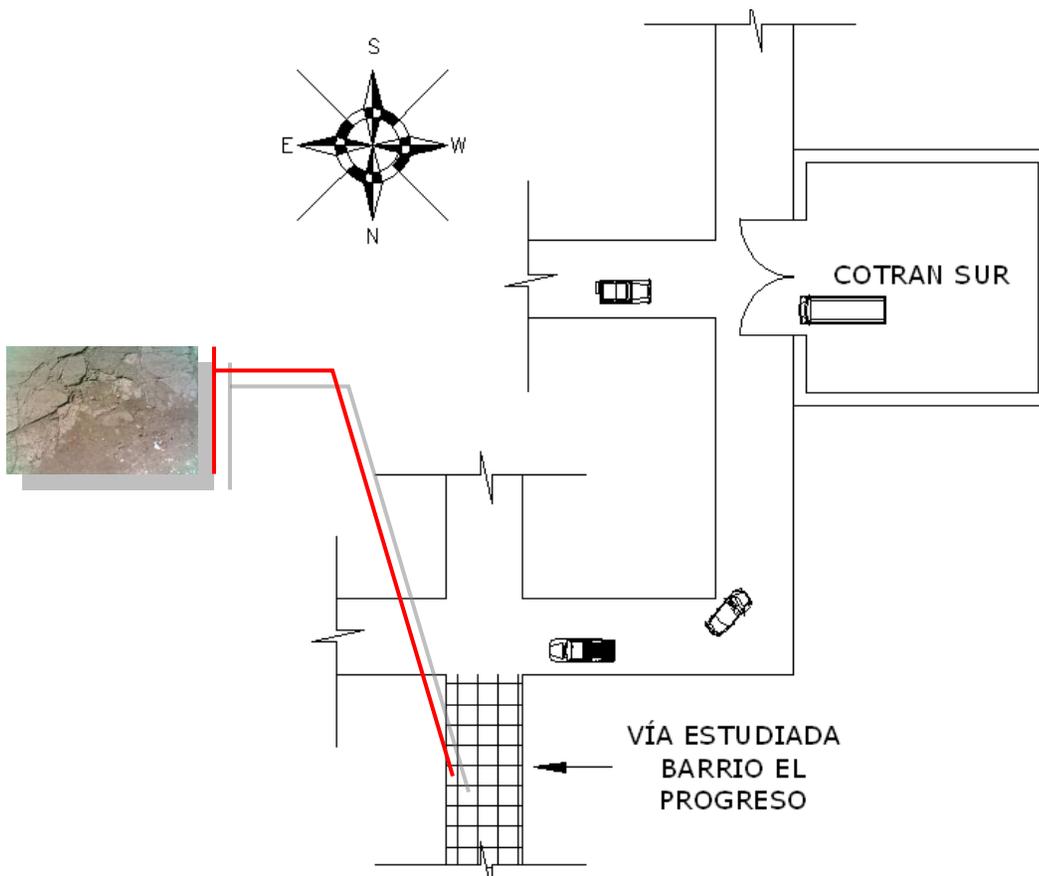
Como hemos catalogado su severidad como medio debido al ancho de la fisura, el proceso de reparación recomendado es el sellado de grietas con material mástil asfáltico, pero antes debe de limpiarse el área afectada con herramientas manuales adecuadas que permitan la remoción de materiales ajenos a la estructura del pavimento; luego de haber removido todo el material se debe de barrer la fisura con una escobilla de acero para asegurar la eliminación de cualquier material extraño.

El espesor del material sellante será como mínimo de 15 mm, y deberá quedar entre 4 y 5 mm, por debajo de la superficie del pavimento.

Este proceso de reparación deberá efectuarse lo más pronto posible para evitar la reparación parcial y la remoción del concreto.

B) Ejemplo N° 2: Vía Barrio el Progreso, Matagalpa.

a) Mapa de Localización de la vía bajo análisis.



Sin escala

- b) **Tiempo de construida:** 3 años como máximo.
- c) **Institución o empresa que llevo a cabo la obra:** Alcaldía Municipal de Matagalpa.
- d) **Deterioros encontrados en la vía.**

Fisura de Esquina y Despostillamiento

Descripción:

- La fisura de esquina es aquella que intersecta la junta o borde que delimita la losa a una distancia menor de 1.30 metros a cada lado. La fisura de esquina se extiende verticalmente a través de todo el espesor de la losa.
- Despostillamiento: Fracturación o desintegración de los bordes de las losas dentro de los 0.60 metros de una junta o esquina.

Causas:

Fisura de esquina:

Producto de la repetición de cargas de tránsito, provocando la fatiga del concreto más la acción drenante lo que ocasiona la erosión del apoyo en la fundación.

Despostillamiento:

Excesivas tensiones en las juntas ocasionadas por las repeticiones del tránsito y la infiltración de materiales incompresibles debido al inadecuado sellado de juntas tanto longitudinales como transversales.

Forma de medir:

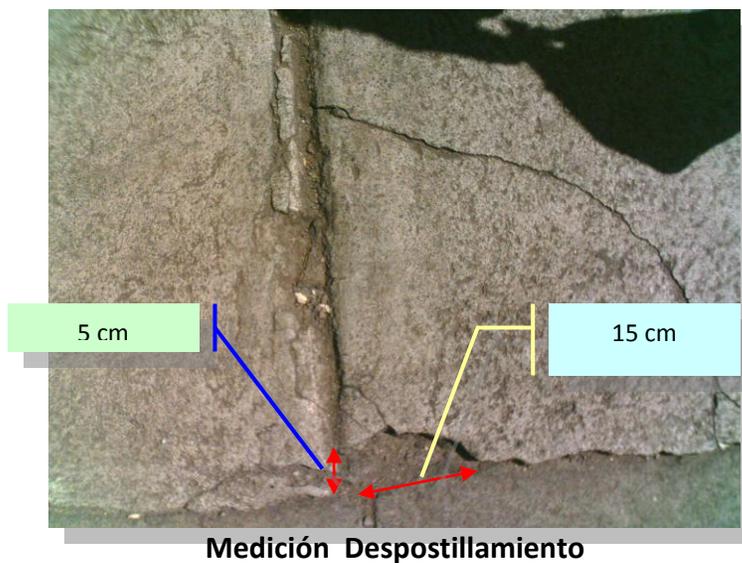
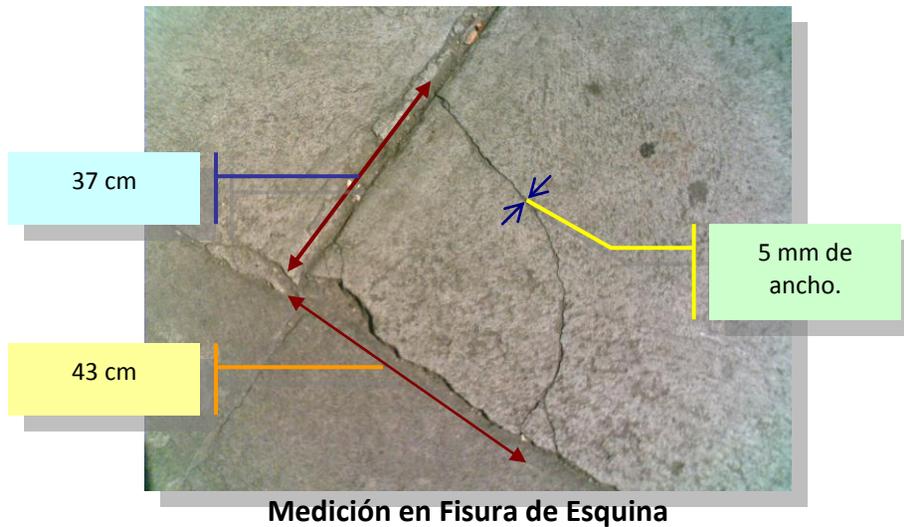
Medición de Fisura de esquina:

- ✓ Número de tableros muestrales afectados: 1 tablero.
- ✓ Ancho de fisura: 5 mm.
- ✓ Nivel de severidad: Mediano, catalogado dentro de este rango por ser una fisura de ancho entre 3 y 10 mm.

Medición de Despostillamiento:

- ✓ Número de tableros muestrales afectados: 1 tablero.
- ✓ Altura: 2 centímetros.
- ✓ Nivel de severidad: Mediano, catalogado dentro de este rango por tener una profundidad menor de 25 mm, falta el trozo deteriorado y se extiende a cada lado de la junta en más de 8 centímetros en un lado.

Foto de Deterioro.

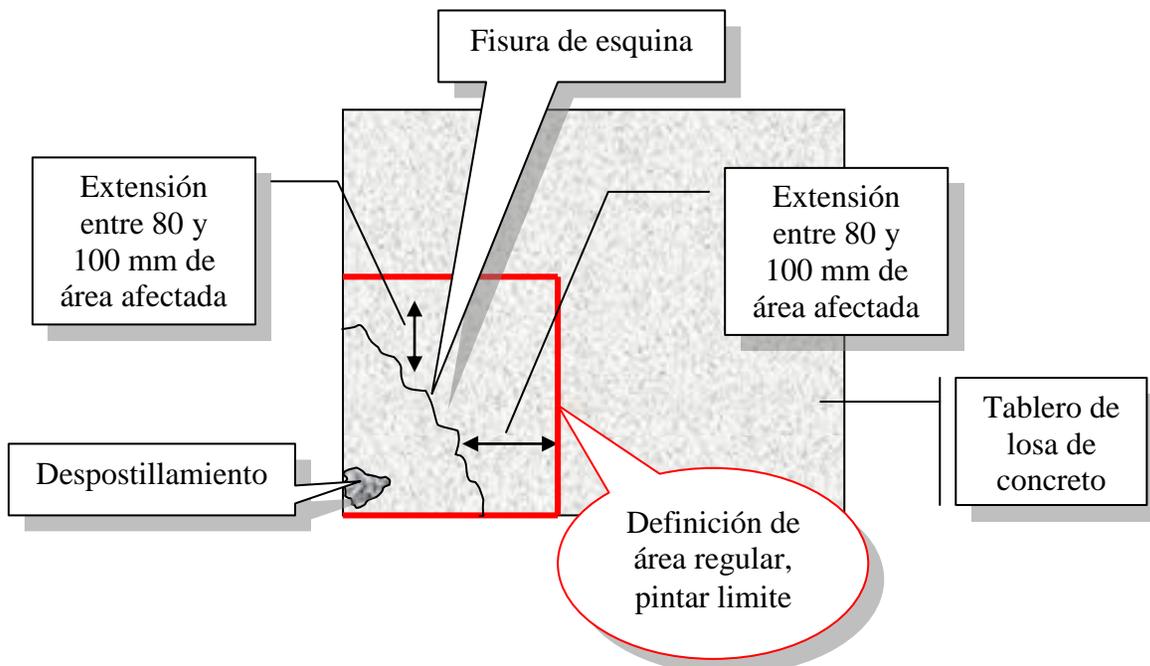


Como podrá observarse en ambas foto que existen los dos tipos de deterioros en esta losa, localizándose en la esquina, el despostillamiento da lugar a la infiltración del agua y acumulación de materiales incompresibles en las caras de la junta longitudinal y transversal del tablero de la losa.

Proceso de reparación.

Como los niveles de los deterioros son medianos, la fisura de esquina es de 5mm y el despostillamiento es considerable en extensión se recomienda la remoción parcial de un tablero de la losa que abarque desde la esquina de este mas 80 mm más allá de la fisura de esquina.

- ✓ Definir el área a remover (entre 80 a 100 mm mas allá de las áreas afectada).
- ✓ Definir áreas cuadradas y rectangulares para que la remoción del concreto sea más fácil.
- ✓ Pintar los límites de remoción.



- ✓ Efectuar un corte con una sierra alrededor del perímetro del área a reparar. El corte de la sierra debe tener una profundidad mínima de 40 mm.
- ✓ La superficie se debe remover en una profundidad mínima de 40 mm con herramientas neumáticas ligeras hasta que quede expuesto el concreto sano.
- ✓ Retirar los escombros con herramientas manuales cincelado una vez que se haya utilizado la herramientas neumáticas.
- ✓ Como nuestra remoción se efectúa cerca de una junta longitudinal y transversal, antes de verter el concreto se debe colocar un inserto incomprensible para evitar la adherencia entre tableros adyacentes.

Hundimiento

Descripción:

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

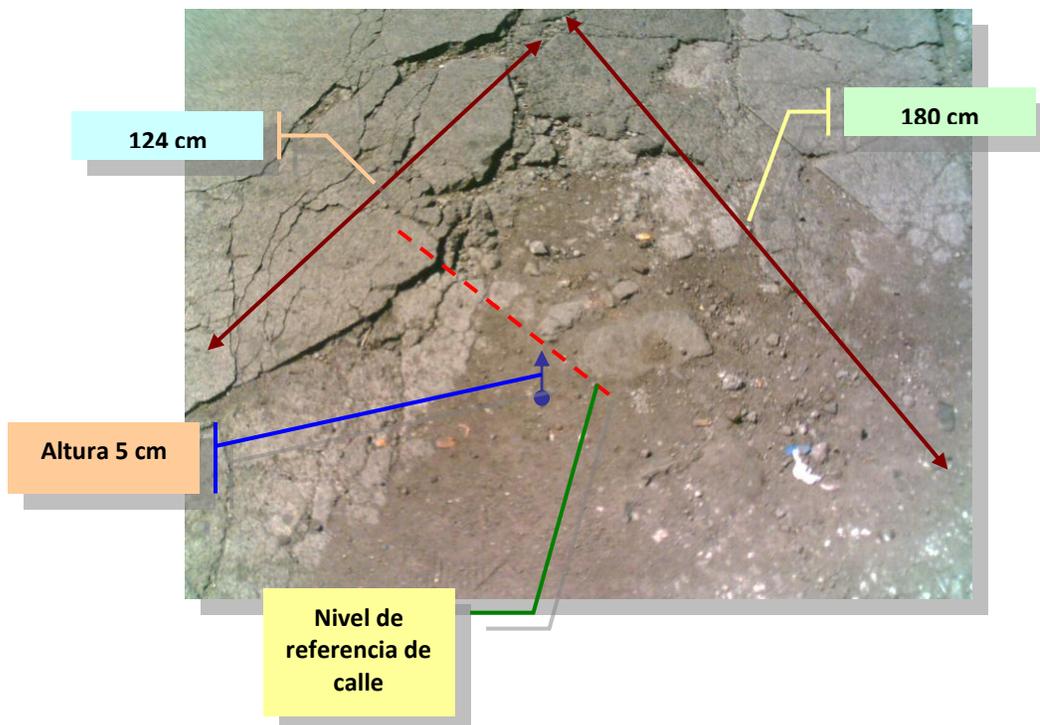
Causas:

Debido a la consolidación en la subrasante, ocurriendo el descenso del material de relleno, por la inadecuadas técnicas de mejoramiento de la estructuras de sub-base y base que generalmente se presentan en las ciudades que no buscan la información técnica para la construcción de las obras viales.

Forma de medir:

- ✓ Número de tableros muestrales afectados: 1 tablero.
- ✓ Área afectada: 2.232 m²
- ✓ Altura: 5 cm.
- ✓ Nivel de severidad: Mediano, el hundimiento causa a los vehículos un significativo salto que genera incomodidad.

Foto de Deterioro.



Si se observa con atención la foto, podrá localizarse en algunas áreas el descenso de la estructura de pavimento rígido, por efectos del tránsito y por la falta de mantenimiento este deterioro se ha convertido en un bache que afecta la comodidad y seguridad del tránsito que circula por la vía.

Proceso de reparación.

- ✓ Como los niveles de los deterioros son medianos, y la altura es de 5 centímetros, se recomienda la reparación a profundidad total.
- ✓ Todos los parches deben de tener mínimo las siguientes dimensiones: ancho igual al ancho de un carril en la dirección transversal y de 1.80 a 3.00 metros en la dirección longitudinal.
- ✓ La ubicación de los lugares que deberán ser removidos se debe de marcar con pintura en la superficie del pavimento.
- ✓ La demolición en este caso es recomendada por el gran deterioro que presenta el pavimento. La demolición se puede realizar con la ayuda de un martillo neumático (jack hammer), un martillo de caída libre (drop hammer), o un ariete hidráulico (hidraulic ram), retirando luego el material mediante el uso de una retroexcavadora o de herramientas manuales.
- ✓ Para no dañar el pavimento circundante se recomienda realizar cortes de sierra de profundidad total en los bordes, en ubicaciones predeterminadas, además se deben de hacer cortes secundarios, de toda la profundidad dentro del área que se va a remover, en forma paralela y aproximadamente a una distancia de 300 mm de cada uno de los cortes periféricos. Esto incluye la junta longitudinal existente.



Demolición de losa a profundidad total

C) Ejemplo N° 3: Vía Barrio Otoniel Aráuz, Matagalpa.

- a) **Tiempo de construida:** 3 años como máximo.
- b) **Institución o empresa que llevo a cabo la obra:** Alcaldía Municipal de Matagalpa.
- c) **Deterioros encontrados en la vía.**

 **Fisura en Bloque****Descripción:**

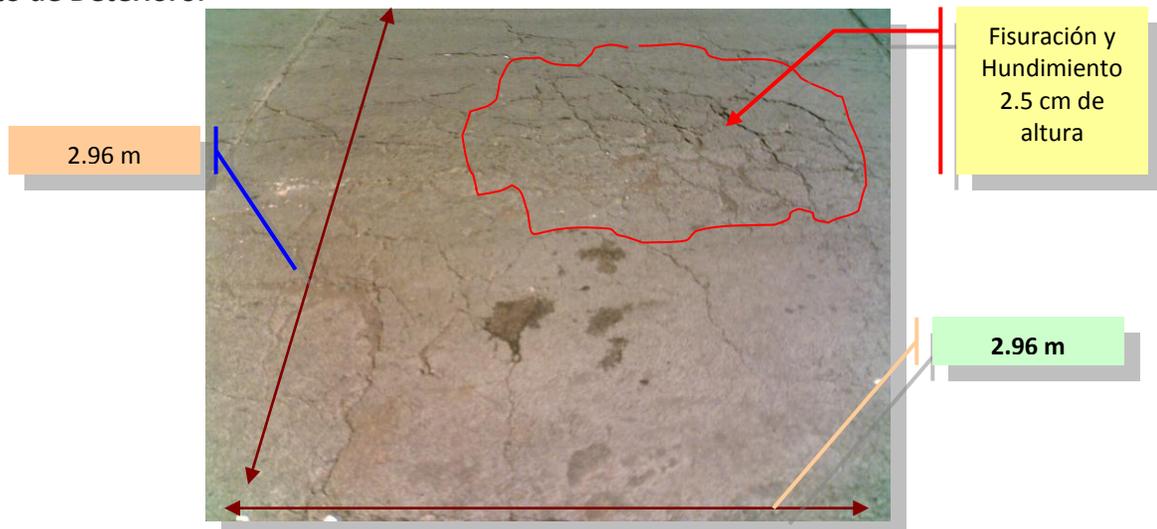
Fracturamiento que subdividen generalmente una porción de la losa en planos o bloques pequeños de área inferior a un metro cuadrado.

Causas:

Son causadas por la repetición de cargas de tránsito produciendo la fatiga del concreto, y son resultado de la evolución final de la figuración en el tablero de la losa, que inicia con la formación de una malla cerrada que con el tránsito acelera la subdivisión en bloques más pequeños.

Forma de medir:

- ✓ Número de tableros muestrales afectados: 1 tablero.
- ✓ Ancho de fisura: 2 cm.
- ✓ Altura de hundimiento: 2.5 cm.
- ✓ Nivel de severidad: Mediano, catalogado dentro de este rango por ser una fisura de ancho entre 3 y 10 mm.
- ✓ Área afectada: 8.7616 m² (Área del tablero).

Foto de Deterioro.

Proceso de reparación.

Como este deterioro se encuentra dentro de un nivel de severidad mediano, pero existe evidencia de un hundimiento, además que afecta todo el tablero de la losa, lo recomendable es realizar una reparación a profundidad total y remover todo el tablero de losa afectado, una vez que se haya realizado esto se deberá evaluar el material de la sub-base a través de pruebas de laboratorio y catalogar el tipo de suelo presente, para identificar el mejor método de estabilización del mismo y evitar asentamiento una vez que se complete la etapa de vertido del concreto en el área a reparar.

El procedimiento por reparación total, se realizará por demolición por el gran agrietamiento existente y porque en una buena área existe hundimiento del pavimento, no se recomienda el izado del tablero de losa porque al realizar esta operación se puede fracturar todo el concreto y dañara los tableros adyacentes y aumentaría los costos de reparación.

Debe recordarse que la reparación total consiste en:

- ✓ La demolición en este caso es recomendada por el gran deterioro que presenta el pavimento. La demolición se puede realizar con la ayuda de un martillo neumático (jack hammer), un martillo de caída libre (drop hammer), o un ariete hidráulico (hydraulic ram), retirando luego el material mediante el uso de una retroexcavadora o de herramientas manuales.
- ✓ Para no dañar el pavimento circundante se recomienda realizar cortes de sierra de profundidad total en los bordes, en ubicaciones predeterminadas, además se deben de hacer cortes secundarios, de toda la profundidad dentro del área que se va a remover, en forma paralela y aproximadamente a una distancia de 300 mm de cada uno de los cortes periféricos. Esto incluye la junta longitudinal existente.

Bache

Descripción:

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

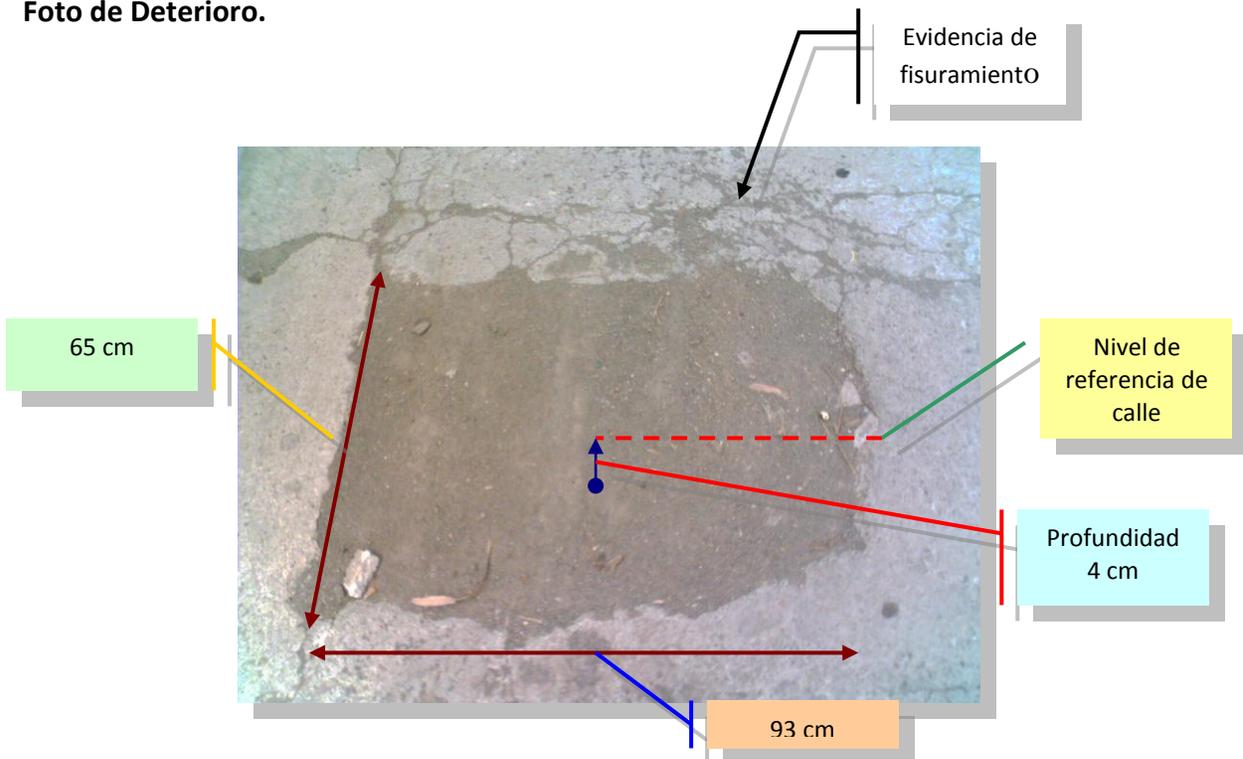
Causas:

Una de las causas principales de esta formación es ocasionada por la retención de agua en zonas fisuradas, debe recordarse que estamos en una ciudad donde las precipitación pluvial es alta en la época lluviosa.

Una causa secundaria que afecta el bache una vez que este se forma y que incide en que su deterioro sea mayor es la acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento.

Forma de medir:

- ✓ Ancho: 65 cm.
- ✓ Longitud: 93 cm.
- ✓ Altura: 4 cm.
- ✓ Nivel de severidad: Mediano, catalogado dentro de este rango por tener una profundidad de 4 cm (entre 2.5 a 5 cm); y un diámetro promedio de 79 cm (entre 70-100 cm)
- ✓ Área afectada: 0.6045 m²

Foto de Deterioro.**Proceso de reparación.**

Limpiar muy bien el interior del bache y las paredes del mismo para garantizar la eliminación de material extraño. Luego se rellenará con hormigón que contenga un aditivo expansor, y se deberá garantizar la adherencia entre el concreto dejando rugosa las paredes laterales del bache.

 **Peladura****Descripción:**

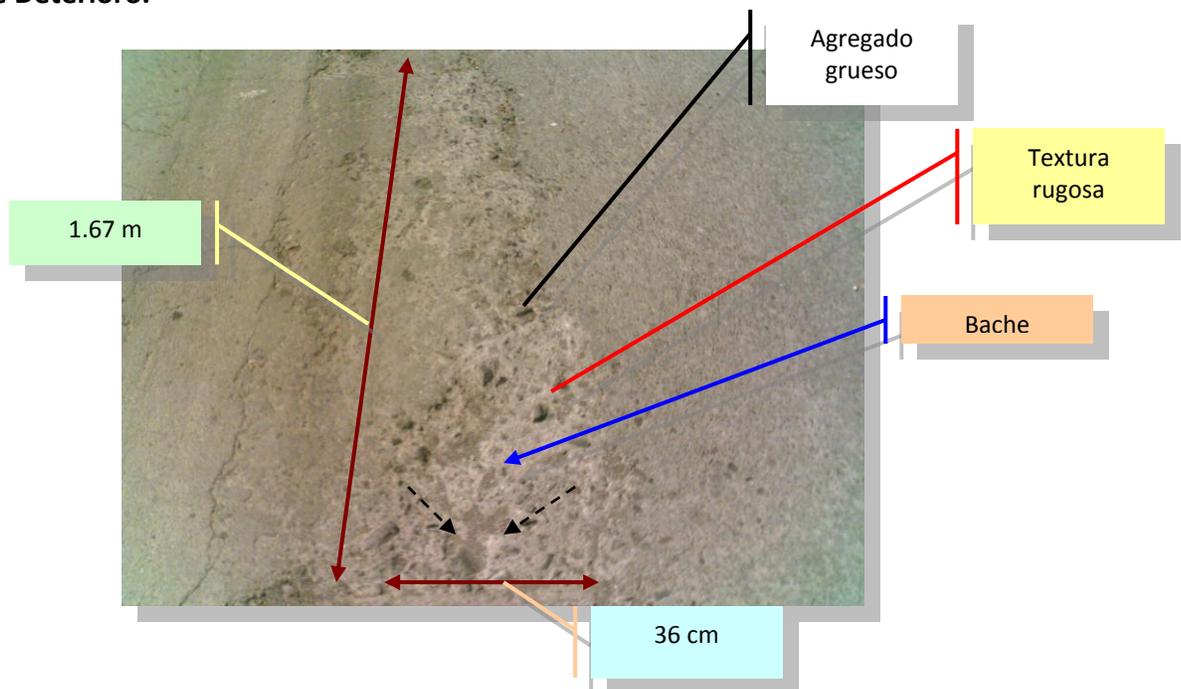
Progresiva desintegración de la superficie del pavimento por pérdida de material fino, desprendimiento de arena, cemento del concreto, provocando una superficie de rodamiento rugosa y eventualmente pequeñas cavidades.

Causas:

Causadas por el efecto abrasivo del tránsito sobre concretos de calidad pobre (bajo contenido de cemento, exceso de agua, agregados de inapropiada granulometría, y por deficiencia durante su ejecución).

Forma de medir:

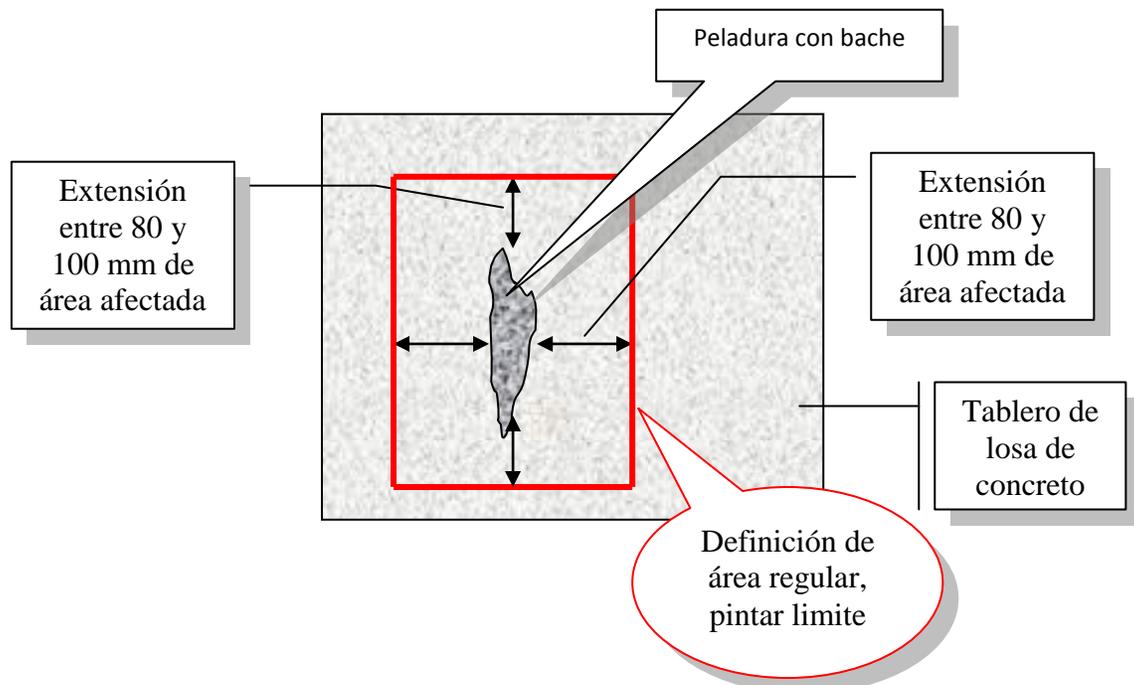
- ✓ Longitud: 1.67 m.
- ✓ Ancho: 36 cm.
- ✓ Rugosidad (tomada por textura en sitio): Muy rugosa con cavidades y presencia de bache.
- ✓ Nivel de severidad: Alto, catalogado dentro de este rango por tener una superficie muy rugosa, con desprendimiento de agregado grueso que forman cavidades y pequeños baches superficiales.

Foto de Deterioro.**Proceso de reparación.**

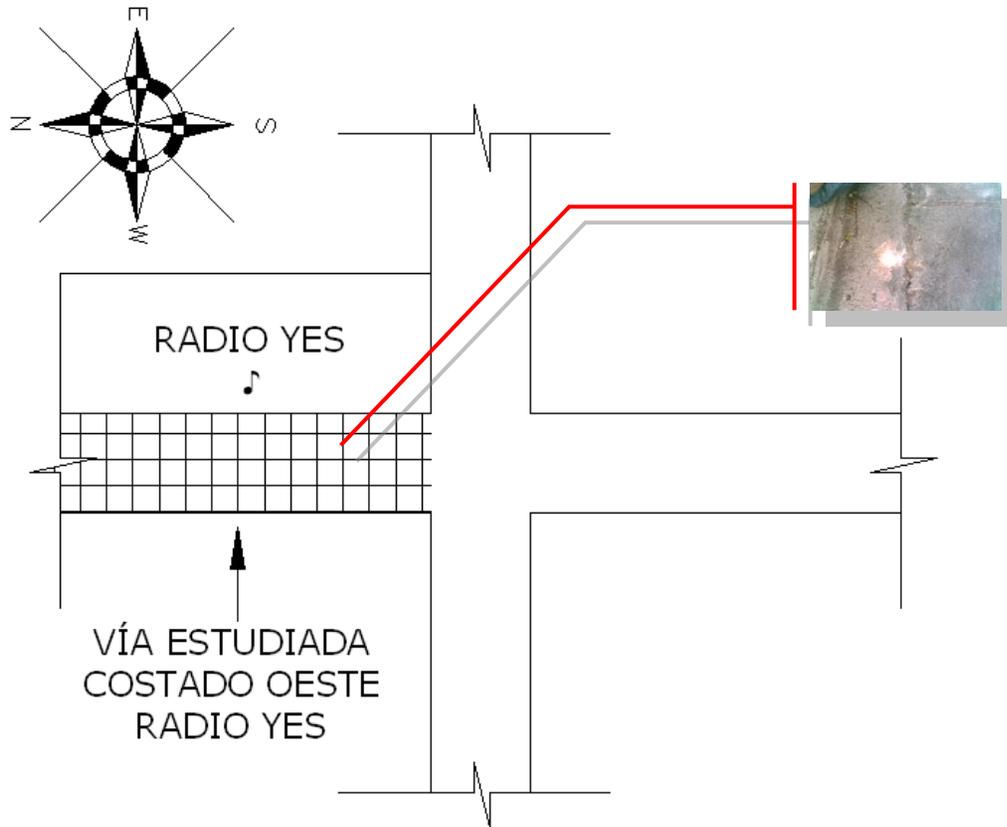
Como la profundidad del bache formado no es muy significativa, pero su rugosidad si, recomendamos la reparación a profundidad parcial, delimitando una figura rectangular para la realización del corte por cierra, el procedimiento será:

- ✓ Definir el área a remover (entre 80 a 100 mm mas allá de las áreas afectada).

- ✓ Definir áreas cuadradas y rectangulares para que la remoción del concreto sea más fácil.
- ✓ Pintar los límites de remoción.



- ✓ Efectuar un corte con una sierra alrededor del perímetro del área a reparar. El corte de la sierra debe tener una profundidad mínima de 40 mm.
- ✓ La superficie se debe remover en una profundidad mínima de 40 mm con herramientas neumáticas ligeras hasta que quede expuesto el concreto sano.
- ✓ Retirar los escombros con herramientas manuales cincelado una vez que se haya utilizado la herramientas neumáticas.
- ✓ Verter el concreto en el área removida.

D) Ejemplo N° 4: Vía Costado Oeste Radio YES, Matagalpa.**a) Mapa de ubicación.**

Sin escala

- b) Tiempo de construida:** 3 años como máximo.
- c) Institución o empresa que llevo a cabo la obra:** Alcaldía Municipal de Matagalpa.
- d) Deterioros encontrados en la vía.**

 **Separación entre berma y pavimento.**

Descripción:

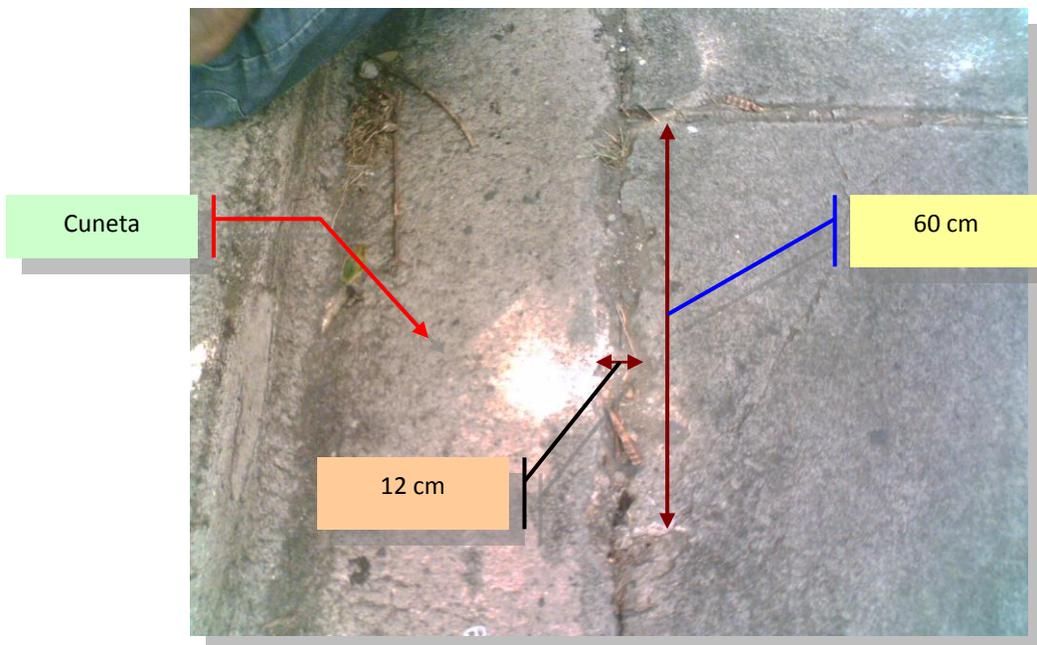
Abertura en la línea de contacto entre la cara externa del borde del pavimento y la berma ó entre el pavimento y un elemento de drenaje (cuneta revestida, solera, etc)

Causas:

Escurriendo de agua sobre la berma, las precipitaciones anuales durante la época lluviosa alcanzan los 50 mm y más.

Forma de medir:

- ✓ Número de tableros muestrales afectados: 1 tablero.
- ✓ Ancho de fisura: 12 cm.
- ✓ Longitud: 60 cm.
- ✓ Profundidad: 2.5 cm.
- ✓ Nivel de severidad: Alto, según el manual debe catalogarse en este rango cuando nos encontramos en zonas en donde las precipitaciones anuales son altas en comparación con el resto del país.

Foto de Deterioro.**Proceso de reparación.**

Como el ancho de la fisura es mayor a 30 mm, no es aplicable el sellado de grietas y juntas, por lo tanto se aplicará el procedimiento de reparación a profundidad parcial.

- ✓ Definir el área a remover (entre 80 a 100 mm más allá de las áreas afectada).
- ✓ Definir áreas cuadradas y rectangulares para que la remoción del concreto sea más fácil.
- ✓ Pintar los límites de remoción.
- ✓ Efectuar un corte con una sierra alrededor del perímetro del área a reparar. El corte de la sierra debe tener una profundidad mínima de 40 mm.
- ✓ La superficie se debe remover en una profundidad mínima de 40 mm con herramientas neumáticas ligeras hasta que quede expuesto el concreto sano.

- ✓ Retirar los escombros con herramientas manuales cincelado una vez que se haya utilizado la herramientas neumáticas.
- ✓ Como nuestra remoción se efectúa cerca de una junta longitudinal y transversal, antes de verter el concreto se debe colocar un inserto incompresible para evitar la adherencia entre tableros adyacentes.

Fisura Transversal.

Descripción:

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

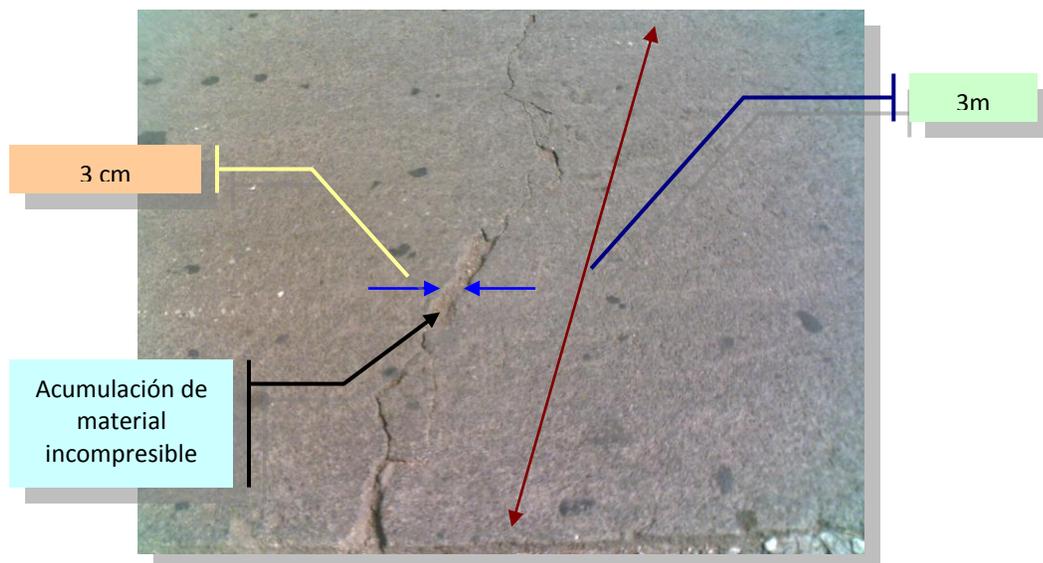
Causas:

Excesiva repetición de cargas de tránsito (fatiga del concreto), deficiencia en la fundación de la losa por efectos de asentamientos (calidad de los suelos).

Forma de medir:

- ✓ Número de tableros muestrales afectados: 2 tableros.
- ✓ Ancho de fisura: 3 cm.
- ✓ Longitud: 3 m.
- ✓ Nivel de severidad: Alto, según el manual debe catalogarse en este rango cuando nos encontramos con fisuras activas de ancho promedio mayor de 10 mm.

Foto de Deterioro.



Proceso de reparación.

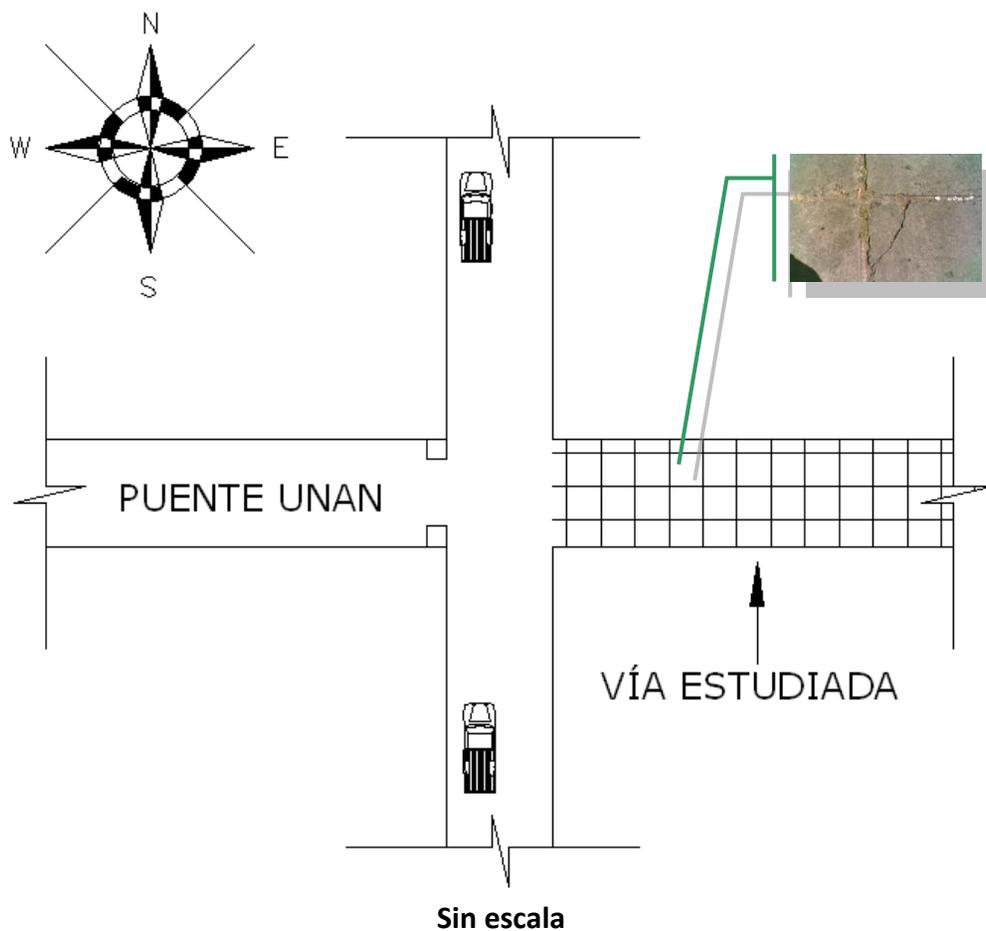
El proceso de reparación que se debe utilizar es el sellado de grietas para anchos de 30 mm.

Se deberá limpiar el área a reparar a toda la profundidad de la grieta, utilizando herramientas manuales para remover el material que se ha acumulado en la grieta, posteriormente se debe de limpiar con un cepillo de acero, tal que asegure la eliminación de cualquier material extraño o suelto que se encuentre alojado en la grieta.

Una vez realizada la limpieza, procedemos al sellado de la junta, con material mástico asfáltico, el espesor de este material será como mínimo 20 mm, el relleno deberá quedar de 4 a 5 mm por debajo de la superficie del pavimento.

E) Ejemplo N° 5: Vía Este UNAN, Matagalpa.

a) Mapa de ubicación.



- b) **Tiempo de construida:** 3 años como máximo.
- c) **Institución o empresa que llevo a cabo la obra:** Alcaldía Municipal de Matagalpa.
- d) **Deterioros encontrados en la vía.**

 **Peladuras.**

Descripción:

Progresiva desintegración de la superficie del pavimento por pérdida de material fino, desprendimiento de arena, cemento del concreto, provocando una superficie de rodamiento rugosa y eventualmente pequeñas cavidades.

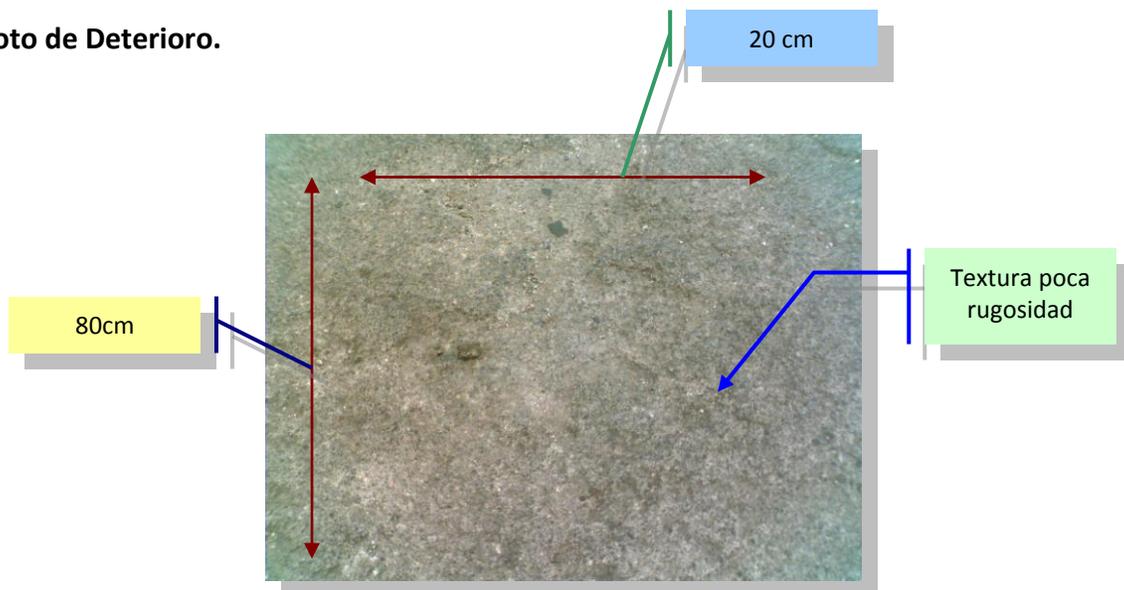
Causas:

Causadas por el efecto abrasivo del tránsito sobre concretos de calidad pobre (bajo contenido de cemento, exceso de agua, agregados de inapropiada granulometría, y por deficiencia durante su ejecución).

Forma de medir:

- ✓ Longitud: 80 cm.
- ✓ Ancho: 20 cm.
- ✓ Rugosidad (tomada por textura en sitio): Poca rugosidad y sin presencia de baches.
- ✓ Nivel de severidad: Bajo, catalogado dentro de este rango por no tener una superficie muy rugosa, con poco desprendimiento del agregado grueso y sin existencia de baches.

Foto de Deterioro.



Proceso de reparación.

Como el nivel de severidad es bajo, y la incidencia es mayor la reparación más adecuada será colocar un parche en el área afectada.

Se debe de proceder a la realización de un cincelado en toda la superficie dañada para garantizar la adherencia de la nueva mezcla de concreto con el concreto del sitio. Una vez que se ha cincelado se deberá retirar los escombros de concreto y utilizar un cepillo o escobilla de a cero para desprender impurezas del concreto o materiales ajenos. Por último se debe de verter el concreto para formar el parche y evitar el deterioro de la vía.

Fisura de esquina.

Descripción:

La fisura de esquina es aquella que intersecta la junta o borde que delimita la losa a una distancia menor de 1.30 metros a cada lado. La fisura de esquina se extiende verticalmente a través de todo el espesor de la losa.

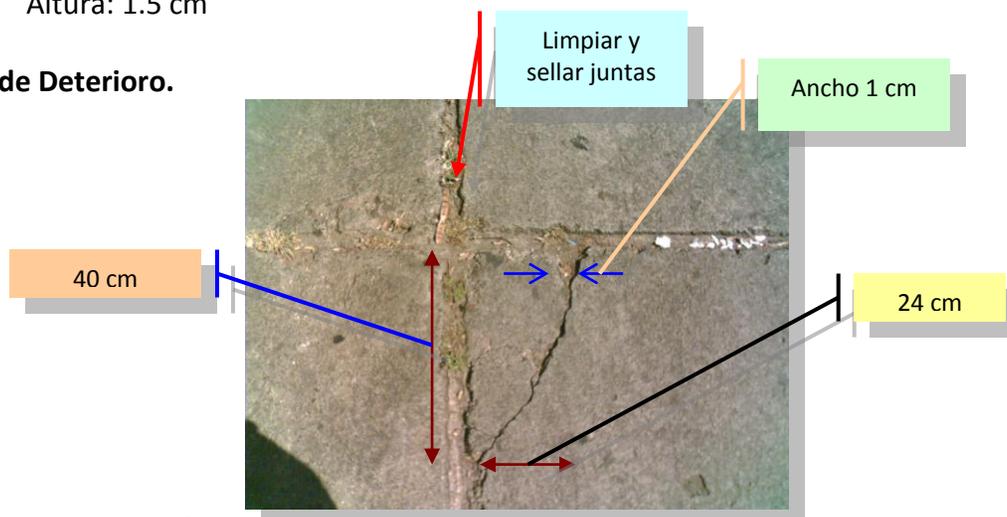
Causas:

Producto de la repetición de cargas pesadas. Deberá recordarse que en esta zona para llevar a cabo la construcción de La Residencial Santa Mónica, existe la presencia de vehículos que circulan cargados del material necesario para llevar a cabo la obra.

Forma de medir:

- ✓ Número de tableros muestrales afectados: 1 tablero.
- ✓ Ancho de fisura: 10 milímetros.
- ✓ Nivel de severidad: Mediano, catalogado dentro de este rango por ser una fisura de ancho promedio a 10 mm.
- ✓ Altura: 1.5 cm

Foto de Deterioro.



Proceso de reparación.

Como hemos catalogado su severidad como medio debido al ancho de la fisura, el proceso de reparación recomendado es el sellado de grietas con material mástil asfáltico, pero antes debe de limpiarse el área afectada con herramientas manuales adecuadas que permitan la remoción de materiales ajenos a la estructura del pavimento; luego de haber removido todo el material se debe de barrer la fisura con una escobilla de acero para asegurar la eliminación de cualquier material extraño.

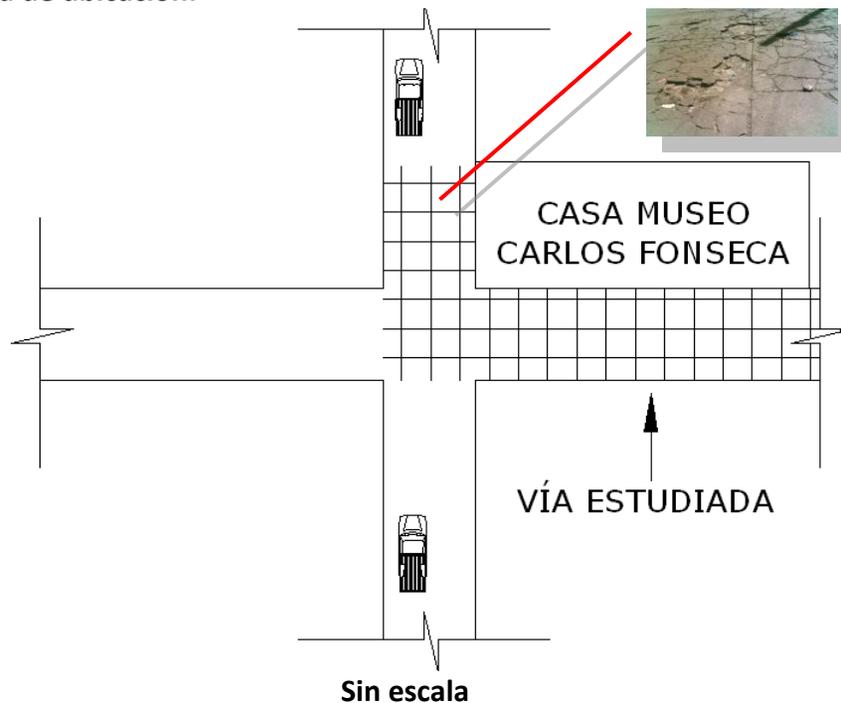
El espesor del material sellante será como mínimo de 15 mm, y deberá quedar entre 4 y 5 mm, por debajo de la superficie del pavimento.

Además de sellar las grietas longitudinales se deberán limpiar las juntas longitudinales de material extraño y una vez removido este material se procederá al sellado con silicón para garantizar que el alabeo de la losa durante los cambios de temperatura no afecten los tableros adyacentes, por efectos de fisuración.

Este proceso de reparación deberá efectuarse lo más pronto posible para evitar la reparación parcial y la remoción del concreto.

F) Ejemplo N° 6: Vía Barrio Carlos Fonseca, Matagalpa.

a) Mapa de ubicación.



- b) **Tiempo de construida:** 3 años como máximo.
- c) **Institución o empresa que llevo a cabo la obra:** Alcaldía Municipal de Matagalpa.
- d) **Deterioros encontrados en la vía.**

Baches

Descripción:

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

Causas:

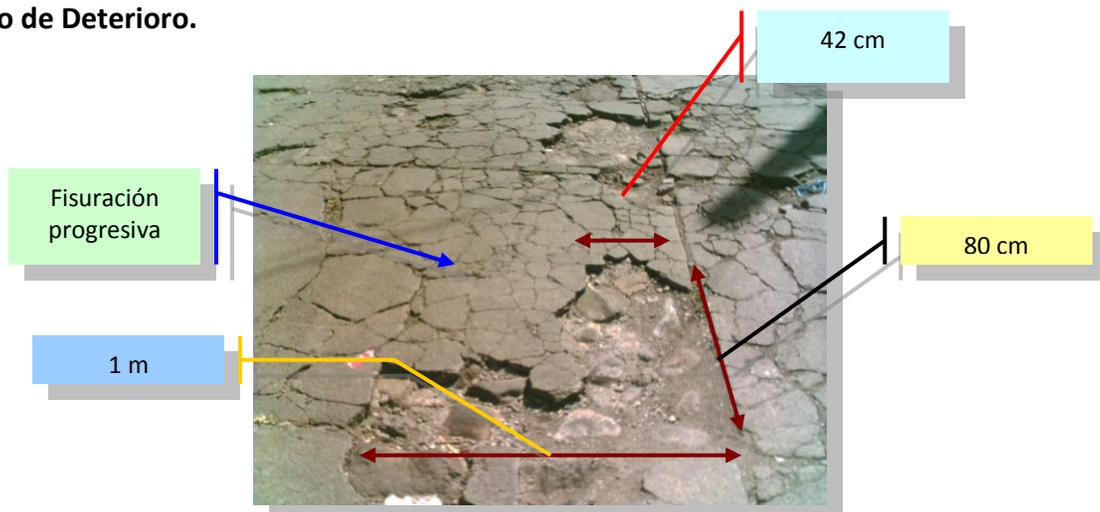
Una de las causas principales de esta formación es ocasionada por la retención de agua en zonas fisuradas, debe recordarse que estamos en una ciudad donde las precipitación pluvial es alta en la época lluviosa.

Una causa secundaria que afecta el bache una vez que este se forma y que incide en que su deterioro sea mayor es la acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento.

Forma de medir:

- ✓ Longitud 1: 1m.
- ✓ Longitud 2: 80 cm.
- ✓ Longitud 3: 42 cm.
- ✓ Altura: 3 cm.
- ✓ Nivel de severidad: Mediano, catalogado dentro de este rango por tener una profundidad de 3 cm (entre 2.5 a 5 cm); y un diámetro promedio de 74 cm (entre 70-100 cm)

Foto de Deterioro.



Proceso de reparación.

Como este deterioro se encuentra dentro de un nivel de severidad mediano, pero existe evidencia de un hundimiento, además que afecta casi la totalidad de tableros de la losa de la estructura de la vía, lo recomendable es realizar una reparación a profundidad total, una vez que se haya realizado esto se deberá evaluar el material de la sub-base a través de pruebas de laboratorio y catalogar el tipo de suelo presente, para identificar el mejor método de estabilización del mismo y evitar asentamiento una vez que se complete la etapa de vertido del concreto en el área a reparar.

El procedimiento por reparación total, se realizará por demolición por el gran agrietamiento existente y porque en una gran área de la vía existe hundimiento del pavimento, no se recomienda el izado del tablero de losa porque al realizar esta operación se puede fracturar todo el concreto y dañar la estructura de pavimentos flexibles que se encuentran en la periferia.

Debe recordarse que la reparación total consiste en:

- ✓ La demolición en este caso es recomendada por el gran deterioro que presenta el pavimento. La demolición se puede realizar con la ayuda de un martillo neumático (jack hammer), un martillo de caída libre (drop hammer), o un ariete hidráulico (hydraulic ram), retirando luego el material mediante el uso de una retroexcavadora o de herramientas manuales.
- ✓ Para no dañar el pavimento circundante se recomienda realizar cortes de sierra de profundidad total en los bordes, en ubicaciones predeterminadas, además se deben de hacer cortes secundarios, de toda la profundidad dentro del área que se va a remover, en forma paralela y aproximadamente a una distancia de 300 mm de cada uno de los cortes periféricos. Esto incluye la junta longitudinal existente.



✚ Deficiencia en material de sello.

Descripción:

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

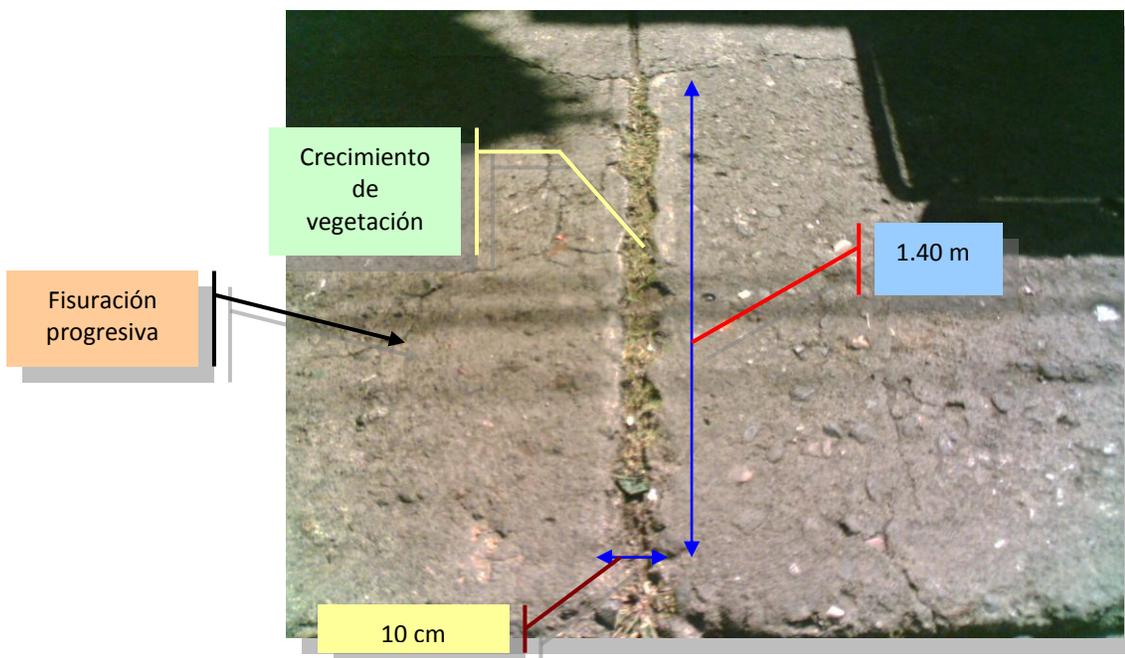
Causas:

- ✓ Perdida de adherencia con los bordes de la losa.
- ✓ Levantamiento del material de sello por efectos del tránsito y movimientos de las losas.
- ✓ Material de sello inadecuado.
- ✓ Escasez o ausencia de material de sello.

Forma de medir:

- ✓ Longitud: 1.40m.
- ✓ Ancho: 10 cm.
- ✓ Nivel de severidad: Alto, el material de sello no existe en toda la muestra, las juntas requiere ser selladas a la brevedad.

Foto de Deterioro.



Proceso de reparación.

Retirar todo el vestigio de sello antiguo y materiales contaminantes, una vez realizada la limpieza se procede a la remoción de material extraño, removiendo con una escobilla de acero y para terminar la limpieza se debe de realizar un soplado de aire comprimido con una presión mínima de 120 PSI.

El sello se realizará con una mezcla de arena- emulsión asfáltica con una dosis mínima de 18% de emulsión, La arena deberá ajustarse a alguna de las granulometrías que se indican:

Tamiz		Porcentaje en peso que pasa		
mm	ASTM	A	B	C
12.5	½"	---	---	100
10	3/8"	100	100	85 – 100
5	Nº 4	85 – 100	85 – 100	55 – 85
2.5	Nº8	80 – 90	65 – 90	35 – 65
0.63	Nº30	55 – 80	30 – 50	15 – 35
0.16	Nº100	5 – 15	5 – 15	2 – 10

Fisura en Bloque.

Descripción:

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

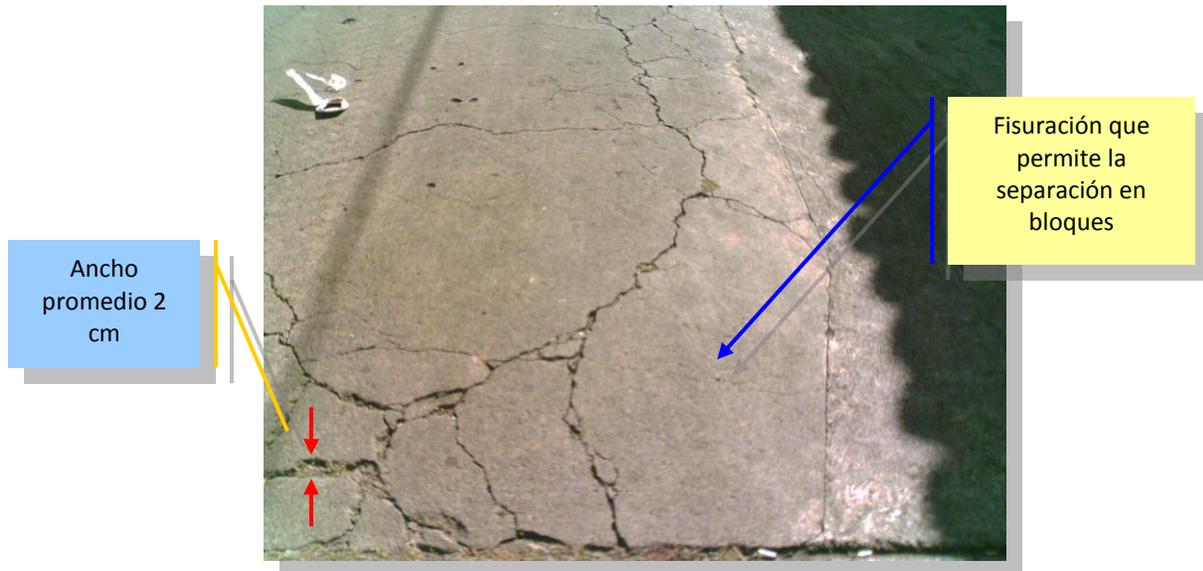
Causas:

- ✓ Repetición de las cargas de tránsito.
- ✓ Deficiente diseño estructural y condiciones de soporte inadecuadas.
- ✓ Evolución de fisuramiento, debido a la falta de mantenimiento.

Forma de medir:

- ✓ Tableros afectados: 4 tableros.
- ✓ Ancho fisura: 2 cm.
- ✓ Nivel de severidad: Alto, catalogado en este rango por tener un ancho promedio de fisura mayor a 10 mm.

Foto de Deterioro.



Proceso de reparación.

Como este deterioro se encuentra dentro de un nivel de severidad alto y afecta varios tableros de la losa, se recomienda que se debe realizar una reparación a profundidad total. Una vez que se haya realizado esto se deberá evaluar el material de la sub-base a través de pruebas de laboratorio y catalogar el tipo de suelo presente, para identificar el mejor método de estabilización del mismo y evitar asentamiento una vez que se complete la etapa de vertido del concreto en el área a reparar.

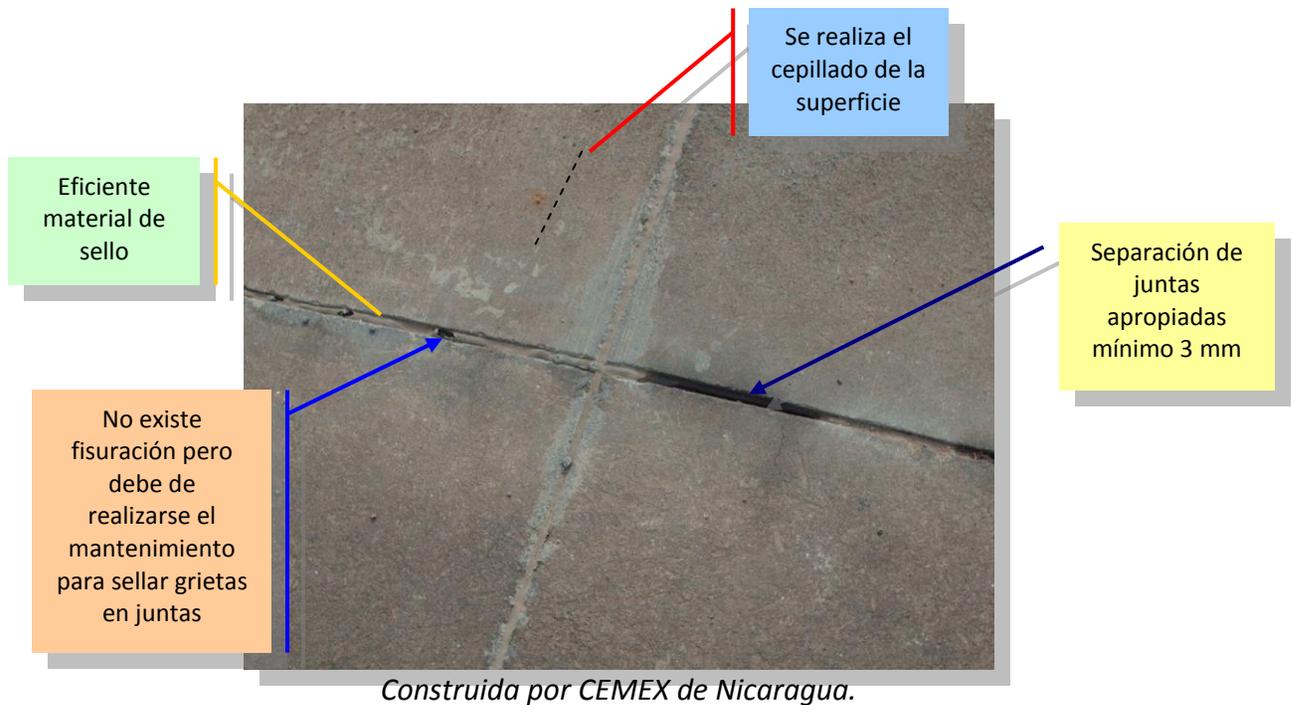
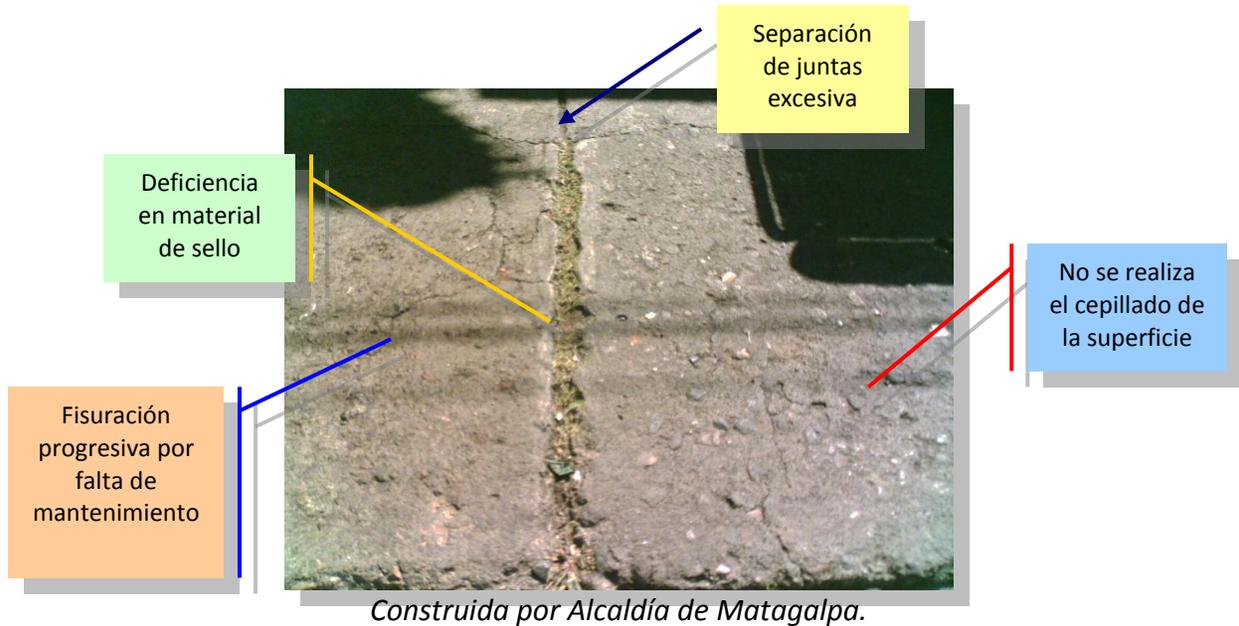
El procedimiento por reparación total, se realizará por demolición por el gran agrietamiento existente y porque en una gran área de la vía existe hundimiento del pavimento, no se recomienda el izado del tablero de losa porque al realizar esta operación se puede fracturar todo el concreto y dañar la estructura de pavimentos flexibles que se encuentran en la periferia.

Debe recordarse que la reparación total consiste en:

- ✓ La demolición en este caso es recomendada por el gran deterioro que presenta el pavimento. La demolición se puede realizar con la ayuda de un martillo neumático (jack hammer), un martillo de caída libre (drop hammer), o un ariete hidráulico (hydraulic ram), retirando luego el material mediante el uso de una retroexcavadora o de herramientas manuales.
- ✓ Para no dañar el pavimento circundante se recomienda realizar cortes de sierra de profundidad total en los bordes, en ubicaciones predeterminadas, además se deben de hacer cortes secundarios.

6) COMPARACIÓN ENTRE ESTRUCTURAS DE CONCRETO RÍGIDO.

Con la finalidad de observar algunas diferencias entre los sistemas de estructuras de pavimentos rígidos, construidos por CEMEX de Nicaragua y la Municipalidad de Matagalpa, se realizará la comparación a través de imágenes tomadas en el campo. Para notar las observaciones será necesario correlacionar estas en las fotos por el color de los recuadros que realizan las diferencias constructivas.



Estas son algunas de las características que se puede diferenciar en la superficie de la estructura del pavimento rígido, otras características sólo son observables en las etapas constructivas.

Se hace referencia al cepillado de la estructura, porque este es el garante de la salida del agua en los períodos de lluvia, además que realiza la función de fricción entre la llanta y la superficie de la carpeta de rodamiento.

La separación de juntas excesivas imposibilita la transferencia de carga adecuada entre los tableros de losas, se debe de registrar esta separación en especificaciones técnicas para garantizar la transferencia de cargas adecuadas a toda la estructura del pavimento y evitar las deflexiones máximas.

El mantenimiento debe efectuarse para evitar la formación de deterioros que ocasionarán la incomodidad y la inseguridad del tráfico en la vía.

7) RECOMENDACIONES

- ✚ Evaluar las vialidades y determinar el grado de severidad de los diferentes deterioros para implementar reparaciones menores y garantizar la vida útil de la estructura de pavimento rígido.
- ✚ Conocer las diferentes técnicas constructivas que garanticen un nivel de serviciabilidad de la vía.
- ✚ Realizar pruebas de laboratorio de los suelos que se encuentren en el lugar, de tal manera que se verifique que si son apropiados para la cimentación de la estructura o que si se requiere de suelos de mejores propiedades.
- ✚ Realizar el sellado de las juntas longitudinales y transversales con materiales compresibles (silicón) para evitar la filtración de agua y materiales incompresibles.
- ✚ Antes de iniciar las reparaciones de una vía determinada, en un tiempo de antelación de 60 días se debe de realizar una investigación en el campo, con el fin de definir los límites de las áreas a reparar y plasmar esa información en los planos de la vía.
- ✚ Garantizar la transferencia de cargas de la estructura de pavimento, implementando pasajuntas de acuerdo a especificaciones técnicas.
- ✚ Poner en práctica un buen procedimiento de curado el cual consistirá en aplicar un compuesto de curado en los momentos en que el agua de exudación se ha evaporado de la superficie del pavimento.
- ✚ En las reparaciones que se efectúen cerca de una junta longitudinal, transversal o intersección entre ellas; se deberá insertar una lámina incompresible, como por ejemplo una lamina de fibra, con el objeto de prevenir la adherencia de los concretos de la reparación con los circundantes y así evitar posibles descascamientos.
- ✚ Para asegurar un buen comportamiento de las reparaciones se debe de tener en cuenta:
 - ✓ Dimensiones de la reparación.
 - ✓ Método de remoción (demolición o izado).
 - ✓ Condiciones de drenaje.
 - ✓ Diseño de la transferencia de carga (cantidad y tamaño de las dovelas).
 - ✓ Materiales que están en la reparación (dovelas, mortero o epóxico, concreto, sellante).
 - ✓ Tipo de Tráfico característico en la zona.
 - ✓ Condiciones de construcción y control de calidad.

8) CONCLUSIONES.

Al haber finalizado el levantamiento de campo y el análisis de los diferentes deterioros encontrados en las estructuras de pavimentos rígidos en la ciudad de Managua específicamente en La Residencial Santa Mónica; y en la ciudad de Matagalpa específicamente en El Barrio El Progreso, Barrio Otoniel Aráuz, Vía Costado Oeste radio Yes, Vía este UNAN y Barrio Carlos Fonseca, podemos concluir:

La mayoría de los deterioros encontrados corresponden al fisuramiento de las estructuras de pavimentos que por falta o inadecuado mantenimiento, estas progresan hasta tal grado de generar a través de su evolución deterioros mayores como fisuramiento en bloques; baches de profundidad que afecta el tráfico circundante y propicio para acumulación de agua; grietas longitudinales y transversales con longitudes que atraviesan en ocasiones más de un tablero de losa; deficiencia en los materiales de sellos producto del alabeo de las losas por los cambios volumétricos debido a las temperaturas permitiendo esfuerzos de flexión en el interior de las grietas y ocasionando fracturamiento superior y descascaramientos; peladuras con incidencia de rugosidades altas y moderadas que propician la aparición de hundimientos y baches localizados; hundimientos producto de la falta de soporte de la fundación por la calidad de los suelos que integran las capas inferiores a la carpeta de rodamiento.

Algunas de las observaciones encontradas entre las losas de la ciudad de Matagalpa con respecto a las losas de La Residencial Santa Mónica, corresponde a la diferencia de acabados y quizás técnicas constructivas. Por una parte la vía de acceso a La Residencial Santa Mónica fue realizada por CEMEX de Nicaragua, quien cuenta con los aspectos técnicos necesarios para implementarse en los procesos constructivos y garantizar la eficiencia y vida útil de la estructura de rodamiento, sin embargo esta vía tiene alrededor de un año de haberse construido y presenta un fisuramiento progresivo sin mantenimiento, esto nos hace ver que hubo deficiencia en los procesos constructivos que garantizan el período de vida útil de una estructura de pavimento rígido.

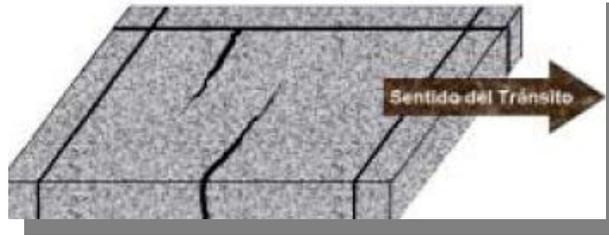
Con respecto a las losas de la ciudad de Matagalpa, fueron construidas por la Municipalidad de la Ciudad, y los acabados de la estructura de rodamiento de pavimento rígido no son los adecuados, esto se debe a la falta de información de técnicas constructivas de estructuras de pavimento rígido. Uno de los grandes problemas que se presentan en estas áreas es el inadecuado soporte de la fundación (suelos no mejorados o de inferior calidad portante); espesores de losas pequeños que según ensayos deben de ser de 13 cm como mínimo según la PCA este dimensionamiento del espesor se correlaciona con el mínimo espesor de losa (12.5 cm) según el Instituto Americano del Concreto (ACI).

9) BIBLIOGRAFÍA

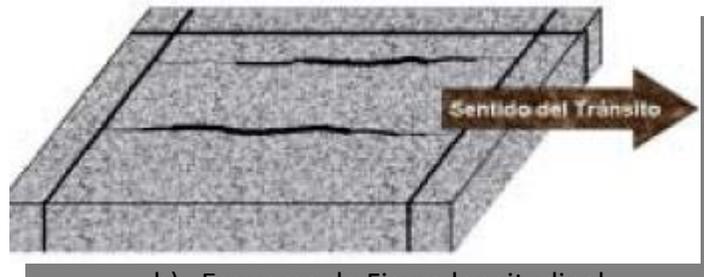
- ✚ Subsecretaria de desarrollo urbano y ordenación del territorio dirección general de ordenación del territorio. TOMO XIII, LIBRO 2, Manual de conservación de obras viales programa de asistencia técnica en transporte urbano para las ciudades medias mexicanas manual normativo.
- ✚ CEMEX MÉXICO, S.A. de C.V. 2004 La Revista El Mundo del Cemento, publicación mensual,
- ✚ es editada para Cátedra del Cemento por CEMEX Prerensa e impresión en México. ISSN 1665-805.
- ✚ CEMEX, **Productos y servicios de cemex concretos.** Especificaciones de materiales pavimentos de concreto.
- ✚ Ing. Coronado Iturbide, Capítulo 5: Elementos de la estructura del Pavimento. Manual Centroamericano para diseño de Pavimentos..Noviembre 2002.

10) ANEXOS.

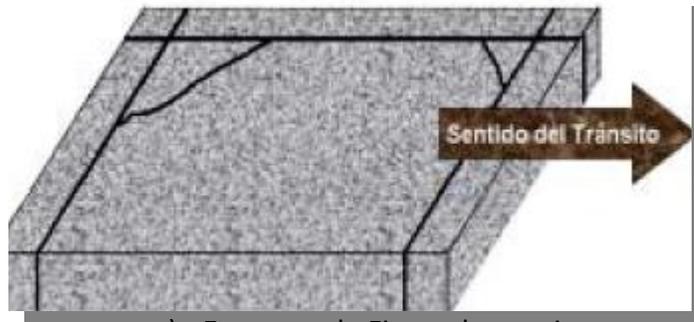
1) Esquemas de Deterioros de estructuras de Pavimento de Concreto Hidráulico.



a) Esquema de Fisura transversal o diagonal



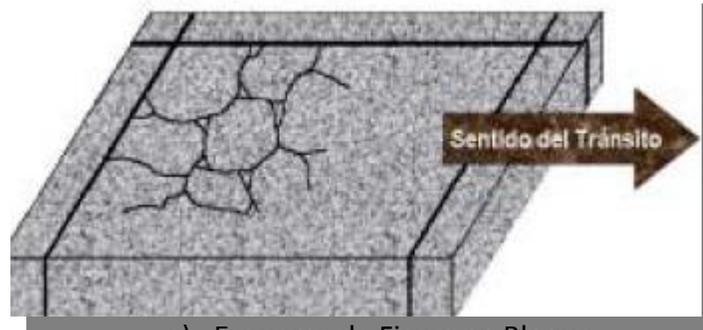
b) Esquema de Fisura longitudinal



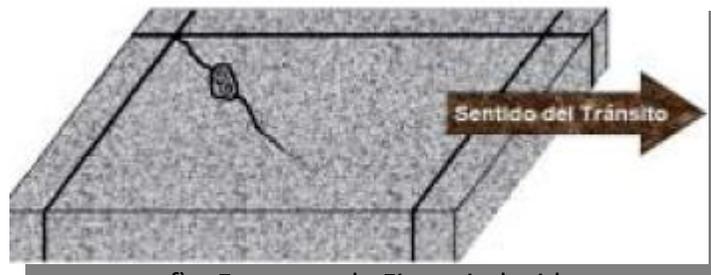
c) Esquema de Fisura de esquina



d) Esquema de Losa subdividida

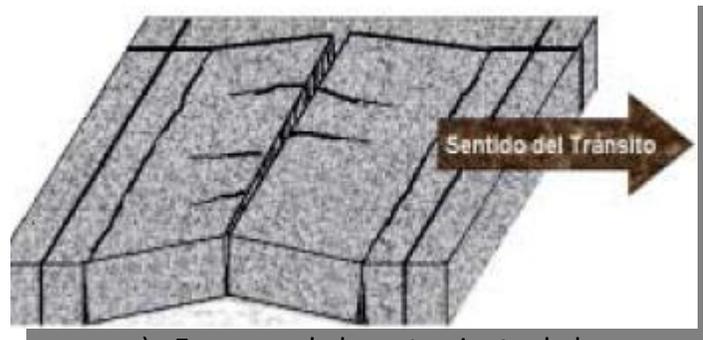


e) Esquema de Fisura en Bloque

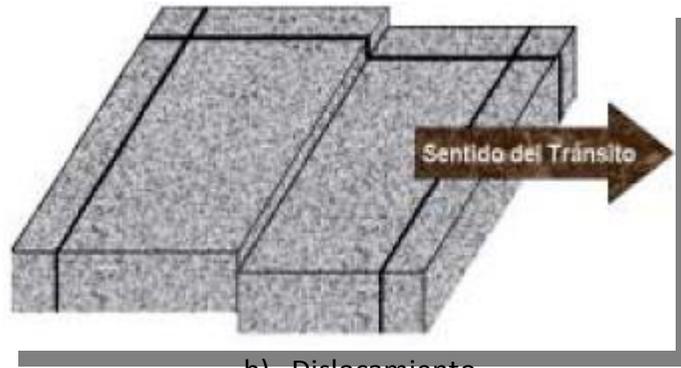


f) Esquema de Fisura inducidas.

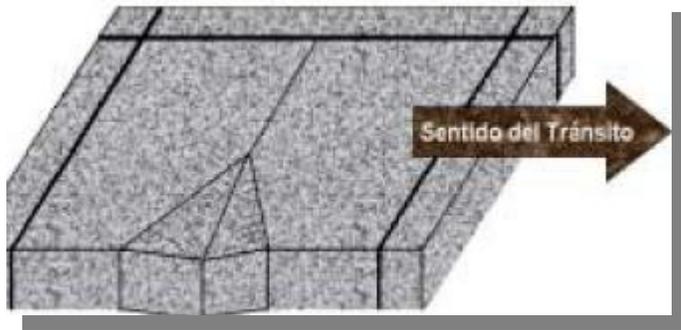
2) Esquemas de Deformaciones de estructuras de Pavimento de Concreto Hidráulico.



a) Esquema de levantamiento de losa.

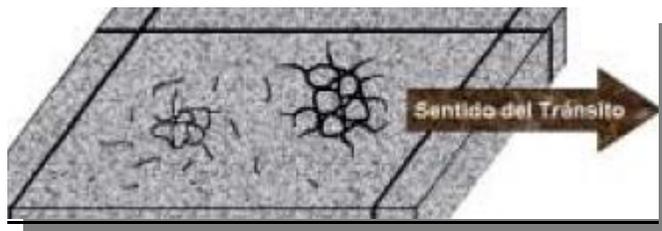


b) Dislocamiento.



c) Hundimiento.

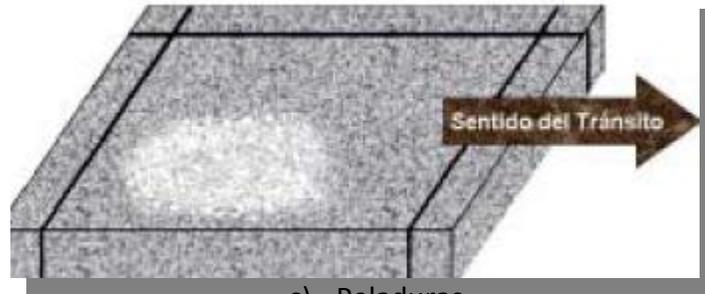
4) Esquemas de Desintegración de estructuras de Pavimento de Concreto Hidráulico.



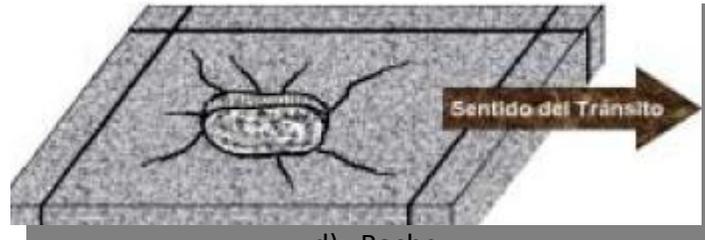
a) Descascaramiento.



b) Pulimiento de la superficie.



c) Peladuras.

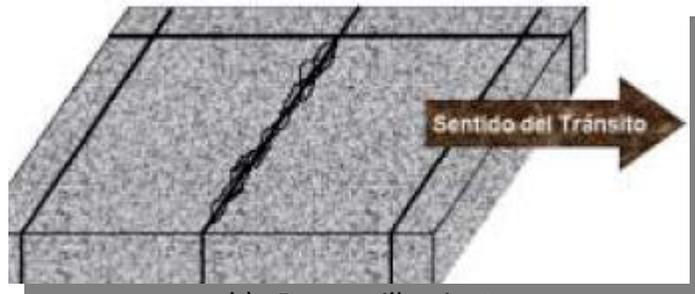


d) Bache.

3) Esquemas de Deficiencias de juntas en estructuras de Pavimento de Concreto Hidráulico.



a) Deficiencia en material de sello.

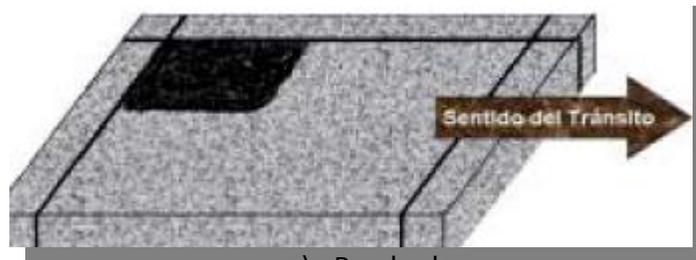


b) Despostillamiento.



c) Fisura por mal mantenimiento de juntas.

4) Esquemas de Otros deterioros en estructuras de Pavimento de Concreto Hidráulico.



a) Parchado.

5) Procedimiento para evitar la formación de grietas en el concreto.

Las juntas son el método más efectivo para controlar agrietamientos. Si una extensión considerable de concreto (una pared, losa o pavimento) no contiene juntas convenientemente espaciadas que alivien la contracción por secado y por temperatura, el concreto se agrietara de manera aleatoria.

Las juntas de control se ranuran, se forman o se aserran en banquetas, calzadas, pavimentos, pisos y muros de modo que las grietas ocurran en esas juntas y no aleatoriamente. Las juntas de control permiten movimientos en el plano de una losa o de un muro. Se desarrollan aproximadamente a un cuarto del espesor del concreto.

Las juntas de separación aíslan a una losa de otros elementos e otra estructura y le permiten tantos movimientos horizontales como verticales. Se colocan en las uniones de pisos con muros, columnas, bases y otros puntos donde pudieran ocurrir restricciones. Se desarrollan en todo el espesor de la losa e incluyen un relleno premoldeado para la junta.

Las juntas de construcción se colocan en los lugares donde ha concluido la jornada de trabajo; separan áreas de concreto colocado en distintos momentos. En las losas para pavimentos, las juntas de construcción comúnmente se alinean con las juntas de control o de separación, y funcionan también como estas últimas.

Otros mecanismos para evitar la formación de grietas en la masa del concreto es el uso de aditivos que eviten deformaciones volumétricas y los esfuerzos ocasionados por tensión.

Un aditivo acelerante nos proporciona:

- ✓ La resistencia a la compresión se incrementa de manera sustancial a edades tempranas. La resistencia final puede reducirse ligeramente. El incremento en la resistencia a la flexión usualmente es menor que el de la resistencia a la compresión.
- ✓ Los cambios de volumen se incrementan tanto curado húmedo como en condiciones de secado. Existe el problema del grado del efecto causado por los acelerantes en posición a otros factores que influyen en los cambios de volumen.
- ✓ La resistencia a la congelación y al deshielo, así como a la escamación causada por el empleo de sales deshelantes, se incrementa a edades tempranas.

6) ¿Por qué se agrietan las superficies de concreto?

La mayoría de las grietas del concreto ocurren usualmente debido a un diseño y a prácticas de construcciones inadecuadas, tales como:

- ✓ Omisión de juntas de contracción y aislamiento y prácticas inadecuadas de realización de juntas.
- ✓ Inadecuada preparación de la superficie de colocación.
- ✓ La utilización de un concreto de elevado asentamiento o excesiva adición de agua en el lugar.
- ✓ Acabado o terminación inadecuada.
- ✓ Curado inadecuado o nulo.

7) Prevención o minimización del agrietamiento en las superficies de concreto.

- ✓ **Sub. – base y encofrado:** toda la capa vegetal y las zonas blandas deben ser movidas. El suelo debajo de la losa deberá ser un suelo o un relleno granular, bien compactado con rodillo, vibración o apisonado. La losa y por supuesto la sub. – base deben tener pendientes para el drenaje. En el invierno, hay que remover la nieve y el hielo antes de vaciar el concreto y nunca colarlo sobre una sub. – base congelada. Las sub.- bases lisas y a

nivel ayudan a prevenir el agrietamiento. Todo encofrado debe ser construido y reforzado de manera que resista la presión del concreto para evitar movimiento. Las barreras de vapor que están directamente debajo de una losa de hormigón incrementan la exudación (sangrado) y elevan el agrietamiento potencial, especialmente con un concreto de elevado asentamiento (revenimiento). Cuando se utiliza una barrera de vapor, cúbrala con 3 a 4 pulgadas de un relleno granular compactable, como por ejemplo un material de trituración, para reducir la exudación. Justo antes de la colocación del concreto, humedezca ligeramente la sub. – base, el encofrado y el refuerzo si existen condiciones severas de secado.

- ✓ **El concreto:** en general, utilice concreto con moderado asentamiento (no mayor de 5 pulgadas, o sea 125 mm). Evite efectuar el reemplado o acomodo de la mezcla de concreto para incrementar su asentamiento antes del vaciado. Un elevado asentamiento (6 – 7 pulgadas, o sea 150 a 175 mm), puede ser utilizado si la mezcla está diseñada para soportar la resistencia requerida sin exudación o segregación excesiva. Esto se logra generalmente mediante la utilización de un aditivo reductor de agua. Específicamente un concreto con aire incorporado para losas exteriores sometidas a la congelación.
- ✓ **Terminación:** El enrase inicial deberá ser seguido inmediatamente por el allanado. Nunca se debe de ejecutar los trabajos de nivelación y alistado con la presencia de agua en la superficie o antes de que el concreto haya completado su exudación. No sobrecarga o sobre termine la superficie. Para una mejor fricción sobre la superficie exterior utilice un acabado con cepillado (terminación con escoba). Cuando las condiciones ambientales conducen a una elevada tasa de evaporación, utilice medios para evitar un rápido secado y con ello el agrietamiento por retracción plástica mediante barreras de viento, atomizador con agua (nebulizador), y cubriendo el concreto con mantas húmedas o con laminas de polietileno entre las operaciones de acabado.
- ✓ **Curado:** el curado es un paso importante para asegurar un concreto resistente al agrietamiento. Comience a curar tan pronto sea posible. Selle la superficie con un compuesto curador de membrana o cúbralo con mantas húmedas y manténgalo mojado como mínimo por 3 días. Una segunda aplicación del compuesto de curado al día siguiente es un buen paso de aseguramiento de la calidad.
- ✓ **Juntas:** los cambios volumétricos anticipados, debidos a la temperatura y a la humedad deben ser resueltos mediante juntas de construcción o de contracción aserrando, encofrando o ejecutando con herramientas que hagan ranuras de alrededor de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{3}$ del espesor de la losa, espaciados

entre 24 a 36 veces dicho espesor. Las juntas hechas de herramientas o cortadas con sierra deben ser ejecutadas en el momento apropiado. Se recomienda un espaciamiento máximo de 15 pies (4.57 m) para las juntas de contracción. Las losas o paneles deben ser cuadrados y su longitud no debe exceder de 1.5 veces su ancho. Deben preverse juntas de aislamiento siempre que se anticipen restricciones a la libertad del movimiento vertical u horizontal, como en los casos de pisos que se encuentren con muros, columnas o cimientos. Estas son juntas de la misma profundidad del elemento y se construyen insertando una barrera de algún tipo para evitar la adherencia entre la losa y los otros elementos.

- ✓ **Recubrimientos (sobre acero de refuerzo):** asegurando suficiente recubrimientos de concretos (como mínimo de 2 pulgadas o 50 mm), para mantener la sal y la humedad fuera del contacto con el acero, se evitara las grietas en el concreto armado debidas a la expansión del óxido sobre el acero de refuerzo.

8) Reparación de grietas en estructuras existentes.

Los materiales para reparar grietas van desde materiales elásticos que usted puede estirarlos con sus dedos, y hasta acrílicos acerados tan duros que no permiten que un clavo los atraviese. Nuevos materiales para reparar grietas llegan al mercado todo el tiempo. Sin embargo, básicamente ellos caen entre tres categorías; flexible, semi-rígido y rígido.

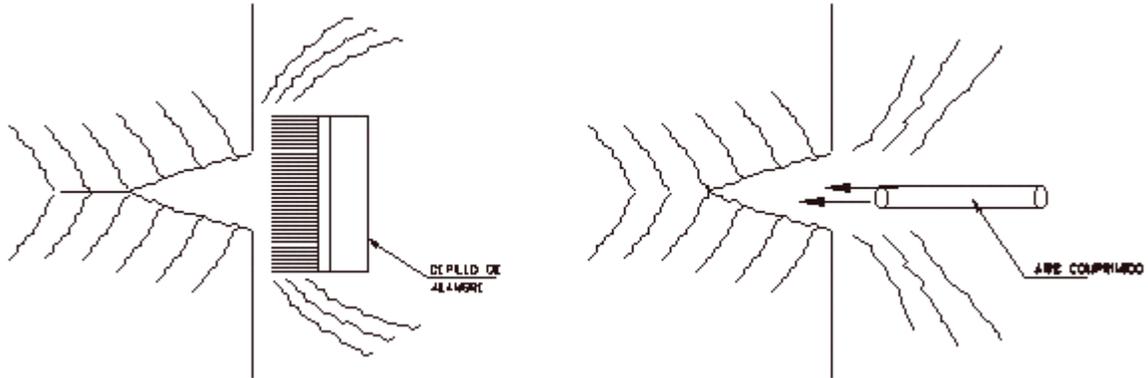
Los materiales de reparación de grietas son típicamente usados en líneas de expansión y en grietas estructurales que se mueven como líneas de expansión. Ellas se estiran y comprimen a medida que la grieta se mueve, y no hacen nada para restringir ese movimiento. Mientras que los materiales flexibles no “reparan” técnicamente las grietas en el sentido de pegarlas una con otra, pero son buenos para evitar que el clima afecte el área donde se aplican. Ellos son desastrosos debajo de un recubrimiento de cemento, pero pueden ser usados algunas veces debajo de recubrimientos elastoméricos que no son de cemento. “Ellos pudieran arreglar las grietas con una cubierta elastomérica, pero con un recubrimiento de cemento casi se puede garantizar que tendrá una grieta”, dice Ed Díaz, un decano especialista en servicio técnico con Sika Corporation. Los materiales flexibles pueden típicamente encontrarse en un rango amplio de colores.

Los materiales de reparación de grietas con base Epoxy son el estándar industrial para reducir o eliminar la habilidad de moverse a una grieta.

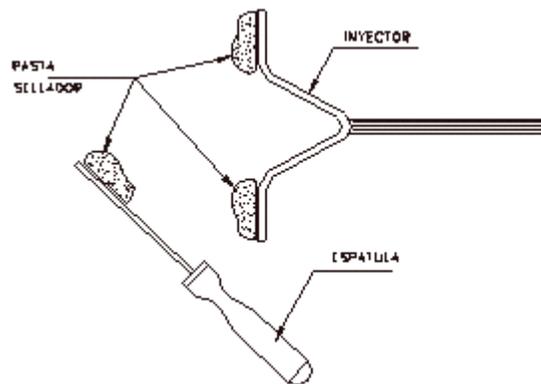
✓ *Inyección de grietas.*

Pasos a seguir para la inyección de grietas:

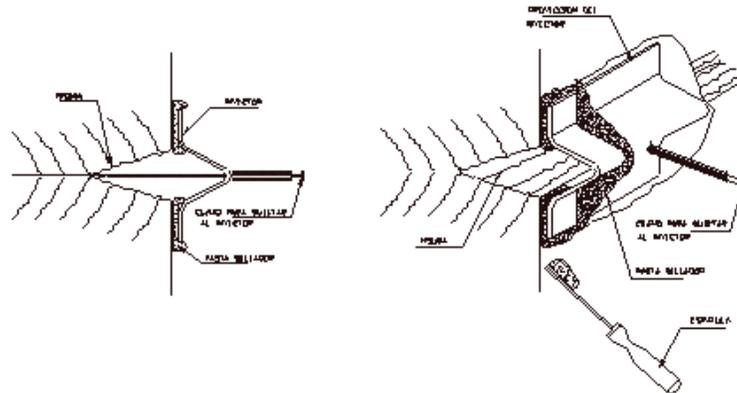
1.- Preparación de la superficie. Limpiar con un cepillo de alambre el área de la grieta removiendo el concreto deteriorado, quedando una superficie libre de grasas y polvo. Cuando exista humedad en la fisura es preciso retirarla a base de aire comprimido de tal manera que la fisura quede totalmente seca.



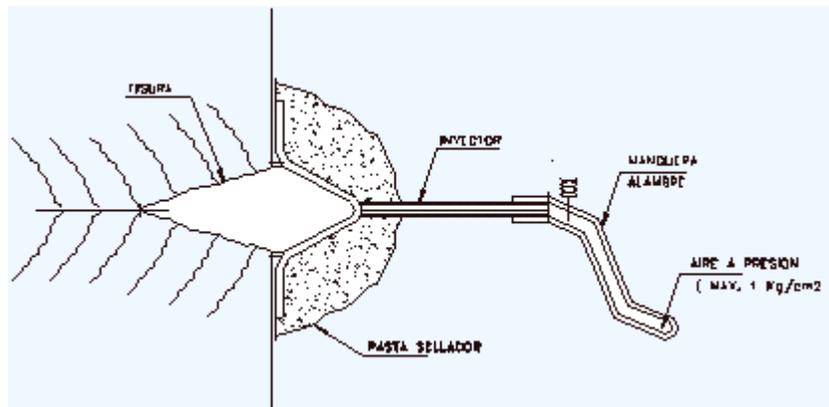
2.- Colocación de la pasta. Colocación de la pasta de poliéster (sellador) con una espátula sobre el inyector, esta pasta deberá ser capaz de soportar la presión de inyección sin que se bote.



3.- Colocación de inyectores. Colocar los inyectores a lo largo de la fisura sujetándolos por medio de un clavo. Colocar pasta sellador a lo largo de toda la fisura de tal manera que no pueda fugarse la resina durante la inyección. Cuando las fisuras atraviesen todo el elemento se deberán colocar inyectores en ambos lados.



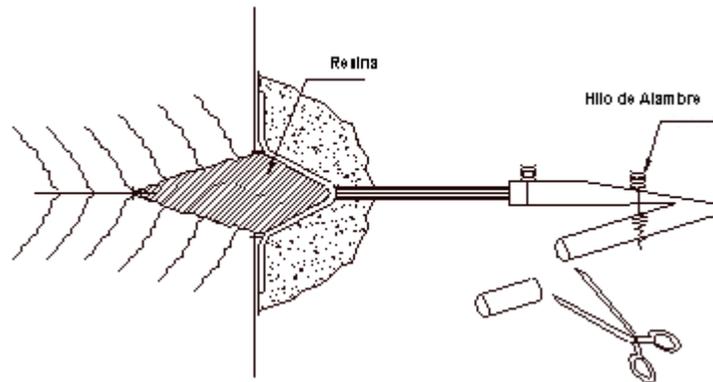
4.- Prueba de sello. Una vez endurecido el sello, se conectarán las mangueras a los inyectores y mediante aire a baja presión se comprobará la comunicación de todos los puntos de salida y la estanqueidad del sello.



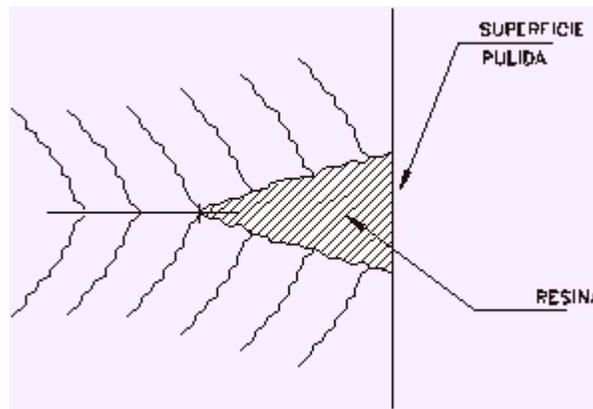
5.- Inyección. Una vez comprobada la continuidad de los puntos se deberá realizar lo siguiente:

- Preparar la resina.
- Iniciar la inyección por el punto extremo inferior de la fisura hasta que la resina salga por el siguiente punto.
- Cortar la manguera y pizarla con hilo de alambre de tal manera que esté totalmente cerrada.
- Seguir inyectando hasta que la resina salga por el inyector superior, cerrarlo y mantener la presión durante algunos minutos para asegurar el llenado completo de la fisura.
- Dejar un testigo de resina para que después se pueda verificar su endurecimiento.

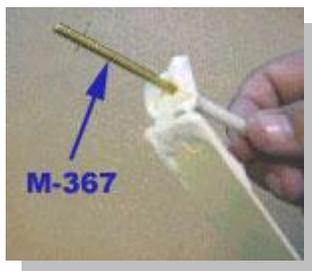
f) Para realizar la inyección se utilizara un recipiente provisto de un manómetro de manera que se pueda controlar la presión de inyección (no mayor a 5 Kg/cm² y no menor a 1.5 Kg/cm²).



6.- Limpieza. Se deberá secar la resina por lo menos 24 horas y se verifica que haya endurecido. Una vez endurecida la resina, retirar la pasta sellador e inyectores, y limpiar y pulir la superficie.



✓ **Accesorios de inyección.**



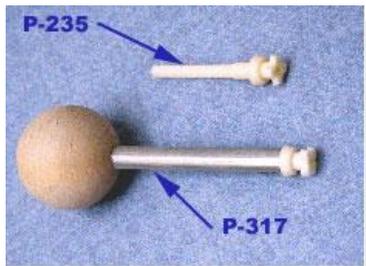
Se utiliza para insertar una masa de epóxico en la grieta a repararse.



Implementación de la herramienta.



Inserción de la herramienta en la grieta, una vez que se inserta se procede a la inyección de epóxico para garantizar el sellado de la misma.



Herramientas utilizadas para soportar altas presiones e inyectar las grietas en condicione húmedas, generalmente se utiliza para inyectar resinas de poliuretano así como epóxicos.



Instrumento de inyección en grietas, a través de presiones moderadas que no ocasionan más deterioros en la estructura.



Utilice este instrumento para aplicar y para formar el casquillo epóxico en el área dañada.