

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

Dentro del estudio de los Procesos de Rehabilitación de Pavimentos Rígidos Aplicados a Nuestro Medio se tomarán en cuenta el tipo de fallas que se originan en los mismos, para en lo posterior plantear las Técnicas o Métodos a emplearse en cada caso específicamente.

Los pavimentos de Concreto Hidráulico o pavimentos Rígidos fueron desarrollados inicialmente por el Ingeniero Clifford Older el mismo que determinó que los pavimentos son estructuras que resistían cargas, pero el principal problema de éstos se presentaba en las esquinas de los mismos.

En la actualidad existen varios métodos de Análisis para la reparación y conservación de los pavimentos Rígidos. El Análisis de estos métodos y su aplicabilidad permiten brindar al conductor el confort y seguridad al momento de la conducción.

Antes de comenzar a realizar una clasificación de los diversos métodos de Técnicas de Rehabilitación existentes cabe recalcar que el factor principal que influye negativamente en un pavimento Rígido son el cambio de temperatura y la flexión que sufren los mismos.

Dentro del proceso de Análisis para la solución de problemas debe desarrollarse una amplia evaluación tanto de la estrategia y técnicas usadas para la reparación de un pavimento rígido, como también se debe tener en cuenta el alcance, la causa del deterioro y los efectos que produce el daño en el pavimento. Para poder alcanzar así la efectividad deseada en la reparación.

Las técnicas a llevar a cabo no son las mismas en todos los lugares o países ya que dichas técnicas están sujetas a la climatología que se presenta en cada distrito y a la disponibilidad de materiales y equipos. Motivo por el cual no podemos asumir o aplicar directamente técnicas usadas en otras ciudades o países particularmente.

1.2. PROBLEMA

El problema a tratarse dentro de este trabajo es la presencia permanente en vías urbanas y carreteras de pavimentos rígidos que se encuentran en malas condiciones y requieren una rehabilitación para lo cual es necesario el Análisis de las Técnicas que deben ser empleadas en la reparación de las fallas que se originan en los pavimentos rígidos, los mismos que son provocados por problemas estructurales, durabilidad inadecuada de los componentes del concreto y mala dosificación al realizar la mezcla de los materiales para la realización del paquete del pavimento.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Es importante el presente trabajo porque nos permitirá brindar metodologías de solución para la rehabilitación de manera que pueda ser elegido el más adecuado con respecto a las fallas que se originan en los pavimentos.

Se deberá tener en cuenta que el pavimento presentará deterioro respecto a sus características iniciales, por lo cual el método de rehabilitación debe ser el más adecuado para poder brindar las condiciones adecuadas de transitabilidad y confort al usuario.

Es necesario estudiar el tema para de manera que con los conocimientos adquiridos, poder aplicarlos dentro del mantenimiento de vías que presentan alguna malformación en su estructura.

El tener a mano varias Técnicas de Rehabilitación nos permite tener varias alternativas para dar solución al tipo de falla que se origine dentro del pavimento.

Al realizar un estudio sobre técnicas de Rehabilitación, tenemos la oportunidad de establecer la aplicabilidad en nuestro medio que es una parte preponderante del presente trabajo, ya que la correcta elección del método a usarse está sujeta a la disponibilidad tanto de materiales como de la maquinaria que se necesita para poder llevar a cabo dicho método.

Muchas de las veces se elige un método de rehabilitación sin antes constatar si en nuestro medio se cuenta con los materiales, si el clima es el indicado para poder llevar adelante este método, o en su defecto no se cuenta con la maquinaria necesaria lo que significa que al querer remplazar algún material de los antes mencionados no se obtenga los resultados esperados.

El resultado que se espera obtener con el presente trabajo es el de realizar la correcta rehabilitación de nuestras carreteras, es decir aplicar el método que sea el adecuado y el que sea aplicable al medio en el que se desarrolla.

El desarrollo del presente trabajo servirá para que los futuros ingenieros que tengan a su cargo la rehabilitación de nuestras vías pavimentadas de manera de contar con una guía que sea de fácil acceso y entendimiento para la puesta en obra y de fácil aplicación, para que no se tropiece con posteriores problemas por una mala elección de un método de rehabilitación.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar las técnicas de rehabilitación empleadas para solucionar las fallas o problemas constructivos originados en los pavimentos rígidos.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- * Analizar los aspectos generales de los materiales que intervienen en los pavimentos rígidos.
- * Analizar las características de los pavimentos rígidos.
- * Evaluar los factores que originan deterioro en los pavimentos rígidos.
- * Describir los materiales y maquinaria a utilizar en los distintos tipos de técnicas de rehabilitación.
- * Clasificar los deterioros y las fallas que se presentan en el pavimento rígido de acuerdo a la gravedad de las mismas.

- * Plantear las posibles soluciones para las fallas o deterioros que se presentan dentro de los pavimentos rígidos.
- * Realizar una aplicación práctica, siguiendo alguno de los procesos o técnicas de rehabilitación en pavimentos rígidos que presentan deterioros prematuros.
- * Establecer conclusiones y recomendaciones del tema estudiado y la aplicación realizada.

1.5. ALCANCE

La importancia de la reparación de pavimentos de concreto en la actualidad, nos lleva a captar nuevas alternativas que de alguna manera revolucionen los métodos convencionales que muchas veces son inadecuados e ineficientes, pretendiendo dar respuesta a esta necesidad es que realizaremos un estudio que permita analizar y diseñar estrategias de reparación de pavimentos rígidos o de concreto hidráulico, teniendo en cuenta sus características y propiedades además de su comportamiento en campo.

El presente trabajo está dirigido a todos aquellos profesionales que tengan a su cargo el proceso de rehabilitación de los pavimentos rígidos de nuestra ciudad, esperando que encuentren en este trabajo una guía para poder llevar a cabo un buen mantenimiento de los mismos.

Llevaremos a cabo una introducción a los procesos de rehabilitación de Pavimentos Rígidos, realizando la identificación del problema por el que atraviesa el pavimento rígido, se definirá la justificación del estudio sobre los procesos de rehabilitación de pavimentos y se plantearán objetivos del tema en estudio.

Se identificará por qué se presentan los diversos problemas o fallas dentro de los pavimentos rígidos, para de esta manera poder realizar un diagnóstico exacto y poder efectuar la rehabilitación del pavimento aplicando el método de reparación adecuado.

Mencionaremos todas las características de los pavimentos rígidos. Desarrollaremos una descripción de los elementos y materiales que componen los pavimentos rígidos

como ser el cemento, gravas y arenas con su respectiva clasificación granulométrica y el proceso constructivo por el que atraviesa el pavimento rígido.

Se analizará el comportamiento que presentan los pavimentos rígidos es decir su capacidad estructural o funcionalidad. Llevaremos a cabo una Evaluación Superficial de los pavimentos rígidos lo cual será el punto de partida para solucionar problemas de infraestructura vial, pudiendo elegir el mejor método de evaluación y el que mejor se adapte al tramo en estudio.

Aplicaremos la Técnica de Sellado de Grietas mediante el sellante Sikaflex 15 LM SL, y el de Reparación o Restitución de Banquetas usando martillos neumáticos livianos para luego reemplazar las piezas dañadas.

Se definirá el sitio de estudio tomando en cuenta las características que presenta el mismo, llevaremos a cabo un control de calidad al proceso de rehabilitación para verificar y corroborar la eficiencia del mismo.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS

2.1. INTRODUCCIÓN

El pavimento rígido llamado también pavimento de concreto hidráulico es una estructura formada por el agrupamiento de capas de distintos materiales destinados a distribuir y transmitir las cargas aplicadas por el tránsito al cuerpo de la subrasante.

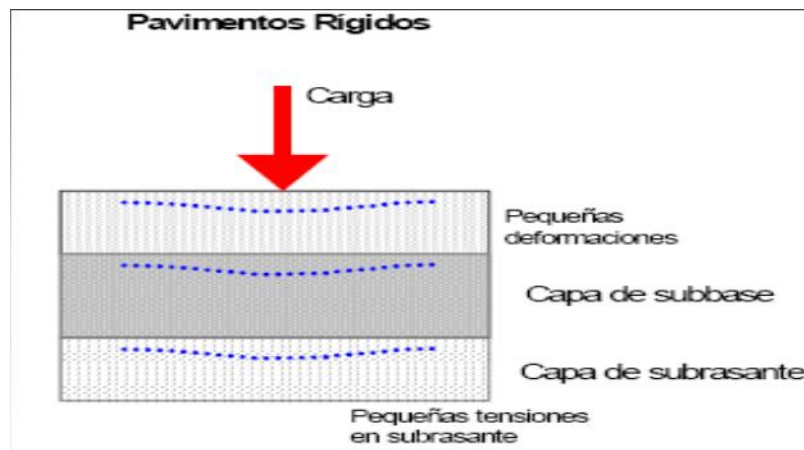


Fig. 2.1 Estructura de un Pavimento Rígido

Las ventajas de un pavimento de concreto hidráulico radican en:

- ✓ Velocidad en su construcción.
- ✓ Mayor vida útil con alto índice de servicio.
- ✓ Mantenimiento mínimo.
- ✓ No se deforma ni deteriora con el tiempo.
- ✓ Requiere menor estructura de soporte.
- ✓ Uso de materia prima nacional.
- ✓ Ahorro de divisas.

- ✓ Menores costos de operación de la carretera, alargan la vida útil de los vehículos.
- ✓ Indeformabilidad. El hormigón no se deforma en las zonas de frenado y arranque de los vehículos.
- ✓ Mejor drenaje superficial, no se deforma ni encharca.
- ✓ Seguridad: menor posibilidad de deslizamiento de vehículos en superficies mojadas.
- ✓ El pavimento rígido no contamina a diferencia del pavimento asfáltico.
- ✓ El pavimento rígido es más fácil de reparar: uso de aditivos bajo cualquier condición climática con rapidez y eficiencia.

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

Los pavimentos de concreto están sujetos a los esfuerzos siguientes:

- ✓ Esfuerzos abrasivos causados por las llantas de los vehículos.
- ✓ Esfuerzos directos de compresión y cortamiento causados por las cargas de las ruedas.
- ✓ Esfuerzos de compresión y tensión que resultan de la flexión de las losas bajo las cargas de las ruedas.
- ✓ Esfuerzos de compresión y tensión causados por la expansión y contracción del concreto.

2.2. CARACTERÍSTICAS DEL PAVIMENTO RÍGIDO

Las características superficiales de los pavimentos son muy importantes, pues de ellas dependerá la buena funcionalidad de la carretera, las características superficiales del pavimento son en realidad las únicas características del firme que interesan al usuario, ya que de ellas depende en gran medida su seguridad y la comodidad de circulación.

Entre las características y propiedades a considerar están las siguientes:

- ✓ Resistencia al deslizamiento.
- ✓ Textura.
- ✓ Regularidad superficial.
- ✓ Permeabilidad.
- ✓ Drenabilidad.
- ✓ Resistencia a la rodadura.
- ✓ Color y propiedades ópticas reflexivas.
- ✓ Resistencia al ataque de aceites y combustibles.
- ✓ Limpieza.
- ✓ Deterioros superficiales.

2.2.1. RIGIDEZ DEL PAVIMENTO

Los hormigones tienen un comportamiento, bajo las acciones del tráfico, fundamentalmente elástico; incluso en condiciones severas de tráfico pesado, intenso y lento y elevadas temperaturas, no experimentan deformaciones visco plásticas. Con un modulo de Young que fácilmente supera los 40 000 MPa y los espesores de losa indicados, los pavimentos de hormigón son estructuras muy rígidas con una gran capacidad de disipación de las tensiones producidas por las cargas: la tensión máxima que le llega a apoyo es solo una pequeña fracción de la presión de contacto. El pavimento no precisa, por tanto, de una base con la misma función que en un firme flexible, sino de un apoyo uniforme y resistente a la erosión, tanto bajo el tráfico de obra como en servicio.

2.2.2. JUNTAS

La retracción inicial de hormigón y las variaciones de volumen por cambios de temperatura y de humedad (parcialmente impedidas por el peso propio de la losa y su rozamiento con la base de apoyo) hacen necesaria la construcción de juntas para evitar la aparición aleatoria de fisuras en el pavimento, muchas de las cuales se desportillarían bajo la acción directa del tráfico; al mismo tiempo, las fisuras mas abiertas permitirán la entrada de agua y partículas extrañas hacia la base pudiendo

llegar a formar bloques inestables bajo el tráfico. Por otro lado, también son necesarias las juntas para facilitar el alabeo de las losas debido a los gradientes de temperatura y de humedad.

Finalmente, cuando se interrumpe la colocación de hormigón, se hacen necesarias juntas de construcción.

Esta solución de continuidad del pavimento no debe afectar, sin embargo, a sus cualidades estructurales o funcionales. Es necesario asegurar una cierta transmisión de cargas de una losa a la contigua para evitar el escalonamiento durante el periodo de servicio. En todo caso, las juntas han de ser imperceptibles para el usuario.

2.2.3. CARACTERÍSTICAS SUPERFICIALES

La resistencia al deslizamiento se puede conseguir empleando una proporción apreciable de una arena silíceo al hormigón fresco una textura superficial adecuada mediante el arrastre de una arpillera y posterior cepillado, estriado o ranurado. Otras texturas, mas parecidas a las de los pavimentos bituminosos, son las obtenidas por la incrustación de gravillas no pulimentables en el hormigón fresco (engravillado) o por eliminación del mortero superficial (denudación) al que se le impide fraguar mediante un riego de agua con sacarosa. Se ha comprobado que, a igualdad de coeficientes de rozamiento, las texturas longitudinales dan lugar a unos niveles sonoros relativamente reducidos.

La calidad de la rodadura viene marcada por la regularidad superficial obtenida. En ella influyen factores tales como la puesta a punto de la pavimentadora y de sus elementos de acabado, la homogeneidad del hormigón, el camino de rodadura de la maquinaria, los elementos de guiado y la regularidad del ritmo de puesta en obra.

2.2.4. DURABILIDAD

La resistencia mecánica del hormigón aumenta con el tiempo y, si el proyecto del pavimento ha sido correcto, su índice de servicio disminuye lentamente. La fatiga a flexión del hormigón es la que determinara finalmente el agrietamiento generalizado del pavimento y la necesidad de su refuerzo o reconstrucción. En este fenómeno influyen factores tales como el espesor de la losa, la resistencia a flexo-tracción del hormigón, la intensidad y el número de aplicaciones de las cargas, el clima, la forma y las dimensiones de las losas y las condiciones de su base de apoyo.

2.3. ELEMENTOS QUE INTEGRAN UN PAVIMENTO RÍGIDO

El pavimento rígido tiene como elemento estructural fundamental una losa de hormigón, esta se apoya sobre una capa de material seleccionado, a la que se le da el nombre de subbase y posteriormente esta se apoya a una capa de suelo natural llamada subrasante; en ocasiones cuando la subrasante del pavimento tenga una calidad suficiente buena, se descarta el uso de la subbase de acuerdo a criterios constructivos.

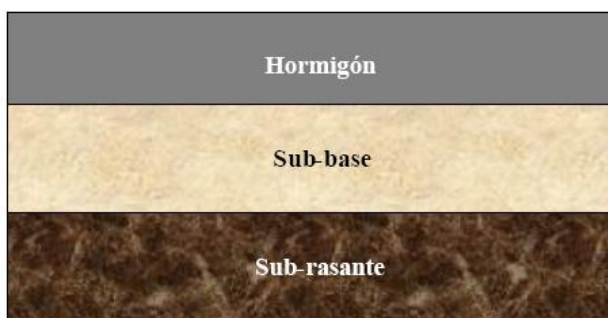


Fig. 2.2. Elementos que Integran el Pavimento Rígido

2.3.1. CAPA SUBRASANTE

Es el terreno de fundación del pavimento, constituye la capa superior de la terracería y por lo consiguiente la capa de apoyo de los pavimentos; la cual puede estar formada por el propio terreno natural, perfilado y compactado adecuadamente. Sin embargo, cuando el material local no tiene las características para cumplir tal función, por presentar problemas de expansión, bajo valor relativo de soporte, etc., se recurre a la utilización de materiales seleccionados de mejor calidad procedente de un banco de material. Por lo anteriormente dicho constituye el elemento de apoyo del pavimento, por lo que debe resistir adecuadamente los esfuerzos que le son transmitidos, aun en condiciones severas de humedad.

2.3.2. CAPA SUBBASE

Se define como subbase para pavimentos rígidos la capa de material que se ubica antes de la losa de concreto. Se trata de un elemento importante para garantizar la uniformidad del soporte de las losas y se construye por lo general con materiales granulares, los cuales cuando el tránsito llega a ser muy pesado e intenso, se hace necesario estabilizar este material; para evitar que bajo su acción sufran erosiones indeseables se recurre a subbases de grava-cemento. Por otra parte cuando el tránsito es ligero el material de la capa subrasante es de buena calidad, se suprime la subbase. Debe mencionarse que eventualmente a esta capa se la denomina base, por su posición inmediata bajo la losa. Sin embargo se le designa como subbase debido a que en general los requerimientos de calidad de los materiales no son tan estrictos como los de una base en un pavimento flexible, teniendo en cuenta que la losa de concreto reduce los esfuerzos impuestos a esta capa por las cargas aplicadas por los vehículos.

Para obtener una capa sub base de óptima calidad, la misma debe cumplir con las siguientes especificaciones:

Límite Líquido (LL)	25%	Máximo
Índice de Plasticidad (IP)	6%	Máximo
Poder de Soporte (CBR)	40%	Mínimo
Desgaste de Los Ángeles	60%	Máximo
Finos que Pasan Malla # 200	15%	Máximo

Tabla 2.1. Especificaciones Para Capa Sub Base

2.3.3. CAPA DE RODADURA (LOSA DE HORMIGÓN)

Constituye la parte fundamental del pavimento rígido, debiendo estar capacitadas para resistir los esfuerzos producidos por el tránsito y los efectos de la intemperie, y proporcionar además una superficie de rodamiento segura, cómoda y de características permanentes bajo el efecto combinado del tránsito y de los factores ambientales durante su vida útil, de manera que solo deban ser necesarias algunas actuaciones locales y esporádicas de conservación, de poca importancia y costo.

Un pavimento rígido se halla constituido por un elemento estructural fundamental una losa de concreto; debido a la rigidez que presenta esta losa, esta clase de pavimentos no requieren, al menos desde un punto de vista teórico, apoyarse sobre una explanada o capa de elevada capacidad de soporte.

Normalmente el espesor de la losa puede partir de unos 15 cm. para tránsito muy ligero, hasta llegar a ser del orden de 40 cm. en el caso de autopistas y carreteras con alto nivel de tránsito pesado, requiriendo además concretos homogéneos y de alta calidad, con resistencias a la tensión no inferiores a 3.5 MPa, y muy comúnmente de 4 Mpa o más.

El hormigón de tipo vibrado utilizado para trabajos de pavimentación debe satisfacer ciertas características muy particulares, que marcan diferencias con respecto a los hormigones utilizados en otro tipo de obras, por lo que puede clasificarse como un

hormigón de alto comportamiento. A continuación se indican las características que son fundamentales para la correcta elaboración de la mezcla, que su finalidad es satisfacer los requerimientos indispensables para la elaboración de la losa de hormigón.

2.4. COMPONENTES DEL PAVIMENTO RÍGIDO

2.4.1. CEMENTO

El cemento es un conglomerado hidráulico, o sea son materiales artificiales de naturaleza inorgánica y mineral que finamente molidos y convenientemente amasados con agua forman pastas que fraguan y endurecen tanto en el aire como bajo el agua.

Los cementos son materiales granulares muy finos y homogéneos, siendo aceptable su grado de uniformidad de propiedades y de su comportamiento, sólo se puede conseguir mediante procesos continuos de fabricación (selección, dosificación, homogeneización de materias primas y productos intermedios, clinkerización de crudos), así como de realizaciones periódicas y frecuentes controles en cuanto a su calidad.

La siguiente tabla establece las definiciones particulares de cada tipo de cemento.

TIPOS DE CEMENTO			PROPORCIÓN EN MASA			
			Componentes Principales			Componentes Adicionales
Denominación	Designación	Tipo	Clinker	Puzolana Natural	Filler Calizo	
CEMENTO PORTLAND	Cemento Portland	I	95-100			0-5
	C. P. con Puzolana	IP	70-94	6-30		0-5
	C. P. con Filler Calizo	IF	80-94			0-5
Cemento Puzolanico		P	60	4		0-5

Fuente: Norma Boliviana IBNORCA

Tabla 2.2. Clasificación y Composición de los Cementos

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 o 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.

2.4.2. MATERIALES PÉTREOS

Los agregados que se vayan a utilizar deberán cumplir con las normas de elaboración del concreto: agregado grueso y agregado fino.

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.

Para controlar la calidad de los agregados, es conveniente realizar visitas a los bancos de préstamo para conocer la disposición de los agregados antes de que sean transportados a los lugares de almacenamiento o a la obra.

Los agregados necesarios para la elaboración del hormigón (arena y grava), deberán cumplir los requisitos de las normas bolivianas CBH-87. Las características indicadas a continuación para los agregados, son las más comunes y de mayor utilización dentro del campo de la construcción de pavimentos rígidos.

- **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:

MALLA		% QUE PASA
2"	50.00 mm	100
1 1/2"	37.50 mm	95-100
3/4"	19.00 mm	35-70
3/8"	9.50 mm	10-30
Nº4	4.75 mm	0-5

Referencia: CEMEX

Tabla 2.3. Especificaciones - Materiales – Granulometría de la Grava

- 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:

MALLA		% QUE PASA
3/8"	9.50 mm	100
Nº 4	4.75 mm	95-100
Nº 8	2.36 mm	80-100
Nº 16	1.18 mm	50-85
Nº 30	600 µm	25-60
Nº 50	300 µm	10-30
Nº 100	150 µm	2-10
Nº 200	75 µm	4 máximo

Referencia: CEMEX

Tabla 2.4. Especificaciones – Materiales – Granulometría de la Arena

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.

2.4.3. AGUA

El agua en el hormigón tiene tres funciones principales como ser:

- ✓ Hacer posible las reacciones químicas en el cemento, reaccionar con él e hidratarlo.
- ✓ Actuar como lubricante para contribuir en la trabajabilidad del hormigón y lograr una correcta puesta en obra.
- ✓ Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

El agua que se utilice en la elaboración del concreto debe estar libre de impurezas, aceite, etc., siempre que sea posible deberá usarse agua potable, con un pH entre 4 y 7. El grado de pureza del agua para el preparado del hormigón deberá ser de buena calidad, no contener sustancias corrosivas, ni que contaminen al cemento, ni influyan en ningún proceso para la obtención de un buen hormigón.

La cantidad de agua deberá ser medida cuidadosamente para el hormigón fresco, bastante como para obtener hormigones trabajables y mínima para la obtención de hormigones compactos. Para hormigones ya endurecidos, el agua debe ser abundante y de buena calidad por su acción prolongada.

2.4.4. ADITIVOS

Deberán emplearse aditivos 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.

2.4.5. 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.

- **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) más – 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) más – 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.

2.4.6. ACERO DE REFUERZO

El acero de refuerzo necesario para la construcción del pavimento se utiliza en las juntas, ya sea como pasadores de cortante o 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 ($f_y=4,200$ kg/cm²), 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, más no deberán impedir el movimiento longitudinal de la misma.

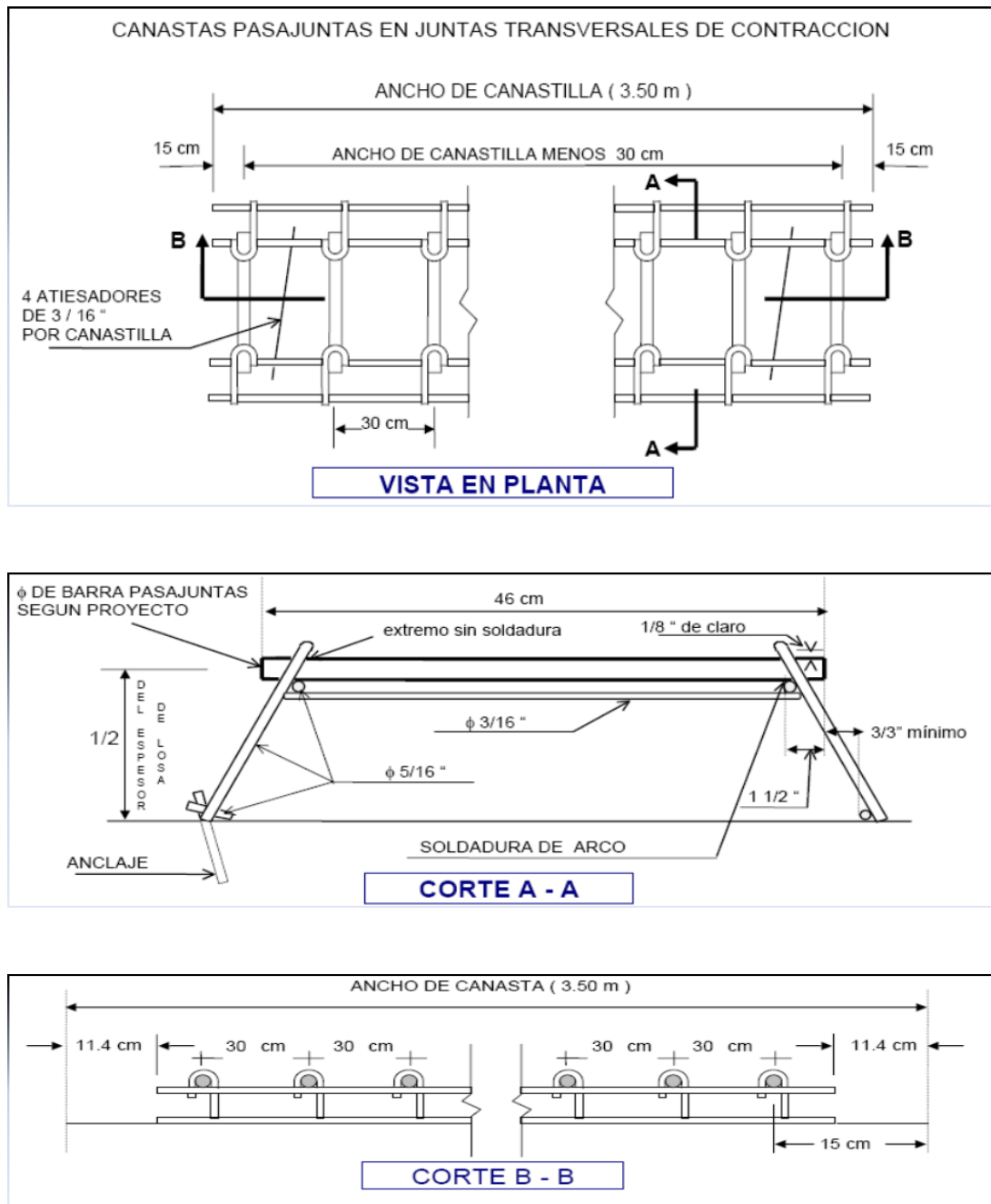


Fig. 2.3. Canastas Pasajuntas En Juntas Transversales De Contracción

2.4.7. 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 auto nivelarse 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 está en función del 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	$\frac{3}{4}$	41	16	30	12
15 a 20	6 a 8	25	1	46	18	30	12
20 a 30	8 a 12	32	$1\frac{1}{4}$	46	18	30	12
30 a 43	12 a 17	38	$1\frac{1}{2}$	51	20	38	15
43 a 50	17 a 20	45	$1\frac{3}{4}$	56	22	46	18

Tabla 2.5. Barras Pasajuntas

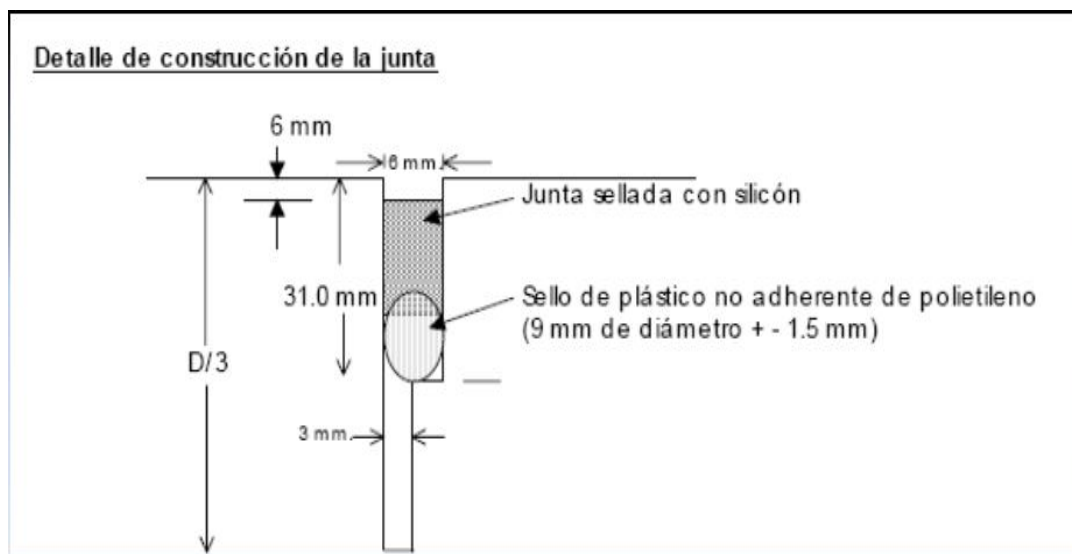


Fig. 2.4. Detalle De Construcción De La Junta

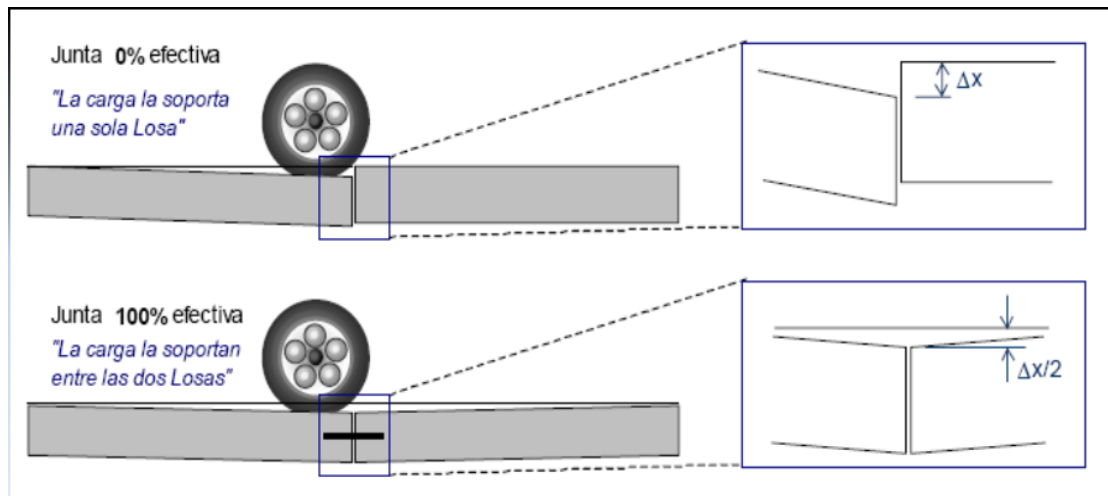


Fig. 2.5. Transferencia de carga

2.4.8. PROCESO DE EJECUCIÓN 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.

5. 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.

CAPÍTULO III

EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

3.1. GENERALIDADES

El conocimiento de las condiciones en que se encuentra un pavimento y de su comportamiento a través del tiempo, son tópicos de vital importancia para el organismo encargado de su diseño, construcción, conservación y operación; sin embargo, dichos tópicos interesan en forma fundamental al numeroso grupo de usuarios de los pavimentos, tanto urbanos como carreteros y aeroportuarios, por las implicaciones que tienen en la seguridad y economía del transporte.

El conocimiento de dichos tópicos se obtiene mediante un proceso de investigación, tanto en el campo como en el gabinete, recabando información de tipo documental o efectuando mediciones en el campo de los principales indicadores que manifiestan las condiciones en que se encuentra el pavimento. Este proceso es conocido generalmente como evaluación del pavimento, y ha sido objeto de importantes avances tecnológicos, convirtiéndose en un proceso sistematizado, capaz de aportar información confiable y necesaria para la toma de decisiones sobre las posibles estrategias que pueden ser aplicables para conservar y rehabilitar un pavimento, con el propósito de mantenerlo en niveles de servicio preestablecidos.

Entre otras cosas, la evaluación de un pavimento, además de proporcionar la información de su estado en el momento en que se realice, proporciona información de gran utilidad para constituir la experiencia del organismo, que contribuye a la constante mejora en los aspectos de diseño y construcción de pavimentos nuevos o sometidos a procesos de rehabilitación, así como a la eficiencia técnica y económica de estos últimos.

Como se mencionó anteriormente, el proceso de evaluación implica la obtención de una serie de parámetros o indicadores, que pueden estar o no relacionados con el pavimento, tales como deterioros, aspectos geométricos, tránsito, costo de los trabajos de rehabilitación, requerimientos de conservación a futuro, etc.

Un aspecto importante que debe señalarse es el relativo a que no pueden establecerse reglas fijas para efectuar la evaluación de un pavimento, debiendo más bien considerarse que cada caso presenta condiciones particulares que deben ser tomadas en cuenta por el grupo encargado de la ejecución de la evaluación, en lo cual tiene mucho que ver la experiencia y el buen juicio ingenieril.

Por otra parte, debe tenerse en cuenta que los resultados de la evaluación efectuada en un momento dado constituyen la información sobre el estado o condición del pavimento en ese momento, pero si se comparan los resultados correspondientes a las evaluaciones en dos etapas de la vida del pavimento, se tendrá información sobre el comportamiento del pavimento en el lapso cubierto por las dos evaluaciones, de manera que si la primera evaluación se efectúa al inicio de la operación del pavimento, lo cual es muy deseable, se tendrá no sólo el conocimiento de las condiciones en que inicia el pavimento su ciclo de vida, sino que será posible conocer la historia completa del comportamiento del pavimento.

En resumen, el proceso de evaluación del pavimento efectuado en forma periódica es muy importante por lo siguiente:

- a) Proporciona información para verificar las predicciones efectuadas en el diseño y actualizarlas en caso necesario.
- b) Permite efectuar la programación de las medidas de conservación y su reprogramación en caso necesario, como consecuencia de la actualización de la información, tanto a nivel particular como de la red.
- c) Proporciona información para mejorar los métodos de diseño.
- d) Permite mejorar las técnicas de construcción y de conservación.
- e) Constituye la pieza clave de un Sistema de Administración de Pavimentos y proporciona la información para determinar necesidades de un tramo en particular o de toda una red.

La información que en conjunto constituye un proceso de evaluación cubre diferentes campos, debiendo reunirse con el detalle necesario para configurar un panorama realista del problema y en consecuencia, poder definir la estrategia apropiada de rehabilitación del pavimento.

3.2. COMPORTAMIENTO DE LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS

El comportamiento de un pavimento puede definirse como la capacidad estructural o funcional medible a lo largo de su periodo de diseño. El público usuario le asigna valores subjetivos de acuerdo a su calidad de rodadura, seguridad, aspecto y conveniencia.

La capacidad funcional comprende:

- ✓ Calidad aceptable de rodadura.
- ✓ Adecuada fricción superficial.
- ✓ Geometría apropiada para seguridad.
- ✓ Aspecto estético.

La capacidad estructural del pavimento implica soportar las cargas impuestas por el tránsito y las condiciones ambientales.

La capacidad estructural y funcional están íntimamente relacionadas. En efecto, un deterioro estructural de un pavimento se manifiesta por una disminución de su capacidad funcional ya que hay un incremento en rugosidad, ruido, y es un riesgo para los vehículos y ocupantes que lo transiten. No obstante hay otros tipos de fallas estructurales que pueden progresar sin que los usuarios lo noten hasta etapas muy avanzadas. También puede haber una pérdida de capacidad funcional sin que esto implique pérdida de capacidad estructural.

3.3. INDICADORES DE COMPORTAMIENTO

Hay características del pavimento que pueden medirse cuantitativamente y correlacionarse con las consideraciones subjetivas de los usuarios. Estas características se llaman indicadores de comportamiento y son:

- ✓ Fallas Visibles.
- ✓ Capacidad Estructural.
- ✓ Fricción Superficial.

- ✓ Rugosidad / Serviabilidad.

3.3.1. FALLAS VISIBLES

Las fallas tienen lugar en los pavimentos como resultado de interacciones complejas de diseño, construcción, materiales, tránsito, medio ambiente y procedimientos de mantenimiento. Las fallas visibles deben ser cuantificadas de acuerdo a estos parámetros:

- ✓ Tipo.
- ✓ Severidad.
- ✓ Cantidad.

Más adelante se describirán algunos tipos de fallas. De acuerdo a la severidad de una falla, ésta puede ser de baja severidad, de severidad media o de alta severidad. La cantidad se mide de distintas formas de acuerdo al tipo de falla:

- ✓ Magnitud promedio en longitud en todo el tramo a estudiar (por ejemplo para desplazamientos verticales, ahuellamiento, etc.).
- ✓ Cantidad total por longitud (para fisuras transversales).
- ✓ Cantidad total por área (para fisuras en bloque).
- ✓ Porcentaje de área afectado (para piel de cocodrilo).
- ✓ Número de veces (para hinchamientos y asentamientos).

3.3.2. CAPACIDAD ESTRUCTURAL

El diseño estructural de un pavimento comienza con la previsión de los tipos y volúmenes de vehículos que pasarán sobre éste durante su vida útil. Se eligen los materiales que formarán el pavimento y finalmente se determinan los espesores de cada una de las capas que forman el paquete estructural que soportará las cargas previstas sin que se produzcan fallas. Se puede definir la capacidad estructural como la capacidad del pavimento para soportar las cargas de tránsito durante el periodo de vida útil.

3.3.3. FRICCIÓN SUPERFICIAL

La fricción superficial de un pavimento es la fuerza desarrollada en la interface rueda-pavimento que resiste el deslizamiento cuando se aplican las fuerzas de frenado. En los pavimentos secos hay, en general, buena fricción superficial, pero en los mojados el agua actúa como lubricante y reduce el contacto entre rueda y pavimento.

Si la película de agua es gruesa y el vehículo circula a gran velocidad, las ruedas pierden contacto con el pavimento, creando el peligroso fenómeno de hidroplaneo.

Los tres factores que influyen en la fricción superficial son: microtextura, macrotextura, pendiente transversal de calzada. La microtextura se refiere a la rugosidad de las superficies de las partículas gruesas tomadas en forma individual de la superficie de rodamiento y del ligante de esta superficie. La microtextura contribuye a la fricción por adhesión con las ruedas del vehículo. La macrotextura se refiere a la textura global del pavimento, la cual está controlada por el tipo y tamaño del agregado grueso en pavimentos flexibles y por la terminación superficial en pavimentos rígidos. Una buena macrotextura ayuda a mejorar la fricción superficial proveyendo canales de escape para el agua superficial en la interface rueda-pavimento. La pendiente transversal contribuye a la fricción superficial facilitando la salida del agua hacia los bordes. Por lo menos se recomienda una pendiente transversal del 1%, siendo más común adoptar 2%.

3.3.4. RUGOSIDAD / SERVICIABILIDAD

PSR	CONDICIÓN
0-1	Muy Pobre
1-2	Pobre
2-3	Regular
3-4	Buena
4-5	Muy buena

Tabla 3.1. Niveles de Serviciabilidad

Mientras que las fallas, la condición estructural y la fricción superficial son importantes indicadores ingenieriles de las condiciones de un pavimento, los usuarios juzgan el estado de un pavimento en términos de calidad para circular sobre ellos. La serviciabilidad se define como la capacidad del pavimento para brindar un uso confortable y seguro a los usuarios. En el procedimiento de diseño AASHTO, la serviciabilidad está calificada en términos de Clasificación de Serviabilidad Presente (PSR=Present Serviceability Rating). Para determinar la PSR un grupo de individuos circula sobre el pavimento y lo califica de 0 a 5. En la tabla están indicados los niveles de serviciabilidad. Mediante un análisis por regresión se dedujeron ecuaciones para determinar el Índice Presente de Serviabilidad (PSI=Present Serviceability Index), el cual es una estimación del PSR basada en rugosidad y fallas.

3.4. TIPOS DE FALLAS

3.4.1. FISURA TRANSVERSAL O DIAGONAL



Fig.3.1. 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.

3.4.2. FISURA LONGITUDINAL



Fig.3.2. 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.

3.4.3. FISURA DE ESQUINA



Fig.3.3. 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

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.

3.4.4. LOSAS SUBDIVIDIDAS



Fig.3.4. 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	6 a 8
A	Alto	Más de 8

Tabla 3.2. Clasificación de Niveles de Severidad de Fisuras

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 registró como de severidad mediana a alta, no se cuenta otros daños que pudieran evidenciar la losa. El registro se lleva separadamente para cada nivel de severidad.

3.4.5. FISURAS EN BLOQUE



Fig.3.5. Fisuras en Bloque

Descripción: Fracturamiento que subdividen generalmente una porción de la losa en planos o bloques 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 de flexionar 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.

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.

3.4.6. FISURAS INDUCIDAS



Fig.3.6. 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 respetados; 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.

- Fisuras de ancho promedio mayor de 10 mm.

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

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".

3.4.7. LEVANTAMIENTO DE LOSAS



Fig.3.7. 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.

3.4.8. DISLOCAMIENTO



Fig.3.8. 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 dislocamiento a través de una junta, se cuenta como una losa.

- El dislocamiento a través de una grieta es una falla combinada; no se computa como dislocamiento pero se considera al definir la severidad de la grieta.

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

3.4.9. HUNDIMIENTO



Fig.3.9. 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.

3.4.10. DESCASCARAMIENTO Y FISURAS



Fig.3.10. Descascaramiento

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

3.4.11. PULIMIENTO DE LA SUPERFICIE



Fig.3.11. 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.

3.4.12. PELADURAS



Fig.3.12. 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.

3.4.13. BACHE



Fig.3.13. 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

Tabla 3.3. Clasificación de Niveles de Severidad de Bache

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.

3.4.14. DEFICIENCIAS EN MATERIAL DE SELLO



Fig.3.14. 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.

3.4.15. DESPOSTILLAMIENTO

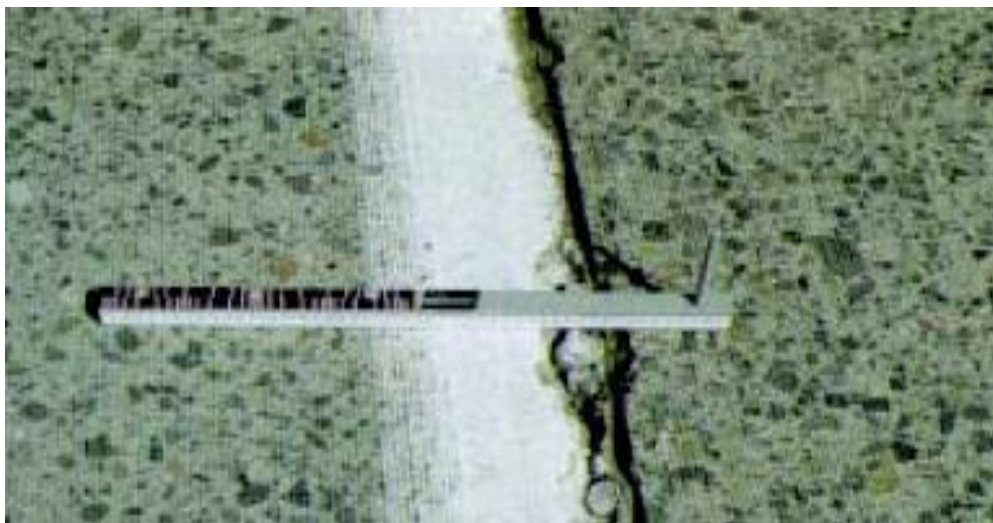


Fig.3.15. Despostillamiento

Descripción: Rotura, fracturación o desintegración de los bordes de las losas dentro de los 0.60 metros de una junta 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 disturbación durante la ejecución de la junta; deficiente diseño y/o construcción de los sistemas de transferencia de carga de la junta; acumulación de agua a nivel de las juntas.

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.

3.4.16. FISURAS POR MAL FUNCIONAMIENTO DE JUNTAS



Fig.3.16. Fisura 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, ejecución de las juntas son algunas causas frecuentes que provocan una fisura paralela muy próximas a las mismas (doble juntas)

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

3.4.17. PARCHADOS Y REPARACIONES PARA SERVICIOS PÚBLICOS



Fig.3.17. 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 parapermitir 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.

3.5. EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

El deterioro de los pavimentos de concreto construidos en nuestro país durante los últimos años es el punto de partida de este estudio que busca contribuir a la solución de un problema tan importante de la infraestructura vial. Se propone una metodología para evaluar la acción de diversos factores que inciden en la durabilidad de las estructuras, con el objeto de que los resultados que se desprendan de su aplicación se tomen en cuenta al formular las especificaciones de diseño y construcción de nuevas carreteras.

3.6. TIPOS DE EVALUACIÓN DE UN PAVIMENTO RÍGIDO

3.6.1. EVALUACIÓN SUPERFICIAL

El deterioro de la estructura del pavimento está dado en función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones.

Para superar esta dificultad se introdujeron “valores deducidos”, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento.

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado.

Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Tabla 3.4. Rangos de Clasificación del PCI

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen Clase, Severidad y Cantidad de cada daño que presenta. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenidos como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima.

3.6.1.1. PROCEDIMIENTOS PARA LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS

Para efectuar la evaluación superficial de pavimentos se han considerado tres pasos importantes a realizar en base a la necesidad de identificar los deterioros o fallas del pavimento, que serán materia de evaluación específicamente en relación a las características físicas de la calzada y su superficie de rodadura.

La evaluación a realizar para efectos prácticos, corresponde a una recolección de datos

como la base principal a desarrollar a partir de la inspección visual del pavimento, debiéndose hacer las anotaciones de lo observado mientras se maneja o camina sobre la red vial, en formatos adecuados para tal fin.

A continuación se describen en forma resumida los pasos a seguir para efectuar la evaluación superficial de los pavimentos mediante la inspección visual de vías:

3.6.1.2. INSPECCIÓN VISUAL

Se efectuará un recorrido de la vía a estudiar, con la finalidad de obtener información sistematizada. Esta inspección se puede realizar a pie o desde un vehículo a baja velocidad para inspeccionar visualmente las condiciones generales de la superficie del pavimento, seleccionando tramos según la uniformidad de las condiciones. Si se observan diferencias significativas, como cambios en la superficie de rodadura o en las secciones transversales, los pavimentos se deben subdividir en dichos puntos.



Fig.3.18. Inspección Visual

a.- Observación de Fallas.- Determinar las condiciones del pavimento recorriendo la vía lentamente para observar manifestación de fallas en función de tipo, severidad y extensión de la manifestación y ocurrencia de dichas fallas.

b.- Formato de Evaluación.- Se deberá efectuar el registro de todo lo observado en el

recorrido de la inspección visual, anotando todas las manifestaciones de fallas, en las unidades de medida correspondientes que permita determinar los tratamientos de mantenimientos posibles de aplicar. De esta manera se tendrá definida la condición del pavimento de determinada vía y/o red vial, que posibilitará definir la política de ejecución inmediata de los programas de conservación vial urbana.

A continuación se detallara como debe realizarse la recopilación de los datos utilizando el formato de evaluación que se encuentra en la figura 3.19.

Sección 1: Información General.- Este aspecto permite realizar la captura de información general de la vía, nombre de la carretera; longitud del tramo, el tipo de rodamiento, ancho de la calzada y los números de carriles por calzada. Adicionalmente se debe registrar la fecha de inspección, el nombre de quien realiza la visita y el número de la hoja correspondiente.

Sección 2: Deterioros.- En estas casillas se hace el registro, ubicación y características de los deterioros encontrados en el pavimento, se debe recalcar que en el formato solo se debe consignar la información de las placas que presenten daños. En la columna de Manifestación de Deterioro se registrará las patologías encontradas. En la columna del N° de losa se hace referencia a la losa evaluada y está compuesto por dos casillas: un número y una letra, el número hace referencia al número asignado a la losa que presenta deterioro a lo largo del abscisado, mientras que la letra está relacionada con la de filas de losas que se encuentran en el ancho de la calzada. En la columna de las dimensiones de la losa se registrará la geometría de las losas, el largo medido en metros en sentido de avance y el ancho en sentido transversal a la vía. En la columna de magnitud se hace referencia a la severidad del daño, se asigna a cada daño un nivel de severidad. Para el Daño en esta casilla se reportan las dimensiones del daño en metros de acuerdo con su forma de medición (largo y ancho o solo largo, según se haya definido la forma de medición para cada deterioro).

Sección 3: Observaciones.- En esta sección del formato se deben registrar todos los detalles adicionales encontrados durante la inspección en cada losa, que ayuden a entender mejor la ubicación magnitud y cualquier característica que permita al personal técnico en oficina contextualizar el daño y también se puede registrar información adicional que el ingeniero considere importante, tal como problemas generalizados en el pavimento.

En la figura 3.20 se muestra el formato de relevamiento de fallas de uno de los manuales que estamos investigando.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
PCI-02. CARRETERAS CON SUPERFICIE EN CONCRETO HIDRÁULICO

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO

ZONA 	ABSCISA INICIAL 	UNIDAD DE MUESTREO
CÓDIGO VÍA 	ABSCISA FINAL 	NUMERO DE LOSAS
INSPECCIONADA POR 	FECHA 	

No.	Daño	No.	Daño	No.	Daño
21	Blow up / Buckling.	27	Desnivel Carril / Berma.	34	Punzonamiento.
22	Grieta de esquina.	28	Grieta lineal.	35	Cruce de vía férrea
23	Losa dividida.	29	Parcheo (grande).	36	Desconchamiento
24	Grieta de durabilidad "D".	30	Parcheo (pequeño)	37	Retracción
25	Escaia.	31	Pulimento de agregados	38	Descascaramiento de esquina
26	Sello de junta.	32	Popouts	39	Descascaramiento de junta
		33	Bombeo		

Daño	Severidad	No. Losas	Densidad (%)	Valor deducido	ESQUEMA
					00000
					10
					00000
					9
					00000
					8
					00000
					00000
					1234

Fig.3.19. Formato de exploración de condición para carreteras con superficie en concreto. Fuente: Pavement Condition Index (PCI)

FORMATO PARA LA INSPECCION VISUAL PARA PAVIMENTO RIGIDO													
CONTENIDO		FECHA	PROYECTO	SECCION	1	ANCHO DEL CARRETERO	N.º DE VEHICULOS	SECCION DE TRAZADO	FECHA DE INSPECCION	FECHA DE EMISION	OTROS DATOS		
MANIFESTACION DEL DETERIORO													
A	FISICA	DESCRIPCION DEL DETERIORO	CANTIDAD	SECCION DE TRAZADO				SECCION DE TRAZADO	SECCION DE TRAZADO	SECCION DE TRAZADO	SECCION DE TRAZADO	SECCION DE TRAZADO	SECCION DE TRAZADO
				SECCION DE TRAZADO	SECCION DE TRAZADO	SECCION DE TRAZADO	SECCION DE TRAZADO						
A	FISICA	AGRIETAS PARALELAS	u										
		AGRIETAS TRANSVERSALES	u										
		AGRIETAS DIAGONALES	u										
		AGRIETAS CIRCULARES	u										
		AGRIETAS DE DUREZA Y PROFUNDIDAD VARIAS	u										
		AGRIETAS DE DUREZA Y PROFUNDIDAD VARIAS	u										
B	QUIMICA	AGRIETAS DE DUREZA Y PROFUNDIDAD VARIAS	u										
		AGRIETAS DE DUREZA Y PROFUNDIDAD VARIAS	u										
		AGRIETAS DE DUREZA Y PROFUNDIDAD VARIAS	u										
C	FISICA	AGRIETAS DE DUREZA Y PROFUNDIDAD VARIAS	u										
		AGRIETAS DE DUREZA Y PROFUNDIDAD VARIAS	u										
		AGRIETAS DE DUREZA Y PROFUNDIDAD VARIAS	u										
		AGRIETAS DE DUREZA Y PROFUNDIDAD VARIAS	u										
D	FISICA	AGRIETAS DE DUREZA Y PROFUNDIDAD VARIAS	u										
		AGRIETAS DE DUREZA Y PROFUNDIDAD VARIAS	u										
		AGRIETAS DE DUREZA Y PROFUNDIDAD VARIAS	u										
		AGRIETAS DE DUREZA Y PROFUNDIDAD VARIAS	u										
E	FISICA	AGRIETAS DE DUREZA Y PROFUNDIDAD VARIAS	u										
		AGRIETAS DE DUREZA Y PROFUNDIDAD VARIAS	u										
		AGRIETAS DE DUREZA Y PROFUNDIDAD VARIAS	u										
		AGRIETAS DE DUREZA Y PROFUNDIDAD VARIAS	u										

Fig.3.20. Formato para la Inspección Visual de Pavimento Rígido, mostrando la recopilación de todas las fallas que se presentan en los distintos manuales

3.6.1.3. EQUIPOS DE MEDICIÓN DE FALLAS SUPERFICIALES

Las mediciones de Fallas Superficiales abarcan una gama de deterioros, de la espeleología de grietas y deformaciones en la superficie. En el 2004 McGhee da un buen ejemplo de fallas de pavimentos con sistemas automatizados y técnicas de recolección de experiencias del usuario.

Existen tres grupos de tecnologías utilizadas para el registro de fallas. El manual de técnicas se basa en la observación de los inspectores y de la visualización de fallas. Se debe registrar los datos en papel o mediante algún tipo de técnica computarizada. Técnicas de imagen en tomar fotografías de la superficie, ya sea continua o discreta y, a continuación, analizar las imágenes sobre los defectos de la superficie. Así mismo se pueden utilizar técnicas de láser o acústicos para medir deformaciones.

En la tabla a continuación se presentan ejemplos del equipo de medición de fallas.

CLASE	FALLA	EQUIPO
Manual.	Defectos en la superficie.	Formularios en papel. Registradores de datos a mano. Sistemas integrados (ej., ROMDAS, Vizi-road)
Imagen análoga y digital.	Grietas y defectos de la superficie.	Imágenes analógicas: Pasco RoadRecon, Gerpho, ARAN Área de escaneo de imagen: Samsung SDS, PAVUE, Pasco Línea de escaneo de imagen digital: Waylink, Roadware, EVASIVA, International Cybernetics Corp.
Perfiladores.	Rut Deths	Perfiladores de laser Acuity, AMSKAN, ARRB TR, Dynatest, Greenwood, INO Perfiladores ultrasónicos: ROMDAS Perfiladores de infrarrojo: PRORUT, SIRST

Tabla 3.5. Equipos de Mediciones de Fallas Superficiales

3.6.1.4. RECOLECCIÓN MANUAL DE FALLAS

Las fallas de registro manual se basan en observaciones y de; registro de la magnitud de las fallas, gravedad y localización de la falla, ya sea en papel o el uso de formas de algún tipo de sistema de registro de datos. Existe una gama de métodos utilizados para describir la superficie de defectos. Estos pueden variar desde IQL III (Información y niveles de calidad en relación con los sistemas de gestión) resultados que resumen una serie de defectos de IQL I, que registran información precisa sobre los defectos.

Con el advenimiento de la PDA (Asistente Digital Personal) de bajo costo, muchas organizaciones han transferido sus métodos basados en papel a métodos electrónicos. Esto tiene grandes ventajas desde el que permite la mejora de la garantía de la calidad de los datos. Mediante la integración de receptores de GPS en la PDA, la ubicación de referencias de los datos es significativamente buena. Sistemas como Vizi ROMDAS de carretera se utilizan visualmente para registrar visualmente los datos de falla durante la conducción a lo largo de la carretera. Los observadores usan teclados de computadoras para el registro de datos. Las observaciones se integran con las posiciones de otras mediciones, tales como la rugosidad y la profundidad. En algunos casos, los datos también pueden ser superpuestos en el registro de imágenes de video.

3.6.1.5. IMAGEN ANALÓGICA Y DIGITAL

Las imágenes Analógica y Digital son especialmente utilizadas para registrar y cuantificar grietas y fallas de superficie. Los sistemas constan de una imagen de unidad que registra ya sea con o sin imágenes continuas del pavimento (ya sea en película o digital) y un medio para el análisis de las imágenes (ya sea manual o automáticamente).

Una ventaja importante de los sistemas automatizados es su repetitividad. Por lo que las mediciones de falla es consistente y repetible.

Los sistemas analógicos se han utilizado durante algún tiempo para registrar datos del pavimento. La tendencia ahora es la digitalización de imágenes analógicas. Por ejemplo, los datos de la U.S. LTPP están en proceso de convertir de analógica a digital las imágenes. Tradicionalmente, se prefería la imagen analógica a la digital debido a la mayor resolución de imágenes analógicas (2mm de píxeles). Sin embargo, la tecnología

digital actual ofrece resoluciones de 1mm por lo que la mayoría de los sistemas se basan en las cámaras digitales.

Hay dos tipos de cámaras digitales de registro utilizado para las fallas: la zona línea de exploración y la exploración. La mayoría de los sistemas de exploración en el área del uso de cámaras de píxeles (generalmente en forma rectangular) proporciona una vista de un objeto que contiene la longitud y anchura. Con una línea de barrido de la cámara, contiene una sola línea de píxeles. La línea escaneada ofrece imágenes más precisas y potencialmente elimina la necesidad suplementaria para la iluminación.

La resolución de la cámara determina el tamaño de la angustia que se pueda observar. Por ejemplo 1300 un píxel de cámara puede detectar grietas de 3 mm de ancho, con una de 2048 píxeles cámara de 2 mm, y una cámara de 1 píxel de 4.096 mm (8 bits en escala de grises o 256). El tamaño de las imágenes es proporcional al número de píxeles. Cada 2048 píxeles de imagen es de 1.6 GB, frente a 6.6 GB para 4096 píxeles.

Técnicas avanzadas de compresión que reducen el tamaño de la imagen a 70 MB o 280 MB respectivamente; sin embargo, los requisitos de almacenamiento de datos de la imagen es significativa, incluso con la mejor compresión.

Según Wang (2004), no es sencillo analizar las imágenes digitales para la identificación de fallas. Incluso con diferentes inspecciones visuales los inspectores no podrán producir resultados acordados. Una cuestión es que cada uno de los sistemas disponibles para detección de fisuras automatizadas se basa en algoritmos patentados. La experiencia ha demostrado que estos algoritmos pueden a menudo ser fiables e identificar ciertos tipos de grietas de los pavimentos en particular en los que los algoritmos han desarrollado.

Sin embargo, a tratar de aplicar los algoritmos a los nuevos tipos de pavimentos, los resultados han sido menos estelares. Por lo tanto es importante que un ejercicio de validación se realice cuando hay una aplicación de sistemas de identificación automática de fallas.



Fig.3.21. Equipo de Imagen Digital para fallas Superficiales. Fuente Wang, K (2004)

Los diseños de Sistemas de registro de fallas son muy similares. Se componen de una o más cámaras por encima de la carretera. A menudo están montadas en lo largo para darles una mejor vista panorámica. Las luces con frecuencia se usan para iluminar las superficies de los pavimentos, ya que con esto mejora la calidad de las imágenes y por lo tanto, la exactitud de la detección automatizada de las fisuras. La imagen 3.21 es un ejemplo de un típico vehículo de recolección de datos. Es común para recoger datos adicionales a lo largo de la carretera con un video de imágenes por ejemplo, la rugosidad y la profundidad.

McGhee (2004) describe como se procesan las imágenes. Tanto manual y semiautomático requieren la intervención humana. El importe de la intervención puede variar significativamente entre los sistemas. El Roadware Wise Crax es la aplicación más utilizada, pero hay varias alternativas utilizando diferentes algoritmos y métodos.

Los sistemas más sofisticados de fallas es crear mapas que muestran la precisa ubicación, la gravedad y la extensión del resquebrajamiento.

Estos pueden ser utilizados para determinar el resumen de las estadísticas sobre el agrietamiento. La figura a continuación es un ejemplo de este tipo de software.

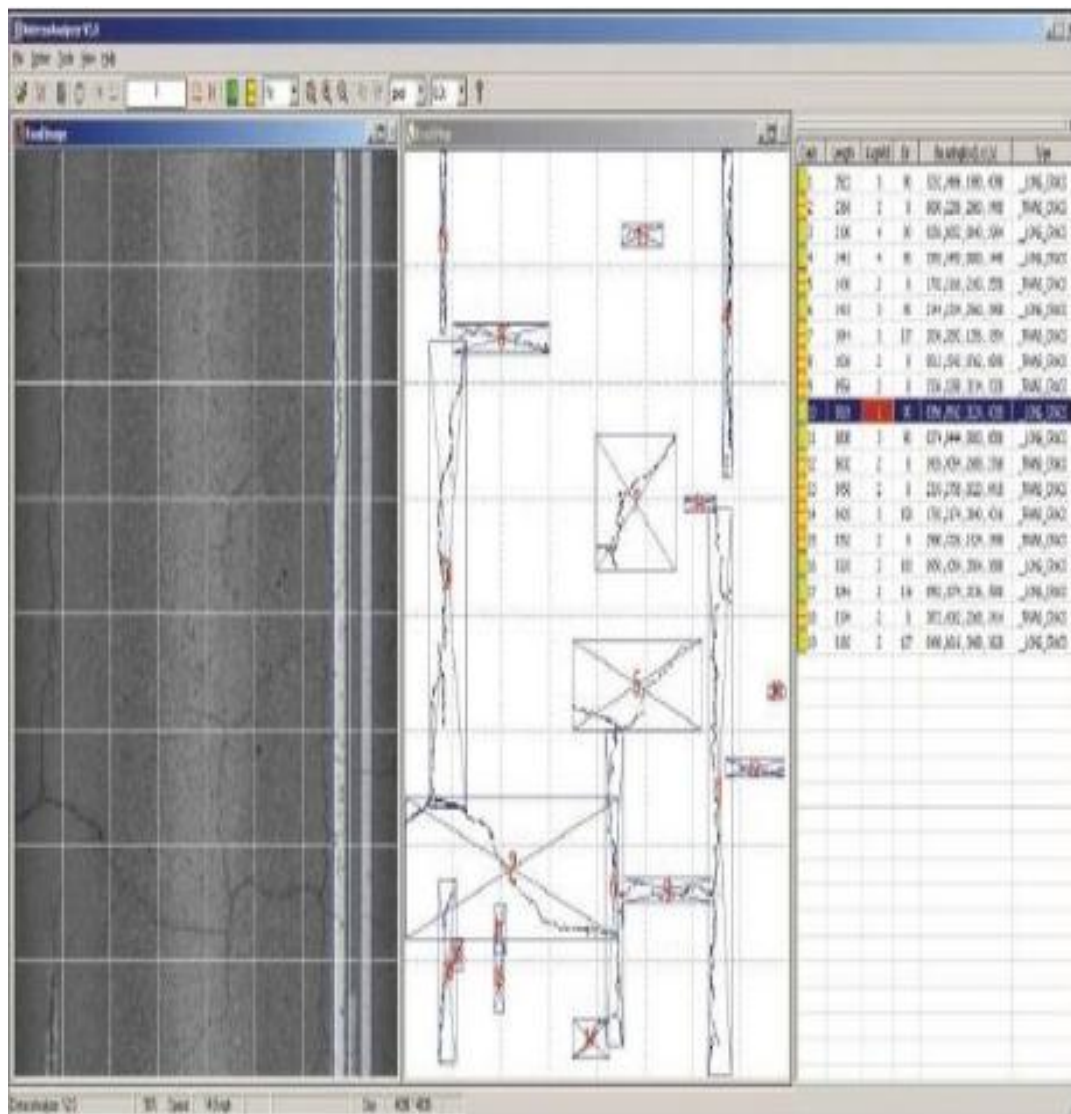


Fig.3.22. Ejemplo de un Análisis Automatizado de Fallas. Fuente: Wang, K. (2004)

3.6.1.6. LA PROFUNDIDAD DE LA RODADURA

Las profundidades se miden ya sea de forma manual, colocación de una recta (por lo general 1,2 o 2,0 m) en toda la profundidad y la medición de la altura del pavimento, o utilizando un perfilador. Los perfiladores operan por tener sensores de registro de la elevación de un sensor en relación con el pavimento. De estos se establece un perfil transversal. Los datos entonces se analizan para determinar la magnitud.



Fig.3.23. Perfil Transverso Ultrasónico

Existen cuatro tecnologías utilizadas para la estimación de profundidades:

Ultrasónicos: Sensores Ultrasónicos son los de bajo costo y se usan sensores como en los sistemas de ARAN y ROMDAS. Estos sensores tienen aproximadamente intervalos de 100 mm que miden hasta 3 metros de anchura sobre el pavimento. Debido relativamente de la baja velocidad de los ultrasonidos, estos sistemas generalmente muestran a cada 2,5 a 5 metros a lo largo de la carretera.

Punto Láser: Punto Láser a la elevación de un punto. Varía de acuerdo al número de láser, con sistemas como el perfilómetro de Greenwood teniendo como hasta 40 láseres. Mucho más rápido que el ultrasónico, el registro de este perfil transversal es a cada 10 mm a lo largo de la carretera.

Escaneo Láser: La medida de estos láseres es casi un perfil. Un ejemplo de este sistema es la ciencia de Phoenix "Ladar", que muestra de 3,5 m de ancho de pavimento de un solo escaneo láser montado 2,3 m por encima del suelo, 950 puntos de muestreo a través de la transversal, perfil cada 25 mm a lo largo de la acera.

Óptico de Imagen: Este método usa imágenes digitalizadas del perfil transversal que se analizan para estimar celo profundidades. Estas imágenes pueden ser producidas utilizando diversas técnicas fotográficas, a menudo complementada por láseres. Un ejemplo de este sistema es el celo INO sistema que utiliza dos láseres para proyectar las líneas de las aceras y una cámara especial para medir deformaciones de la línea láser.

Punto láser y ultrasonidos perfiladores tienen sus propias configuraciones para la colocación de los sensores de altitud. La figura 3.24 muestra el posicionamiento de la ARRB multiláser TR profiler, cuando los sensores están colocados en diferente espaciamiento. En comparación, el ARAN profiler ha sensores ultrasónicos a 100mm la igualdad de espaciado.

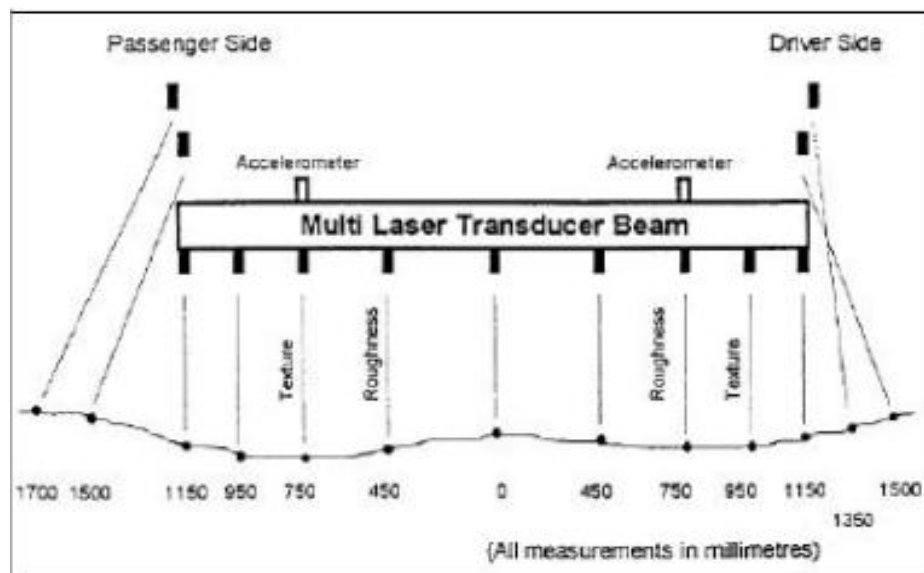


Fig.3.24. ARRB TR Multilaser el Perfilometer Láser Posicionamiento Fuente: The World Bank East Asia Transport Unit Washington D.C.



Fig.3.25. Equipo Multifuncional. Fuente Roadware. DCL.

3.6.2. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

La evaluación estructural de pavimentos consiste, básicamente, en la determinación de la capacidad portante del sistema pavimento-subrasante en una estructura vial existente, en cualquier momento de su vida de servicio, para establecer y cuantificar las necesidades de rehabilitación, cuando el pavimento se acerca al fin de su vida útil o cuando el pavimento va a cambiar su función (un nuevo tipo de avión en un aeropuerto existente, por ejemplo). Las necesidades de evaluar estructuralmente los pavimentos de una red aumentan a medida que se completa el diseño y la construcción de una red vial nacional o regional y consecuentemente aumenta la necesidad de su preservación y rehabilitación. Ante un problema de evaluación estructural, el Ingeniero Vial tradicionalmente ha recurrido a la perforación de calicatas, a la toma de muestras para su ensayo en el laboratorio, y al análisis de cada uno de sus componentes (materiales) por separado, para incorporarlos luego en el sistema (pavimento) y deducir acerca de las características estructurales del mismo. Esta metodología es cara, lenta, altera el equilibrio del sistema al perforar y es destructiva.

La alternativa presentada en este estudio es "no destructiva" y se basa en la interpretación de las deflexiones medidas en la superficie de un pavimento. Las deflexiones en la superficie de un pavimento reflejan una respuesta global del sistema pavimento-subrasante bajo una carga dada. Su medición es simple, rápida, económica y no destructiva, es decir, no se alteran el equilibrio ni la integridad del sistema.

La metodología no destructiva se fundamenta en que la forma y dimensión de la curva de deflexiones encierran una valiosa información acerca de las características estructurales del pavimento y su subrasante. Para interpretar esta información en forma cuantitativa, se compara al pavimento-subrasante reales con un modelo matemático utilizando las deflexiones medidas para determinar los parámetros estructurales del sistema. Una vez determinados, estos parámetros estructurales, puede usarse como insumo para establecer las necesidades de refuerzo. Podría decirse entonces que la metodología de evaluación estructural, por métodos no destructivos, es un proceso de diseño inverso ya que utiliza la respuesta del sistema para establecer sus características

estructurales, lo cual es generalmente opuesto a un proceso de diseño.

Otra característica de la metodología de evaluación no destructiva, es que por constituir la muestra de ensayo el pavimento mismo, esta representa el fiel reflejo de la compleja interacción entre sus componentes (capas de materiales y subrasante), y además esta muestra puede ser ensayada en cualquier momento de su vida sin disturbarla ni destruirla.

El desarrollo de soluciones para modelos matemáticos de pavimentos, la simpleza, rapidez y economía de las mediciones de deflexiones y, el carácter no destructivo de los ensayos, han contribuido al auge de las metodologías de evaluación estructural de pavimentos en los últimos 20 años.

3.6.2.1. MEDICIÓN DE DEFLEXIONES

Las deflexiones producidas en la superficie de un pavimento por acción de cargas vehiculares, pueden ser determinadas haciendo uso de deflectómetros de impactos tales como el denominado Viga Benkelman. Llamado así en honor al Ingeniero A.C. Benkelman, quien la desarrollo en 1953 como parte del programa de ensayos viales de la WASHO (WASHO Road Test). Desde entonces su uso se ha difundido ampliamente en proyectos de evaluación estructural de pavimentos rígidos, tanto por su practicidad como por la naturaleza directa y objetiva de los resultados que proporciona.

3.6.2.2. LA VIGA BENKELMAN

El deflectómetro Benkelman funciona según el principio de la palanca. Es un instrumento completamente mecánico y de diseño simple. Según se esquematiza en la figura 3.26, la viga consta esencialmente de dos partes: (1) Un cuerpo de sostén que se sitúa directamente sobre el terreno mediante tres apoyos (dos delanteros fijos A y uno trasero regulable B) y (2) Un brazo móvil acoplado al cuerpo fijo mediante una articulación de giro o pivote C, uno de cuyos extremos apoya sobre el terreno (punto D) y el otro se encuentra en contacto sensible con el vástago de un extensómetro de movimiento vertical (punto E). Adicionalmente el equipo posee un vibrador incorporado que al ser accionado, durante la realización de los ensayos, evita que el indicador del dial

se trabee y/o que cualquier interferencia exterior afecte las lecturas.

El extremo D o "punta de la viga" es de espesor tal que puede ser colocado entre una de las llantas dobles del eje trasero de un camión cargado. Por el peso aplicado se produce una deformación del pavimento, consecuencia de lo cual la punta baja una cierta cantidad, con respecto al nivel descargado de la superficie. Como efecto de dicha acción el brazo DE gira en torno al punto fijo C, con respecto al cuerpo AB, determinando que el extremo E produzca un movimiento vertical en el vástago del extensómetro apoyado en él, generando así una lectura en el dial indicador. Si se retiran luego las llantas cargadas, el punto D se recupera en lo que a deformación elástica se refiere y por el mismo mecanismo anterior se genera otra lectura en el dial del extensómetro. La operación expuesta representa el principio de medición con la Viga Benkelman. Lo que se hace después son sólo cálculos en base a los datos recogidos. Así, con las dos lecturas obtenidas es posible determinar cuánto deflectó el pavimento en el lugar subyacente al punto D de la viga, durante el procedimiento descrito. Es de anotar que en realidad lo que se mide es la recuperación del punto D al remover la carga (rebote elástico) y no la deformación al colocar ésta. Para calcular la deflexión deberá considerarse la geometría de la viga, toda vez los valores dados por el extensómetro (EE') no están en escala real sino que dependen de la relación de brazos existentes.

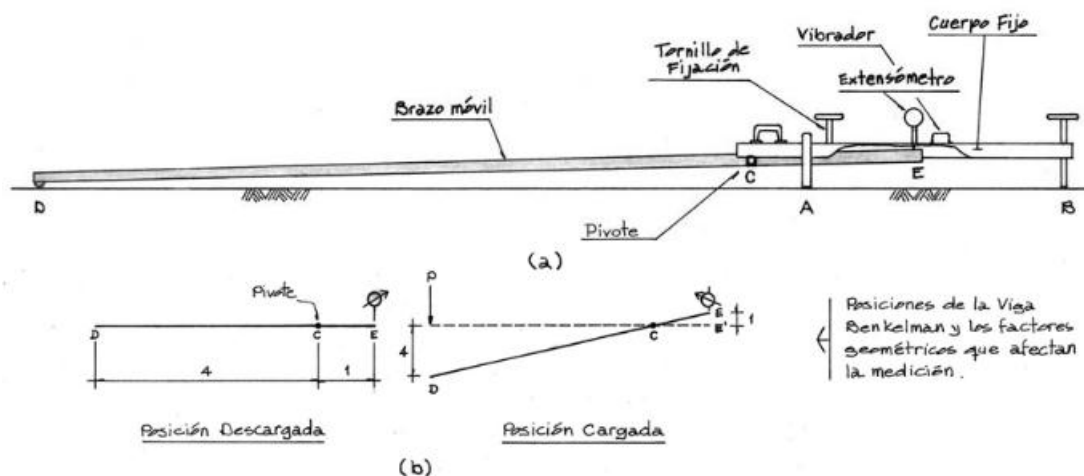


Fig.3.26. Esquema y Principio de Operación de la Viga Benkelman

3.6.2.3. EQUIPO REQUERIDO

El equipo mínimo para la realización de ensayos de medición de deflexiones es el siguiente:

- a.- Deflectómetro Viga Benkelman, tal como el modelo Soiltest HT-350 (con relación de brazos 1:2).
- b.- Extensómetro con dial indicador de divisiones cada 0.01 mm (Modelo Soiltest HT-300 M).
- c.- Camión cargado, con el eje trasero de 18000 libras igualmente distribuidas en un par de llantas dobles infladas a una presión de 75 a 85 psi.
- d.- Vehículo auxiliar para transportar al personal y equipo misceláneo (camioneta).
- e.- Balanza portátil para pesaje del camión, con capacidad de 10 toneladas.
- f.- Accesorios de medición y varios (cinta métrica de 3m, plumones de punta gruesa, plomada, destornillador, alicates, hojas de campo, lápices, señales de seguridad, termómetro, cincel, martillo de metal o madera de 2m, alambre de amarre, etc.)

3.6.2.4. PROCEDIMIENTO EN EL CAMPO

La carga aplicada al pavimento para la realización de ensayos de deflexiones ha sido estandarizada en 9000 libras (4090 kg), y es proporcionada por una de las llantas dobles del eje trasero de un camión. Previamente a la realización de los ensayos deberá verificarse que se cumpla esta condición, así como que la presión de las llantas sea la requerida.

Una vez localizado en el lugar donde se realizará el ensayo (usualmente los puntos de medición se localizan en la mitad exterior de un carril), se coloca la llanta a usarse sobre el punto de manera tal que éste coincida aproximadamente con el eje vertical del centro de gravedad del conjunto. (ver figura 3.27 a, punto D).

Para esta operación es aceptable una tolerancia en el rango de 3 pulgadas alrededor del punto. Estacionados los neumáticos se inserta entre ellos el extremo del brazo móvil de la viga colocándolo nuevamente sobre el punto de ensayo seleccionado. Dado que esto último se dificulta por la inaccesibilidad tanto visual como manual, se realizará

previamente la siguiente operación: Se coloca la Viga en la posición como si estuviera entre las llantas pero en la parte exterior de las mismas, haciendo coincidir, empleando una plomada, el extremo del brazo móvil con el eje vertical del centro de gravedad. Tomando como punto de referencia una varilla adosada a la parte trasera del camión (ver figura 3.27 b), se efectúa una marca en la viga de manera tal que en adelante, basta con hacerlas coincidir (la marca con la varilla vertical) para asegurarse que el extremo de la viga coincide con el centro de las llantas, en el momento de iniciar las mediciones.

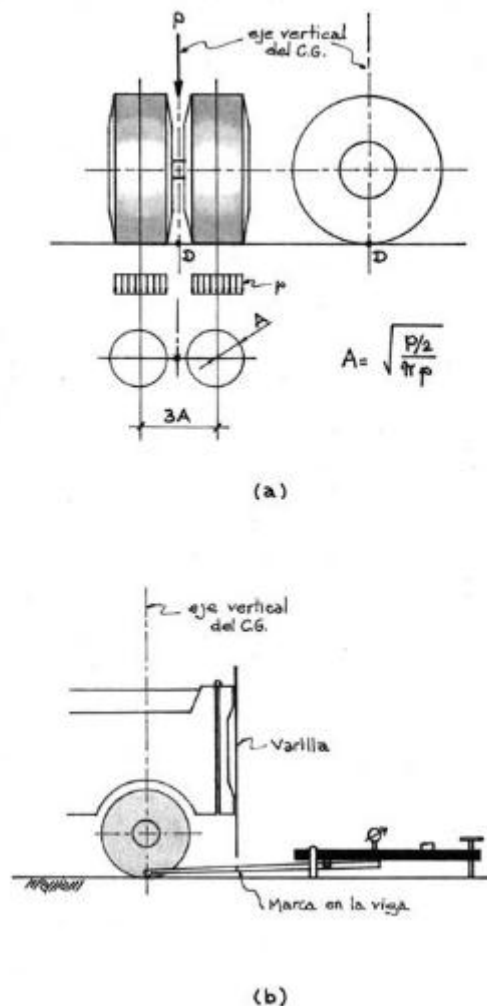


Fig.3.27. Configuración Geométrica del Sistema de Carga en Ensayos con la Viga Benkelman

De igual forma se puede efectuar, a partir de la primera, sucesivas marcas a distancias elegidas a las cuales se desee medir deflexiones adicionales (puede ser a 30, 40 y 50 cm). Para la metodología de análisis se requiere de por lo menos tres lecturas, pero se pueden obtener más con fines de verificación, lo cual es recomendable, o si es que se desea tener una idea gráfica del tipo de curvas de deflexiones que se producen.

Como norma se realiza la primera marca adicional a una distancia tal que la deflexión que se obtenga en ese punto sea la mitad de la deflexión máxima (obtenida la marca inicial). La segunda marca adicional se realiza al doble de la distancia de la primera marca adicional. Estas dos distancias se determinarán específicamente para cada proyecto de evaluación que se emprenderá. Esto deberá hacerse por medio de tanteos previos, antes de comenzar la recolección masiva de datos. Es común que se observen variaciones durante la realización de los ensayos, pero no deberá hacerse modificaciones mientras que las deflexiones tomadas en la primera marca adicional estén en el rango entre 35% y 65% de la deflexión máxima.

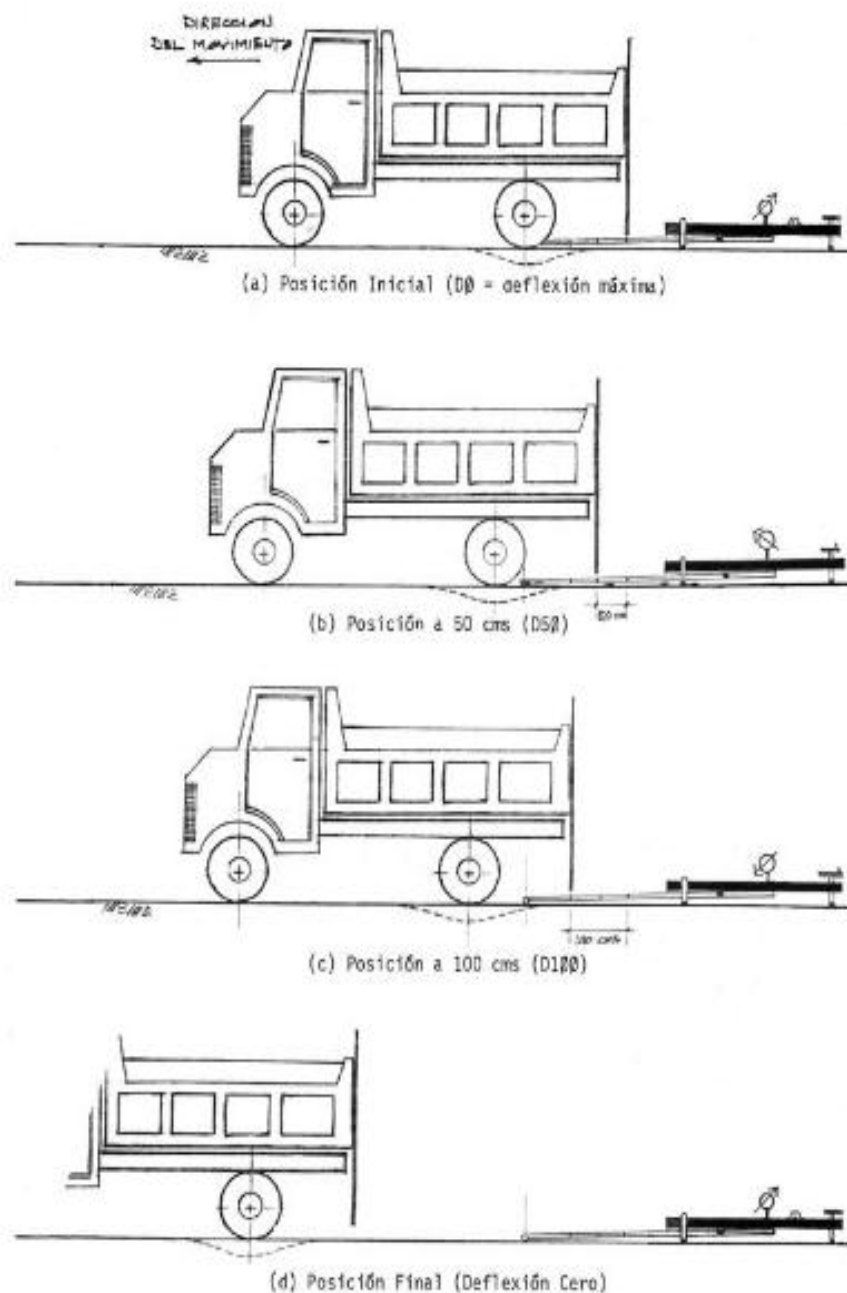


Fig.3.28. Esquematización del Proceso de Medición con la Viga Benkelman

Una vez instalada la viga en el punto de medición haciendo coincidir con la cadena vertical y la marca inicial (ver figura 3.28 a), se verificará que ésta se encuentre alineada longitudinalmente con la dirección del movimiento del camión. Se pondrá el

dial del extensómetro en cero, se activará el vibrador y mientras el camión se desplaza muy lentamente se procederá a tomar lecturas conforme la varilla vertical vaya coincidiendo con la primera y segunda marcas adicionales (figura 3.28 b, c) y una lectura final cuando el camión se haya alejado lo suficiente del punto de ensayo que el indicador del dial ya no tenga movimiento (aproximadamente 5.00 m), registro que corresponde al punto de referencia con deflexión cero.

PROYECTO: _____
 TIPO DE PAVIMENTO: _____
 CARGA DE EJE: _____
 PRESION DE INFLADO: _____
 FECHA: _____
 REALIZADO POR: _____

Figura 2.7 Hoja de Campo para recopilación de deflexiones.

ESTACION	LECTURAS DE DEFLECTOMETRO				DEFLEXIONES (10 ⁻² mm)			OBSERVACIONES
	R0=0	R1*	R2*	00	D0	DR1	DR2	

Fig.3.29. Hoja de Campo para recopilación de Deflexiones

Para la realización de esta rutina será necesario del concurso de tres operadores:

Un técnico calificado que lea y dicte las lecturas, un operador que anote las mediciones y un ayudante que coordine con el conductor del camión y a la vez de aviso al técnico que realiza las lecturas, cuando la varilla adosada al camión vaya coincidiendo con las marcas hechas en la viga. Todo el trabajo deberá ser supervisado por un ingeniero de campo quien verificará los valores que se vayan obteniendo así como tomará anotación de cualquier factor que a su juicio pueda explicar los resultados que se obtengan (corte, relleno, tipo de material, presencia de alcantarillas, napa freática, estado del pavimento, etc). La figura 3.29 muestra un formato adecuado para la recopilación de datos de campo.

3.6.2.5. CÁLCULO DE LAS DEFLEXIONES

Una vez tomados los datos de campo, el cálculo de las deflexiones para cada estación consiste en sustraer la lectura final (punto de referencia de deflexión cero) a cada una de las otras, representando las respectivas diferencias la deformación en dichos puntos, las cuales en conjunto definen la curva de deflexión de superficie del pavimento.

A modo de ejemplo remitámonos a los siguientes datos: en la estación km 1148+500 se efectuaron 6 lecturas. Inicialmente se puso el dial en 300 y, dado que las otras lecturas miden la recuperación del pavimento, éstas disminuyen gradualmente a 250 (a 50 cm), 205 (a 100 cm), 195 (a 200 cm), 188 (a 300 cm), y una lectura final de 188 a una distancia de 5 metros, lo que indica que el punto de recuperación total o punto de deflexión cero se encontraba entre 200 y 300 cm. Del punto inicial. Las deformaciones a cada distancia serán: 112,62, 17,7 y 0 centésimas de milímetro. La figura 3.30 grafica ésta y algunas otras curvas de deflexión para otras estaciones.

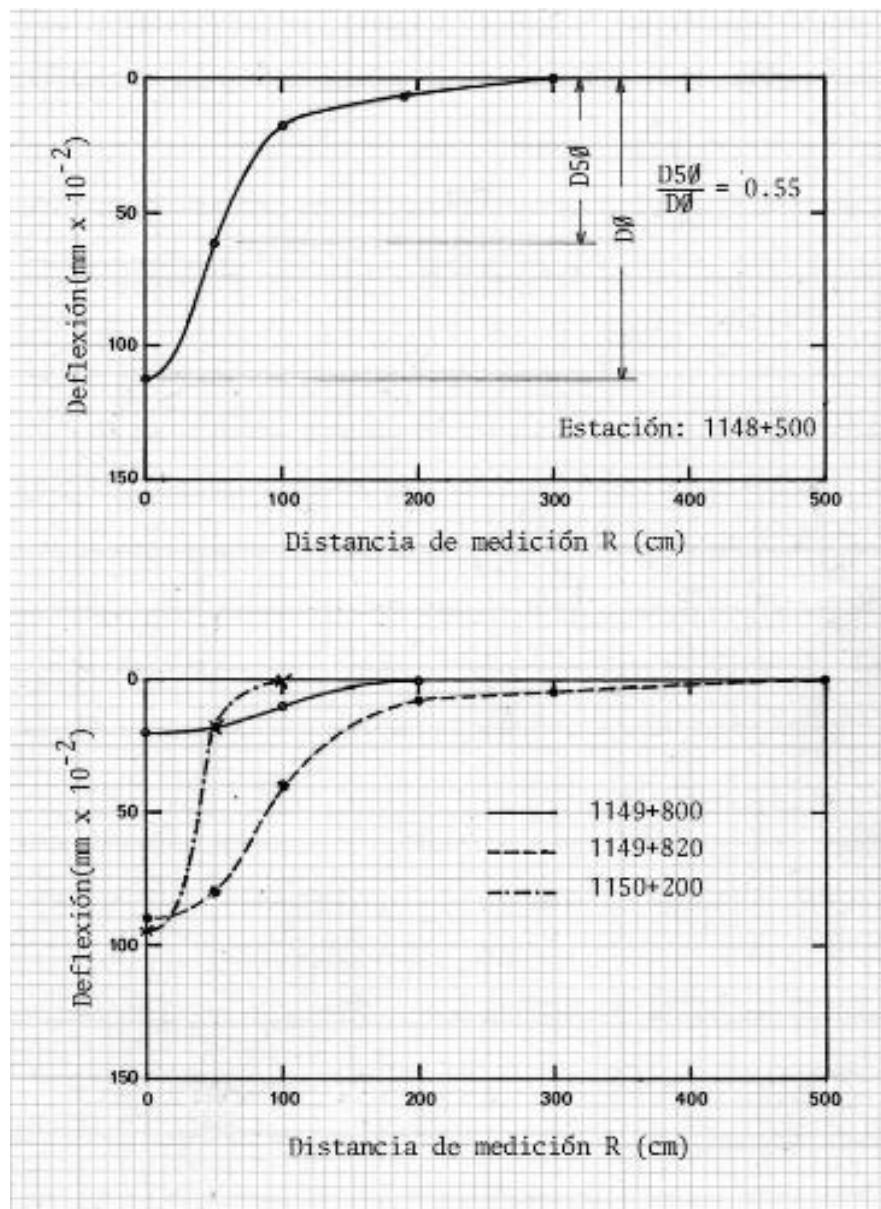


Fig.3.30. Curvas de deflexiones típicas de ensayos con la Viga Benkelman

3.7. MÉTODO PSI (ÍNDICE DE SERVICIO PRESENTE)

3.7.1. DEFINICIÓN

Este tipo de índice está orientado mundialmente a medir el confort que brinda el camino al usuario. Se han desarrollado originalmente para su determinación, fórmulas matemáticas que combinan distintos parámetros de deterioro.

La serviciabilidad se define como la habilidad del pavimento de servir al tipo de tráfico (autos y camiones) que circulan en la vía, se mide en una escala del 0 al 5 en donde 0 (cero) significa una calificación para pavimento intransitable y 5 (cinco) para un pavimento excelente. La serviciabilidad es una medida subjetiva de la calificación del pavimento, sin embargo la tendencia es poder definirla con parámetros medibles como los son: el índice de perfil, índice de rugosidad internacional, coeficiente de fricción, distancias de frenado, visibilidad, etc.

PSI	Estado del Pavimento
0.50 - 1.25	Muy Malo
1.25 - 2.00	Malo
2.00 - 2.75	Regular
2.75 - 3.50	Bueno
3.50 - 4.25	Muy Bueno
4.25 - 5.00	Excelente

3.6. Clasificación del PSI

Serviciabilidad Inicial (P_o). Es la condición que tiene un pavimento inmediatamente después de la construcción del mismo. Los valores recomendados por AASHTO para este parámetro son:

- Para pavimento de Concreto = 4.5
- Para pavimento de Asfalto = 4.2

Usando buenas técnicas de construcción, el pavimento de concreto puede tener una serviciabilidad $P_o = 4.7$ ó 4.8

Mientras mejor se construya inicialmente un pavimento, o bien, mientras mejor índice de serviciabilidad inicial tenga mayor será su vida útil.

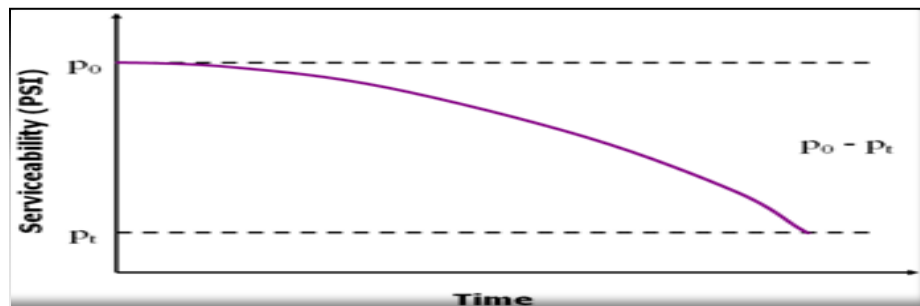


Fig.3.31. Índice de Severidad Vs Tiempo

El PSI es la medida de serviciabilidad empleando medios mecánicos, su estimación hace posible la determinación de la rugosidad o deformación longitudinal del pavimento.

Se han desarrollado para la determinación del PSI fórmulas matemáticas diversas que combinan distintos parámetros de deterioro; por ejemplo:

- ✓ Para el cálculo del PSI en Pavimentos Rígidos

$$PSI = 5.41 - 1.80 * \log(1 + SV) - 0.09 * (Cr + P)^{0.5}$$

Dónde:

SV: Deformación longitudinal

Cr: Área de fisuramiento ($\text{pie}^2/1000 \text{ pies}^2$)

P: Área de parchado ($\text{pie}^2/1000 \text{ pies}^2$)

Dentro del diseño de pavimentos rígidos se utiliza un parámetro denominado Índice de Serviciabilidad (ΔPSI), el cual toma en cuenta lo siguiente:

- La serviciabilidad inicial (ρ_o) representa la condición del pavimento inmediatamente después de la construcción.

- La serviciabilidad terminal (p_t) corresponde al momento cuando el pavimento requiere algún tipo de rehabilitación para mantenerse en servicio.

CLASIFICACIÓN VIAL	
2.50	Autopistas y arterias principales
2.25	Rutas secundarias, industriales, comerciales
2.00	Rutas secundarias, calles residenciales y zonas de estacionamiento

Tabla 3.7. Clasificación Vial

3.7.2. RELACIÓN ENTRE PSI – IRI

Como el IRI está basado solamente en la rugosidad de la superficie y se reconoce una correlación entre los mencionados índices, es así que plantean las siguientes fórmulas y tablas para la correlación entre el PSI – IRI.

- ✓ Fórmula de D. Dujisin y A. Arroyo

$$PSI = 7.10 - 2.19IRI^{0.5} \quad \text{Pavimentos de Hormigón}$$

- ✓ Fórmula establecida por Sayers

$$PSI = \frac{5}{e^{\left(\frac{IRI}{5.5}\right)}}$$

✓ Tablas de Correlación

RELACIÓN PSI – IRI		
IRI	PSI (Asf.)	PSI (Hid.)
0,5	4,7	5,0
1,0	4,2	4,9
1,2	4,0	4,7
1,5	3,8	4,4
2,0	3,5	4,0
2,5	3,2	3,6
3,0	2,9	3,3
3,5	2,7	3,0
4,0	2,5	2,7
4,5	2,3	2,5
5,0	2,1	2,2
5,5	1,9	1,9
6,0	1,7	1,6

Tabla 3.8. Relación PSI-IRI según Dujisin y Arroyo 1995

3.7.3. CÁLCULO DEL PSI

Para la determinación del PSI se utilizó las fórmulas de relación PSI-IRI establecidas por: D. Dujisin y la de Sayers.

3.7.4. MÉTODO PCI (ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO)

3.7.4.1. DEFINICIÓN

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En la Tabla 3.9 se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

RANGO DE CALIFICACION DEL PCI	
RANGO	CLASIFICACIÓN
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Tabla 3.9. Clasificación del PCI

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada daño presenta. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima.

3.7.4.2. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO PARA EL CÁLCULO DEL PCI

Para la aplicación del método, la superficie total del pavimento se divide en áreas, las cuales se dividen en secciones. Cada sección es a su vez dividida en unidades de evaluación. El tipo y severidad de los deterioros son evaluados por medio de una inspección visual de las unidades que componen la superficie del pavimento. Estos datos son utilizados para calcular el PCI para cada unidad de evaluación. El PCI de las secciones del pavimento se determina en función del PCI de las unidades evaluadas dentro de la misma.

Todas las unidades de evaluación de la sección deberán ser inspeccionadas para determinar el PCI promedio de la sección. Esto está restringido para chequeos de rutina por razones de tiempo, mano de obra, etc... Sin embargo, es recomendable un muestreo total para análisis de proyectos que ayuden a estimar la necesidad de mantenimiento y cantidad de reparaciones.

Una forma de hallar un rango de unidades a ser evaluadas utilizada por las agencias en los Estados Unidos utiliza la siguiente tabla para seleccionar el número de unidades a ser inspeccionadas:

PROPORCIONADAS	EVALUAR
1 - 10 unidades de evaluación	1 unidad de evaluación
11 - 20 unidades de evaluación	2 unidad de evaluación
21 - 30 unidades de evaluación	3 unidad de evaluación
31 - 40 unidades de evaluación	4 unidad de evaluación
Más de 40 unidades de evaluación	10%

Tabla 3.10. Proporción de unidades a ser Evaluadas

Una vez el número de unidades de evaluación a ser inspeccionadas sea determinado, se precede a la distribución de las unidades en toda la sección y respectivamente estarán distribuidas en toda el área, esto se lo hace de manera aleatoria; todo esto en el plano ya ejecutado de todo el área.

Procedimiento de inspección; Inspeccionar individualmente cada unidad de evaluación elegida. Hacer un croquis que muestre las unidades de evaluación con la ubicación de cada losa. Anotar la identificación de la unidad de evaluación, sección de evaluación, área de evaluación y el número de losas de la unidad y anotando todos los deterioros que existan en ellas así como su nivel de severidad.

3.7.4.3. CÁLCULO DEL PCI

- 1) Para cada combinación única de tipo de deterioro y nivel de severidad, sumar el número de losas en la que esta combinación ocurre.
- 2) Dividir el número de losas entre el número total de losas de la unidad de evaluación y multiplicarlo por 100 para así obtener la densidad porcentual para cada combinación de tipo de deterioro y nivel de severidad.
- 3) Determinar los valores de deducción VD para cada combinación de tipo de deterioro y nivel de severidad utilizando los gráficos correspondientes
- 4) Si ninguno o solamente un valor de deducción es mayor a cinco, utilizar el total del valor de deducción (VD) en lugar del valor de deducción corregido (VDC) máximo; caso contrario, utilizar los pasos siguientes para determinar el máximo VDC.
- 5) Determinar “m”, el máximo número de deterioros permitido según la siguiente fórmula:

Dónde:

$$m = 1 + \frac{9}{95} (100 - VDM) \leq 10$$

VDM = Valor de deducción máximo.

- 6) Ingresar los “m” valores de deducción VD máximos en la línea 1 de la matriz de cálculo, incluyendo la fracción obtenida de multiplicar al último VD por la fracción de “m”. Si no se dispone de un número de VD mayor a “m”, ingresar todos los VD.
- 7) Sumar los VD y anotar el resultado en la casilla de “TOTAL”. Contar el número de VD mayores a cinco e ingresar el resultado en la casilla “q”.
- 8) Ingresar a los gráficos correspondientes con los valores de “TOTAL” y “q” para determinar VDC.

- 9) Copiar los valores de VD de la línea actual a la siguiente, cambiando el menor VD mayor a cinco por cinco; Repetir los pasos 7) y 8), hasta que el valor de “q” sea uno.
- 10) El valor máximo de VDC se elige de la columna VDC.
- 11) Calcular el valor del PCI con la siguiente fórmula:

$$PCI = 100 - \text{máx}VDC$$

Determinación del PCI de la sección; Si todas las unidades de evaluación son seleccionadas en forma aleatoria o si se han evaluado todas las unidades de la sección, el valor del PCI de la sección es la media de los valores individuales de PCI de cada unidad de evaluación.

De esta manera se puede determinar el PCI de la sección y clasificarla según la escala antes presentada.

3.8. METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN

3.8.1. EVALUACIÓN INICIAL

Constituye un elemento muy importante dentro del proceso general de evaluación y seguimiento del comportamiento a través del tiempo.

La evaluación inicial forma parte de la investigación necesaria del estado del pavimento antes de entrar en operación, como pavimento nuevo o inmediatamente después de haber sido sometido a acciones de conservación, rehabilitación o refuerzo, siendo muy importante por las siguientes razones:

- Permite conocer el nivel de calidad que se está obteniendo en la obra, con lo cual se pueden tomar las medidas correctivas durante la ejecución de los trabajos en sus fases críticas, para mejorar la calidad del producto que se entregará al usuario, en los rubros de seguridad, comodidad y economía. Los datos obtenidos en este proceso forman parte del informe que para el inicio del historial del

pavimento deberá prepararse, con objeto de efectuar posteriormente el seguimiento del comportamiento del pavimento.

- Proporciona información valiosa para ajustar los programas de conservación del pavimento. De los resultados de esta primera evaluación puede desprenderse la necesidad de corregir algunos aspectos no satisfactorios en el corto plazo, o bien someterlos a un monitoreo constante para definir su comportamiento y derivar hacia la aplicación de medidas correctivas en plazos menores que los considerados en la estrategia.
- Constituye un elemento que califica la forma en que se ha llevado a la práctica, así como la calidad del producto que se entrega al usuario. Define el punto de partida de la vida del pavimento y propiamente determina la magnitud de su vida útil, al establecer el espacio entre la calificación inicial y el nivel de aceptación o rechazo del pavimento.
- Al calificar la forma en que se actuó, permite establecer lineamientos y acciones para mejorar los criterios del proyecto, procedimientos constructivos y procesos de supervisión y control de calidad, eliminando las deficiencias detectadas.

3.8.1.1. INFORMACIÓN DE CARÁCTER GENERAL

a) Entorno geográfico de la zona en que se encuentra el tramo en estudio. Interesa en particular la geología de la zona, zonas potencialmente inestables y de posible riesgo para la carretera, drenaje general, cobertura vegetal y topografía general.

b) Información climatológica, en cuanto a la precipitación pluvial en intensidad y distribución anual, temperatura ambiente y su variación estacional, teniendo en cuenta que cada uno de estos factores influye en el comportamiento de los materiales y de la estructura del pavimento. La comprensión de dicha influencia puede ayudar a prevenir problemas potenciales del comportamiento del pavimentado rehabilitado.

c) Información histórica del pavimento:

- Proyecto del pavimento, incluida el tipo de pavimento, número y espesores de las capas que lo constituyen, tipo y características de los materiales, incluida la capa subrasante, diseño de las juntas, dimensiones de las losas, diseño del

acotamiento, sistema de drenaje previsto y en suma, todos los detalles, especificaciones y planos que integran el proyecto global del pavimento.

- Información de construcción, teniendo en cuenta que durante ésta el proyecto debió haber sufrido modificaciones. Es importante conocer las condiciones en que se llevó a cabo la construcción y la fecha en que se realizó, contando con la bitácora de la obra, notas, informes sobre las condiciones del clima y en fin, la información contenida en el informe para el inicio del historial.

A este respecto es importante conocer las características del concreto, como resistencia, contenido de aire, aditivos utilizados, peso volumétrico y módulo elástico; también es conveniente conocer la temperatura del concreto durante la construcción, para determinar su influencia probable en su resistencia. Así mismo es importante obtener información sobre el espesor de las losas, informes sobre el curado y acerca de la construcción de las juntas.

Es muy importante obtener la información relativa a la primera evaluación, efectuada al inicio de la operación del pavimento y contar con los planos de la obra, tal como fue realizada; esta información corresponderá al pavimento nuevo o después de la última rehabilitación o reconstrucción y deberá incluir datos sobre las condiciones iniciales de rugosidad, resistencia al derrapamiento, ruido, así como resultados sobre investigación del comportamiento de las juntas, transferencia de carga en las juntas y monitoreo de agrietamientos.

- Antecedentes de conservación, rehabilitación o reconstrucción, que incluyen todos los trabajos efectuados al pavimento después de su construcción inicial, indicando las fechas en que fueron realizadas, tipos de trabajos ejecutados, magnitud y extensión, materiales utilizados, detalles y problemas de lo ocurrido durante la ejecución de estos trabajos y su evaluación final. Esta información es importante ya que proporciona una idea del comportamiento del pavimento y explica el aspecto que éste presente en el momento de realizar la evaluación, ya que obras recientes de conservación o de rehabilitación pueden crear una imagen del pavimento que no corresponda estrictamente con el comportamiento del mismo, ocultando o modificando el estado superficial, deterioros, etc.

d) Información topográfica y geométrica:

- Geometría del pavimento, indicando ancho de calzada, dimensiones de los acotamientos, dimensiones de las losas incluyendo su espesor, teniendo en cuenta que éste podría variar transversalmente, dimensiones de guarniciones, en caso de existir.
- Instalaciones subterráneas, indicando su posición, tipo y profundidad.
- Gálidos verticales, correspondientes a pasos a desnivel, puentes, pasos peatonales, etc., que deban ser tomados en cuenta en el caso de recurrir a sobrecarpetas de refuerzo.
- Levantamiento topográfico del pavimento existente, que es indispensable para llevar a cabo el proyecto geométrico de los trabajos de rehabilitación, de las ampliaciones en caso de requerirse, así como para determinar las cantidades de obra correspondientes. Deberá tomarse en cuenta la longitud necesaria para el proyecto de las transiciones y entronques con otras vialidades. En zonas urbanas se deberá tomar en cuenta la posición de los registros de las instalaciones y los elementos de drenaje urbano.

3.8.2. EVALUACIÓN SISTEMATIZADA Y SEGUIMIENTO

A partir de la evaluación inicial del pavimento, gracias a la cual se obtiene un panorama de las condiciones alcanzadas al final de la construcción o de un proceso de rehabilitación del pavimento, se procederá a efectuar un programa de evaluaciones periódicas que constituyen un proceso de seguimiento de la forma en que el pavimento evoluciona a través del tiempo y así poder programar en forma racional una estrategia de conservación. En este tipo de evaluación se deberá aplicar un proceso de captura de datos que permitan conocer la evaluación de ciertos indicadores que manifiestan la forma en que el pavimento se comporta en el tiempo, principalmente los que se refieren a las características superficiales, deterioros, rugosidad, resistencia al derrapamiento, etc.

3.8.3. EVALUACIÓN PUNTUAL

Este tipo de evaluación fundamentalmente tiene como finalidad definir adecuadamente un problema concreto, conociendo en la forma más completa posible el estado del pavimento para determinar las causas que han originado los deterioros y así proyectar o planear una acción concreta de rehabilitación o refuerzo del pavimento. Esta evaluación se llevará a cabo en los tramos en que la evaluación periódica o sistematizada detecte un comportamiento anormal del pavimento, o bien cuando se pronostiquen cambios en las características del tránsito, que ameriten una intervención formal de rehabilitación, refuerzo o ampliación. Generalmente con este tipo de evaluación se pretende evaluar la capacidad estructural del pavimento existente para propósito del proyecto de su refuerzo a fin de iniciar un nuevo ciclo de vida.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS METODOLÓGICO EN TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN

4.1. REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

Los pavimentos de concreto experimentan durante su vida útil deterioros superficiales y de tipo estructural debidos a la acción del tránsito y a los agentes atmosféricos.

Dentro del primer tipo de deterioro se pueden incluir los debidos a fatiga, desprendimientos en grietas superficiales, e irregularidades en la superficie del tipo de protuberancias a distancias cortas (megatextura) originadas por problemas iniciales durante la construcción del pavimento. También las irregularidades tienen que ver con aberturas excesivas en juntas, con el consecuente deterioro paulatino de estas últimas y con escalonamientos no muy pronunciados que afectan el nivel de ruido, la transitabilidad, etc.

En este sentido resulta en ocasiones atractivo rejuvenecer, o mejor dicho poner a punto las condiciones superficiales de un pavimento que, si bien sus condiciones estructurales son todavía buenas, la calidad de rodamiento que presta resulta deficiente.

Si se trata de colocar una sobrecarpeta a un pavimento estructuralmente sano, se debe pensar en carpetas de rodamiento capaces de soportar las tensiones inducidas por el tránsito pesado. Es por ello que, si se decide colocar una carpeta de concreto asfáltico sobre un pavimento de concreto existente, tal decisión deberá justificarse sólo cuando la carpeta referida presente características especiales en cuanto a su reología, durabilidad y rigidez. Por ello, deberá verificarse o mejorarse con adiciones la mezcla asfáltica convencional a fin de alcanzar este grado de calidad. De no ser este el caso, es decir, que la calidad de la sobrecarpeta asfáltica no llegue a ser la adecuada, será preferible optar por otras soluciones, como pudiera ser el fresado general de la superficie, para restituir la calidad de rodamiento en la superficie del pavimento.

En lo que sigue se presentan algunas alternativas adicionales a la mezcla asfáltica convencional, ya que sobre esta última existe un conocimiento amplio. Las alternativas que se presentan se describen brevemente para ofrecer un panorama más amplio de un tipo de solución que se pudiese denominar compuesta: mezclas asfálticas sobre pavimentos rígidos estructuralmente sanos con problemas de irregularidad superficial.

4.1.1. CARPETAS DE TEXTURA ABIERTA

Esta técnica se ha venido utilizando sobre todo en los últimos 20 años. Su estructura superficial abierta y la alta presencia de huecos en la mezcla (alta capacidad drenante) limita el encharcamiento de agua en la superficie y ofrece muy buenas características de fricción con las llantas. La colocación comúnmente denominada de capa delgada (o también conocida como open graded) es la más utilizada.

El sistema consiste en una mezcla con cemento asfáltico normal o modificado, de estructura abierta, que normalmente se proyecta para ser extendida a manera de revestimiento en carreteras de alta sollicitación. Está formada por agregados pétreos y cemento asfáltico; este último en ocasiones es asfalto modificado con polímeros.

Para mejorar su reología, aparte del cemento modificado se utilizan agregados de granulometría muy bien definida, lo que aumenta la durabilidad de la mezcla.

Por otro lado en algunos países, como España, se ha utilizado con relativo éxito mezclas en frío, en las que el material pétreo de granulometría controlada se combina con emulsiones asfálticas enriquecidas con polímeros. Este tipo de mezclas tiene la ventaja de no necesitar los costos asociados a la movilización de plantas asfálticas en los proyectos.

En general se utilizan polímeros para modificar las propiedades del cementante, si bien otras prácticas incluyen la rigidización del asfalto con el empleo de relleno mineral (filler). Tal modificación se puede determinar en el laboratorio a una mezcla dada tomando el residuo de la emulsión o cemento asfáltico empleado obtenido a su vez mediante la adición de un relleno (filler) de granulometría controlada, y llevando el conjunto a la falla; de esta manera se obtiene una pasta a la cual se le determinan

en el laboratorio algunas características tales como la penetración, punto de reblandecimiento, índice de penetración, etc., que pueden confirmar el grado de mejora logrado por los polímeros respecto a los cementantes no modificados.

El cementante empleado para tránsito ligero a mediano es generalmente una emulsión catiónica de rompimiento medio, formulada con asfalto modificado por polímeros con un contenido adecuado de emulsificantes para ayudar a la mezcla en su trabajabilidad inicial, y al logro de una cohesión satisfactoria. En tránsito pesado el cementante puede ser cemento asfáltico modificado.

Estas superficies ofrecen varias ventajas:

- 1) Al ser drenantes y porosas, minimizan salpicaduras y efectos de hidroplaneo.
- 2) Mejoran la resistencia al deslizamiento, especialmente durante lluvias, al ofrecer una superficie más friccionante.
- 3) Disminuyen el nivel de ruido, comparado con una superficie más cerrada; además, cuentan con mejores propiedades reflejantes comparadas con otras carpetas asfálticas.

Existen dos enfoques básicos para el diseño de carpetas de textura abierta (open graded); el primero intenta una estructura francamente abierta, con poca presencia de finos actuando como fillers, de manera que son muy drenantes pero su estabilidad descansa en el rozamiento entre las partículas gruesas, por lo que son poco sensibles a cambios de temperatura, pero presentan problema de durabilidad. Esto último se resuelve utilizando polímeros que modifican al cementante. Ello contribuye a lograr mejor desempeño y mayor durabilidad.

La otra opción es la más convencional, y consiste en lograr una curva granulométrica previamente establecida, pero que garantice una cierta cantidad de huecos, aún con contenidos de partículas finas (fillers) para darle cierta estabilidad y consistencia a la mezcla.

En términos generales, al igual que las carpetas de concreto asfáltico se estudian algunas propiedades físicas de los agregados de la mezcla por emplear, tales como granulometría, adherencia con el asfalto modificado, forma de partículas, sanidad y

dureza, equivalente de arena y absorción. Todas ellas están encaminadas a que los materiales pétreos sean compatibles con el asfalto modificado, conteniendo pocos finos plásticos y de dureza satisfactoria. Al igual que en las carpetas asfálticas típicas en estas capas de estructura abierta se busca que las partículas sólidas permanezcan recubiertas de asfalto el mayor tiempo posible durante el servicio del pavimento.

A continuación se presentan algunas especificaciones sugeridas en cuanto a los agregados para mezclas en caliente.

CARACTERÍSTICA	
Desgaste en la máquina Los Ángeles, máximo, %	30
Equivalente de arena, mínimo, %	70
Forma de la partícula (angulosidad):	
- Contenido de lascas, máximo, %	30
- Contenido de partículas alargadas ,máximo, %	30
- Caras nuevas por fracturamiento ,mínimo, %	30
Adherencia con el asfalto modificado	buenas
Intemperismo acelerado, máximo, %	12

Tabla 4.1. Calidad de los Agregados

Las mezclas pueden prepararse en caliente y en frío. En el primer caso se pueden utilizar tamaños máximos de 9.5 mm (3/8”), 12.7 mm (1/2”), y 15.87 mm (5/8”) para espesores de capa de 2 cm, 2.5 cm y 3 cm, respectivamente. En todos los casos el rango de finos (material que pasa la malla No. 200) debe estar comprendido entre 0 y 3%.

En el caso de mezclas en frío la mezcla se extiende y compacta a temperatura ambiente. Este sistema se emplea en carreteras en donde se eviten traslados de mezclas de una planta de producción normalmente más complejas.

En este caso se utilizan agregados pétreos gruesos retenidos hasta la malla No. 10 (2 mm). La abrasividad medida en la máquina Los Ángeles debe ser menor de 25%, el

índice de lajas inferior a 30%, y ante resistencia al desplazamiento con ebullición de agua la adhesividad superior al 95%. Tanto los agregados gruesos como los finos deberán provenir de trituración de roca sana. El equivalente de arena de la mezcla de los materiales gruesos, finos y relleno (filler) deberá ser superior a 50%.

El coeficiente de emulsibilidad de relleno (filler) debe ser inferior a 0.60.

En las emulsiones para elaborar mezclas se pide que su contenido de agua sea inferior a 32% con una viscosidad mayor de 100 segundos/Saybolt Furol a 50°C.

El contenido de elastómero medido en el asfalto residual debe ser mayor de 2.5%. por otro lado, atendiendo a su espesor, la granulometría propuesta es como se indica en la siguiente tabla.

Denominación de la		
Malla, mm (pulgadas)	Tipo I, % que pasa	Tipo II, % que pasa
19.1 (3/4")	100	-
12.7 (1/2")	65 - 90	100
9.5 (3/8")	-	70 - 100
4.69 (No.4)	20 - 40	20 - 40
2.38 (No.8)	5 - 20	5 - 20
0.074 (No.200)	1 - 3	1 - 3

Tabla 4.2. Granulometrías típicas en carpetas abiertas (open graded)

El contenido del cementante residual en ambos casos debe estar en el rango de 4 a 5% en peso de los agregados.

En caso de que estos últimos tengan absorción apreciable, entonces el contenido se modificará de manera correspondiente.

Antes de colocar la carpeta se debe aplicar un riego de liga; los espesores de capa mínimos son de dos veces el tamaño máximo del agregado.

Por tratarse de una capa restauradora, se deben corregir todas las irregularidades de tipo estructural y funcional, así como grietas y demás defectos importantes, del pavimento rígido que la recibe. Es muy importante impermeabilizar la superficie de apoyo, así como corregir cualquier problema del perfil transversal del pavimento.

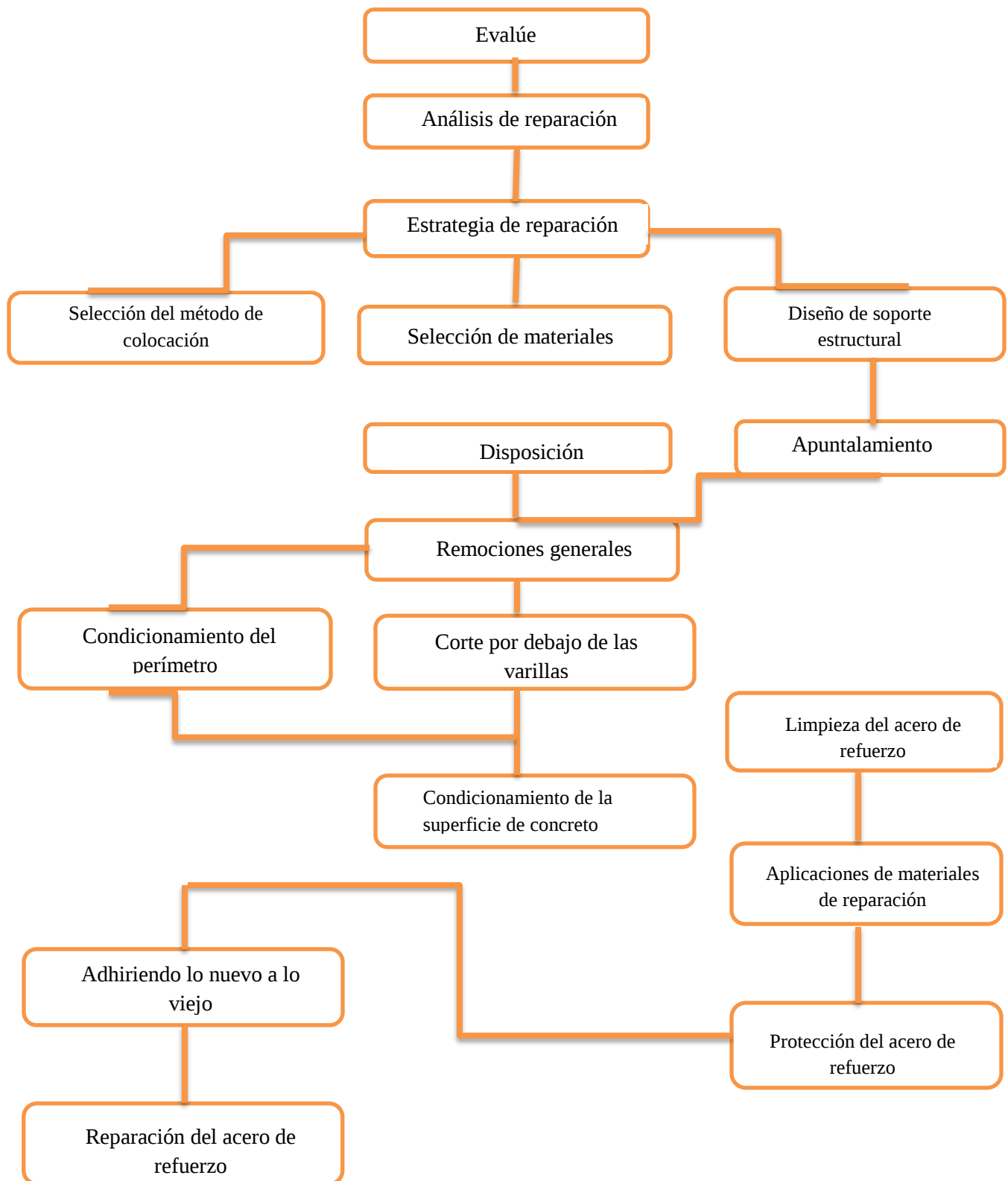
Durante la producción de las mezclas se debe verificar que la emulsión cuente con la viscosidad correcta y que su velocidad de rompimiento sea la adecuada, a fin de garantizar que los agregados queden efectivamente recubiertos, y no haya segregación de cementante ni partículas descubiertas.

Dentro de las desventajas de las carpetas de estructura abierta o drenantes se puede mencionar su relativamente baja durabilidad y el comportamiento mecánico a largo plazo. En cuanto a la primera se puede decir que debido a la alta presencia de huecos es posible promover la acción oxidante y de envejecimiento ocasionada por los agentes atmosféricos. A favor se tiene que, al ser condición que los agregados permanezcan recubiertos por el cementante, con espesor de película considerable, se inhiben los efectos adversos antes mencionados. El alto contenido de huecos propicia que haya desprendimiento del cementante por la acción del agua. Ello es marcado en el caso de que no haya adhesión satisfactoria entre agregados y cementante.

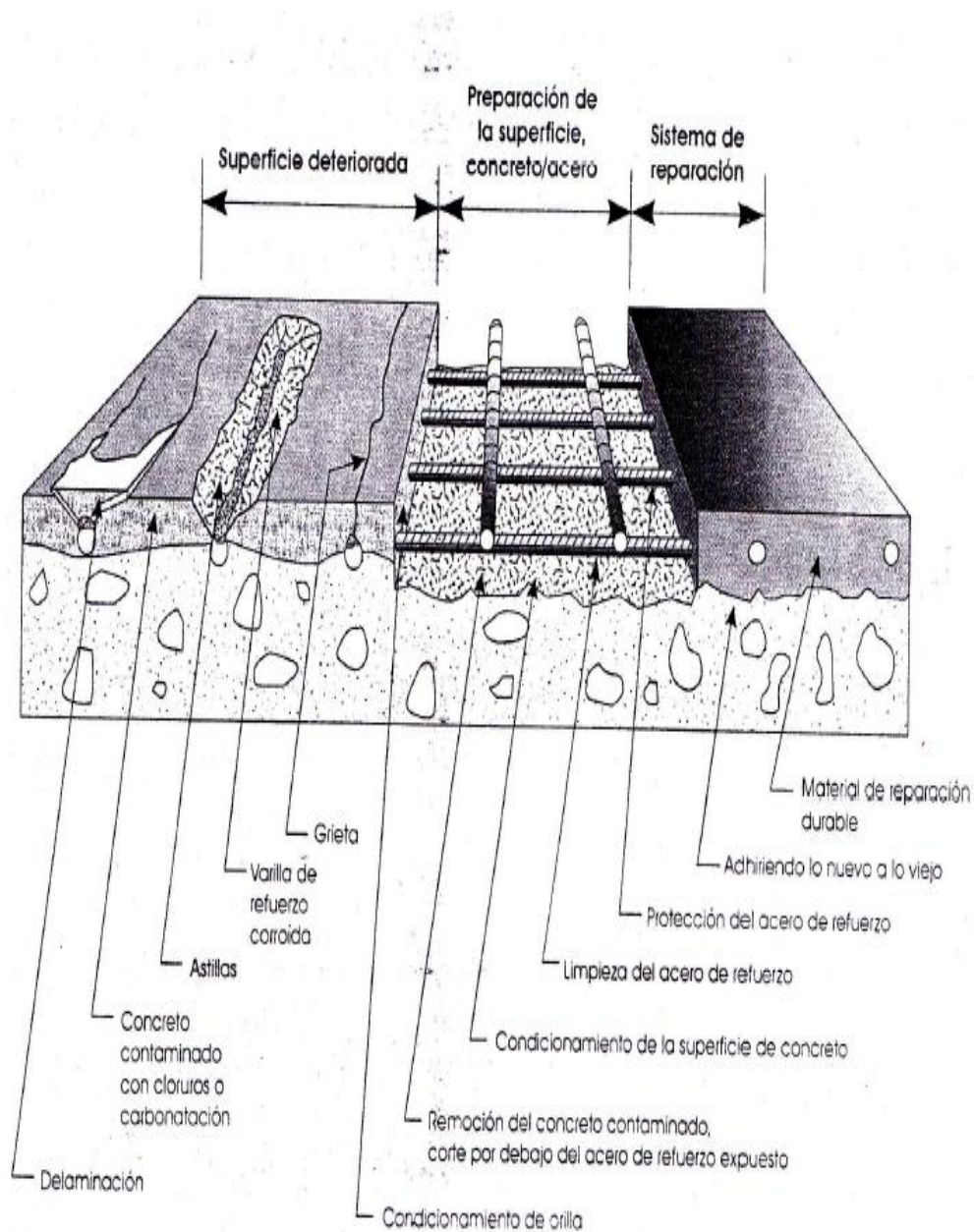
En este tipo de carpetas es común la aparición de grietas de reflexión ocasionadas por las juntas y grietas del pavimento en el que están apoyadas.

Otra limitante que se ha observado en algunas aplicaciones prácticas es que ante tránsito pesado estas capas eventualmente se disgregan. Tal parece que en algunos casos la cohesión de la mezcla puede ser insuficiente para resistir esfuerzos de tensión inducidos por el tránsito. En otros términos, en las mezclas se debe garantizar una liga adecuada.

4.2. DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS PROCEDIMIENTOS GENERALES



4.3. ANATOMÍA DE LA REPARACIÓN DE SUPERFICIES



4.4. ESTABILIZACIÓN Y NIVELACIÓN DE LOSAS

El propósito de una estabilización es restablecer las condiciones de apoyo de las losas cuando se han presentado oquedades pequeñas en zonas de juntas, grietas y bordes del pavimento. Los vacíos que se tratan deben ser pequeños, del orden de 3 mm, y se desarrollan ya sea donde incurren todas las condicionantes que producen el bombeo (pumping), o bien por reacomodo de la capa del terreno de apoyo debido a deflexiones excesivas de las losas en sus bordes.

Otra fuente de problemas son los huecos que se presentan debajo de las losas en rampas de acceso a puentes, por asentamiento de los rellenos. Si no se corrigen estas anomalías el pavimento puede sufrir grietas de esquina, escalonamiento, y agrietamientos en la vecindad de las esquinas.

Cuando se hace de manera correcta, esta técnica puede resultar muy efectiva, económica y consume menos tiempo que otras, por ejemplo comparada con el reemplazo total de las losas.

Esta técnica de reparación, denominada también subsello, o estabilización del pavimento con suelo-cemento fluido (lodos cementados), normalmente es acompañada por otras técnicas de rehabilitación, típicamente con bacheo y desbastado. La manera correcta de aplicarse dependerá de varios factores:

- 1) Determinación del tiempo óptimo para estabilizar las losas.
- 2) Detección lo más aproximada posible de los vacíos.
- 3) Selección adecuada de los materiales por utilizar.
- 4) Estimación adecuada de las cantidades de material por emplear.
- 5) Procedimientos constructivos adecuados.

4.4.1. TÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE LOSAS

El procedimiento para la estabilización consiste básicamente en la inyección, a través de barrenos previamente ejecutados, de lechadas (grouts) de cemento portland o bien de mezclas de poliuretano.

Estas mezclas rellenan pequeñas oquedades, que se pueden generar en la interfaz losa-subbase, con espesores típicos comprendidos entre 0.125 y 6.35 mm.

Este sello inferior ayuda a mantener el agua fuera de los vacíos, y contribuye a la estabilidad integral del conjunto.

En algunas ocasiones se utilizan también productos asfálticos aplicados en caliente haciendo las funciones de subsello o de estabilización.

4.5. REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS POR MEDIO DE SOBRECARPETAS

A lo largo de este trabajo se ha insistido en una correcta y oportuna selección de la técnica de conservación específica para cada tipo de deterioro y en especial la técnica de rehabilitación, con objeto de restablecer las condiciones de servicio y así extender la vida útil en condiciones aceptables de un pavimento dado.

La decisión estará supeditada, como es obvio, a una evaluación efectiva y rutinaria de las condiciones del pavimento, pues basándose en ella la organización encargada de la conservación tendrá los argumentos y conocimientos confiables para estructurar el programa de las intervenciones y de las erogaciones respectivas.

La construcción de sobrecarpetas se considera como una técnica de rehabilitación. Éstas mejoran la comodidad del tránsito, la seguridad y la resistencia al deslizamiento del pavimento, además de mejorar y corregir defectos de la sección transversal. Cuando la sobrecarpeta es robusta incrementa la capacidad estructural del pavimento en su conjunto.

El tipo de materiales existentes, así como la condición actual del pavimento (después de su evaluación) son los aspectos que rigen la selección del tipo de sobrecarpetas, las cuales se clasifican como sigue:

Pavimentos de concreto hidráulico	Pavimentos asfálticos
Sobrecarpeta de concreto hidráulico adherida	Sobrecarpeta de concreto asfáltico
Sobrecarpeta de concreto hidráulico no adherida	Sobrecarpeta de concreto hidráulico
Sobrecarpeta de concreto asfáltico	

Tabla 4.3. Tipos de Sobrecarpetas

En la figura que se presenta a continuación se demuestra un esquema cualitativo en donde se puede visualizar el intervalo de selección, de acuerdo al tránsito, de cada técnica de reparación, rehabilitación y reconstrucción de pavimentos.

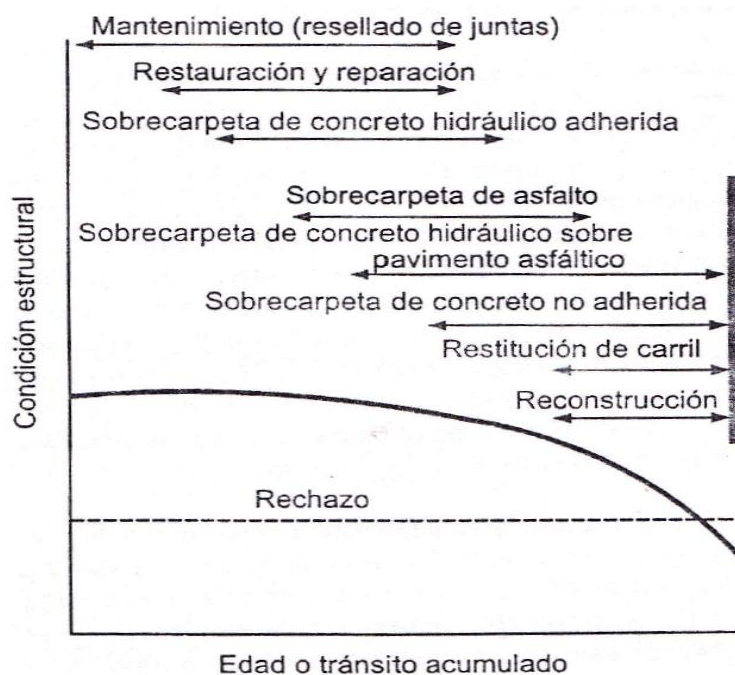


Fig.4.1. Evolución del estado estructural del pavimento y técnicas de reparación o rehabilitación

Desde el punto de vista estrictamente técnico, esto es, basándose en la condición del pavimento, la técnica o estrategia de mantenimiento viene dictada por los daños superficiales y estructurales, establecidos por un proceso de evaluación integral.

4.5.1. REENCARPETADO DE CONCRETO HIDRÁULICO SOBRE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO

4.5.1.1. SOBRECARPETAS DE CONCRETO HIDRÁULICO ADHERIDAS

La adición de una sobrecarpeta de concreto hidráulico a una losa de rodamiento ya existente aumenta sustancialmente la capacidad estructural del pavimento en su conjunto. La resistencia a las repeticiones de carga se incrementa de manera por lo que el deterioro debido a la fatiga del pavimento sólo se presentará en el caso de pavimentos sujetos a altos volúmenes de tránsito pesado. Es importante destacar que con la sobrecarpeta los esfuerzos críticos inducidos por cargas externas, en esquinas y orillas de losa, se ven reducidos mediante el mayor espesor efectivo en la losa.

Este espesor efectivo es el fundamento de las llamadas sobrecarpetas adheridas de concreto.

Otra de las grandes ventajas que puede representar el empleo de este tipo de rehabilitación, cuando su aplicación es oportuna y correcta, es el aumento de la vida de un pavimento antes de que empiece a tener problemas estructurales; este incremento va ligado a un ahorro importante desde el punto de vista de los costos de operación vehicular.

CAMPO DE APLICACIÓN

Las sobrecarpetas de concreto adheridas, SCA, constituyen en sí un refuerzo que debe ser tratado como un elemento estructural más, por lo que su elección y características deben fundamentarse en el estado estructural y funcional del pavimento. Las sobrecarpetas adheridas deben colocarse en pavimentos con deterioros de baja severidad; no se recomienda que se tiendan sobre losas sujetas a deterioros que progresen con el tiempo, como pueden ser concretos sujetos a problemas de durabilidad (reactividad álcali-sílice, o de agrietamiento en D). Por otro lado, con el objeto de lograr un funcionamiento correcto de la sobrecarpeta una

vez colocada, y también para lograr una integración satisfactoria entre las dos capas, conviene hacer algunas preparaciones en la superficie que recibirá a la sobrecarpeta adherida.

En la tabla que se muestra a continuación se presentan algunas actividades que pueden ser concurrentes y su influencia en el desempeño de las sobrecarpetas.

Tipo de deterioro	Causa probable	Severidad crítica	Procedimiento de reparación previo a la SCA	Beneficios de la SCA
Bombeo	Deficiencia estructural por pérdida de eficiencia en transferencia de carga	Baja	Estabilización de losa	Menor potencial de deflexiones y de bombeo
Escalonamiento	Pérdida de soporte. Deficiencia estructural por pérdida de eficiencia en transferencia de carga.	Media	Estabilización de losa Reparación a sección completa, con pasajuntas Reducción de esfuerzos de carga en pasajuntas	Menor potencial de deflexiones y de bombeo

Fracturamiento de esquina	Deficiencia estructural por pérdida de soporte	Baja	Estabilización de loza Reparación a sección completa, con pasajuntas	Reducción de esfuerzos de tensión. Reducción de deflexiones en esquina.
Baches (solo para pavimentos con refuerzo continuo)	Deficiencia estructural por pérdida de soporte	Baja	Reparación a sección completa	Reducción en la rapidez de deterioro. Reducción en el nivel de esfuerzos verticales de la subrasante
Desportillamiento en juntas	Juntas sin sello. Esfuerzos de compresión por juntas sin libertad de movimiento	Media	Reparación a sección parcial. Reparación a sección completa si el deterioro abarca todo el espesor	Juntas nuevas de fácil sellado.se reduce la infiltración de agua
Agrietamiento en "D"	Agregados de mala calidad	Media	Remoción a sección parcial. Reparación a sección completa si el deterioro abarca todo el espesor	Superficie nueva de concreto

Agrietamiento transversal	Deficiencia estructural. Factores ambientales	Media	Reparación a sección completa con pasajuntas. Control de reflexión de grietas	Ofrece juntas de mantenimiento rutinario.se reduce la rapidez de deterioro
Agrietamiento longitudinal	Construcción deficiente	Media	Reparación a sección completa. Control de reflexión de grietas	Ofrece juntas de mantenimiento rutinario.se reduce la rapidez de deterioro
Desprendimientos descascaramientos	Construcción deficiente	Media	Ninguna. Remoción del concreto obre en las labores de lavado a presión	Superficie de rodamiento nueva

Tabla 4.4. Beneficios logrados en prevención y reparación mediante el empleo de sobrecarpetas de concreto hidráulico adheridas (SCA) para distintos tipos de deterioros

Al igual que todo tipo de sobrecarpetas, el espesor de las sobrecarpetas adheridas está regido por las condiciones del pavimento y por el tipo de tránsito. En la práctica predominan espesores del orden de 7.5 a 10 cm, si bien se han logrado colocar con suficiente éxito a la fecha espesores tan reducidos como 5 cm. Cabe aclarar que en estos últimos casos sus aplicaciones han sido más bien en vialidades urbanas o en

tramos carreteros de tránsito muy ligero (caso de las comúnmente denominadas sobrecarpetas ultra delgadas). Este tipo de solución, a pesar de que ha resultado muy prometedor, requiere mayor investigación para establecer formulaciones y métodos de diseño definitivos.

Para el cálculo de espesores hace falta tener información confiable del proceso de evaluación del pavimento existente, para posteriormente utilizar fórmulas para el dimensionamiento de las sobrecarpetas.

Los aspectos que se deberán tomar en cuenta para el empleo de sobrecarpetas adheridas son:

- a) Preparación de planos y especificaciones
- b) Trabajo concurrente
- c) Características del pavimento, concreto y materiales para una adherencia adecuada.
- d) Preparación de la superficie
- e) Limpieza para el retiro de contaminantes
- f) Aplicación del agente adherente
- g) Colocación y terminado

A continuación se describen estos aspectos.

a) PREPARACIÓN DE PLANOS Y ESPECIFICACIONES

Antes del inicio de los trabajos se deben preparar los planos y documentos en donde se indiquen todos los trabajos previos por ejecutar. Todo cambio realizado en la vida útil del pavimento se debe anotar en los documentos. También se deben incluir los cadenamientos y las reparaciones a sección parcial y total; esto último es muy importante, puesto que las futuras juntas podrán localizarse aun dentro de las áreas reparadas.

Se debe incluir en los planos todo ajuste en los perfiles y en la rasante ocasionada por desbastado, si es que este último fue requerido antes de re encarpetar.

b) TRABAJO CONCURRENTE

La sobrecarpeta adherida, por significar un refuerzo estructural y por su premisa de estar ligada a la losa existente, tiene como condición el que se presente una losa total

entre ambas losas. Al ser relativamente delgada, cualquier plano discontinuo debido a deterioros presentes en la losa existente, induce problemas en la nueva sobrecarpeta; por ejemplo, un problema de bombeo o de erosión de la capa de apoyo, necesariamente se traducirá en fracturamientos en la nueva capa. Similarmente, los agrietamientos de consideración, de cualquier tipo no tratados, inevitablemente se reflejarán en la capa de refuerzo.

Siempre se hará necesario realizar trabajos de preparación antes de proceder a la construcción de la sobrecarpeta adherida. Los trabajos podrán abarcar una o varias actividades. Dentro de las actividades más comunes están las siguientes:

- Reparación a sección completa (reemplazo de secciones completas, juntas deterioradas, fracturas de esquina, etc.)
- Reparación a sección parcial
- Estabilización (sellado subterráneo) para restablecer la falta de soporte
- Rehabilitación del sistema de subdrenaje
- Mantenimiento, rehabilitación o incorporación de juntas adicionales selladas para evitar el paso de agua y de material incompresible
- Levantamiento de losas en zonas sujetas a asentamientos
- Restauración de dispositivos de transferencia de carga; engrapado o cosido de juntas longitudinales

En lo que sigue se describe el tratamiento que se puede dar a algunos de los problemas más comunes y que es necesarios corregirlos antes de construir la sobrecarpeta de concreto hidráulico.

- Escalonamiento. El problema del escalonamiento refleja la incapacidad que tiene el conjunto de losas de soportar, de manera uniforme, cargas verticales en la zona de las juntas. Por lo tanto, se relaciona con deficiencias en el soporte y en la transferencia de carga. El problema se debe corregir mediante desbastado ligero cuando el escalonamiento es pequeño; sin embargo cuando supera rangos de entre 3.5 y 5 mm, se recomienda investigar la posible presencia de bombeo o de oquedades bajo las losas afectadas.

- Bombeo y falta de soporte. Antes de colocar la sobrecarpeta adherida se deben reparar las áreas afectadas que en primera instancia y a simple vista sean detectadas con estos problemas.
- Fracturamiento ramificado. Este fracturamiento se identifica como un conjunto de grietas de gran abertura (1.5 mm) que se unen o cruzan sobre todo hacia la parte central de los tableros de losas. Normalmente no guardan un patrón definido. Este tipo de problema se debe corregir con bacheo o reparación a sección completa, lo cual se debe realizar empleando pasajuntas lisas y de sección circular en las juntas transversales entre lo nuevo y lo existente.
- Grietas transversales. La preparación de la superficie existente con este tipo de problemas se puede enfocar de tres formas. La primera cuando se tienen grietas de muy poca o nula abertura, pero que permanezcan activas. En estos casos se pueden dejar las grietas sin tratamiento, pensando que a futuro se podrán reflejar en la nueva sobrecarpeta. En el nivel medio de deterioro, cuando se tengan grietas de trabajo de ancho considerable pero sin desportillamiento o fracturamiento de esquina, se pueden tratar con un control de grietas aleatorias.

Este sistema consiste en un conjunto de varillas corrugadas colocadas sobre silletas o directamente fijadas a la superficie.

En la figura se muestra un sistema de control de grietas aleatorias. Las parrillas se colocan en zonas previamente rebajadas para garantizar un recubrimiento de 5 cm.

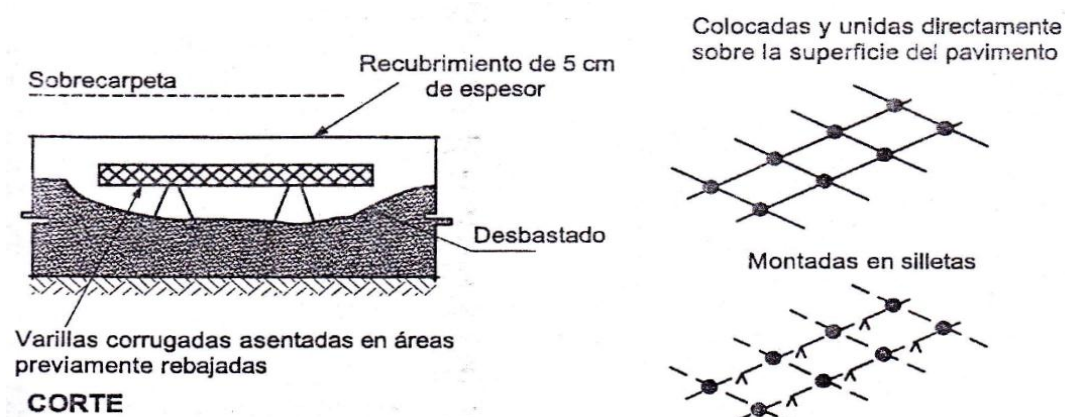


Fig.4.2. Detalle de un control de grietas aleatorias

Las varillas van situadas perpendicularmente a las grietas deterioradas. Las varillas van espaciadas aproximadamente a cada 75 cm c/c, de longitud mínima igual a 60 cm. La parrilla debe sujetarse firmemente en la superficie, para evitar su desplazamiento durante el proceso de colocación del concreto. El sistema no necesariamente elimina la reflexión de grietas a las sobrecarpetas adheridas, pero si las controla de manera efectiva y puede mantener cerradas las grietas en la sobrecarpeta.

- Deterioro de juntas. Cuando las juntas ya presentan deterioros severos (como pueden ser desprendimientos fuertes, levantamientos y fracturas por esfuerzos de compresión, así como fracturas en esquinas), es mejor llevar a cabo reparaciones a sección total. Cuando el pavimento presente desportillamientos superficiales en las juntas, podrá efectuarse un desbastado parcial hasta descubrir concreto existente sano, y proceder después a rellenar la zona rebajada con el mismo concreto de la sobrecarpeta. Sin embargo, cuando la zona rebajada por desbastado sea mayor de 5 cm, entonces se debe aplicar el concreto de reparación antes de colocar las sobrecarpetas adheridas, para garantizar que existe un buen acomodo y consolidación del área de la junta corregida, antes de recibir a la sobrecarpeta.

c) CARACTERÍSTICAS DEL PAVIMENTO, CONCRETO Y MATERIALES PARA UNA ADHERENCIA ADECUADA

- Estado actual del pavimento. Para un correcto y óptimo comportamiento de una sobrecarpeta adherida es necesario que el pavimento existente no tenga deterioros severos generalizados, sino más bien que sean aislados, y que predominen daños de baja o mediana severidad. Otro requisito de primer orden es la necesaria adherencia que debe existir entre las dos capas. La aplicación de una sobrecarpeta de este tipo es con el fin de lograr una losa compuesta nueva o con comportamiento monolítico
- Materiales. Otro de los aspectos que habrá que considerar es la mezcla y el espesor de la sobrecarpeta adherida; cuanto menor sea su espesor, mayor será el desarrollo de esfuerzos de contracción por secado. Los esfuerzos citados tienden a reducir la resistencia por adherencia entre las dos capas. Típicamente, para espesores mayores a 8 cm, los esfuerzos inducidos por dicha contracción están por debajo de la resistencia al corte buscada (14 MPa).

El tamaño máximo recomendable de agregado, es de 19 a 25 mm. En mezclas normales algunos contenidos típicos de cemento y de agregados gruesos y finos son del orden 270, 640 y 684 kg/m³, respectivamente.

- Agentes de adherencia. La adherencia entre la capa nueva y la existente parece ser que es más función del tipo de preparación de la superficie que del agente de liga.

La administradora de Carreteras de Estados Unidos pone en consideración algunas resistencias de adherencia para varios tipos de aplicaciones y materiales.

Tratamiento en la interfaz	Adherencia MPa (kg/cm²)
Mortero de arena – cemento – agua	3.1 (31.6)
Lechada rel. Agua/cemento = 0.70, escobillado	4.4 (44.9)
Lechada rel. Agua/cemento = 0.70, por aspersión	3.4 (39.8)
Lechada rel. Agua/cemento = 0.67, escobillado	2.7 (27.5)
Lechada rel. Agua/cemento = 0.67, por aspersión	4.2(42.8)

Tabla 4.5. Tratamiento, materiales y su adherencia

d) PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

En la actualidad, predominan dos métodos de preparación de la superficie, a saber por desbastado y por impacto. La metodología por adoptar será función, sin duda, de la condición superficial del pavimento, así como de la dureza de los agregados.

En muchas aplicaciones el método de impacto (shotblasting) resulta más económico que el desbastado y produce menos daños en las zonas de juntas. Sin embargo el segundo resulta también muy atractivo, sobre todo en la remoción de contaminantes en áreas más extensas.

- Por impacto (shotblasting). Mediante este método se obtienen superficies muy rugosas y limpias. El equipo consiste en una máquina autopropulsada que conforme avanza va arrojando perdigones abrasivos de acero sobre la superficie de concreto.

Los perdigones son levantados por un mecanismo magnético y vueltos a colocar sobre una llanta de lanzamiento, esto crea un mecanismo autorrecargable. Las partículas de residuos y polvo son recogidas por un mecanismo del mismo equipo para su posterior descarga, de suerte que la operación pueda considerarse limpia. El promedio del espesor de remoción es de 3.2 mm.

- Desbastado. Este método de remoción se utiliza para eliminar material blando y suelto, al igual que contaminantes. La profundidad de ataque está comprendida entre 6.5 y 25 mm, aunque para propósitos de lograr adherencia

en sobrecarpetas adheridas es suficiente el rango inferior, esto es 6.5 milímetros.

Esta técnica, al permitir fuertes profundidades de remoción, puede descubrir concreto sano con facilidad, proporcionando una superficie rugosa muy pronunciada. Sin embargo, es obligatorio hacer una limpieza secundaria después de cada una de las pasadas necesarias para la remoción del concreto.

e) LIMPIEZA PARA EL RETIRO DE CONTAMINANTES

Antes de colocar la sobrecarpeta adherida se deben retirar todos los desechos de corte o remoción, polvo y contaminantes. A continuación se describen brevemente los procedimientos más aceptados.

- Chorro de arena (sandblasting). Esta técnica sólo servirá para hacer una limpieza general y de tipo secundario. Se pueden remover partículas sueltas o material deteriorado en espesores de entre 0.8 y 1.6 mm. Esta operación se debe continuar hasta dejar al descubierto el concreto sano.
- Chorro de agua a presión. El agua a presión no constituye un medio severo de remoción, sino más bien sirve para retirar polvo y residuos de desbastado y perdigones de impacto. Los equipos convencionales de chorros de agua no pueden remover pintura ni residuos de neumáticos, si bien existen equipos especiales de desbastado por chorro de agua que sí pueden realizar esta función.
- Aire a presión. Mediante una aplicación enérgica y suficiente de aire a presión se retiran las partículas sueltas o el polvo dejado por el desbastado. Todos los residuos se deben orientar hacia las orillas o acotamientos, para evitar que se vuelvan a depositar dentro del carril que se esté limpiando.

f) APLICACIÓN DEL AGENTE ADHERENTE

El agente de liga o la lechada nunca se deben aplicar en superficies saturadas o incluso húmedas. Las especificaciones deben exigir que la superficie esté siempre seca y limpia antes de las operaciones de pavimentación. Tal como se refirió con anterioridad, se pueden usar lechadas de agua-cemento, o de arena-agua-cemento. También se sabe que las resinas epóxicas han resultado muy exitosas.

Las lechadas de agua –cemento-arena se pueden aplicar con escobillones o cepillos rígidos en forma de una película fina y uniforme, de 1.5 a 6.5 mm de espesor. Se debe evitar en todo momento que se acumule en charcos.

Cuando se aplica lechada de agua-cemento es preferible equipo aspersor mecánico, cuyas boquillas de salida han sido diseñadas para este propósito.

g) COLOCACIÓN Y TERMINADO

Las labores de colocación y terminado incluyen el tendido, vibrado y terminado del concreto, como su texturizado y curado. Para establecer y verificar el espesor de la sobrecarpeta adherida, al igual que en el pavimento existente, se toma como referencia el nivel de la capa de subbase.

Es importante tener en cuenta que los espesores serán de acuerdo a los planos de construcción siempre tratando de alcanzar espesores mínimos o mayores a los especificados.

El texturizado se hará de acuerdo a las dimensiones y características que designe la entidad dueña del proyecto.

El curado debe ser aplicado con toda oportunidad, ya que no es remota la posibilidad de que se generen esfuerzos cortantes y de tensión por la contracción de la sobrecarpeta. Se recomienda aplicar las membranas de curado durante las horas más frescas del día.

En climas calientes en extremo que promuevan el secado abrupto de la sobrecarpeta, temperatura arriba de los 32°C, se recomienda usar membranas textiles humedecidas al menos durante las primeras 72 horas para que después de retiradas se aplique una membrana de curado.

4.6. INYECCIÓN A PRESIÓN

Este método se emplea para rellenar las oquedades una vez que se levantó la losa por medios mecánicos; también es utilizada para rellenar huecos debajo de la losa, cuando el asentamiento del suelo o de la capa de apoyo no es continuo, y finalmente

para cuando se requiere levantar hasta su posición correcta las losas sujetas a asentamientos permanentes.

Al igual que en el caso de estabilizaciones de losas con lechadas para rellenos de oquedades (a baja presión), la modalidad de inyección a presión es mejor aplicarla después de las estaciones lluviosas, cuando la capa de subbase está totalmente seca, cuando las losas no estén totalmente dilatadas, y de preferencia por las mañanas.

4.7. REPARACIÓN O RESTITUCIÓN DE BANQUETAS

Las reparaciones se hacen con martillo neumático liviano (peso no mayor de 20 kg) y herramientas manuales.

Después se restituye la capa subrasante o de apoyo y se vuelven a colocar las capas dañadas. Los trabajos se hacen atendiendo siempre a las especificaciones de cada oficina encargada de la conservación de las vialidades.

Las juntas entre las piezas, previo a su sellado con la lechada, se deben humedecer. La lechada que se emplea debe tener una consistencia plástica, y habitualmente consiste en una parte de cemento portland, tres partes de arena limpia y una quinta parte de cal hidratada, todo ello mezclado con agua. El curado de las juntas se puede hacer con lienzos de arpillera mojada durante cuatro días. La secuencia detallada de reparación sería la siguiente:

- Marcado de los límites de reparación
- Fragmentación de banquetas o guarniciones en el área por reparar
- Remoción de los fragmentos de concreto y del mortero de cemento que conformaba su lecho de apoyo
- Preparación de la subrasante o subbase de apoyo de acuerdo a las especificaciones de la entidad responsable de la conservación
- Colocación de un nuevo lecho de mortero y de banquetas y piedras de guarnición
- Llenado de juntas con lechadas

- Al final se coloca la membrana de arpillera sobre el área separada, y se mantiene humedecida por lo menos durante cuatro días
- Remoción y retiro de residuos de reparación

En zonas con asentamientos muy pronunciados, las partes fracturadas se reparan mediante la remoción de las piezas dañadas, para luego seguir con la preparación de la capa de apoyo. A esta última se adicionará material de banco aprobado para rellenar posibles oquedades o para compensar el volumen de suelo que pudo ser entremezclado con los fragmentos de concreto.

Posteriormente la capa de apoyo se compacta a los grados exigidos en las especificaciones de la entidad encargada del mantenimiento. El material deberá reponerse, en volumen y compactación, hasta la elevación de la rasante original, antes de colocar el nuevo material de banqueteta. Cuando la reposición se realice con concreto hidráulico, se deberá respetar el arreglo de juntas originales.

A continuación se detallan los trabajos de reparación:

- 1) Instalación de equipos y herramientas para el control de tránsito
- 2) Retiro del material deteriorado en toda el área afectada
- 3) Colocación del material de relleno o de la capa de apoyo hasta donde sea necesario, es decir, hasta que se descubra que está el material en buen estado (no menos de 10 cm de sobrexcautación) y posteriormente compactarlo, antes de colocar las secciones de banquetas nuevas.
- 4) Se nivela, conforma y compacta la capa subrasante que recibirá a las nuevas losas, como si se tratase de un pavimento nuevo.
- 5) Se coloca la capa subbase, hasta alcanzar los niveles originales
- 6) En caso de que la superficie de la banqueteta sea asfáltica, deberá aplicarse un riego de liga. Si la superficie fuese de concreto, todo el material dañado existente se retira y se prepara la superficie de apoyo, antes de recibir las nuevas secciones de losa
- 7) Colocación del concreto hidráulico sobre la superficie preparada (material de banco compactado de acuerdo a las especificaciones de la oficina

encargada de la conservación). Si la superficie existente fuese asfáltica, se deberá colocar la nueva mezcla asfáltica después del riego.

8) Se procede al acabado y curado del concreto, siguiendo los lineamientos constructivos de las especificaciones.

9) Retiro de residuos y desperdicios producto de la reparación

Cuando se vacíe el concreto se deben dejar las preparaciones en los lados de los tableros como para formar las juntas y las cajas receptoras de sello. Para el logro de esto último, en las uniones con el concreto antiguo podrá serrarse con discos para formar dicha caja, o alternativamente se podrán dejar fajas de madera de entre 6 y 8 mm de espesor por 3 a 4 mm de ancho. Estas fajas se colocan en la parte superior y perimetral de los nuevos tableros. Al retirar las tiras quedarán configuradas las juntas.

4.8. REPARACIÓN DE GRIETAS

La principal manifestación de problemas estructurales en un pavimento es la presencia de grietas, aunque éstas no siempre sean debidas a esos problemas. Las grietas pueden ser de diferentes tipos: longitudinales, transversales, de esquina, etc., y cada uno de estos tipos tiene su origen en causas diferentes.

En el croquis mostrado en la figura se esquematizan algunos de los agrietamientos frecuentes.

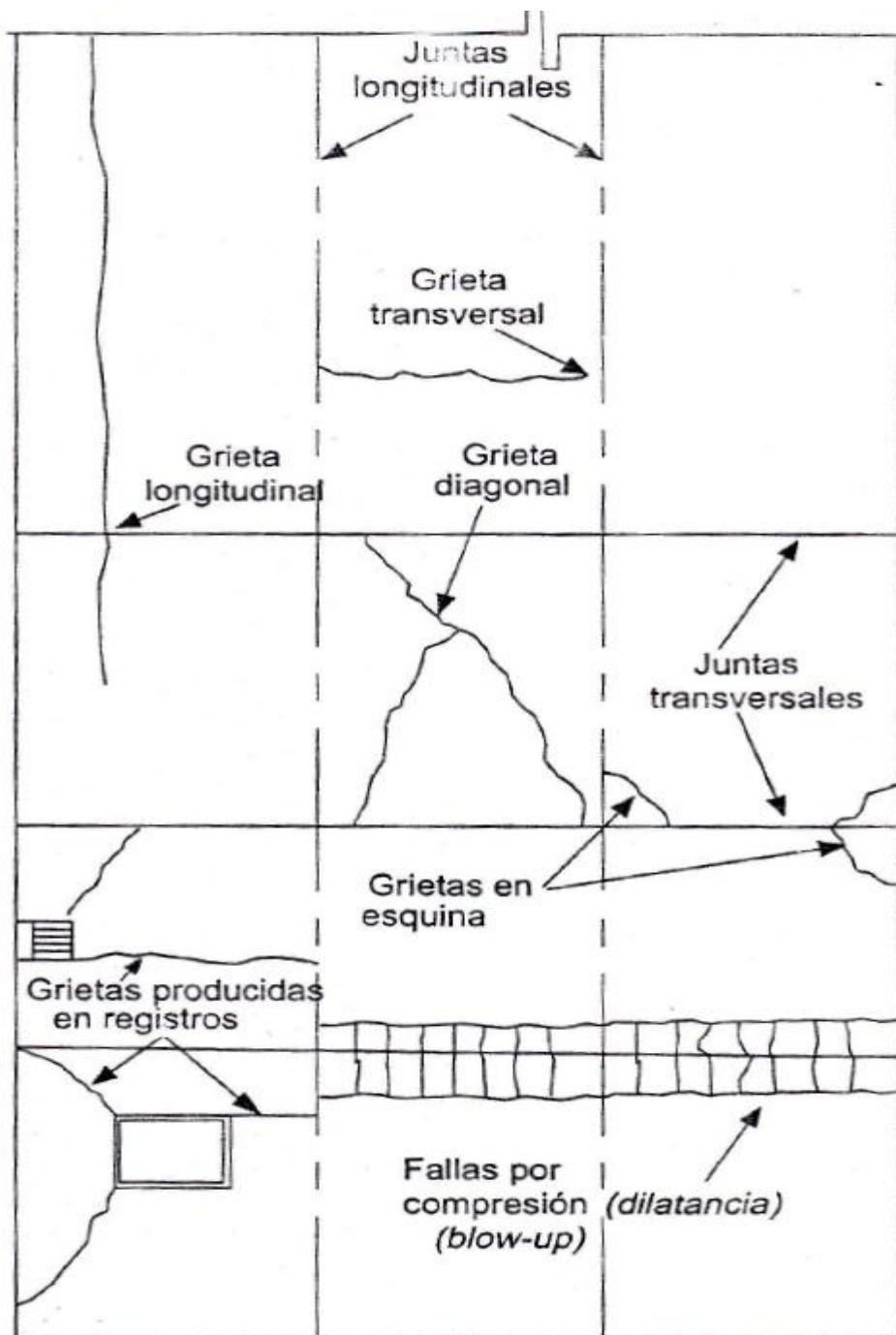


Fig.4.3. Esquema de algunos deterioros

En lo que sigue se presentan los tipos de agrietamiento más comunes y sus probables causas. Estas últimas pueden obedecer a problemas en las capas de

apoyo, a la construcción deficiente del pavimento, o sencillamente a los efectos de las cargas de tránsito.

Tipo de grieta	Causas probables
Transversales	
• Separación excesiva de juntas (relación excesiva largo-ancho de la losa) • Espesor insuficiente de losa(problemas de contracción y alabeo) • Resistencia insuficiente del concreto hidráulico • Calidad deficiente de agregados • Capas de apoyo de mala calidad • Adherencia excesiva entre la losa y la capa de apoyo • Retraso en el corte de las losas (en juntas serradas) o profundidad insuficiente del serrado. • Bloqueo de juntas contiguas, debido a una mala instalación de las pasajuntas • Construcción de pavimentos en climas calientes(temperatura superior a 30°C) • Corrosión de pasajuntas • Paso diario de vehículos muy pesados • Fatiga • Transferencia de carga deficiente entre losas • Movimiento de las capas inferiores (asentamientos, suelos expansivos, etc.) • Erosión	
Longitudinales	
• Profundidad insuficiente del serrado o ejecución retrasada del mismo • Mala colocación del inductor de juntas (caso de elementos prefabricados) • Construcción del pavimentos en climas calientes (temperatura arriba de 30°C) • Movimiento de las capas inferiores de la losa • Fatiga • Camiones muy pesados.	

Grietas diagonales y de esquina

- Asentamientos de las capas de apoyo.
 - Transferencia pobre de carga.
 - Pasajuntas mal alineadas.
 - Ángulos agudos en esquina de losas, o cuando estas son muy alargadas.
 - Apoyo no uniforme en la capa de subbase
-

Grietas por discontinuidades estructurales del pavimento

- Por discontinuidades atribuibles al diseño de la vialidad: registros de servicios aproximaciones a puentes pozos de visita y alcantarillas, etc.
 - Incorrecta posición del elemento respecto a la junta más próxima.
 - Restricción de los movimientos de la losa en dirección horizontal, por la presencia de dichos elementos.
 - Concentraciones de esfuerzos en las esquinas.
-

Escalonamientos por juntas y grietas por movimientos verticales de las losas

- Desniveles en juntas y grietas por problemas de bombeo (pumping). En este caso por expulsión, a través de juntas y grietas, de mezcla de finos y agua por el paso de vehículos pesados. El arrastre de finos se genera por la acumulación de agua entre el apoyo y la losa. El paso del agua puede ser a través de juntas, juntas de acotamiento o bordes del pavimento.
-

Tabla 4.6. Tipos comunes de agrietamientos y causas probables

Secuencia general de la preparación de grietas para su sellado. El trabajo preparatorio para el sellado y tratamiento de grietas implica crear una caja o ranura para recibir el sello. Esto se debe ejecutar preferentemente con discos especiales de diámetros comprendidos entre 18 y 21 cm. Con estos diámetros reducidos se puede seguir mejor el caprichoso recorrido de las grietas.

El equipo común para estas labores va soportado por tres ruedas, y típicamente es de menores dimensiones que las máquinas cortadoras para la formación de juntas en pavimentos recién contruidos. Una llanta pequeña situada en la parte delantera actúa como rueda pivote, que sigue la configuración de la grieta.

Si bien el tratamiento y corte de ranuras con su factor de forma es más expedito en pavimentos nuevos, se debe tratar que su ejecución en grietas existentes sea lo más uniforme posible.

Una vez que se formó la ranura o caja que alojará al material sellante, se seguirán los pasos convencionales que se establecen en el tratamiento de juntas en pavimentos nuevos: limpieza y colocación de sello, incluyendo la tira de respaldo.

A continuación se resume la secuencia para sellar las grietas:

- 1) Remoción del sellador en la grieta si ya existía alguno dentro de la misma
- 2) Ranurado (con router) hasta la profundidad y ancho adecuados para ensanchar la parte superior de la grieta
- 3) Limpiar la grieta usando cualquiera de los siguientes métodos: brocha metálica mecanizada, chorro de arena agua a presión, o aire comprimido
- 4) Secado de la grieta para retirar la humedad
- 5) Colocación de la tira de respaldo en el fondo de la grieta ya preparada, con el propósito de controlar la profundidad del sellador
- 6) Colocación del sellador en la caja de sello, asegurándose de no sobrellenar esta última

La caja se hace con dimensiones mínimas de por lo menos 15 mm de ancho por 25 mm de profundidad, a lo largo del eje de la grieta; la relación entre la anchura y la profundidad del producto de sellado estará comprendida entre 1:1 y 1:2 según lo marque el fabricante del producto

La longitud de la caja excederá en 2 mm a la longitud de la grieta; donde sea posible se deberá empezar el ranurado un metro antes del inicio de la grieta y finalizarlo un metro después del fin de la misma.

En la siguiente tabla se resumen las técnicas usadas para el resellado de grietas y juntas.

Equipo o Técnica	Función Descripción	Pavimentos Rígidos			Grietas en Pavimento Flexible
		Transversales		Junta de Acotamiento	
		Juntas	Grietas		
Discos de Corte	Para cortar juntas existentes a nuevas geometrías ,incluyendo junta escalonadas	X		X	
Discos montados en retroexcavadora	Disco montado en retroexcavadora, propulsado a lo largo de las juntas para remover material sellante	X			

Gancho limpieza	de	Gancho operado manualmente para remover material sellante	X				
Ranurador (router)		Para remover material suelto y agrandar y dar forma a grietas y juntas	X	X	X		X
Rueda corte en moto conformadora	para	Disco adosado a una moto conformadora para dar forma y agrandar la junta entre pavimento rígido y acotamiento flexible			X		
Cepillo acero Hidroneumático	de	Para limpiar residuos en juntas antes de resellar	X		X		
Brochas cerdas metálicas	de	Igual que las brochas neumáticas	X		X		
Chorro de arena		Para construir a la limpieza de juntas	X				

Compresor de aire	Para ayudar a remover residuos fuera de juntas y grietas	X	X	X	X
Tanque de aire a presión	Cargado por un operador para sopletear el aire	X	X	X	X
Agua a alta presión	Ayuda a remover película o residuos en juntas y grietas	X	X	X	X
Secador	Para remover humedad de las juntas y grietas para lograr una mejor adherencia	X	X	X	X
Limpieza con calor	Secado de grietas y juntas con soplete	X	X	X	X
Recogedor	Para recoger y barrer residuos adentro y alrededor de las grietas	X	X	X	X
Distribuidor	para transportar, guardar y distribuir	X	X	X	X

		selladores de asfalto líquido para juntas y grietas				
Recipiente mezclado	de	Para derretir y sellar materiales sellantes sólidos o semisólidos	X	X	X	X
Boquilla aplicación sellador	de	Sujetado a las mangueras para permitir aplicación del sellador directamente dentro de las grietas/juntas	X	X	X	X
Balde, olla recipiente	o	Recipiente pequeño y manual con un surtidor para aplicar en material sellante directamente dentro de las juntas y grietas	X	X	X	X
Escobilla mecánica		Escobilla que se opera en forma mecánica para	X	X	X	X

		forzar a penetrar al sellador dentro de las grietas/juntas, y dejar una superficie bien terminada					
Escobilla manual		Igual que la anterior para operada manualmente	X	X	X		X
Depósito cacerola arena	o para	Para distribuir la arena o para aplicar chorro de arena sobre selladores que tiendan a sangrar	X	X	X		X
Instalador selladores preformados	de	Para instalas selladores preformados en las juntas, previamente preparadas	X				

Tira	de	Instalada	en	el		
respaldo o cinta		fondo	de	las	X	X
adhesiva		ranuras				
		preparadas	(cajas			
		de sello)	para	dar		
		la profundidad	del			
		sello	ya			
		terminado				

Tabla 4.7. Técnicas y equipos para el resellado de juntas/grietas

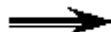
CAPÍTULO V

APLICACIÓN PRÁCTICA

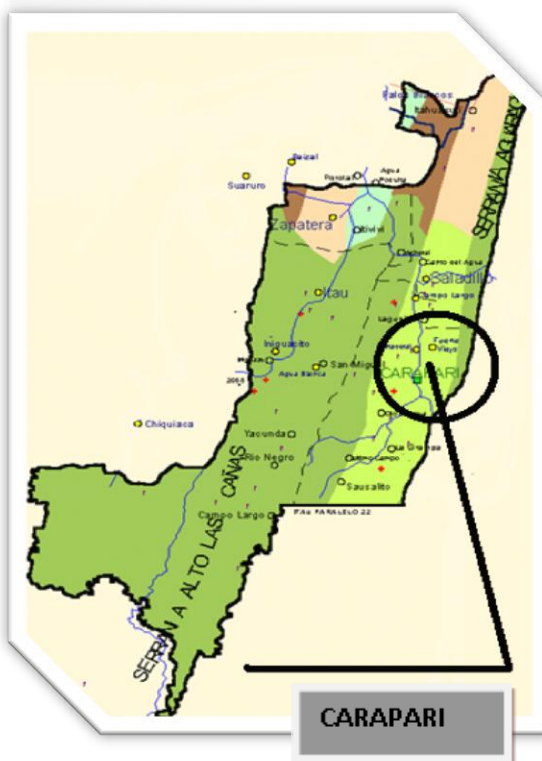
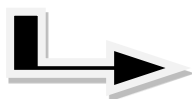
5.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El presente proyecto tendrá su aplicación práctica en la localidad de CARAPARÍ, Segunda Sección de la Provincia Gran Chaco, ubicada al sur-oeste de esta provincia, entre las coordenadas $21^{\circ}10'39''$ - $22^{\circ}19'58''$ de latitud sur y los meridianos $63^{\circ}33'34''$ - $64^{\circ}18'24''$ de longitud oeste, situado a 760 m.s.n.m. de altitud, a 32 Km. De la capital de la provincia de Yacuiba y a 232 Km. De la capital del Departamento – Ciudad de Tarija

LOCALIZACIÓN EN LA MACRO REGIÓN



LOCALIZACIÓN EN LA MICRO REGIÓN



5.1.1. LÍMITES

El Municipio de Caraparí limita al sur este con la República Argentina, al sur oeste con la Provincia Arce del departamento de Tarija, al este con la Provincia O' CONNOR del mismo departamento. Sus vecinos en el norte y al este pertenecen a la misma provincia Gran Chaco de la cual Caraparí también forma parte. Yacuiba comparte límites en el lado este y al norte se tiene el Municipio de Villamontes, con el cual es preciso hacer notar que se tiene una zona de límites municipales en litigio.

5.2 DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

5.2.1 POBLACION

El Municipio de Caraparí constituye la Segunda Sección de la Provincia Gran Chaco del Departamento de Tarija. Posee una superficie de 2.743 km² y una población estimada a 2006 de 9.773 habitantes, representando poco más de 2 % de la población del Departamento de Tarija y cerca de 8 % de la población de la Provincia Gran Chaco. Como conclusión es posible afirmar que Caraparí es un municipio que está ganando población pero a una tasa por debajo de las tasas nacional (2,54%), de Tarija (3.18%) y de la Provincia Gran Chaco (4,80%). La densidad poblacional del Municipio de Caraparí alcanzó a 3,3. hab/km² (2001) y en la actualidad se encuentra en 3,6 hab/km² (2006). Estas cifras son inferiores a las densidades de Tarija (10.4 hab/Km²) y de Gran Chaco (6.7 hab/Km²).

5.2.2. CLIMA

La población de Caraparí cuenta con un clima característico de la Región Chaqueña, su aire es seco, con temperaturas que oscilan entre los 25° a los 40°C. Las precipitaciones solo se presentan en épocas de lluvia siendo las mismas de gran intensidad. El régimen Pluviométrico anual es: Lluvioso de Noviembre a Marzo; la época de Estiaje es de Julio a Agosto.

5.3. EVALUACIÓN DE ESTADO

5.3.1. ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DEL PCI

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

DEMARCACIÓN DE TRAMOS DE EVALUACIÓN

Se efectuó un recorrido visual del área de estudio, del 28 de enero al 1 de febrero de 2012, con la finalidad de obtener información sistematizada; una vez culminados los trabajos de medición de la rugosidad de la superficie. De acuerdo a la metodología nos basamos en la demarcación de áreas, secciones y unidades de muestreo; para una mejor organización, identificación y recolección de valores de los daños presentados en la superficie del pavimento. Por las características técnicas del presente proyecto, identificamos una sola área de muestreo al total de la superficie, por ser un tramo con el mismo diseño de tráfico, tipo de uso, diseños de pavimento, etc.

Esta área se subdivide en secciones basándose en procesos constructivos, historial constructivo y estado de utilización del tráfico. Las secciones identificadas de acuerdo a sus características son:

Sección	Progresiva inicio	Progresiva final	Ancho	Observaciones
A	00+500	0+500	8.0	Calle Pando
B	00+500	0+500	8.0	Calle Independencia
C	00+500	0+500	8.0	Calle Sucre
D	00+500	0+500	8.0	Calle Bolívar

Tabla 5.1. Identificación de Secciones

Estas secciones son divididas en unidades de muestreo, las cuales deben ser marcadas e identificadas facilitando su inspección posteriormente. Las secciones de muestreo son de 20 m. El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango **10 ± 2 losas**, para este caso asumimos **10 losas** por cada unidad.

5.3.1.1. MEDICIÓN DEL PCI

Luego de concluido el trabajo de identificación de secciones y unidades de inspección, se continua con la ejecución de la medición de deterioros a lo largo del tramo de estudio. De acuerdo a la descripción presentada en el capítulo anterior con respecto a la ejecución de mediciones, podemos rescatar de manera resumida tres etapas que abarcan todo el trabajo desarrollado:

Etapas 1.

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican y registran los deterioros teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Realizando medición de longitudes (m), áreas (m²), desniveles (mm), N° juntas, N° losas, etc., de los deterioros presente en la superficie del pavimento.

Etapas 2.

La información recogida es procesada, de acuerdo al cálculo presentado por la metodología. El registro y medición nos proporciona todas las características necesarias para la evaluación y análisis de la condición del pavimento.

Etapas 3.

Presentación de resultados de cada sección y unidad de evaluación, exponiendo los valores del PCI y los rangos de calificación que determinan la condición del pavimento.

5.3.1.2. RESULTADOS DEL PCI

El trabajo de inspección visual se realizó a lo largo de toda la vía, y obteniendo un total de 634 unidades; de acuerdo a las fichas de evaluación se aprecian los deterioros siguientes por orden de frecuencia:

Popouts o Contaminación, en niveles de severidad bajo, 40 losas.

Grietas Lineales (longitudinales-diagonales-transversales), 32 losas.

Grietas de Retracción, en niveles de severidad bajo, 15 losas.

Descascaramiento de Esquina, 5 losas.

Grietas de Esquina y Daño Sello de Juntas, 3 losas cada una.

Pulimento de Agregados y Bombeo, 2 losas cada una.

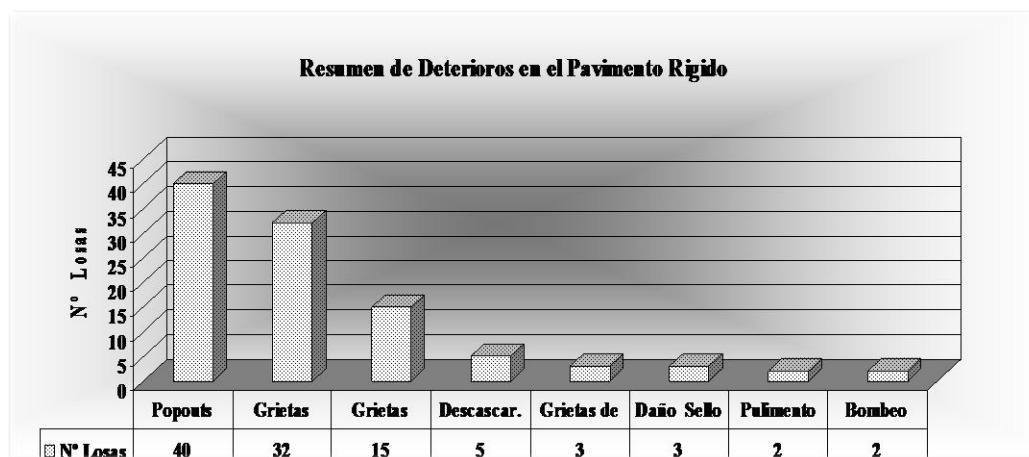


Fig.5.1. Resumen de Deterioros Registrados en la Superficie del Pavimento

A continuación presentamos un resumen cuantitativo de las unidades inspeccionadas

Progresiva		Nº Losas Inspeccionadas	Nº Losas Fisuradas	% de Losas Fisuradas Lo.,Tr. y Di.	Nº Losas Otros Daños	% de Losas Otros Daños Superficial	Nº Losas Dañadas Total	% de Losas Dañadas Total
Inicial	Final							
0+00	0+500	1000	32	0,18	70	0,39	102	0,57
Distancia del Tramo				=	2000	mt.		
Nº Total de Unidades Inspeccionadas				=	100	unid.		
Cada Unidad Inspeccionada				=	10	Losas		

Tabla 5.2. Resumen Cuantitativo de Unidades Inspeccionadas

5.3.1.3. RESULTADOS DEL ÁREA, SECCIONES Y UNIDADES DE EVALUACIÓN

Como lo mencionado anteriormente, las características técnicas del presente proyecto, identificamos una sola área de evaluación al total de la superficie. Presentando un índice de condición de acuerdo a rango de calificación de la vía como Excelente. A continuación presentamos un resumen de resultados del total del área de evaluación:

Área Total de Estudio	Pavimento Caraparí 112000 m2
Secciones de Estudio	Sección A – B – C – D
Nº de Unidades Total	100 Unidades
Nº de Unidades Deterioradas	14 Unidades
Nº de Losas Deterioradas	102 Losas
Valor del PCI del Área de Estudio	99,8 PCI
Rango de Calificación del Área	Excelente

Deterioros Presentes	No. Juntas	NoLosas	Long. mt	Área m2	% Área Deterior.
2 Grieta de Esquina	1	3	2.8	2.7	0,003
6 Daño del Sello de Junta		1	1.4	0,03	0,00003
8 Grietas Lineales (L, T y D)		8	30	116.8	0,144
12 Popouts		24		1.8	0,001
18 Descascara. de Esquina		1	0,3	0,03	0,00004
Total Deterioros de la Sección "A"		37	34,5	120,5	0,15

Tabla 5.3. Valores del PCI del Área de Evaluación

Área de Estudio	Pavimento Caraparí
Sección de Estudio	0+000 a 0+500
Nº de Unidades Evaluadas	25 Unidades
Nº de Unidades Deterioradas	6 Unidades
Nº de Losas Deterioradas	7 Losas
Valor del PCI de la Sección A	99,8 PCI
Rango de Calific. de la Sección	Excelente

Tabla 5.4. Valores del PCI y Resumen de Deterioros - Sección A

Área de Estudio	Pavimento Caraparí
Sección de Estudio	0+000 a 0+500
Nº de Unidades Evaluadas	25 Unidades
Nº de Unidades Deterioradas	5 Unidades
Nº de Losas Deterioradas	4 Losas
Valor del PCI de la Sección B	99,8 PCI
Rango de Calificación de la Sección	Excelente

Resumen de Deterioros Presentes en el Pavimento Rígido Sección "B"

Datos Generales de Registro

Proyecto :	Pavimento Caraparí	Área de Muestreo :	4000 m2
Tramo :	Caraparí	Sección de Muestreo :	A
Progresiva Inicial :	0+00	Unidad de Muestreo :	25
Progresiva Final :	0+500	No. de Losas por Unidad :	10
Área Sección A :	4000 m2	Carril :	Ambos Carriles
Elaborado por :	R. Cortez	Fecha :	28-ene-12

Tipos de Deterioros en el Pavimento Rígido

Nº	Deterioro	Nº	Deterioro	Nº	Deterioro
1	Blowup Buckling	8	Grietas Lineales (L, T y D)	15	Cruce de Vía
2	Grieta de Esquina	9	Parche Grande > 0.45 M2	16	Mapa de Grietas
3	Losa Dividida	10	Parche Pequeño < 0.45 M2	17	Grietas de Retracción
4	Grieta de Durabilidad "D"	11	Pulimento de Agregados	18	Descascaramiento de Esquina
5	Escala o Escalonamiento	12	Popouts	19	Descascaramiento de Junta
6	Daño del Sello de Junta	13	Bombeo	Nota : Datos consultados de Manual de Daños en el Pavimento de Concreto	
7	Desnivel Carril / Berma	14	Punzonamiento		

Tipos de Deterioros Presentes en la Superficie del Pavimento

Grados de Severidad							L : Bajo				M : Medio				A : Alto			
=	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	8	*	*	*	7	2	*	*	*	3	2	*
							L				L	L				L	L	
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Deterioros Presentes							No. Juntas	NoLosas			Long. mt	Área m2		% Deterior.		Área		
8	Grietas Lineales (L, T y D)								8		32	116,8		0,137				

12	Popouts	7		0,3	0,0003
13	Bombeo	2		4,0	0,005
17	Grietas de Retracción	3		2,7	0,003
18	Descascara. de Esquina	2	0,7	0,1	0,0001
Total Deterioros de la Sección "B"		22	32,7	123,8	0,15

Tabla 5.5. Valores del PCI y Resumen de Deterioros - Sección B

Área de Estudio	Pavimento Caraparí
Sección de Estudio	0+000 a 0+500
N° de Unidades Evaluadas	25 Unidades
N° de Unidades Deterioradas	5 Unidades
N° de Losas Deterioradas	4 Losas
Valor del PCI de la Sección C	99,8 PCI
Rango de Calific. de la Sección	Excelente

Resumen de Deterioros Presentes en el Pavimento Rígido Sección "C"					
Datos Generales de Registro					
Proyecto :	Pavimento Caraparí	Área de Muestreo :			4000 m2
Tramo :	Caraparí	Sección de Muestreo :			A
Progresiva Inicial :	0+00	Unidad de Muestreo :			25
Progresiva Final :	0+500	No. de Losas por Unidad :			10
Área Sección A :	4000 m2	Carril :			Ambos Carriles
Elaborado por :	R. Cortez	Fecha :			28-ene-12
Tipos de Deterioros en el Pavimento Rígido					
N°	Deterioro	N°	Deterioro	N°	Deterioro
1	Blowup - Buckling	8	Grietas Lineales (L, T y D)	1	Cruce de Vía
2	Grieta de Esquina	9	Parche Grande > 0.45 M2	1	Mapa de Grietas
3	Losa Dividida	1	Parche Pequeño < 0.45 M2	1	Grietas de Retracción
4	Grieta de Durabilidad "D"	1	Pulimento de	1	Descascaramiento de Esquina
5	Escalera o Escalonamiento	1	Agregados	8	Descascaramiento de Junta
		2	Popouts	1	
				9	

6	Daño del Sello de Junta						1	Bombeo						Nota : Datos consultados de Manual de Daños en el Pavimento de Concreto					
7	Desnivel Carril / Berma						1	Punzonamiento											
Tipos de Deterioros Presentes en la Superficie del Pavimento																			
Grados de Severidad							L : Bajo				M : Medio					A : Alto			
=																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	12	1	14	15	16	17	1	1	
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1	*	3	*	*	*	*	8	9	
*	*	*	*	*	1	*	7	*	*	2	5	*	*	*	*	6	L	1	
					L		L			L	L						L	*	
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Deterioros Presentes							No. Juntas			NoLos as		Long. mt		Área m2		% Área Deter.			
6	Daño del Sello de Junta						1			1		2,2		0,04		0,00008			
8	Grietas Lineales (L, T y D)									7		28		102,2		0,20661			
1	Pulimento de									2				4,0		0,00809			
1	Agregados																		
1	Popouts									5				0,2		0,00040			
2																			
1	Grietas de									6				5,4		0,01092			
7	Retracción																		
1	Descascara. de									1		0,3		0,03		0,00006			
8	Esquina																		
Total Deterioros de la Sección "C"										22		30,5		111,9		0,23			

Tabla 5.6. Valores del PCI y Resumen de Deterioros - Sección C

Área de Estudio	Pavimento Caraparí
Sección de Estudio	0+000 a 0+500
Nº de Unidades Evaluadas	25 Unidades
Nº de Unidades Deterioradas	5 Unidades
Nº de Losas Deterioradas	4 Losas
Valor del PCI de la Sección D	99,8 PCI
Rango de Calificación de la Sección	Excelente

Resumen de Deterioros Presentes en el Pavimento Rígido Sección "D"

Datos Generales de Registro

Proyecto	Pavimento Caraparí	Área de Muestreo	4000 m2
:		:	
Tramo	Caraparí	Sección de Muestreo	A
:		:	
Progresiva Inicial	0+00	Unidad de Muestreo	25
:		:	
Progresiva Final	0+500	No. de Losas por Unidad	10
:		:	
Área Sección A	4000 m2	Carril	Ambos Carriles
:		:	
Elaborado por	R. Cortez	Fecha	28-ene-12

Tipos de Deterioros en el Pavimento Rígido

Nº	Deterioro	Nº	Deterioro	Nº	Deterioro
1	Blowup – Buckling	8	Grietas Lineales (L, T y D)	15	Cruce de Vía
2	Grieta de Esquina	9	Parche Grande > 0.45 M2	16	Mapa de Grietas
3	Losa Dividida	10	Parche Pequeño < 0.45 M2	17	Grietas de Retracción
4	Grieta de Durabilidad “D”	11	Pulimento de Agregados	18	Descascaramiento de Esquina
5	Escala o Escalonamiento	12	Popouts	19	Descascaramiento de Junta

6	Daño del Sello de Junta					13	Bombeo					Nota : Datos consultados de Manual de Daños en el Pavimento de Concreto							
7	Desnivel Carril / Berma					14	Punzonamiento												
Tipos de Deterioros Presentes en la Superficie del Pavimento																			
Grados de Severidad =							L : Bajo				M : Medio				A : Alto				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
*	*	*	*	*	1	*	9	*	*	*	4	*	*	*	*	6	1	*	
					L		L				L					L	L		
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Deterioros Presentes						No. Juntas		NoLosas			Long. mt		Área m2		% Deterior.		Área		
6	Daño del Sello de Junta					1			1			0,9		0,02		0,00004			
8	Grietas Lineales (L, T y D)								9			36		131,4		0,30131			
12	Popouts								4					0,16		0,00037			
17	Grietas de Retracción								6					5,4		0,01238			
18	Descascara. de Esquina								1			0,3		0,03		0,00007			
Total Deterioros de la Sección "D"									21			37,2		137,0		0,31			

Tabla 5.7. Valores del PCI y Resumen de Deterioros - Sección D

5.3.2. ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DEL PSI

Como lo mencionado y descrito en el capítulo anterior la serviciabilidad funcional del pavimento interpreta la percepción de la calidad de la superficie de rodadura que experimenta el usuario.

Por lo tanto, se relaciona fundamentalmente con el estado de deterioro y con la regularidad que presenta la superficie del pavimento, en esencia significa la habilidad de una sección o parte de un pavimento para servir al tráfico en condiciones favorables.

DEMARCACIÓN DE TRAMOS DE EVALUACIÓN

Se procede inicialmente a realizar una inspección visual del tramo; para tal efecto, se efectuará un recorrido del tramo a estudiar, con la finalidad de obtener información sistematizada, para tal efecto se determina dividir el tramo de estudio en 4 secciones de acuerdo a características constructivas y de condiciones de ejecución homogénea, tal como se lo puede apreciar en el siguiente cuadro:

Sección	Progresiva inicio	Progresiva final	Lado	Observaciones
A	00+000	0+500	8.0	Calle Pando
B	00+000	0+500	8.0	Calle Independencia
C	00+000	0+500	8.0	Calle Sucre
D	00+000	0+500	8.0	Calle Bolívar

Tabla 5.8. Características Constructivas y Condiciones de Ejecución

Para efectos de ayudar en el manejo de la información y obtener una imagen completa de la sección de estudio, las secciones serán subdivididas en unidades de inspección, para el estudio se registran 634 unidades de evaluación. Cada unidad de acuerdo a características del tipo de pavimento estará compuesto por 10 losas; todo estas subdivisiones basados en la metodología empleada por el PCI.

5.3.2.1. MEDICIÓN DEL PSI

Paso 1.

A continuación de la demarcación de secciones y unidades de inspección se procede a realizar un recorrido; utilizando un vehículo se manejará lentamente sobre la vía para inspeccionar visualmente las condiciones generales de la superficie del pavimento.

Si se observan diferencias significativas, como cambios en la superficie de rodadura se procede al registro de las apreciaciones correspondientes a la rugosidad longitudinal para cada sección.

Paso 2.

Al realizar la inspección de deterioros se registraran diferencias significativas, como cambios en la superficie de rodadura se procede al registro de las apreciaciones correspondientes a la Intensidad de Grietas – Parches y Deformación Transversal para cada sección. Este registro o calificación debe estar acorde a criterios de funcionalidad del pavimento, realizados por parte del personal de evaluación.

Paso 3.

Luego del registro de datos, se procede a procesar la información en planillas electrónicas, obteniendo como resultados el Índice de Servicio Presente y el rango de calificación que identifica el grado de transitabilidad.

5.3.2.2. RESULTADOS DEL PSI

El Índice de Serviciabilidad Presente da una orientación sobre el estado del pavimento desde el punto de vista de percepción del usuario, por lo que es necesario que se exprese el estado de la superficie del pavimento en términos de serviciabilidad.

Los cálculos del PSI se reflejan en un método práctico con la utilización de la siguiente ecuación:

$$\text{PSI} = 6,20 - 0,8 * C_1 - 0,3 * C_2 - 0,1 * C_3$$

Donde **C1, C2, C3**: Son apreciaciones en el terreno de la superficie del pavimento

El método utilizado en el presente trabajo es más práctico puesto que expresa el estado de la superficie en términos de severidad y los coeficientes de acuerdo a apreciaciones en el terreno; se los escoge según los criterios del proyectista.

A continuación se presenta en la tabla 5.11, un resumen de los resultados del total del tramo evaluado:

A continuación se presenta, un resumen de los resultados encontrados de las 4 secciones evaluadas que comprenden el tramo en estudio.

Área de Estudio	Pavimento Caraparí
Sección de Estudio	Sección A
Nº de Unidades	100 Unidades
Valor del PSI de la Sección A	4,15 PSI
Rango de Calificación de la Sección	Muy Bueno

Área de Estudio	Pavimento Caraparí
Sección de Estudio	Sección B
Nº de Unidades	100 Unidades
Valor del PSI de la Sección B	4,17 PSI
Rango de Calificación de la Sección	Muy Bueno

Área de Estudio	Cara parí
Sección de Estudio	Sección C
Nº de Unidades	100 Unidades
Valor del PSI de la Sección C	4,19 PSI
Rango de Calificación de la Sección	Muy Bueno

Área de Estudio	Pavimento Caraparí
Sección de Estudio	Sección D
Nº de Unidades	100 Unidades
Valor del PSI de la Sección D	4,15 PSI
Rango de Calificación de la Sección	Muy Bueno

Tabla 5.9. Resultados de la Evaluación del Pavimento PSI

5.4. ELECCIÓN DE TIPOS DE REHABILITACIÓN

Los tipos de rehabilitación de pavimentos son los siguientes: Rehabilitación de Pavimentos por medio de Sobrecarpetas, Inyección a Presión, Reparación o Restitución de Banquetas, Reparación de Grietas siendo los dos últimos los métodos elegidos dentro del presente trabajo ya que son los más comunes y accesibles en nuestro medio.

5.5. PROCESO DE REHABILITACIÓN

5.5.1. MATERIALES

REPARACIÓN O RESTITUCIÓN DE BANQUETAS

Los materiales utilizados en esta reparación son los mismos que se utilizaron en el proceso de pavimentado, debiendo estos pasar por una serie de pruebas de laboratorio para su dosificación garantizando que los materiales utilizados son los adecuados y cumplen con los requisitos establecidos en las especificaciones del proyecto y las normativas.

REPARACIÓN DE GRIETAS

Se determinó resellar las grietas o fisuras de nivel de severidad bajo, mediante la aplicación de un material sellante (SIKAFLEX), la decisión tuvo que ver más que todo por el lado de la estética pues es de color similar al del pavimento.

El objetivo fue lograr que las grietas o fisuras sean selladas para evitar la entrada del agua o la introducción de materiales extraños no compresibles.

DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL SELLANTE SIKAFLEX 15 LM SL

El sellador SIKAFLEX, que se utilizaron para el resellado de estas fisuras, cumple con las especificaciones de los materiales para sellado de juntas y fisuras como se detalla a continuación sus características y cualidades.

SIKAFLEX 15 LM SL Sellante de bajo modulo elástico y autonivelante.-SIKAFLEX 15 LM SL es un sellante elástico de un componente a base de poliuretano autonivelante y de

bajo módulo elástico.

Usos: sellado de juntas de dilatación en autopistas, carreteras, aeropuertos, pavimentos y bodegas industriales, Sellado de juntas horizontales.

Ventajas: fácil y listo para usar, excelente adherencia, adhiere a hormigón y mamposterías sin la necesidad de utilizar imprimante, Adaptable a juntas con movimientos entre -50% y +100%, produce menores esfuerzos en las juntas, cura proporcionando una durable y flexible consistencia, excelente resistencia al envejecimiento y a intemperie, bajo módulo elástico, mono componente, elimina pérdidas de tiempo, esfuerzo, desperdicios y limpieza de equipo.

Datos técnicos:

- Densidad 1.19 kg/dm³
- Temperatura de aplicación +5°C a +37°C
- Temperatura de servicio - 40°C a + 77 °C Rango de curado
- Tiempo de curado inicial Menos de 2 horas.
- Tiempo de curado final 7 a 10 días.
- Dureza Shore A (ASTM D-2250) 15± 5

Propiedades de tensión (ASTM D-412)

- Resistencia a la tensión 1.3 Mpa.
- Elongación a la rotura 750%
- Módulo de elasticidad

25%	0.1 Mpa.
50%	0.2 Mpa.
100%	0.2 Mpa.
- Elongación -50% a +100%
(del ancho promedio de la junta)

5.5.2. EQUIPO A UTILIZAR

REPARACIÓN O RESTITUCIÓN DE BANQUETAS

No .	Descripción	Unid.	Cantidades /propuesta	Cantidad s/Movilización	observación
1	Retroexcavadora	Pza.	1	1	Indispensable
2	Camiones Mescladores (Mixer)	Pza.	4	1	Indispensable
3	Rodillos y Reglas Vibratorias	Pza.	2	1	Indispensable
4	Cepillo Texturizador	Pza.	2	1	Indispensable
5	Cortadora de Hormigón	Pza.	2	2	Indispensable
6	Equipo para Calentamiento de Asfalto	Pza.	1	0	No Indispensable
7	Hormigonera	Pza.	4	varios	Indispensable
8	Vibrador de Inmersión	Pza.	2	2	Indispensable
9	Compactador Manual	Pza.	2	2	Indispensable
10	Martillo hidráulico	Pza.	1	1	Indispensable
11	Equipo de Laboratorio de Suelos y Hormigones	Pza.	1	1	Indispensable
12	Herramientas menores (combos, cincel, pala, etc.)	Pza.	1	1	

Tabla 5.10. Fuente Consultora SICA. Equipo Para Reparación de Banquetas

SELLADO DE GRIETAS

- Equipo ranurador rotatorio (cortadora de concreto) ,
- Equipo de aplicación de sello
- Herramientas manuales

5.5.3. PROCESO DE REHABILITACIÓN

5.5.3.1. REPARACIÓN O RESTITUCIÓN DE BANQUETAS

Ejecución.- Antes de comenzar los trabajos de reposición de losas de concreto hidráulico, se procedió a instalar señales y dispositivos de forma que no se interrumpa la circulación de los automóviles.

Demarcado de áreas.-Luego como marca el procedimiento establecido se procedió a la identificación de las losas a reparar, demarcando además las zonas a ser removidas teniendo cuidado al establecer los límites de la reparación siguiendo las recomendaciones y marcando con pintura en la superficie del pavimento.

Aislamiento de la aérea a remover.-Con el objetivo de minimizar el daño al concreto de las losas adyacentes, del carril o de la berma en ciertas zonas a reparar se procedieron a aislarlas mediante cortes realizados con la ayuda de la cortadora de hormigón, en el caso de las reparaciones realizadas solo se aisló, en la junta longitudinal mediante un corte en todo el espesor de la losa cortando las barras de amarre y en sentido transversal realizando dos cortes uno a $d/4$ y uno a profundidad total a 150 mm más adentro.

Remoción de las áreas a restituir.-Se optó por la remoción por demolición debido principalmente a la maquinaria con la que se contaba, así se procedió a demoler todas las zonas previamente aisladas mediante el empleo del martillo hidráulico, debiendo antes realizar cortes adicionales en espesor total en el interior de la zona a reparar, para facilitar su demolición que se inició en todos los casos a partir de la zona central del área a remover.



Fig.5.2. Demolición de losas con Martillo Hidráulico

Preparación del área para el hormigonado.-Una vez realizado la demolición de las losas se procedió a aserrar los bordes del área removida mediante la cortadora de hormigón dejando bordes verticales limpios.



Fig.5.3. Aserrado de Bordes

En algunas losas se debió de realizar además de la limpieza necesaria, un recompactado, debido a que se causó daño a la base en la demolición del concreto, esto es común ante la demolición como método de remoción del concreto.



Fig.5.4. Limpieza del área demolida dejándola libre de materiales sueltos

Se observó además luego de un análisis previo que muchas de las zonas a reparar no contaban con el material adecuado para la subbase, motivo por el cual se procedió a retirar dicho material y restituirlo con el material adecuado y proceder a compactarlo de manera que cumpla con las especificaciones del proyecto.



Extracción de material blando

Recompactado de la base

Fig.5.5. Procedimiento de restitución de la fundación en Áreas por reparar

Proveer transferencia de carga.-Para el caso de las zonas a reparar que se realizaron en los tramos de la zona urbana, no se requirió la instalación de dovelas pasa juntas para garantizar la transferencia de cargas debido a que no son vías de tráfico pesado y como medio alternativo de transferencia de carga se dejó las paredes de

las juntas del hormigón viejo dejándolas rugosas e irregulares brindando mayor trabazón con el hormigón nuevo.



Fig.5.6. Reposición de las barras de amarre

En el caso de las dos avenidas, Avenida a Tarija doble vía, Avenida a Yacuiba doble vía, por tratarse de pavimentos para tráfico pesado (camiones y buses), para garantizar la correcta transferencia de cargas entre las juntas de las áreas reparadas, se verificaron que las dovelas en las juntas transversales mantengan su alineamiento horizontal, en todas las áreas reparadas no se observaron daños en las dovelas por lo que no se tuvo que reposicionar ninguna.



Fig.5.7. Verificación de dovelas en las vías de alto tráfico (Av. A Yacuiba y Av. A Tarija)

Y para la transferencia de cargas en las juntas longitudinales en reparaciones de gran longitud, como en caso de dos o más losas repuestas contiguas, se respondieron las

barras de amarre con las losas adyacentes, para esto se procedió a realizar perforaciones a lo largo de la junta longitudinal, a cada 75 cm aproximadamente estas serán barras corrugadas de $\frac{1}{2}$ “ y cada barra tendrá un metro de longitud.

Colocado y terminado del hormigón.-Previo al colocado del concreto hidráulico, se preparó la subbase, las dovelas, barras de amarre, y se limpió la superficie de materiales ajenos.

Se procedió a vaciar el concreto directamente del camión hormigonera, procediendo a distribuir en toda el área mediante palas, de forma uniforme evitando el paleo excesivo, siempre se preparó un volumen de hormigón de acuerdo a la cantidad de losas que se vaciarían y podrían ser terminadas y curadas de inmediato.

Inmediatamente terminado el colocado del concreto se procedió a vibrar y enrasar el mismo, el vibrado fue realizado mediante un vibrador de inmersión teniendo cuidado de introducirlo en forma vertical y sin arrastrarlo por la mezcla, que generarían huecos. El enrasado se lo realizó mediante una regla de metal igualando el nivel con el de la superficie de la vía.



*Fig. 5.8. Colocado del concreto
diréctamente de la hormigonera*



Fig. 5.9. Vibrado y enrasado

Terminado el vibrado y enrasado, y previo a su endurecimiento se procedió a texturizar el área mediante el cepillo texturizador, dándole un acabado similar al

resto del pavimento, garantizando de esta forma que los usuarios circulen de igual forma sobre las reparaciones que en el pavimento.



Fig.5.10. Texturizado del concreto mediante cepillo texturizador

Finalmente cuando el concreto empezó a perder su brillo superficial se procedió al curado del mismo.

Sellado de juntas.-En el caso, de los tramos en los cuales se formaron juntas, en las losas restituidas, se sellaron conforme lo establecido en el sellado de juntas y fisuras. Considerando necesario la formación de juntas transversales en las losas restituidas y viendo que estas coincidan con las juntas del pavimento existente.



Fig.5.11. Losa terminada y lista para abrir al tráfico

Se deberá restringir el tráfico hasta que la losa restituida alcance la resistencia, para

evitar ser dañada con el paso de los vehículos, al tratarse de un concreto normal lo recomendable es no abrir al tráfico hasta menos de 72 horas como mínimo.

5.5.3.2. REPARACIÓN DE GRIETAS

Ejecución.- El procedimiento a seguir para la ejecución de los trabajos fue siguiente:

Señalización.- Se colocaron señales preventivas y dispositivos de seguridad.

Ranurado o corte.- Realizar el trabajo de ranurado utilizando una cortadora, a la que se le puso un disco para cortar, hasta lograr las dimensiones de la ranura indicadas. Se procuró que el alineamiento de los cortes sea perfectamente una línea que siga las direcciones de la fisura.

Limpieza de la ranura.- Eliminar todo residuo de polvo, grasas u otros materiales

contaminantes que alteren la adherencia del concreto con el sellador, con un inyector de aire caliente comprimido, limpio y seco (sin aceite ni humedad).

Aplicación del sellante SIKAFLEX.- Dentro de las juntas y/o grietas siguiendo las instrucciones del fabricante.

- Su rendimiento es igual a 11ml por kg.
- Para sellar fisuras, grietas o juntas podrá ser de forma manual.
- Colocar solamente la cantidad de material indispensable para rellenar la junta o fisura y evitar que se derrame sobre las superficies expuestas del concreto.
- Aplicar en la abertura o ranura, cuando ésta se encuentre en el punto medio de su movimiento de diseño a expansión y contracción.
- Vertido en la junta en una sola dirección, permitiéndole fluir y nivelarse como sea necesario. Utilizar las herramientas necesarias.
- También se debe tener un dispositivo controlador de temperatura para mantener la temperatura de aplicación dentro del rango de tolerancia indicado por el fabricante entre 5 °C y 37 °C.

Cuidados.- Retirar cualquier material sobrante que esté presente en la superficie del pavimento de concreto y depositarlo en los sitios previstos para el efecto y limpiar la superficie del pavimento.

5.6. ANALISIS DE RESULTADOS

A continuación se ofrece una serie de gráficas en las que se puede realizar además de una mejor observación de los resultados obtenidos; una breve descripción de cada uno de los métodos usados para nuestros procesos de cálculo, llámese PSI y PCI.

GRÁFICA DE RESULTADOS DEL PSI

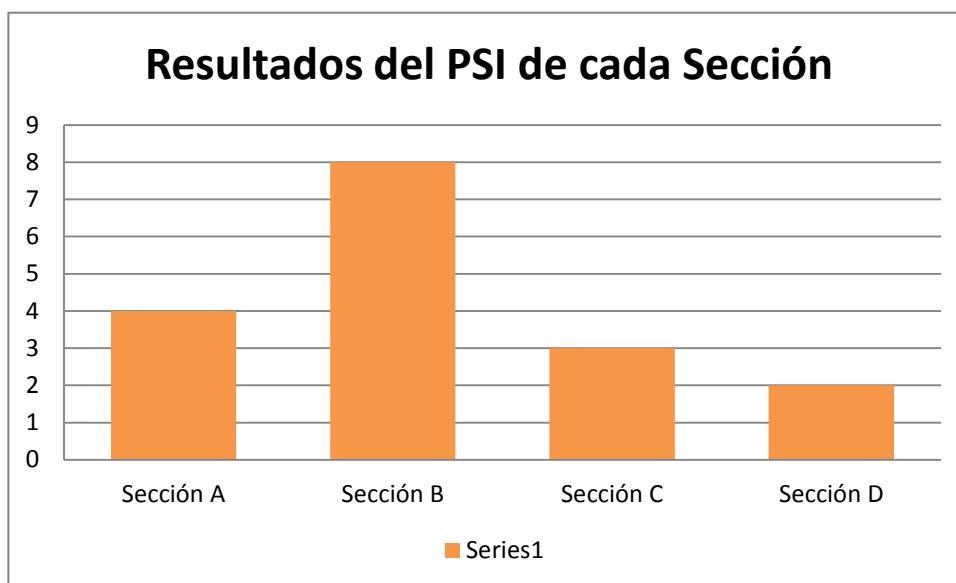


Fig.5.12. Resultado del PSI de cada Sección

Con los valores obtenidos del cálculo del PSI de cada sección, se evidencia que el pavimento cumple con los estándares de confort y parámetros que son necesarios en un pavimento llámese fricción, frenado, etc. Donde cada sección en estudio obtuvo una calificación de Muy Bueno.

GRÁFICA DE RESULTADOS DEL PCI

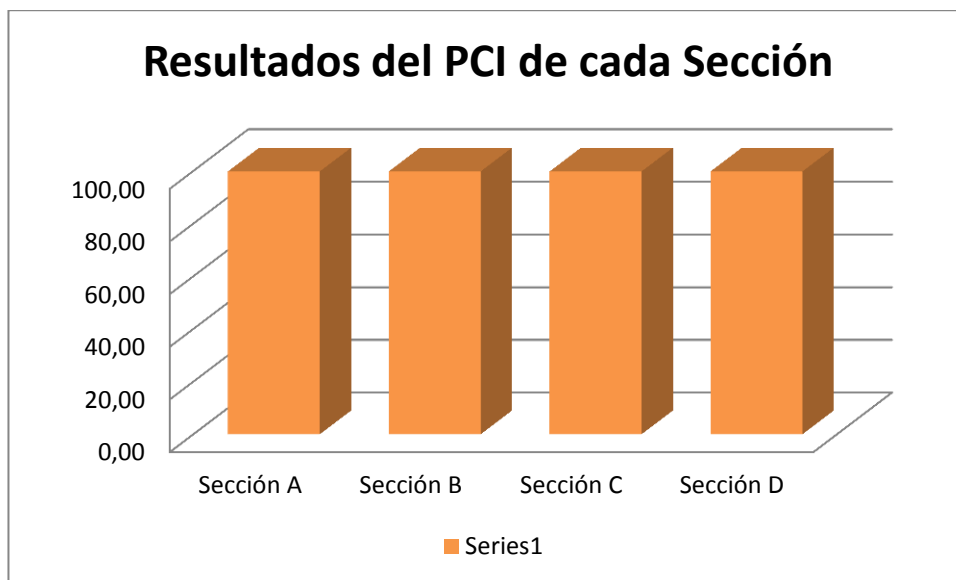
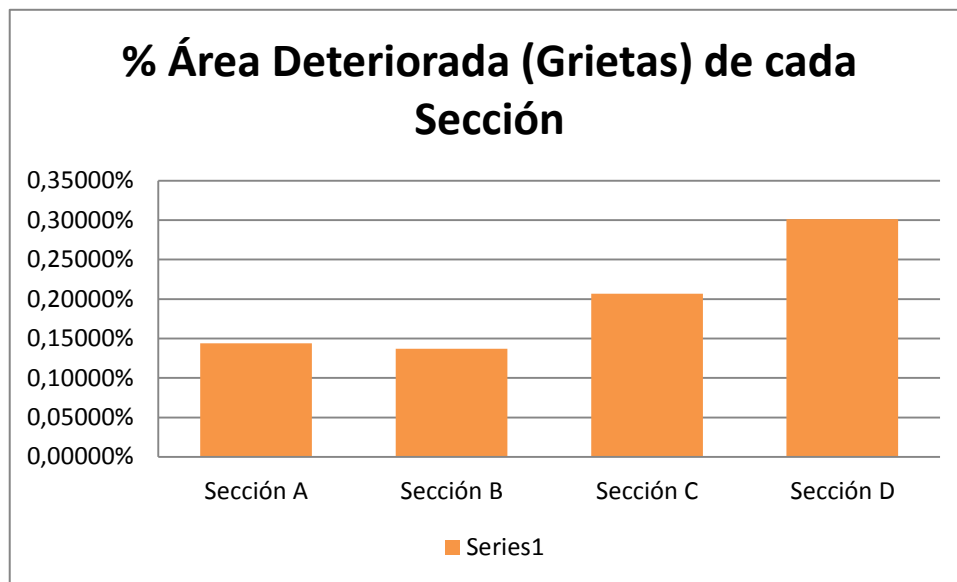


Fig.5.13. Resultado del PCI de cada Sección

Con la realización del cálculo del PCI de cada sección y una inspección visual en los que se determinaron la severidad y cantidad de cada daño; se obtuvieron datos muy satisfactorios puesto que el pavimento alcanzó una calificación de Excelente.

GRÁFICA DE % DE ÁREA DETERIORADA DE CADA SECCIÓN

*Fig.5.14. % de Área deteriorada
(Grietas) de cada Sección*

Para la elaboración del gráfico se trabajó con los valores de los porcentajes de área deteriorada, tomando en cuenta solamente, los valores en porcentaje de las grietas Longitudinales, Transversales y Diagonales de cada sección.

5.7. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

5.7.1. PRESUPUESTO GENERAL

**Proyecto: PROCESOS DE REHABILITACIÓN DE
PAVIMENTOS RÍGIDOS
APLICADOS A NUESTRO MEDIO**

**Lugar: PAVIMENTO RÍGIDO EN LA
LOCALIDAD DE CARAPARÍ**

Fecha: 19/Julio/2013

Tipo de cambio: 6,96

Nº	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Parcial (Bs)
1	DEMOLICION DE LOSAS	m³	50,00	183,75	9.187,50
2	RESTITUCION DE SUBBASE Y SUBRASANTE	m³	50,00	252,51	12.625,50
3	INSTALACION DE BARRAS DE AMARRE	m	50,00	31,31	1.565,50
4	RESTITUCION DE BANQUETAS	m³	50,00	874,36	43.718,00
5	TEXTURIZADO Y CURADO	m²	50,00	24,52	1.226,00
6	ASERRADO Y SELLADO DE JUNTAS EN LOSAS RESTITUIDAS	m	50,00	69,43	3.471,50
7	SELLADO DE FISURAS CON SIKAFLEX	m	50,00	115,79	5.789,50
8	LIMPIEZA Y RETIRO DE ESCOMBROS	m³	50,00	68,24	3.412,00
Total presupuesto:					80.995,5

Son: Ochenta Mil Novecientos Noventa y Cinco con 5/100 Bolivianos

5.7.2. PRECIOS UNITARIOS

Ítem: DEMOLICIÓN DE
LOSAS

Unidad: m³

Proyecto: Procesos de
Rehabilitación
de pavimentos Rígidos
Aplicados a Nuestro Medio

Fecha:
19/Julio/2013

Tipo de cambio: 6,96

Nº	P.	Insumo/Parámetro	Und.	Cant.	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
	A	MATERIAL				
	D	TOTAL MATERIALES			(A) =	0,00
	B	OBRERO				
1	-	OPERADOR DE RETROEXCAVADORA	hr	0,25	35,00	8,75
2	-	OPERADOR DE CORTADORA DE CONCRETO	hr	0,40	20,00	8,00
3	-	OPERADOR DE MARTILLO HIDRAULICO	hr	1,15	30,00	34,50
4	-	PEON	hr	1,20	8,75	10,50
	F	Beneficios Sociales		55,00% de	(B) =	33,96
	G	TOTAL MANO DE OBRA			(B+E+F) =	95,71
	C	EQUIPO				
1	-	CORTADORA DE CONCRETO	hr	0,80	35,00	28,00
2	-	RETROEXCAVADORA	hr	0,80	24,00	19,20
	H	Herramientas menores		2,00% de	(B) =	1,24
	I	TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPO			(C+H) =	48,44
	J	SUB TOTAL			(D+G+I) =	144,15
	L	Gastos Generales		3,00% de	(J) =	4,32
	M	Utilidad		5,00% de	(J) =	7,21
	N	PARCIAL			(J+K+L+M) =	155,68
	O	IVA		14,94% de	(N) =	23,26
	P	IT		3,09% de	(N) =	4,81
>	Q	TOTAL ÍTEM			(N+O+P) =	183,75
>		PRECIO ADOPTADO:				183,75
		Son: Ciento Ochenta y Tres con 75/100 Bolivianos				

Ítem: RESTITUCIÓN DE SUBBASE Y Unidad: m³
SUBRASANTE

Proyecto: Procesos de Rehabilitación

Fecha:

19/Julio/2013

de Pavimentos Rígidos

Tipo de 6,96

cambio:

Aplicados a Nuestro Medio

Nº	P.	Insumo/Parámetro	Und.	Cant.	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
	A	MATERIAL				
1	-	MATERIAL SELECCIONADO PARA SUB BASE Y SUBRASANTE	m ³	1,20	120,00	144,00
2	-	AGUA	m ³	0,01	3,55	0,04
	D	TOTAL MATERIALES			(A) =	144,04
	B	OBRERO				
1	-	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hr	0,08	11,70	0,94
2	-	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hr	0,08	13,50	1,08
3	-	PEON	hr	1,50	8,75	13,13
	F	Beneficios Sociales		55,00% de	(B) =	8,33
	G	TOTAL MANO DE OBRA			(B+E+F) =	23,47
	C	EQUIPO				
1	-	COMPACTADOR MANUAL	hr	0,35	31,25	10,94
2	-	VOLQUETA	hr	0,40	48,36	19,34
	H	Herramientas menores		2,00% de	(B) =	0,30
	I	TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPO			(C+H) =	30,58
	J	SUB TOTAL			(D+G+I) =	198,09
	L	Gastos Generales		3,00% de	(J) =	5,94
	M	Utilidad		5,00% de	(J) =	9,90
	N	PARCIAL			(J+K+L+M) =	213,94
	O	IVA		14,94% de	(N) =	31,96
	P	IT		3,09% de	(N) =	6,61
>	Q	TOTAL ÍTEM			(N+O+P) =	252,51
>		PRECIO ADOPTADO:				252,51
		Son: Doscientos Cincuenta y Dos con 51/100 Bolivianos				

Ítem: INSTALACIÓN DE BARRAS DE AMARRE

Unidad: m

**Proyecto: Procesos de Rehabilitación
de Pavimentos Rígidos
Aplicados a Nuestro Medio**

**Fecha:
19/Julio/2013**

Tipo de cambio: 6,96

Nº	P.	Insumo/Parámetro	Und.	Cant.	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
	A	MATERIAL				
1	-	ACERO CORRUGADO DE 1/2"	kg	1,05	16,00	16,80
2	-	ALAMBRE DE AMARRE	kg	0,05	16,00	0,80
	D	TOTAL MATERIALES			(A) =	17,60
	B	OBRAERO				
1	-	ARMADOR	hr	0,08	12,00	0,96
2	-	AYUDANTE	hr	0,08	8,00	0,64
	F	Beneficios Sociales		55,00% de	(B) =	0,88
	G	TOTAL MANO DE OBRA			(B+E+F) =	2,48
	C	EQUIPO				
1	-	CIZALLA DE CORTE	Pza	0,08	40,00	3,20
2	-	TALADRO MANUAL	Pza	0,05	25,00	1,25
	H	Herramientas menores		2,00% de	(B) =	0,03
	I	TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPO			(C+H) =	4,48
	J	SUB TOTAL			(D+G+I) =	24,56
	L	Gastos Generales		3,00% de	(J) =	0,74
	M	Utilidad		5,00% de	(J) =	1,23
	N	PARCIAL			(J+K+L+M) =	26,53
	O	IVA		14,94% de	(N) =	3,96
	P	IT		3,09% de	(N) =	0,82
>	Q	TOTAL ÍTEM			(N+O+P) =	31,31
>		PRECIO ADOPTADO:				31,31
		Son: Treinta y Uno con 31/100 Bolivianos				

5.7.3. DESGLOCE DE INSUMOS GENERAL: MATERIALES

Proyecto: PROCESOS DE REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

APLICADOS A NUESTRO MEDIO

Lugar: PAVIMENTO RÍGIDO DE LA LOCALIDAD DE CARAPARÍ

Fecha: 19/Julio/2013

Tipo de cambio: 6,96

Nº	Descripción insumos	Und.	Cant.	Unit.	Parcial (Bs)
1	ACERO CORRUGADO DE 1/2"	kg	52,50	16,00	840,00
2	AGUA	m³	0,50	3,55	1,77
3	ALAMBRE DE AMARRE	kg	25,00	16,00	400,00
4	ANTISOL	l	17,50	30,00	525,00
5	ARENA COMUN	m³	20,00	100,00	2.000,00
6	CEMENTO PORTLAND	kg	17.500,00	1,26	22.050,00
7	CLAVOS	kg	15,00	16,00	240,00
8	GRAVA COMUN	m³	40,00	150,00	6.000,00
9	JUNTAS SELLADORAS CON SIKAFLEX	kg	13,50	25,00	337,50
10	MATERIAL SELECCIONADO PARA SUB BASE Y SURASANTE	m³	60,00	120,00	7.200,00
11	PINTURA REFLECTANTE PARA PAVIMENTO	l	1,50	35,20	52,80
12	SEÑAL PREVENTIVA	pza	4,00	90,00	360,00
13	TEXTURIZADOR	pza	4,00	45,00	180,00
Total:					40.187,07

Son: Cuarenta Mil Ciento Ochenta y Siete con 07/100 Bolivianos

5.7.4. DESGLOCE DE INSUMOS GENERAL: OBREROS

Proyecto: PROCESOS DE REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS APLICADOS A NUESTRO MEDIO

Lugar : PAVIMENTO RÍGIDO DE LA LOCALIDAD DE CARAPARÍ

Fecha: 19/Julio/2013

Tipo de cambio: 6,96

Nº	Descripción insumos	Und.	Cant.	Unit.	Parcial (Bs)
1	ALBAÑIL	hr	1,50	12,00	18,00
2	ARMADOR	hr	4,00	12,00	48,00
3	AYUDANTE	hr	4,00	8,00	32,00
4	MAESTRO	hr	20,00	30,00	600,00
5	MAESTRO COLOCADOR	hr	26,50	20,00	530,00
6	OPERADOR	hr	2,50	13,50	33,75
7	OPERADOR DE CAMION MIXER	hr	20,00	20,00	400,00
8	OPERADOR DE CORTADORA DE CONCRETO	hr	20,00	20,00	400,00
9	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hr	12,00	11,70	140,40
10	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hr	4,00	13,50	54,00
11	OPERADOR DE MARTILLO HIDRAULICO	hr	57,50	30,00	1.725,00
12	OPERADOR DE RETROEXCAVADORA	hr	12,50	35,00	437,50
13	OPERADOR DE VIBRADOR DE INMERSION MANUAL	hr	4,00	20,00	80,00
14	PEÓN	hr	276,55	8,75	2.419,81
	Total:				6.918,46

Son: Seis Mil Novecientos Dieciocho con 46/100 Bolivianos

5.7.5. DESGLOCE DE INSUMOS GENERAL: EQUIPO

**Proyecto: PROCESOS DE REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS
APLICADOS A NUESTRO MEDIO**

Lugar : PAVIMENTO RÍGIDO DE LA LOCALIDAD DE CARAPARÍ

Fecha: 19/Julio/2013

Tipo de cambio: 6,96

Nº	Descripción insumos	Und.	Cant.	Unit.	Parcial (Bs)
1	CAMION MIXER	hr	20,00	40,00	800,00
2	CIZALLA DE CORTE	Pza	4,00	40,00	160,00
3	COMPACTADOR MANUAL	hr	17,50	31,25	546,88
4	CORTADORA DE CONCRETO	hr	40,00	35,00	1.400,00
5	DISCO DE CORTE	pza	6,50	400,00	2.600,00
6	HERRAMIENTAS MENORES	glb	1,50	15,00	22,50
7	HERRAMIENTAS Y EQUIPO	%	1,25	20,00	25,00
8	MAQUINA CORTADORA DE CONCRETO	hr	21,50	150,00	3.225,00
9	RETROEXCAVADORA	hr	41,50	24,00	996,00
10	TALADRO MANUAL	pza	2,50	25,00	62,50
11	VIBRADORA DE INMERSION MANUAL	hr	4,00	30,00	120,00
12	VOLQUETA	hr	20,00	48,36	967,20
13	VOLQUETA 4M3	hr	50,00	40,77	2.038,25
Total:					12.963,33

Son: Doce Mil Novecientos Sesenta
y Tres con 33/100 Bolivianos

5.8. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Antes de poder llevar adelante una justificación Técnica del proyecto se deberá realizar tres tipos de Evaluación o análisis las cuales proporcionarán información del porque se debe llevar adelante una rehabilitación y en qué casos específicamente se debe efectuar dicha rehabilitación.

En primera instancia se desarrollará la **Evaluación Inicial** la cual comprende la investigación necesaria del estado del pavimento antes de entrar en operación como pavimento nuevo o después de haber sido rehabilitado. Esta evaluación es importante porque permite conocer el nivel de calidad que se está obteniendo en la obra; con lo que se puede realizar las correcciones durante el proceso de ejecución de los trabajos para mejorar la calidad del pavimento antes de ser entregado al usuario brindándole seguridad, comodidad y economía.

A partir de los resultados de esta primera evaluación surge la necesidad de realizar correcciones en un corto plazo.

Define el punto de partida de la vida del pavimento y propiamente determina la magnitud de su vida útil.

Posteriormente se realiza una **Evaluación Sistematizada y de Seguimiento** en la que se efectúa un programa de evaluaciones periódicas que se convierte en un proceso de seguimiento en lo que se refiere a la evolución del pavimento a través del tiempo y así poder programar la estrategia de conservación.

En este tipo de evaluación se analiza el comportamiento que tiene el pavimento a través del tiempo tomando como indicadores las características superficiales, deterioros, rugosidad, etc.

Por último se efectúa la **Evaluación Puntual** la cual tiene como finalidad definir un problema específico para lo cual es necesario conocer lo más que sea posible el

estado del pavimento para determinar las causas que han originado los deterioros y de esta manera poder planear una acción de rehabilitación.

Esta evaluación se la efectúa en los tramos en el que la evaluación periódica detecte un comportamiento anormal del pavimento o cuando se presenten cambios en las características del tránsito.

El realizar estas tres evaluaciones en un tramo determinado, permite al personal encargado del mantenimiento y conservación el poder determinar o justificar el por qué se debe efectuar una rehabilitación en el tramo, una vez determinada las fallas y su severidad.

Como justificación del porque se decidió llevar adelante una REHABILITACIÓN en el tramo en estudio podemos mencionar:

- Que por los resultados obtenidos aplicando los métodos de evaluación PSI y PCI se concluye que si bien los resultados son de calificación Muy Bueno para el caso del PSI, y de Excelente para el PCI; se determinó que pese a tratarse de un pavimento nuevo este presentó deterioros prematuros los cuales debían ser rehabilitados mediante dos procesos: Reparación o Restitución de Banquetas y Reparación de Grietas.
- Otro factor que determinó que se lleve adelante la rehabilitación de este tramo fue el propuesto por el ente contratante del proyecto Gobierno Municipal De Caraparí y Sub Gobernación de Caraparí, que basados en experiencias de tramos ejecutados en similares condiciones determinaron la no recepción del proyecto si no se realizaba las rehabilitaciones y reparaciones pertinentes, ya que las empresas al momento de abandonar la obra no le dan el mantenimiento respectivo originando deterioros o problemas mayores.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Debido al aumento en la utilización de concreto como material para la construcción de la capa de rodadura para vías de alto, mediano y bajo tráfico; surge una imperiosa necesidad de establecer procesos y técnicas de rehabilitación o reparación del pavimento que ofrezcan una solución efectiva que garantice la correcta transitabilidad durante el periodo de vida útil establecido.

Para llevar a cabo el estudio de los Procesos de Rehabilitación se realizó una aplicación práctica, la misma se llevó a cabo en el Tramo del Pavimento Rígido de la Localidad de Caraparí (Calles Pando, Independencia, Sucre y Bolívar), debido a que en dichas calles el pavimento presentó deterioros prematuros en su capa de rodadura, que requerían ser reparados rápida y efectivamente para evitar molestias a los usuarios.

Para realizar la determinación y clasificación de las fallas o deterioros presentes en el pavimento; se debe llevar a cabo una inspección visual del tramo en estudio lo que nos permitió evidenciar que las principales fallas presentes en el pavimento eran fisuras longitudinales y transversales.

Resultado del análisis de las fallas encontradas, y por tratarse de una vía recientemente ejecutada se determinó como métodos de rehabilitación los métodos de:

- Reparación o Restitución de Banquetas.
- Reparación de Grietas mediante el uso del sellante SIKAFLEX 15 LM SL.

Estas metodologías fueron empleadas con el fin de garantizar la vida útil del pavimento en el tramo en estudio y restaurarlas a una condición cercana o mejor a la original, previniendo la necesidad de intervenciones mayores y más costosas.

Se deberá definir los materiales y maquinarias a utilizarse en las reparaciones del pavimento, en base a los requerimientos de reparación, condiciones de servicio; además de las propiedades de los materiales.

Para obtener los mejores resultados se deberá efectuar un seguimiento al momento de la utilización de los materiales; para el método Reparación o Restitución de Banquetas se verifican los ensayos de laboratorio observando que los materiales utilizados cumplan con las especificaciones del proyecto, por lo que se determinó utilizar los mismos materiales en el proceso de reparación. Para el caso de Reparación de Grietas se requería de un material que además de cumplir con las especificaciones propias de un material de sellado, que brinde un aspecto confortable, y estético para los usuarios; por lo que se determinó utilizar el material sellante SIKAFLEX 15 LM SL.

Se deberá realizar un control de calidad tanto en la ejecución de las reparaciones o rehabilitaciones como también después de ejecutadas, verificando que cumplan con los requerimientos, tanto en materiales como procedimientos.

6.2. RECOMENDACIONES

Si bien las reparaciones a las fisuras han sido realizadas correctamente y el cambio parcial o total de losas deterioradas ha sido concluido satisfactoriamente, es necesario que el Gobierno Municipal de Caraparí como dueño y responsable del pavimento realice acciones inmediatas de mantenimiento para la conservación de dichas losas. Por lo que se recomienda realizar las siguientes actividades:

- a) Limpieza de calzadas para evitar la erosión.

- b) Limpieza de bocas de tormenta en época de lluvias.
- c) Relleno en aceras contiguas al pavimento y mejor aún si se construyen todas las aceras faltantes.
- d) Restricción de VEHÍCULOS PESADOS en el área pavimentada con mayor peso al de proyecto.

Antes de proponer una rehabilitación de pavimentos rígidos mediante las metodologías propuestas (Reparación o Restitución de Banquetas y Reparación de Grietas), se recomienda una evaluación minuciosa de las fallas que se presentan en la carretera para obtener información necesaria para la elección del método o técnica a emplearse.

Es necesario evaluar las vialidades y determinar el grado de severidad de los diferentes deterioros para implementar reparaciones y garantizar la vida útil de la estructura de pavimento rígido.

Antes de la aplicación del material de sellado para la reparación de grietas se debe verificar o realizar la limpieza de forma correcta del área a reparar, ya que esto es fundamental para poder garantizar la adherencia de las losas con el material sellante a fin de evitar la inclusión de materiales incompresibles o la infiltración de humedad, por lo que la limpieza de material suelto y polvo debe ser minuciosa.

Se debe restringir completamente el paso de vehículos en las zonas reparadas durante su proceso de curado o secado de manera que se abrirá al tráfico cuando éstas hayan alcanzado sus propiedades y resistencias necesarias.

Es fundamental detectar lo antes posible deterioros ocasionales producidos por agentes atmosféricos o hechos circunstanciales que puedan afectar desfavorablemente al estado estructural o superficial del pavimento. De esta forma, se podrá actuar en el momento oportuno previniendo que los defectos puedan comprometer las condiciones normales de vialidad, seguridad o agravarse de tal forma que las

actuaciones correctoras posteriores sean mucho más costosas que las que se hubieran realizado en el tiempo correcto.