

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES.

Suele decirse que los pavimentos rígidos requieren menos tareas de mantenimiento y reparación que los pavimentos asfálticos. Esto es cierto durante una o dos décadas de servicio, pero transcurrido este periodo el mantenimiento y reparación se hace más dificultoso.

Es habitual la conservación del pavimento rígido mediante reparación de juntas y grietas. También es habitual el uso de reparaciones a profundidades parciales y totales de dicho pavimento.

Las labores de mantenimiento y reparación consisten básicamente en bacheo, recorte de hierba, sello de juntas, sello de grietas y otros. No se incluye el ensanche de acotamientos, rehabilitaciones, ni reconstrucciones.

Las actividades de mantenimiento se implementan para compensar los efectos nocivos del envejecimiento de las estructuras viales, deterioro de los materiales por agentes de meteorización, crecimientos orgánicos, etc. Sin embargo, aún con este mantenimiento eventualmente las cargas impuestas por el tránsito hacen que los pavimentos requieran refuerzo a efecto de restablecer los niveles aceptables de los índices de Servicio. El trabajo de rehabilitación no se considera mantenimiento, ya que consiste en una mejora "más profunda" del pavimento. Todas las actividades antes y después de estos trabajos más drásticos sí constituyen los trabajos de mantenimiento.

En todas partes del mundo se realizan estas clases de reparaciones porque su ventaja radica principalmente en que mediante estas técnicas se reparan áreas que presentan daños localizados, manteniendo la rasante del pavimento.

Pues estas ventajas dan al dueño de la vía menor costo a mayor vida útil de la vía reparada, y por ende mayor confort y seguridad a los usuarios.

1.2.JUSTIFICACIÓN.

Existen muchas opciones disponibles para el mantenimiento de un pavimento rígido, pero lo difícil es determinar cuál de ellas es la mejor; sin embargo, si nos hacemos preguntas importantes que debemos formularnos inicialmente ayudará a encontrar la solución correcta, es decir la más económica y que cumpla con las expectativas de los propietarios de la vía.

Debemos observar en qué estado está el pavimento para entender el mecanismo de la falla y plantear un solución. Se debe tomar en cuenta si queremos hacer una inversión para un período largo o un desembolso más pequeño para disminuir la tasa actual de deterioro y lograr que el pavimento se mantenga por solo unos cuantos años.

Las opciones de reparación serán aquellas que resulten económicas dentro del contexto de la naturaleza del problema y del período de tiempo necesario para solucionarlas. Separando la naturaleza del problema en dos categorías (superficial y estructural) del lapso requerido (corto o largo plazo), se simplifica la selección de la mejor opción.

Otro punto importante que afecta la decisión es:

- La viabilidad de las técnicas de mantenimiento y reparación.
- El ordenamiento del tráfico.
- Las condiciones climáticas.
- La disponibilidad de recursos.

Esto puede tener una influencia significativa en la ejecución del proyecto y descartar ciertas opciones de reparaciones. Pero todo tiene un solo propósito: ***“determinar la solución más económica y técnica al problema del proyecto”***, lograr la reparación más económica y llevar a cabo un estudio que permita adquirir un adecuado nivel de entendimiento sobre el comportamiento del pavimento existente.

1.3. OBJETIVOS.

1.3.1. OBJETIVO GENERAL.

Realizar el Mantenimiento y Reparación de un Pavimento Rígido aplicado en la Calle Julio Sucre de San Lorenzo del Departamento de Tarija.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Los objetivos específicos que se quiere alcanzar con el siguiente proyecto son:

- ✓ Inspeccionar el sitio y realizar el levantamiento topográfico de la calle en estudio.
- ✓ Procedimiento de medición y cuantificación de los deterioros del pavimento rígido.
- ✓ Clasificación de los deterioros, en función de sus características y condiciones, de tres niveles de severidad del deterioro: baja, media y alta.
- ✓ Analizar los principales mecanismos que originan los deterioros del pavimento rígido.
- ✓ Realizar el análisis de las técnicas que existen para el mantenimiento y reparación de los pavimentos rígidos.
- ✓ En gabinete determinar las áreas que necesiten reparación y así también marcar las juntas longitudinales, transversales y grietas que tengan problemas de acuerdo al grado de severidad baja, media o alta.
- ✓ Realizar el cómputo métrico de las juntas, grietas y áreas que deben ser reparadas.
- ✓ Y por último se determinará el costo total del mantenimiento y reparación de la calle Julio Sucre en San Lorenzo.

1.4. ALCANCE DEL ESTUDIO.

El alcance del presente proyecto tiene como finalidad observar las causales de deterioro del pavimento rígido en la calle “Julio Sucre” ubicada en la localidad de San Lorenzo.

Así mismo conocer las técnicas de reparación y mantenimiento que existen y de manera general las posibles causales de los diferentes daños ocasionados en los pavimentos. También se realizara un inventario de los daños teniendo en cuenta el tipo de falla y nivel de gravedad en que se encuentran las grietas, juntas y losas.

Una vez obtenida toda la información de los deterioros y fallas que tenga el pavimento se harán los cálculos métricos y ubicación de las juntas y grietas que presenten problemas, y se seguirá una metodología para la reparación de dichas áreas que por cierto debe ser bien justificada y tener un excelente control a la hora de la construcción con personas encargadas en dicho proceso, de igual manera hacer un control de todas las actividades previas antes de la reparación y tener en cuenta el equipo que debe utilizarse.

También se determinará el costo que tendrá el mantenimiento y reparación de la calle Julio Sucre.

Al finalizar el estudio se analizara y se sacara conclusiones si se cumplieron o no los objetivos propuestos, y a su vez dar las recomendaciones necesarias para un óptimo proceso de mantenimiento y reparación de los pavimentos rígidos y también uniformizar ideas con estudios anteriores referidos al mismo tema.

CAPÍTULO II

CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS

2.1. DEFINICIÓN DE PAVIMENTOS.

Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento la cual debe funcionar eficientemente. Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aún en condiciones húmedas. Deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie, del agua y también deberá tener una adecuada visibilidad.

Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor calidad los que se colocan en las terracerías además de que son los materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan los más económicos.

La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando determinamos el espesor de una capa el objetivo es darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior. La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; siendo dos factores importantes la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes.

2.2. TIPOS DE PAVIMENTOS.

Básicamente existen dos tipos de pavimentos: rígidos y flexibles

2.2.1. PAVIMENTOS RÍGIDOS.

Se define como pavimento rígido o de hormigón el constituido por un conjunto de losas de hormigón en masa separadas por juntas transversales, o por una losa continua de hormigón armado, en ambos casos eventualmente dotados de juntas longitudinales; el hormigón se pone en obra con una consistencia tal, que requiere el empleo de vibradores internos para su compactación y maquinaria específica para su extensión y acabado superficial.

El pavimento rígido tiene como elemento estructural fundamental una losa de concreto, esta se apoya sobre una capa de material seleccionado, a la que se le da el nombre de subbase; cuando la subrasante del pavimento tenga una calidad buena, la losa de concreto puede colocarse directamente sobre ella, prescindiéndose así de una subbase especial; de lo que se trata es de que la losa de concreto tenga un apoyo suficientemente uniforme y estable. Debido a que el módulo de elasticidad del concreto es mucho mayor que el correspondiente a los materiales que le sirven de apoyo, la mayor parte de la capacidad de carga del pavimento procede de la propia losa, efecto que es conocido como acción de viga. Las losas de concreto hidráulico deben resistir, además de los esfuerzos provocados por el tránsito, los producidos por cambios de temperatura y humedad, así como por cambios volumétricos de los materiales que les sirven de apoyo.

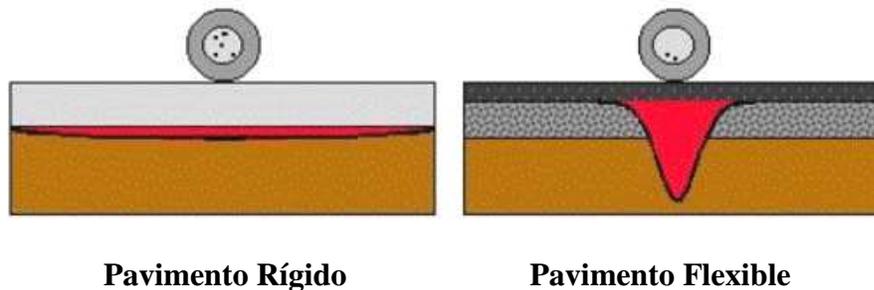


Fig. 2.1 Características Estructurales de los Pavimentos

En el pavimento rígido, el hormigón absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento, mientras que en el pavimento flexible este esfuerzo es transmitido hacia las capas inferiores.

En términos generales, puede decirse que las características estructurales de las losas dependen fundamentalmente de su espesor y de la calidad del concreto empleado, interviniendo en esta última y en forma primordial la resistencia a la tensión, sin olvidar que la resistencia al desgaste superficial juega un papel muy importante. Un factor que merece atención son las juntas que dividen las losas, ya que de su apropiado diseño y construcción depende no solo la adecuada transmisión de cargas entre las losas sino también y de una manera fundamental la calidad de rodamiento y su desempeño futuro.

2.2.2. FUNCIONES DE LAS CAPAS DE UN PAVIMENTO RÍGIDO.

2.2.2.1. LA SUB BASE

- La función más importante es impedir la acción de bombeo en las juntas, grietas y extremos del pavimento. Se entiende por bombeo a la fluencia del material fino con agua fuera de la superficie del pavimento, debido a la infiltración del agua por las juntas de las losas. El agua que penetra a través de las juntas licua el suelo fino de la sub rasante facilitando así su evacuación a la superficie bajo la presión ejercida por las cargas circulantes a través de las losas.
- Servir como capa de transición y suministrar un apoyo uniforme, estable y permanente al pavimento.
- Facilitar los trabajos de pavimentación.
- Mejorar el drenaje y reducir por tanto al mínimo la acumulación del agua bajo el pavimento.
- Ayudar a controlar los cambios volumétricos de la subrasante y disminuir al mínimo la acción superficial de tales cambios volumétricos sobre el pavimento.
- Mejorar en parte la capacidad de soporte de suelo de la subrasante

2.2.2.2. LOSA DE CONCRETO

Superficie de Rodamiento, la carpeta de proporcionar una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos al tránsito

Impermeabilidad, hasta donde sea posible debe impedir el paso del agua al interior del pavimento

Resistencia, su resistencia a la tensión complementa la capacidad estructural del pavimento más la función estructural de soportar y transmitir el nivel adecuado los esfuerzos que le apliquen.

2.2.3. LA SUB RASANTE

De la calidad de esta capa depende en gran parte el espesor que debe tener un pavimento, sea éste flexible o rígido. Como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas de tránsito. Es necesario tener en cuenta la sensibilidad del suelo a la humedad, tanto en lo que se refiere a la resistencia como a las eventuales variaciones de volumen (hinchamiento - reacción).

Los cambios de volumen de un suelo de subrasante de tipo expansivo pueden ocasionar graves daños en las estructuras que se apoyen sobre éste, por esta razón cuando se construya un pavimento sobre este tipo de suelos deberá tomarse la precaución de impedir las variaciones de humedad del suelo para lo cual hará que pensar en la impermeabilización de la estructura. Otra forma de enfrentar este problema es mediante la estabilización de éste.

2.2.4. LAS BERMAS

Las bermas son aquella parte de la corona del pavimento que se encuentra aledaña a la superficie de rodamiento y que tiene como función principal, proporcionar un espacio adecuado para la detención de vehículos en emergencia.

En nuestro medio el ancho de las bermas es variable, entre 0.50 y 2 metros, y depende de la importancia de la carretera. La pendiente transversal de las bermas es algo mayor a la de la superficie del pavimento para permitir una adecuada evacuación de las aguas de lluvia.

2.2.5. CONCRETO PARA PAVIMENTOS.

Las mezclas del Concreto Hidráulico para Pavimentos deben de estar previstas para:

a) Garantizar una durabilidad satisfactoria dentro de las condiciones de requerimiento del Pavimento.

b) Para asegurar la resistencia deseada a la flexión.

- La flexión en los Pavimentos de Concreto Hidráulico, bajo las cargas aplicadas por los neumáticos producen esfuerzos de compresión y tensión.
- Los esfuerzos de compresión son pequeños en relación a la resistencia de la misma, y sin mayor incidencia en el espesor de la losa.
- Por lo tanto el concreto hidráulico que se utiliza en los pavimentos se especifica por su resistencia a la flexión, medida por el Módulo de Rotura a Flexión a los 28 días. (MR) expresada en Kg/cm² y generalmente varía entre los siguientes valores:

$$40 \leq MR \leq 50$$

L resistencia a la compresión del Concreto Hidráulico a los 28 días ($f'c$).

$$MR = \frac{PL}{bd^2} \quad (\text{kg/cm}^2) \quad \text{Ecuación 2.1}$$

$$0.10f'c \leq MR \leq 0.17f'c$$

En Pavimentos de Concreto Hidráulico se exige: $MR \geq 40 \text{ Kg/cm}^2$ o sea $f'c \geq 280 \text{ Kg/cm}^2$

Aceptándose $f'c \geq 210 \text{ Kg/cm}^2$ para tráfico ligero.

$P =$ Carga de Rotura

$L =$ Distancia entre apoyos

$b =$ ancho de la viga

$d =$ peralte de la viga

2.3. EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS.

2.3.1. EVALUACIÓN FUNCIONAL DE UN PAVIMENTO RÍGIDO.

El deterioro funcional se define como cualquier condición que afecte adversamente al usuario de carreteras. A continuación se proporcionan algunas soluciones de sobrecarpeta recomendadas para resolver problemas funcionales. Ver la siguiente tabla:

<i>Tabla 2.1 Soluciones de Sobrecarpetas Recomendadas</i>		
Causa de Roderas	Capa(s) Causantes de los Roderas	Solución
Espesor total del pavimento inadecuado	Terreno de apoyo/ capa subrasante	Sobrecarpeta gruesa
Carga granular inestable debido a saturación	Base o sub-base	Quitar capa inestable o sobrecarpeta gruesa
Capa inestable debido a baja resistencia al cortante	Base	Quitar capa inestable o sobrecarpeta gruesa
Mescla CA inestable (incluyendo desprendimiento)	Superficie	Remover capa inestable
Compactación por tránsito	Carpeta, base, sub-base	Fresado de la superficie y/o nivelación de la sobrecarpeta
Descaste por llantas con irregularidades	Carpeta de rodamiento	Fresado de la superficie y/o nivelación de la sobrecarpeta

Fuente. INGENIERIA DE CARRETERAS. Volumen II

Fricción superficial e hidroplaneo

Todo tipo de pavimento. En climas húmedos se manifiesta una fricción pobre debido al pulido de la superficie (macrotextura y/o microtextura inadecuados). Se puede utilizar una sobrecarpeta delgada que sea adecuada para el nivel de tránsito y así remediar este problema.

Rugosidad de la superficie

Todo tipo de pavimentos. Distorsión ondulatoria de gran longitud en la superficie, incluyendo levantamientos y expansiones. Este problema normalmente se corrige mediante una sobrecarpeta de nivelación o compensación con un espesor variable (espesor adecuado en las crestas o puntos altos).

Pavimento con superficie CCP. Rugosidad por astillamiento (incluyendo baches) y desperfectos en juntas transversales, longitudinales y grietas. El astillamiento se puede resolver reparando la sección completa o parcialmente, sólo donde se usen materiales rígidos. En general, los desperfectos se pueden corregir por medio de una sobrecarpeta de espesor adecuado; no obstante, en general las anomalías son indicativas de una transferencia de carga pobre y un subdrenaje deficiente. La transferencia de carga inadecuada provocará el astillamiento de grietas ya reflejadas en una sobrecarpeta de cemento asfáltico. De igual modo, podría ser necesario mejorar el subdrenaje.

En ocasiones resulta acertado aplicar lo que se ha llamado "sobrecarpetas preventivas" con la intención de retrasar la velocidad de deterioro. Este tipo de sobrecarpeta incluye cemento asfáltico o de concreto hidráulico delgado y varios tratamientos de superficie. Esto se puede aplicar a pavimentos que no presentan una deficiencia funcional o estructural inmediata, pero cuya condición podría deteriorarse rápidamente en el futuro.

Los diseños de sobrecarpetas (incluyendo espesor, reparaciones previas y tratamientos para grietas por reflexión) se deben dirigir a las causas de los problemas funcionales para evitar su reaparición.

Esto sólo puede lograrse a través de criterios ingenieriles sanos, y requiere de experiencia para resolver los problemas específicos involucrados. El diseño de la sobrecarpeta requerida para corregir problemas funcionales se debe coordinar con la requerida para corregir cualquier deficiencia estructural.

2.3.2. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE UN PAVIMENTO RÍGICO.

El deterioro estructural se define como cualquier condición degenerativa que reduce la capacidad del pavimento para soportar cargas. Los procedimientos de diseño de sobrecarpetas presentados aquí se basan en el concepto de que el tiempo y las cargas de tránsito reducen la capacidad del pavimento para soportar cargas y se puede diseñar una sobrecarpeta para aumentar la capacidad del pavimento con objeto de que soporte cargas durante un período de diseño futuro.

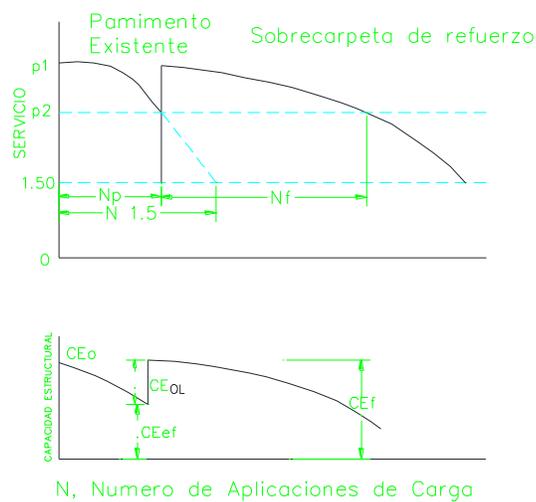


Fig. 2.2. Pérdida de la capacidad estructural con el tiempo debido al tráfico.

La Fig. 2.2 ilustra los conceptos generales de deficiencia estructural y de capacidad estructural efectiva. La capacidad estructural de un pavimento cuando es nuevo se denota como CE_o . Para pavimentos flexibles, la capacidad estructural es el número estructural SN (o N.E). Para un pavimento rígido, la capacidad estructural corresponde al espesor de la losa D para pavimentos compuestos existentes (CNCCP) la capacidad estructural se expresa como un espesor de losa equivalente.

La capacidad estructural declina con el tiempo y con el tránsito, y para cuando se realiza una evaluación para el diseño de la sobrecarpeta, la capacidad estructural ha disminuido a CE_{ef} . La capacidad estructural efectiva para cada tipo de pavimento se expresa como sigue:

- Pavimentos flexibles: NEf , (Número Estructural efectivo)
- Pavimentos rígidos y compuestos: Def

Si se requiere una capacidad estructural CEf para el tránsito futuro esperado durante el periodo de diseño de la sobrecarpeta, se debe agregar una sobrecarpeta a la estructura existente que tenga una capacidad estructural de CEo (es decir, CEf- CEef). Este método para el diseño de una sobrecarpeta comúnmente se llama método de deficiencia estructural. Como es lógico pensar, la capacidad estructural de sobrecarpeta requerida se puede corregir razonablemente bien únicamente si la evaluación de la capacidad existente es correcta. En rigor el objetivo principal de la evaluación estructural es determinar la capacidad estructural efectiva.

La velocidad de deterioro en la gran mayoría de los casos no es lineal, es decir, no existe relación directa entre el número de repeticiones, N, y la capacidad estructural, C.E., o el índice de servicio. Cada tramo será diferente. No existe tampoco un método único para dictaminar la capacidad estructural efectiva. Se debe considerar los materiales del pavimento actuales, y se deberá prever su comportamiento a futuro. Existen tres maneras básicas de evaluar la C.E.ef:

Capacidad estructural, (C.E.), basada en monitoreo del estado actual (inspección ocular): se basa en la inspección ocular. Incluye un levantamiento físico de las condiciones actuales de daños, drenaje, rugosidad, etc.

En base al monitoreo con pruebas no destructivas, PND. Con este tipo de pruebas se busca medir directamente a lo largo del proyecto la rigidez de la superficie de apoyo y de las capas que conforman el pavimento.

Basado en el daño por fatiga inducido por tránsito: se fundamenta en el conocimiento del tránsito que se tenga hasta la fecha para el diagnóstico de los efectos causados por la fatiga en el momento presente. De esta manera, puede asignársele una vida remanente al pavimento. Este método funciona mejor cuando no son tan visibles los deterioros en el pavimento

a) *Basado en monitoreo físico y ensaye de materiales*

Inspección ocular: Una parte esencial de toda evaluación es un recorrido técnico sobre el tramo problema. Esto junto con el estudio de los planos y documentos de proyecto y construcción además de los programas de mantenimiento sobre el estado del camino. Se buscará identificar, clasificar y ordenar el tipo, frecuencia y causas probables de los daños. A continuación se enlistan las causas más comunes en los diferentes tipos de pavimentos. Es importante señalar que algunos de estos problemas no tienen su origen en las cargas impuestas por el tránsito, sino que se deben a otros factores. En todo caso, tales problemas se incrementan por las cargas.

Pavimentos de concreto

- Agrietamiento transversal y longitudinal (por fracturas y por desprendimientos). Normalmente, se deberán remediar las anomalías previo a la colocación de la sobrecarpeta, si se quiere evitar la reflexión de grietas en esta última ésta reparación se deberá hacer de preferencia en la sección completa. Desde luego, cuando se utilicen sobrecarpetas desligadas se podrá prescindir de preparaciones costosas.
- Rotura de esquinas en agrietamientos y juntas transversales. Se deben reparar en toda su sección o peralte, y a todo lo ancho del carril.
- Fallas locales en losas, con desintegraciones causantes de desportillamientos y baches. (por ejemplo las causadas por alternancias de congelamiento y deshielo en ciertos agregados o "D cracking, reacción álcali-agregado, y otros problemas de durabilidad en el concreto). Algunos espesores de sobrecarpeta o reparaciones previas pueden ser incluso prohibitivas.
- Fallas de placa, principalmente en los del tipo PCCR. Esto requiere una reparación a sección completa. La colocación de una sobrecarpeta reducirá sensiblemente la ocurrencia de este problema.

Monitoreo del subdrenaje. Junto al levantamiento físico de daños, se deberán monitorear las características de drenaje para así detectar problemas relacionados con agua y tomar las medidas correctivas una vez que se coloque la sobrecarpeta.

Extracción de núcleos ensaye de materiales. Se deben obtener núcleos de exploración para investigar las causas de los deterioros. La localización de esta exploración será función de lo observado en el monitoreo y de las Pruebas No Destructivas, (PND).

Siempre resulta recomendable obtener núcleos, ya que a través de éstos se miden espesores e información igualmente importante. Los programas de ensayos en estos corazones servirán para determinar la evolución del comportamiento de los materiales in situ en comparación con los de proyecto, o con los que se utilizaría en un pavimento nuevo. Algunas de las pruebas típicas en núcleos recuperados son, por ejemplo, la de resistencias de distribución granulométrica, su degradación, dureza, etc., en particular en carpetas asfálticas y de CCP.

b) Capacidad estructural basada en pruebas de deflexión no destructivas

Mediante las pruebas no destructivas, PND, se podrán obtener a bajo costo propiedades importantes de las capas que forman el pavimento. Dependiendo del tipo de pavimento, se podrá obtener información variada de las PND. En el caso de pavimentos rígidos, la evaluación con este tipo de pruebas arroja: información sobre:

- Transferencias de carga en juntas y agrietamientos.
- El valor efectivo del módulo de reacción.
- Estimación del módulo de elasticidad del concreto, y con ello el de su resistencia.

Por otro lado, en el caso de pavimentos flexibles, estas pruebas nos sirven para conocer:

- Módulo de resiliencia de los suelos de apoyo.
- El valor del Número Estructural efectivo, N.E.ef.

Además, mediante PND es posible diferenciar tramos de condición estructural igualo análoga, ayudando así al diseño del camino por reestructurar. También podemos estimar el módulo de resiliencia en cada una de las capas que componen el pavimento.

c) Capacidad estructural basada en la vida remanente

El concepto de vida remanente se ilustró en la Fig. 2.3. Esencialmente, lo que esta ilustración muestra es el daño por fatiga que el pavimento sufre por la acción del tránsito, el cual reduce su capacidad para absorber más de este último hasta llegar a la falla. Para un tiempo dado quizás no se observen daños apreciables, sin embargo su capacidad estructural ha disminuido a un valor tal que este último es menor respecto a la capacidad de carga estructural futura, esto es, el número de ejes que el pavimento sea solicitado a tomar en el futuro.

Para determinar la vida remanente el proyectista debe determinar el número de ejes que el pavimento ha soportado hasta la fecha, y estimar el número de cargas que podrá tomar hasta su "falla" (cuando el valor del índice de servicio sea de 1.5). Ambas cantidades de tránsito se deben expresar en términos de 8.2 ton (ESAL's de 18 kips). La diferencia entre ambas cantidades, expresada como porcentaje del tránsito total a la "falla", se define como Vida Remanente:

$$VR = 100 * \left[1 - \frac{N_p}{N_{1.5}} \right] \quad \text{Ecuación 2.2}$$

VR= Vida Remanente.

N_p = Tránsito total a la fecha, ESAL's de 8,2 ton (18 kips)

$N_{1.5}$ = Tránsito total hasta la "falla", ESAL's de 8,2 ton (18 kips)

Una vez conocido el valor de V.R. se podrá determinar mediante la Fig. 2.3 el factor de condición, el cual se define como:

$$CF = \frac{CE_n}{CE_o} \quad \text{Ecuación. 2.3}$$

Donde:

CE_n = Capacidad estructural del pavimento después de N_p ESAL's

CE_o = Capacidad estructural original

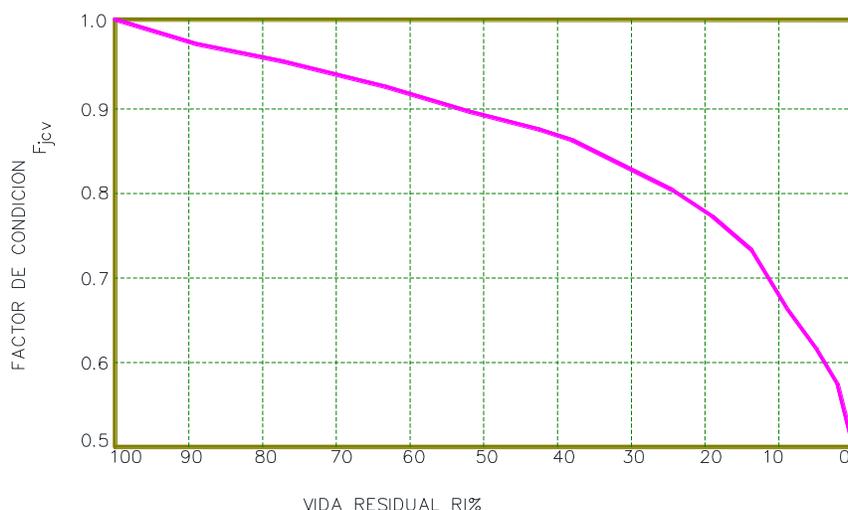


Fig. 2.3 Relación entre el factor de condición y vida remanente.

De esta manera, la capacidad estructural actual es el producto de la C.E. original y el factor de condición CF. Para un pavimento dado, se puede estimar el Número Estructural, N.E., original a partir de sus espesores de las capas que lo componen y los coeficientes estructurales de cada uno de ellos (AASHTO 1993). El valor del N.E efectivo será entonces:

$$NE_{ef} = CF * NE_o \quad \text{Ecuación 2.3}$$

Esto constituye un valor límite mínimo, sin considerar cualquier reparación previa a la sobrecarpeta. Para la determinación aproximada de la vida remanente, V.R., el valor de N_{1.5} puede estimarse mediante la ecuación para pavimentos nuevos de la AASHTO o nomogramas de solución de este criterio, o algunos aceptados por las dependencias que encomienden el proyecto.

Si se emplea criterio ya citado, se deberá emplear un índice de servicio terminal o de nivel de rechazo de 1.5, con una confiabilidad del 50%, para ser consistente con la prueba experimental de la AASHTO original.

En caso de que el tránsito presente N_p sea mayor al de falla, $N_{1.5}$, lo cual resultaría en una V.R. negativa, se recomienda utilizar el valor C.F. mínimo de 0.50, o en caso extremo no utilizar el concepto de V.R.

Las fuentes de error en este enfoque para la determinación de N.E.ef y Def son:

- La capacidad de predicción que pudiese tener la ecuación de la AASHTO derivada del tramo de prueba.
- El comportamiento tan diferente que se observa incluso en tramas de igual diseño.
- Estimación de los ESAL's pasados.
- Esta metodología, V.R., no toma en cuenta si realmente se realizaron trabajos previos que se pudiesen ejecutar antes de la colocación de la sobrecarpeta de refuerzo. En los casos de pavimentos muy deteriorados, los valores de NEef y Def pueden resultar muy bajos mediante este método, en comparación con otras metodologías que toman en cuenta reparaciones previas a la aplicación de sobrecarpetas. Así, el método de V. R. es aplicable a pavimentos con daños visibles.

Los resultados con este enfoque en algunas ocasiones pueden conducir a resultados engañosos. Se pueden presentar dos errores extremos con el enfoque de Vida Remanente:

- En un pavimento dado puede existir poca vida remanente, aun si los daños por cargas de tránsito no sean tan evidentes. Mientras que los daños asociados a fatiga pueden existir sin agrietamiento aparente, no debe presentar mucho daño, pues de otra manera la estructura del pavimento presentaría un cuadro de agrietamiento francamente pronunciado. Si existe poco agrietamiento debido a cargas de tránsito y en niveles bajos de severidad, el pavimento podría tener todavía una V.R. alta, sin importar lo que sugiera el cálculo de la V.R. basado en el tránsito.
 - La V.R. podría ser extremadamente alta aunque existan evidencias de grietas de severidad media a alta atribuibies al tránsito vehicular. En este caso el pavimento en realidad tiene una V.R. baja.

En cualquier punto intermedio de estas dos condiciones extremas, la determinación de la V.R. basándose exclusivamente en el tránsito pasado no nos permitirá conocer los daños por fatiga. Pero también deducir el daño por medio de observaciones puede resultar más

difícil. Si la V.R. calculada no concuerda razonablemente bien con la cantidad y severidad de daños presentes asociados con carga, entonces no se recomienda utilizar el enfoque de V.R. para medir la capacidad estructural del pavimento existente.

El enfoque de V.R para determinar la capacidad estructural no es aplicable directamente, sin modificaciones, a pavimentos que ya han sido reforzados con sobrecarpetas.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DE FALLAS Y TÉCNICAS PARA MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

3.1. DESCRIPCIÓN DE FALLAS.

3.1.1. DEFICIENCIA DEL SELLADO (DSL)

Deterioro del sello de las juntas que permite la incrustación de materiales incompresibles (piedras, arenas, etc.) y/o la infiltración de una cantidad considerable de agua superficial.

Se considera como deterioro del sello cualquiera de los siguientes defectos: endurecimiento, despegado de una o ambas paredes, fluencia fuera de la caja, carencia total, incrustación de materias ajenas y crecimiento de vegetación.



Imagen 3.1. Deficiencia del sellado

Causas Posibles:

- Endurecimiento: Producto de mala calidad.
- Despegado de las paredes de la junta: Producto de mala calidad, sellado mal colocado, caja mal diseñada.
- Fluencia fuera de la caja: Exceso de sello, producto de mala calidad, procedimiento de colocación deficiente.
- Carencia: Producto de mala calidad, procedimiento de colocación deficiente.

- Incrustaciones de materias incompresibles: Bermas no pavimentadas, vehículos que dejan caer materiales.

Niveles de Severidad:

- Baja: Longitud con deficiencias de sellado $< 5\%$ de la longitud de la junta.
- Media: $5\% \leq$ Longitud con DSL $\leq 25\%$ de la longitud de la junta.
- Alta: Longitud con DSL $> 25\%$ de la longitud de la junta.

Medición:

- Para juntas transversales indicar cuantas están deterioradas (Nº) y para cada una especificar el nivel de severidad del deterioro.
- Para juntas longitudinales, contabilizar el número de tramos (mínimo de 1 m de longitud cada uno) deteriorados y su longitud total (m) y deteriorada (m). Indicar el nivel de deterioro que presenta cada una.

Reparación:

- Verificar que la caja disponga de un ancho compatible con la elongación admisible del producto de sellado por utilizar y los movimientos que experimentan las losas. Retirar todo vestigio del antiguo sello, limpiar cuidadosamente la caja, imprimir con el material adecuado, cuando corresponda, colocar cordón de respaldo y vaciar la cantidad exacta de sellante, todo en conformidad con lo dispuesto en la operación *Nº 1, Sellado de Juntas y Grietas.*

3.1.2. JUNTAS SALTADAS (JS)

Descripción.

Desintegración de las aristas de una junta, longitudinal o transversal o una grieta, con pérdida de trozos y que puede afectar hasta unos 500 mm dentro de la losa, medidos como se indica en la Figura.

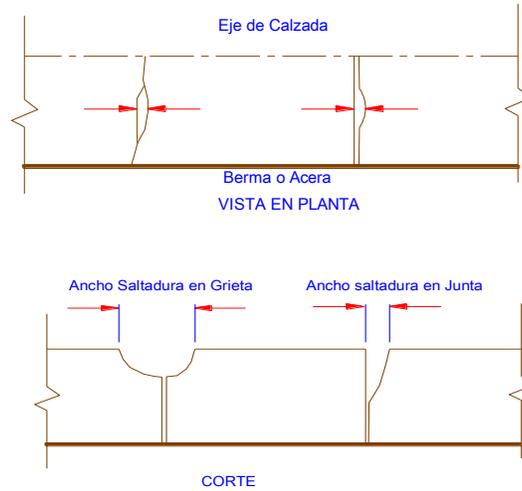


Figura 3.1. Juntas Saltadas



Imagen 3.2. Juntas Saltadas

Causas Posibles:

- Debilitamiento de los bordes de la junta debido a un acabado excesivo u otro defecto de construcción.
- Penetración de partículas incompresibles dentro de la caja de una junta o dentro de una grieta activa.

Niveles de Severidad:

- Baja: Ancho Saltaduras < 50 mm, medido al centro de la junta o grieta, con pérdida de material o saltaduras, sin pérdidas de material y no parchadas.
- Media: $50 \text{ mm} \leq \text{Ancho Saltaduras} \leq 150 \text{ mm}$, medido al centro de la junta o grieta y con pérdida de material.
- Alta: Ancho Saltadura > 150 mm, medido al centro de la junta o grieta y con pérdida de material.

Medición:

- Establecer para cada nivel de severidad la longitud (m) de juntas y grietas que presentan saltaduras

Reparación:

- Severidad Baja: Reparar el sello, según *Operación N° 1, Sellado de Juntas y Grietas*.
- Severidad Media y Alta: Reparar mediante el procedimiento denominado reparación de espesor parcial, según *Operación N° 4, Reparación de Espesor Parcial*.

3.1.3 SEPARACIÓN DE LA JUNTA LONGITUDINAL (SJL)

Descripción.

Abertura en la junta longitudinal del pavimento

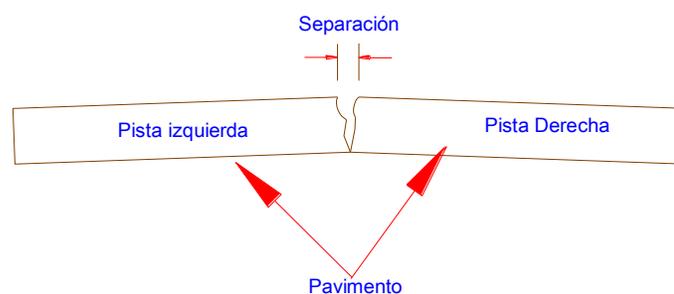


Figura 3.2 Separación de la junta longitudinal



Imagen 3.3 Separación de la junta longitudinal

Causas Posibles:

- Ausencia de barras de acero de amarre entre pistas adyacentes.
- Desplazamiento lateral de las losas motivado por un asentamiento diferencial en la subrasante.
- Carencia de bermas.

Niveles de Severidad:

- Baja: Ancho de separación < 3 mm y sin deformación perceptible de la sección transversal.
- Media: $3 \text{ mm} \leq$ Ancho de separación ≤ 20 mm y la deformación de la sección transversal no implica riesgos para la seguridad de los usuarios.
- Alta: Ancho separación > 20 mm y/o la deformación de la sección transversal, cualquiera sea el ancho de la separación, conlleva riesgos

Medición:

Determinar su longitud (m) y clasificar según grado de severidad

Reparación.

- Cuando la sección transversal no presenta deformaciones que signifiquen un riesgo para la seguridad de los usuarios, sellar de acuerdo con la **Operación N° 1, Sellado de Juntas y Grietas**.
- Si hay deformación peligrosa de la sección transversal, reconstruir el tramo, reconfirmando y recompactando la subrasante y colocando barras de acero de amarre en la junta longitudinal. Luego construir el pavimento de reemplazo de acuerdo con el sistema reparación en todo el espesor; **Operación N° 2 ó N° 3 Reparación en todo el Espesor, según corresponda**.
- Fresado para restituir el perfil longitudinal original.

3.1.4. GRIETAS DE ESQUINA (GE)

Descripción.

Grieta que origina un trozo de losa de forma triangular, al interceptar las juntas transversal y longitudinal y que forma un ángulo de aproximadamente 50° con la dirección del tránsito. La longitud de los lados del triángulo varía entre 300 mm y la mitad del ancho de la losa. (Ver Figura).

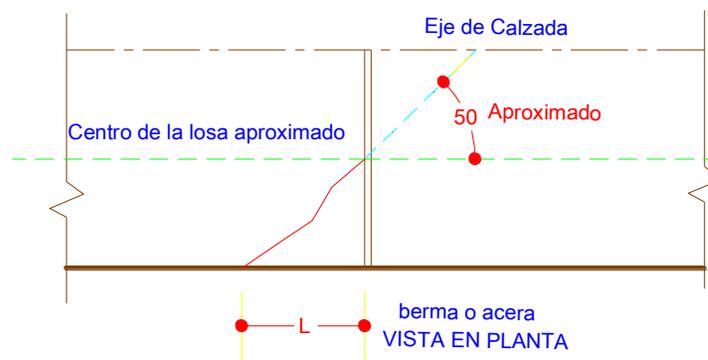


Figura 3.3. Grietas de esquina



Imagen 3.4. Grietas de esquina

Causas Posibles:

- Falta de apoyo de la losa, originado por erosión de la base o alabeo térmico.
- Sobrecarga en las esquinas.
- Deficiente transmisión de cargas entre las juntas

Niveles de Severidad:

- Baja: Longitud con saltaduras < 10% de su longitud; escalonamiento imperceptible y el trozo de la esquina está completo.
- Media: Saltaduras de severidad baja en más del 10% de la longitud o la saltadura de la grieta o junta < 15 mm y el trozo de la esquina está completo.
- Alta: Saltaduras de severidad media o alta en más del 10% de longitud o la saltadura de la grieta o junta es > 15 mm o el trozo de la esquina está quebrado en dos o más pedazos.

Medición:

Establecer el número (Nº) de grietas de esquina para cada nivel de severidad.

Clasificarlas con el más alto nivel de severidad presente en al menos el 10% de la longitud.

Reparación:

- Para severidad Baja, sellar, según *Operación N° 1, Sellado de Juntas y Grietas*.
- Para severidades Media y Alta, reparar en todo el espesor una franja de pavimento del ancho de la losa y de una longitud mínima igual a la distancia entre la junta y la

intersección de la grieta con el borde externo (L en la Figura); **Operación N° 2 ó N° 3 Reparación en Todo el Espesor**, según corresponda

3.1.5. GRIETAS LONGITUDINALES (GL)

Descripción.

Grietas que son predominantemente paralelas al eje de la calzada o que se extienden desde una junta transversal hasta el borde de la losa, pero la intersección se produce a una distancia (L en la Figura) mucho mayor que la mitad del ancho de la losa (a/2 en la Figura).

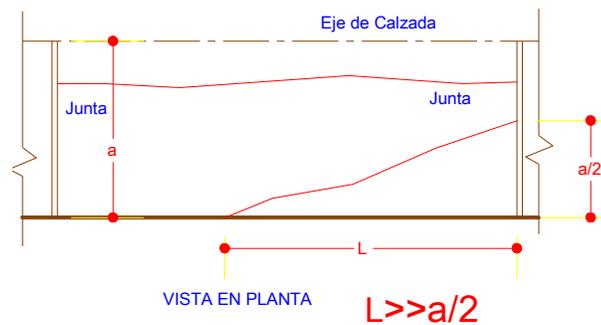


Figura 3.4. Grietas Longitudinales



Imagen 3.5. Grietas Longitudinales

Causas Posibles:

- Asentamiento de la base y/o la subrasante.
- Losa de ancho excesivo.

- Carencia de una junta longitudinal.
- Mal posicionamiento de las barras de traspaso de cargas.
- Aserrado tardío de la junta

Niveles de Severidad:

- Baja : Ancho < 3 mm, sin saltaduras y escalonamiento imperceptible
- Media: $3 \leq$ Ancho Grieta ≤ 10 mm ó con saltadura de ancho < 50 mm ó escalonamiento < 15 mm.
- Alta: Ancho ≥ 10 mm ó saltaduras de ancho ≥ 50 mm ó escalonamiento ≥ 15 mm.

Medición:

- Determinar la longitud (m) y número (Nº) de grietas longitudinales para cada nivel de severidad.
- Determinar separadamente también la longitud (m) de grietas longitudinales selladas, clasificándolas según nivel de severidad.

Reparación.

- Para Niveles de Severidad Baja y Media, sellar según *Operación N° 1 Sellado de Juntas y Grietas*.
- Para Nivel de Severidad Alta, reparación en todo el espesor del tramo dañado; *Operación N° 2 ó N° 3 Reparación en Todo el Espesor*, según corresponda.

3.1.6. GRIETAS TRANSVERSALES (GT)

Descripción.

- Grietas predominantemente perpendiculares al eje de la calzada.
- También pueden extenderse desde una junta transversal hasta el borde del pavimento, siempre que la intersección con la junta esté a una distancia del borde mayor que la mitad del ancho de la losa ($T > a/2$ en la Figura) y la intersección con el borde se

encuentre a una distancia inferior que la mitad del ancho de la losa ($L < a/2$ en la Figura).

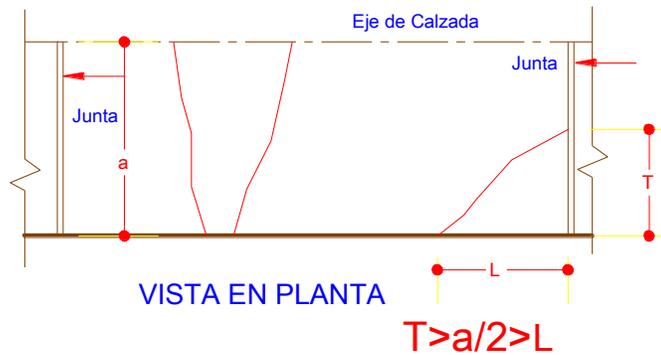


Figura 3.5. Grietas Transversales



Imagen 3.6. Grietas Transversales

Causas Posibles:

- Losas de longitud excesiva.
- Junta de contracción aserrada o formada tardíamente.
- Espesor de la losa insuficiente para soportar las solicitaciones.
- Retracción térmica que origina alabeos.

Niveles de Severidad:

- Baja: Ancho < 3 mm, sin saltaduras y escalonamiento imperceptible.
- Media: $3 \leq$ Ancho de Grieta ≤ 6 mm ó con saltaduras de ancho < 50 mm ó escalonamiento < 6 mm.
- Alta: Ancho ≥ 6 mm ó saltadura de ancho ≥ 50 mm ó escalonamiento ≥ 6 mm.

Medición:

- Determinar el número (Nº) y la longitud (m) de grietas para cada nivel de severidad.
- Asignar a cada grieta el nivel de severidad más alto que representa al menos el 10% de la longitud total.
- Determinar separadamente también la longitud (m) total de grietas, agrupadas por nivel de severidad, que tengan el sello en buenas condiciones.

Reparación:

- Para niveles de severidad Baja y Media, sellar; según *Operación N°1, Sellado de Juntas y Grietas*.
- Para nivel de severidad Alta, reparación en todo el espesor; *Operación N° 2 ó N° 3 Reparación en Todo el Espesor*, según corresponda.

3.1.7. FISURAMIENTO POR RETRACCIÓN (TIPO MALLA) (FR)

Descripción.

Grietas capilares (fisuras) limitadas sólo a la superficie del pavimento.

Frecuentemente, las grietas de mayores dimensiones se orientan en sentido longitudinal y se encuentran interconectadas por grietas más finas distribuidas en forma aleatoria.



Imagen 3.7. Fisuramiento por retracción (Tipo Malla)

Causas Posibles:

- Curado del hormigón inapropiado.
- Exceso de amasado superficial y/o adición de agua durante el alisado de la superficie.
- En zonas de clima frío; acción del clima o de productos químicos cuando el hormigón fue mal construido.

Niveles de Severidad:

- Baja: Fisuramiento tipo malla, bien definido pero sin descascaramiento.
- Media: Fisuramiento con descascaramiento que afecta menos del 10% de la superficie deteriorada.
- Alta: Fisuramiento con descascaramiento que afecta al 10% o más de la superficie deteriorada.

Medición:

Establecer la superficie (m²) deteriorada por cada nivel de severidad.

Reparación.

- Para cualquier nivel de deterioro, mediante el procedimiento denominado reparación de espesor parcial, ***Operación N°4 Reparación de Espesor Parcial.***

3.1.8. DESINTEGRACIÓN (DI)

Descripción.

Desintegración progresiva de la superficie perdiéndose primero la textura y luego el mortero, quedando el árido grueso expuesto



Imagen 3.8. Desintegración

Causas Posibles:

- Hormigón con exceso de mortero
- Hormigón mal dosificado.
- En climas fríos, acción del tránsito y de los ciclos de hielo-deshielo cuando la superficie presenta fisuramiento por retracción (tipo malla, Deterioro 3.2.3.1.) o el hormigón no contiene aire incorporado.
- Curado inapropiado.

Niveles de Severidad:

- No pueden determinarse niveles de severidad mediante inspección visual.
- Se pueden establecer niveles de severidad en función de la reducción que experimente la resistencia al deslizamiento (coeficiente de fricción).

Medición:

Establecer la superficie (m²) afectada.

Reparación:

- Mediante el procedimiento denominado reparación de espesor parcial, *Operación N° 4, Reparación de Espesor Parcial.*

3.1.9. BACHES (BA)

Descripción.

Cavidad, normalmente de forma redondeada, que se forma al desprenderse hormigón de la superficie. Su diámetro varía entre unos 25 mm y 100 mm y la profundidad supera los 15 mm.



Imagen 3.9. Baches

Causas Posibles:

- Materiales deleznales (terrones de arcilla, cal viva, etc) en el interior del hormigón.
- Mortero poco homogéneo.

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:

<i>Tabla 3.1 Niveles de Severidad de Baches</i>			
Profundidad máxima (mm)	Diámetro Promedio del Bache (cm)		
	< 70	70 - 100	>100
<25	B	B	M
25 - 50	B	M	A
> 50	M	M	A

Fuente. CATÁLOGO DE DETERIOROS DE PAVIMENTOS RIGIDOS. Volumen N° 12, Chile 2002

Medición:

Establecer la cantidad (Nº) de baches y la superficie (m²) de cada uno de ellos.

Reparación:

- Limpiar muy bien las paredes, colocar un puente de adherencia y luego rellenar con un hormigón que contenga un aditivo expansor.
- Si el deterioro es generalizado, reparar colocando una carpeta de hormigón u otra alternativa, siempre que se garantice la adherencia entre las capas

3.1.10. AGRIETAMIENTO POR DURABILIDAD (AD)

Descripción.

Agrietamiento caracterizado por grietas finas muy cercanas y con forma de un cuarto de luna.

Ocurre en las inmediaciones de las juntas, grietas o bordes del pavimento; se inicia en las esquinas de las losas.

La zona agrietada y la circunvecina presentan una coloración oscura

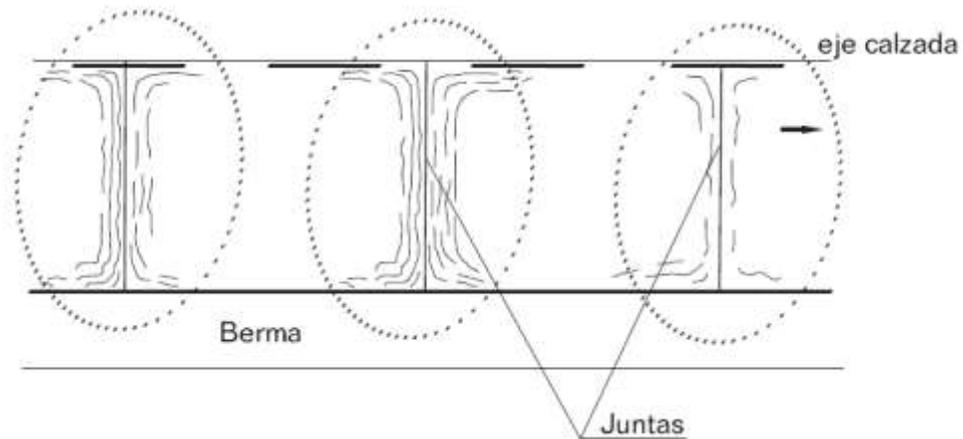


Figura 3.6. Agrietamiento por durabilidad

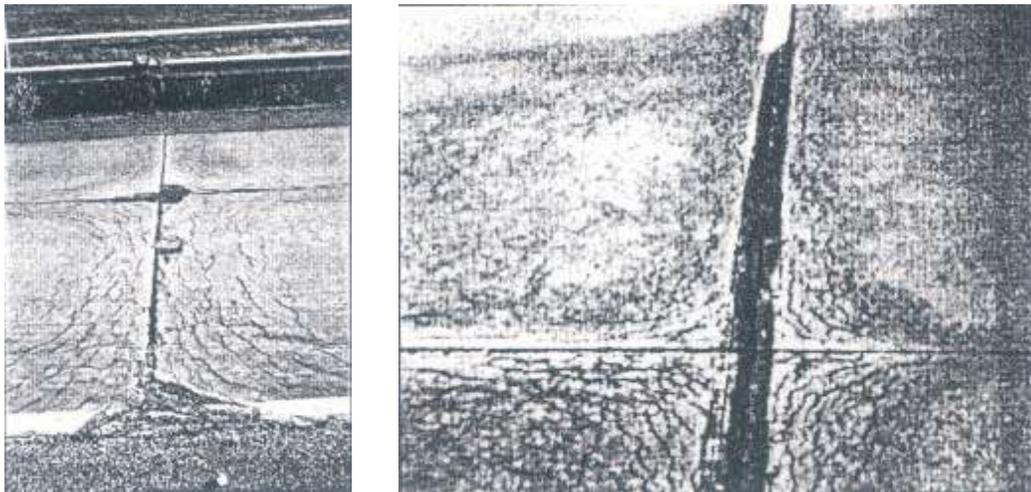


Imagen 3.10. Agrietamiento por durabilidad

Causas Posibles:

Reactividad álcali-sílice de los agregados que conforman el hormigón, cuando estos se congelan y expanden.

Niveles de Severidad:

Baja: Grietas muy compactas, sin trozos sueltos o faltantes.

Media: Grietas bien definidas, con algunos trozos pequeños sueltos o desplazados.

Alta: Patrón de la falla bien desarrollado, con una cantidad significativa de trozos sueltos o faltantes.

Las áreas dejadas por los trozos desplazados, de hasta 0,1 m², pueden haber sido bacheadas.

Medición:

Determinar el número de losas (N°) que presentan este tipo de agrietamiento y establecer la superficie (m²), para cada nivel de severidad presente en, por lo menos, el 10% del área afectada.

Reparación:

- Severidad baja y media: Reparar según *Operación N° 4, Reparación de Espesor Parcial.*
- Severidad alta: Reparar de acuerdo con las *Operaciones N° 2 ó N° 3, Reparación en Todo el Espesor, según corresponda.*

3.1.11. LEVANTAMIENTO LOCALIZADO (LEL)

Descripción.

Levantamiento de parte de la losa, localizado a ambos lados de una junta transversal o grieta. Habitualmente el hormigón afectado se quiebra en varios trozos.

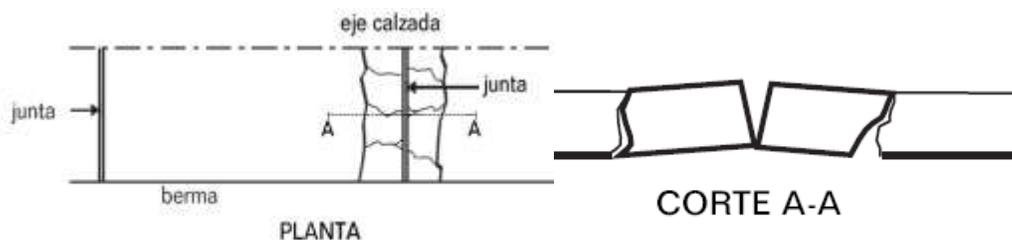


Figura 3.7 Levantamiento Localizado



Imagen 3.11. Levantamiento Localizado

Causas Posibles:

Variaciones térmicas cuando la longitud de las losas es excesiva y no cuenta con juntas de expansión.

En pavimentos con barras de traspaso de cargas, mala colocación de estos elementos.

Presencia de un estrato de suelos expansivos a poca profundidad.

Niveles de Severidad:

No se aplican criterios de niveles de severidad. Sin embargo, la severidad debe ser función del efecto de esta falla en el nivel de serviciabilidad y muy especialmente, en el riesgo que puede significar para los usuarios.

Medición:

Determinar el número (Nº) de levantamientos, la longitud (m) y altura (mm) de cada uno.

Reparación:

- Reparar en todo el espesor, una franja del ancho de la losa y que comprenda longitudinalmente toda la zona afectada. Reconstruir la junta de contracción, cuando corresponda. Trabajos a realizar en conformidad con la **Operación N° 2 ó N° 3, Reparación en Todo el Espesor, según corresponda.**

3.1.12. ESCALONAMIENTO DE JUNTAS Y GRIETAS (EJG)

Descripción.

Desnivel entre dos superficies del pavimento, separadas por una junta transversal o grieta.

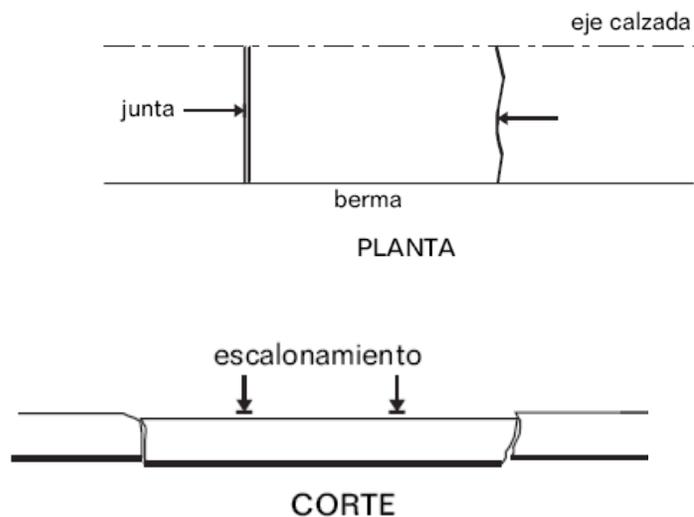


Figura 3.8 Escalonamiento de Juntas y Grietas

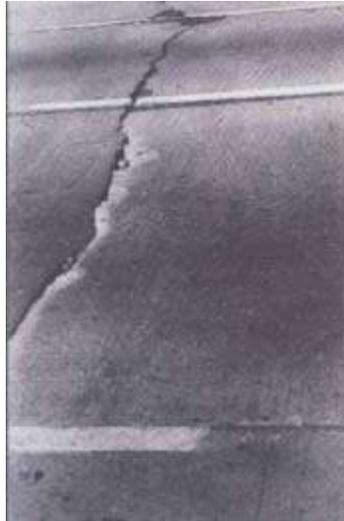


Imagen 3.12 Escalonamiento de Juntas y Grietas

Causas Posibles:

Erosión de la base en las inmediaciones de la junta o grieta.

Deficiencia en el traspaso de cargas entre las losas o trozos de losas.

Asentamiento diferencial de la subrasante.

Drenaje insuficiente.

Niveles de Severidad:

Para catalogar la severidad individual, considerar lo siguiente:

Baja: Desnivel ≤ 5 mm

Media: $5 \text{ mm} < \text{Desnivel} \leq 10 \text{ mm}$

Alta: Desnivel $> 10 \text{ mm}$

Medición:

Determinar el desnivel a 300 mm del borde externo del pavimento.

Si la losa de “aproximación” está más alta que la de “salida”, registrar como escalonamiento negativo (-); en el caso contrario indique escalonamiento positivo (+).

Establecer el número (Nº) de juntas con escalonamiento, indicando la altura (mm) del desnivel en cada una de ellas. Indicar también el número total de juntas (Nº) en el tramo estudiado.

La medición se la puede realizar con monedas, puesto que una moneda de 1 Bs. tiene 1mm de espesor.

Reparación:

- Mejorar el sistema de drenaje.
- Para evitar que el fenómeno se acentúe, inyectar las losas levantándolas hasta nivelarlas con la adyacente y luego mejorar el sistema de transferencia de cargas, normalmente colocando barras de traspaso. Utilizar este procedimiento para todas las losas que presenten un nivel de escalonamiento de severidad alta.
- Para escalonamientos de severidad baja y media, cepillar la superficie.

3.1.13. DESCENSO DE LA BERMA (DB)

Descripción.

Es la diferencia de altura entre el borde externo del pavimento y la berma

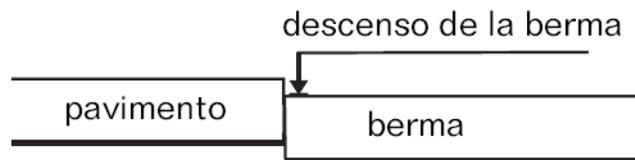


Figura 3.9. Descenso de la Berma



Imagen 3.13. Descenso de la Berma

Causas Posibles:

Asentamiento de la berma, normalmente por una compactación insuficiente.

En bermas no revestidas, principalmente por el tránsito; también por erosión de la capa superficial por agua que escurre desde el pavimento hacia el borde externo de la plataforma.

En zonas frías, con ciclos de hielo deshielo, por descompactación producida por la penetración de la helada en suelos heladizos.

Niveles de Severidad:

Baja: Descenso < 10 mm.

Media: $10 \text{ mm} \leq \text{Descenso} \leq 30 \text{ mm}$.

Alta: descenso > 30 mm.

Medición:

Establecer la diferencia de nivel entre el borde del pavimento y la berma (mm) mediante mediciones distanciadas a no más de 20 m.

Reparación:

- Nivelar procediendo de acuerdo con el material que conforme la berma, de acuerdo con la *Operación N°2 7 ó N° 3*, según corresponda, Después de eliminar el efecto del agua, si la hubiera, mejorando el sistema de drenaje.

3.1.14. SEPARACIÓN ENTRE BERMA Y PAVIMENTO (SBP)

Descripción.

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

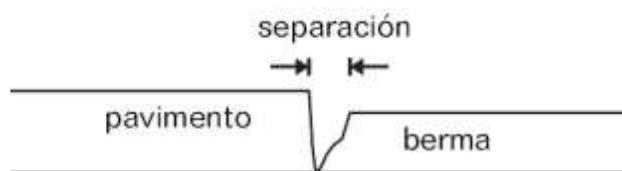


Figura 3.10 Separación entre berma y pavimento



Imagen 3.14 Separación entre berma y pavimento

Causas Posibles:

Asentamiento con desplazamiento de la berma, normalmente originado en una compactación insuficiente o falta de compactación contra la cara lateral del pavimento.

Escurrimiento de agua sobre la berma, cuando existe un desnivel entre ella y el pavimento.

Niveles de Severidad:

No se clasifican por niveles de severidad, pero en zonas donde la precipitación media anual es superior a 50 mm debe considerarse de alta severidad cualquier separación que permita el ingreso del agua hacia la base.

Medición:

Establecer la separación entre el borde del pavimento y la berma ó el elemento de drenaje (mm), donde ella sea perceptible, a distancias no superiores a 20 m.

Reparación:

- En bermas sin pavimento ni revestimiento, recebar, reperfilar y compactar la berma.
- En bermas revestidas con un tratamiento superficial, reconstruir el revestimiento al menos en una faja adyacente al pavimento.
- En bermas pavimentadas con carpeta asfáltica u hormigón, sellar, según *Operación N° 1, Sellado de Juntas y Grietas*.

3.1.15. PARCHES DETERIORADOS (PD)**Descripción.**

Un área superior a 0,1 m² o losa completa que ha sido removida y reemplazada por un material que puede ser hormigón o asfalto y que se encuentra deteriorada

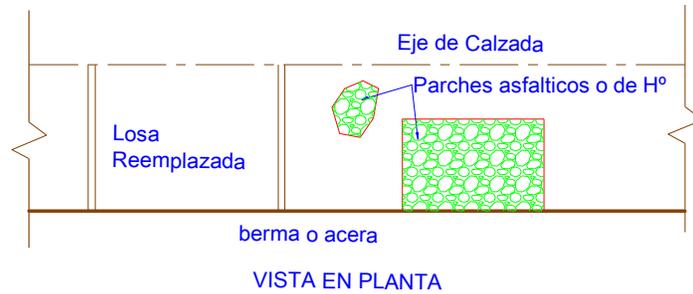


Figura 3.11. Parches deteriorados



Imagen 3.15. Parches deteriorados

Causas Posibles:

En el caso de parches asfálticos, capacidad estructural insuficiente del parche o mala construcción del mismo.

En reemplazo por nuevas losas de hormigón de espesor similar al del pavimento existente, insuficiente traspaso de cargas en las juntas de contracción o mala construcción.

En parches con hormigón de pequeñas dimensiones, inferiores a una losa, retracción de fraguado del hormigón del parche que lo despega del hormigón antiguo.

Niveles de Severidad:

Baja: Cualquiera sea el tipo de deterioro que presenta el parche se clasifica como de baja severidad o el escalonamiento o asentamiento del perímetro es imperceptible.

Media: Cualquiera sea el tipo de deterioro que presenta el parche, es de severidad media o el escalonamiento o asentamiento del perímetro no supera los 5 mm.

Alta: Cualquiera sea el tipo de deterioro que presenta el parche, es de alta severidad o que el escalonamiento o asentamiento del perímetro es mayor que 5 mm.

Medición:

Determinar el número (Nº) de parches y la superficie (m²) del área afectada, para cada nivel de severidad; indicar por separado los parches de asfalto y los de hormigón.

Reparación:

Parches de hormigón:

Severidad Baja o Media: Reparar según corresponda por el tipo de deterioro presente.

Severidad Alta: Rehacer el parche completamente y si el deterioro es por insuficiencia de transferencia de cargas en las juntas, colocar barras de traspaso de cargas u otro procedimiento que evite que el fenómeno se repita.

3.1.16. SURGENCIA DE FINOS (SF)

Descripción.

Expulsión de agua mezclada con suelos finos, a través de las juntas, grietas y borde externo del pavimento, al pasar un vehículo, especialmente pesado.

En algunos casos se forma un pequeño pozo o bache en la berma, al borde del pavimento, en otras situaciones después de pasado algún tiempo de terminada la precipitación, el

fenómeno queda de manifiesto por depósito de suelos finos sobre la superficie y alrededor del lugar por donde fueron expulsados.



Imagen 3.16. Surgencia de finos

Causas Posibles:

Cuando existe agua entre el pavimento y la base o ésta se encuentra cercana a la saturación, el tránsito, en especial los vehículos pesados, produce un efecto de succión y luego bombeo que erosiona material fino de la base. El fenómeno es especialmente activo cuando la transmisión de las cargas entre losas es inadecuada.

Niveles de Severidad:

Cuando el fenómeno se manifiesta sin dejar un pozo o bache no pueden aplicarse niveles de severidad.

La severidad de los pozos o baches es la siguiente:

Baja: Cavidad entre pavimento y berma < 50 mm

Media: $50 \leq$ Cavidad entre pavimento y berma ≤ 150 mm

Alta: Cavidad entre pavimento y berma > 150 mm

Medición:

Establecer el número (Nº) de juntas y grietas y la longitud (m) de borde del pavimento, en que ocurre el problema, localizándolas en el sentido transversal (distancia desde el borde externo del pavimento) y la longitud (m) en que se presenta.

En el caso de los pozos, establecer el (Nº) y localización, clasificados por nivel de severidad.

Reparación:

- Localizar el origen del agua infiltrada; si es por las mismas juntas y grietas, proceder a resellarlas.
- Instalar drenes de pavimento
- Cuando el fenómeno ha originado algún deterioro, éste debe repararse de acuerdo a su tipo y nivel de severidad.

3.1.17. TEXTURA INADECUADA (TI)

Descripción.

Carencia o pérdida de la textura superficial necesaria para que exista una fricción adecuada entre pavimento y neumáticos.



Imagen 3.17. Textura Inadecuada

Causas Posibles:

No se terminó con textura adecuada.

Hormigón mal dosificado o mala calidad de la arena.

Exceso de mortero en la superficie por mucha vibración o mala dosificación.

En climas frío, acción combinada del tránsito con los ciclos hielo-deshielo, cuando el hormigón tuvo una mala terminación superficial o no tiene aire incorporado.

Niveles de Severidad:

No pueden establecerse a partir sólo de una inspección visual; debe graduarse en función de la reducción que experimente la resistencia al deslizamiento (coeficiente de fricción).

Medición:

Establecer y localizar los tramos o superficies (m²) que presentan el problema

Reparación:

- Cepillar la superficie del pavimento.
- Colocar un sello de fricción, garantizando la adherencia con el pavimento.
- Construir un micro pavimento, garantizando la adherencia con el pavimento.

3.1.18. FRACTURACIÓN MÚLTIPLE (FM)**Descripción.**

Área superior a 0,1 m² y hasta losas completas que presentan múltiples grietas abiertas que dan origen a numerosos trozos separados.

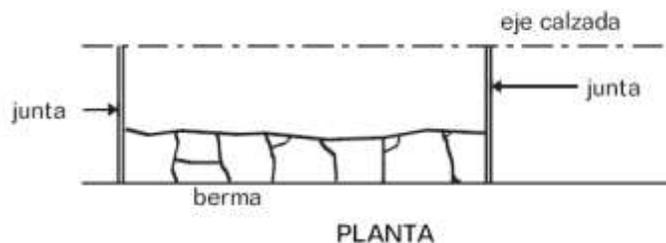


Figura 3.12. Fracturación múltiple



Imagen 3.18. Fracturación múltiple

Causas Posibles:

Corresponde a una etapa de deterioro muy avanzado de grietas de esquina, grietas longitudinales o transversales o una combinación de ellas; normalmente por las grietas penetra el agua, por lo que también se da la surgencia de finos.

Niveles de Severidad:

Se debe considerar siempre como un deterioro de severidad alta.

Medición:

Determinar el número (Nº) de zonas afectadas y la superficie (m²) de cada una de ellas.

Reparación.

- Reparar según el procedimiento reparación en todo el espesor (*Operación N° 2 ó N° 3 Reparación en Todo el Espesor, según corresponda*), reemplazando longitudinal y transversalmente toda la zona afectada.
- Reconstruir la junta de contracción, cuando corresponda.

3.2. TÉCNICAS PARA MANTENIMIENTO Y REPARACION DE PAVIMENTOS RÍGIDOS.

3.2.1. SELLADO DE JUNTAS Y GRIETAS (OPERACIÓN N° 1)

3.2.1.1. DESCRIPCIÓN Y ALCANCE.

En esta operación se definen los trabajos para resellar juntas y sellar o resellar grietas existentes en pavimentos de hormigón.

Mantener selladas las juntas y grietas es fundamental para alcanzar la vida útil esperada para el pavimento. Sin embargo, para que un sellado cumpla cabalmente el objetivo para el cual se coloca es necesario que las juntas y grietas no trabajen, es decir que no experimenten desplazamientos verticales significativos entre sí. Los desplazamientos se originan porque no existe un traspaso adecuado de las cargas entre las losas, el cual se puede detectar, si no se cuenta con instrumental para ese objetivo temprano en la mañana antes que el sol caliente la superficie. En ese momento las caras se encuentran con su máxima separación, a veces sin tocarse, lo que se puede determinar introduciendo una delgada lámina de acero, y/o porque presentan los bordes saltados. Las juntas y grietas que presentan esa condición de estar trabajando, deben repararse con los procedimientos descritos en las Operaciones N° 2 ó N° 3, Reparación en todo el Espesor o Reparación en todo el Espesor para Puesto en Servicio Acelerado, respectivamente.

Para los efectos de esta operación, las juntas y grietas se agruparán en función de su ancho promedio, forma y ubicación, de acuerdo a lo siguiente:

- Juntas de hasta 12 mm. de ancho.
- Juntas de ancho entre 12 mm. y 20 mm.
- Juntas de ancho entre 20 mm. y 30 mm.
- Grietas de ancho entre 3 mm. y 30 mm.
- Juntas y grietas de ancho superior a 30 mm.
- Juntas longitudinales de cualquier ancho

3.2.1.2. MATERIALES.

Juntas de hasta 12 mm de ancho. Se sellarán con productos que tengan una deformación admisible entre el 20% y el 30%, y que cumplan con los requisitos establecidos en las normas correspondientes.

Los imprimantes y cordones de respaldo serán los adecuados y compatibles con el sellante.

Juntas de ancho entre 12 mm y 20 mm. Se sellarán con productos del tipo termoplástico aplicados en caliente, que tengan una deformación admisible entre el 10% y el 20% y que cumplan con las normas correspondientes.

Juntas de ancho entre 20 mm y 30 mm y grietas entre 3 mm y 30 mm de ancho y grietas longitudinales. Se sellarán con un producto tipo Mástic Asfáltico modificado con polímero que cumpla con lo siguiente:

- Penetración, 25°C, 100g, 5 s, 10-1 mm : máx. 60
- Ductilidad, 0°C, mm : mín. 20
- Filler, porcentaje en peso : máx. 25
- Punto Ablandamiento, °C : mín. 58

Juntas y grietas de ancho superior a 30 mm. Se sellarán con una mezcla de arena-emulsión asfáltica con una dosis mínima de 18% de emulsión. La arena deberá ajustarse a alguna de las granulometrías que se indican en la Tabla N°3.2.

TABLA N° 3.2 GRANULOMETRIAS DE ARENAS PARA EL SELLADO									
TAMIZ		PORCENTAJE EN PESO QUE PASA							
mm	(ASTM)	A			B			C	
12,5	(1/2")	-	-	-	-	-	-	-	100
10	(3/8")	100	-	-	100	-	-	85	100
5	(N°4)	85	-	100	85	-	100	55	85
2,5	(N° 8)	80	-	90	65	-	90	35	65
0,63	(N° 30)	55	-	80	30	-	50	15	35
0,16	(N° 100)	5	-	15	5	-	15	2	10

*CATÁLOGO DE DETERIOROS DE PAVIMENTOS RIGIDOS. Volumen N° 12, Chile 2002

3.2.1.3. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO.

Limpieza. Las juntas y grietas que contengan restos de sellos antiguos o materias extrañas, deberán limpiarse completa y cuidadosamente en toda su profundidad. Para ello se deberán utilizar sierras, herramientas manuales u otros equipos adecuados que permitan remover el sello o relleno antiguo sin afectar al hormigón. No deberán utilizarse barretas, chuzos, equipos neumáticos de percusión u otras herramientas o elementos destinados a picar la junta o que puedan soltar o desprender trozos de hormigón.

En general no se deberán usar solventes para remover el sello antiguo, salvo que se demuestre que el procedimiento no significará ni transportar los contaminantes más hacia el interior de la junta, ni una impregnación mayor del hormigón con aceite u otros materiales.

Una vez removido el sello antiguo se procederá a repasar cuidadosamente barriendo con una escobilla de acero, que asegure la eliminación de cualquier material extraño o suelto. La limpieza deberá terminar con un soplado con aire comprimido con una presión mínima de 120psi, que elimine todo vestigio de material contaminante, incluso el polvo. Antes de utilizar este equipo se deberá constatar que el aire expulsado esté completamente libre de aceite.

Imprimación. Especial cuidado se debe dar a la imprimación, en los casos que esta se especifique de modo de producir una perfecta adherencia entre el sellante y las paredes de las juntas o grietas.

Sellado de Juntas de hasta 12 mm de Ancho. Primeramente deberán limpiarse de acuerdo a lo especificado más arriba.

Las juntas que carezcan de una caja en su parte superior deberán aserrarse para conformar una caja, mínimo de entre 8 mm y 12 mm de ancho y entre 22 y 35 mm de profundidad, según el tipo de sellante y respaldo por emplear. El cordón o lámina por emplear como respaldo deberá ajustarse a lo recomendado por el fabricante del material sellante, y ser ligeramente más ancho que la junta de manera que ajuste bien. Deberá quedar perfectamente alineado a una profundidad constante y sin pliegues o curvaturas.

Cuando el fabricante del sellador recomiende usar imprimante, éste se deberá colocar en forma pareja cubriendo las dos caras de la junta, utilizando procedimientos aprobados.

Las juntas se sellarán con productos que cumplan con los requisitos señalados en 3.2.1.2 (Materiales). El sellante deberá cubrir el ancho de la caja y quedar entre 4 y 5 mm por debajo de la superficie del pavimento.

Sellado de Juntas de Ancho entre 12 mm y 20 mm. Para estas juntas se seguirá un procedimiento similar al descrito para las juntas de hasta 12 mm de ancho, salvo que el ancho de la caja será de hasta 20 mm, y su profundidad la necesaria para colocar el cordón de respaldo o lámina, un sellante de mínimo 14 mm de profundidad y que queden 4 a 5 mm libres entre la cara superior del sellante y la superficie del pavimento.

Las juntas clasificadas en este grupo deberán sellarse con productos termoplásticos que cumplan con lo estipulado en 3.2.1.2. (Materiales). El imprimante deberá ajustarse a las recomendaciones del fabricante del sellante.

Sellado de Juntas de Ancho entre 20 mm y 30 mm. Las juntas de ancho entre 20 mm y 30 mm deberán limpiarse de acuerdo con lo especificado. Se sellarán con productos del tipo Mástic Asfáltico que se ajusten a lo estipulado en 3.2.1.2. (Materiales). La profundidad del sello será como mínimo de 15 mm, debiendo quedar de 4 a 5 mm por debajo de la superficie del pavimento.

Sellado de Grietas de Ancho entre 3 mm y 30 mm. Deberán limpiarse de acuerdo a lo especificado y luego biselar los bordes mediante equipo esmerilador u otro aprobado, de manera de formar una cavidad de 6 mm de ancho mínimo. Se sellarán con productos tipo Mástic Asfáltico que cumplan con lo dispuesto en 3.2.1.2. (Materiales). El espesor del material sellante será como mínimo de 15 mm, cualquiera fuere el ancho superficial de la grieta, y deberá quedar entre 4 y 5 mm por debajo de la superficie del pavimento.

Sellado de Juntas y Grietas de Ancho Superior a 30 mm. Las juntas y grietas de más de 30 mm de ancho se limpiarán de acuerdo con lo especificado, y se sellarán con una mezcla de arena-emulsión asfáltica siempre que el ancho promedio no exceda los 100 mm, en cuyo caso el sellado se hará con una mezcla en caliente. En ambos casos el espesor del material sellante será como mínimo 20 mm. El relleno deberá quedar de 4 a 5 mm por debajo de la superficie del pavimento. Las mezclas se ajustarán a lo dispuesto en 3.2.1.2. (Materiales)

Las paredes de las juntas y grietas deberán imprimarse con emulsión asfáltica diluida. Se utilizarán emulsiones del tipo CSS-1 o SS-1, a las que se les agregará una parte igual de agua. No se deberá imprimir una longitud mayor que aquélla que pueda sellarse en la jornada de trabajo.

Sellado de Juntas Longitudinales de Cualquier Ancho. Las juntas longitudinales deberán limpiarse según se especifica más arriba, y sellarse con productos tipo Mástic Asfáltico que se ajusten a los requisitos estipulados en 3.2.1.2.

Preparación de las Mezclas de Sellado. Salvo que las instrucciones del fabricante de un determinado producto indiquen otra cosa, o cuando se utilice un imprimante en base a emulsiones asfálticas, las juntas y grietas deberán encontrarse perfectamente secas antes de comenzar el sellado. Sólo se podrá proceder a sellar cuando la temperatura ambiental sea superior a 5°C e inferior a 30°C.

El mezclado o la preparación de mezclas, según corresponda, deberán realizarse con equipos mecánicos adecuados que aseguren productos homogéneos y de características constantes. La mezcla y homogeneización de productos líquidos se deberá efectuar con equipos de agitación mecánicas que no superen las 150 rpm. Los calentadores deberán

disponer de controles que permitan variaciones de la temperatura, incluso podrá ser necesario calentar en bañomaría en aceite. En ningún momento la temperatura máxima de colocación recomendada por el fabricante podrá ser sobrepasada en más de 6°C. Tampoco deberá colocarse el sellante a una temperatura inferior en 6°C respecto de la recomendada.

El sellado deberá ejecutarse con equipos mecánicos adecuados para asegurar un vaciado continuo y uniforme, que no deje espacios intermedios sin rellenar. La operación además deberá ser limpia, rellenando exclusivamente las áreas requeridas; cualquier material de sello que manche zonas del pavimento fuera de la grieta o junta deberá ser completamente retirado.

Disposiciones adicionales. Los procedimientos que se utilicen para realizar los trabajos especificados no deberán afectar en forma alguna otras áreas del pavimento, de las bermas y demás elementos del camino no incluidos en el trabajo; cualquier daño deberá ser reparado como parte de esta operación.

Los materiales extraídos o sobrantes deberán trasladarse a botaderos autorizados, dejando el área de los trabajos completamente limpia.

Cuando los trabajos se realicen con el camino en servicio, antes de iniciarlos deberán adoptarse las medidas que correspondan para dar seguridad, a los trabajadores y usuarios del camino, durante los trabajos.

3.2.1.4. PARTIDAS DE PRESUPUESTO Y BASES DE MEDICIÓN

La operación incluye la conformación de la caja o cavidad de la junta o grieta, la limpieza y el sellado con los productos y procedimientos que correspondan, de acuerdo con el ancho y profundidad de las juntas y grietas por resellar. Quedan incluidos los imprimantes, cordones o láminas de respaldo, según el caso, y todo otro material, producto o actividad que se requiera para cumplir con lo establecido en la presente operación.

Se cuantificará por metro (m) de junta o grieta sellada, cualquiera fuere su ancho, profundidad o condición y la medición, se efectuará por la superficie del pavimento a lo largo de la junta o grieta sellada.

3.2.2. REPARACIÓN EN TODO EL ESPESOR. (OPERACIÓN N° 2)

3.2.2.1. DESCRIPCIÓN Y ALCANCES.

La operación tiene por objetivo reemplazar una parte deteriorada del pavimento de hormigón, la que como mínimo debe abarcar el ancho de una pista y tener no menos de 0,5 m en el sentido longitudinal. En el caso que el reemplazo afecte un área delimitada por juntas de contracción, en ellas se deberán instalar barras de traspaso de cargas; en ese caso la longitud mínima por reponer será de 1,8 m.

Este procedimiento se utiliza para reparar losas que presenten los siguientes problemas:

- Grietas (transversales, longitudinales o de esquina) que muestren señales de estar trabajando y, por lo tanto, no exista transferencia de cargas entre los trozos.
- Juntas o grietas con saltaduras en las aristas que alcanzan hasta un tercio del espesor de la losa.

Parte importante del éxito del procedimiento que se describe depende de dos consideraciones; la zona por reemplazar debe aislarse completamente del resto del pavimento antes de comenzar a retirarla, y debe asegurarse una transmisión de cargas adecuada cuando la zona por reemplazar queda delimitada por una o más juntas de contracción, y tomar las medidas para que exista una unión monolítica entre el hormigón de reemplazo y el pavimento antiguo no afectado, en los demás casos.

3.2.2.2. MATERIALES

Los hormigones y demás materiales se ajustarán en todos sus términos a lo estipulado en las respectivas normas.

3.2.2.3. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO.

Remoción del Pavimento. Antes de comenzar con los trabajos debe marcarse claramente el área por remover, respetando las dimensiones mínimas señaladas en 3.2.2.1. La zona debe aislarse completamente del pavimento adyacente, incluso de la berma; así se minimizan los daños durante la operación de remoción. En el sentido transversal se harán primeramente dos cortes con sierra, hasta una profundidad equivalente a 1/4 del espesor de la losa y a unos 150 mm más afuera de la línea que delimita la zona por reemplazar

(figura 3.13); enseguida, por las líneas interiores se cortará con sierra en todo el espesor. Por la junta longitudinal y las bermas, si éstas fueran pavimentadas, los cortes también deberán profundizarse a todo el espesor; si las bermas no son pavimentadas deberá hacerse espacio para luego colocar un moldaje.

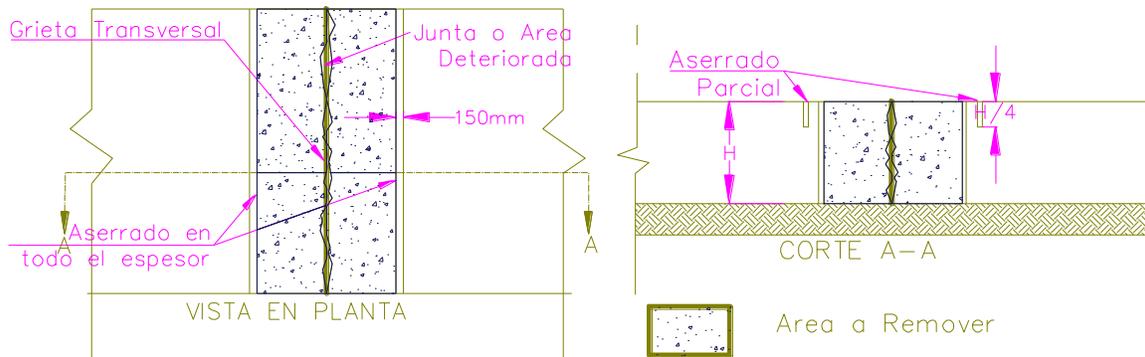


Figura 3.13a) Remoción del Área por Reparar

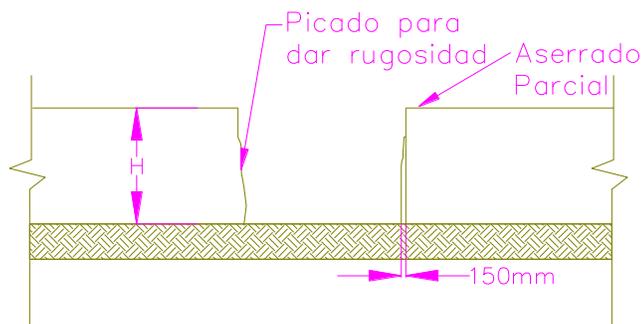


Figura 3.13b) Preparación de las Caras Aserradas

Cuando la zona dañada incluya una junta de contracción se procurará dejarla en el centro del área por remover y, en todo caso, entre los extremos de las barras de acero de amarre entre losas antiguas y el nuevo hormigón.

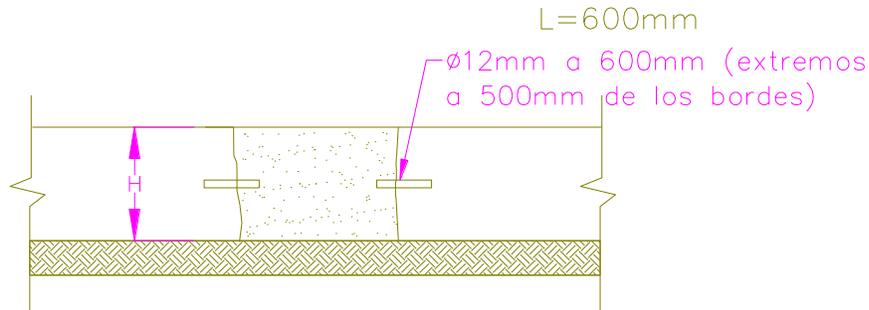


Figura 3.13c) Barras de Amarre

Una vez completamente aislada el área por reemplazar se procederá a retirarla, de preferencia levantándola en vez de demolerla. Para levantarla se deben hacer perforaciones para introducir pernos que permitan amarrar una cadena que es levantada con maquinaria, como por ejemplo un cargador frontal. Cualquiera fuere el procedimiento para remover la zona deteriorada, se deberá evitar todo daño a la sub-base y a las losas y bermas adyacentes.

Preparación antes de hormigonar. Si en el proceso de remoción se produce algún daño en la sub-base, esta deberá repararse de manera que quede perfectamente lisa, a la cota que corresponda y compactada a no menos del 95% de la densidad máxima compactada seca o el 80% de la densidad relativa.

Las caras aserradas de las losas que presenten una superficie lisa deben picarse hasta hacerlas disperejas y rugosas. Para ello, con herramientas livianas, incluso pueden utilizarse martillos neumáticos livianos (máximo de 30 lb de peso), se debe picar para dejar una superficie inclinada entre el borde superior del corte inicial de 1/4 del espesor de la losa y el borde inferior del corte de todo el espesor; la zona debe quedar rugosa, irregular e inclinada de arriba hacia abajo (figura 3.13b).

En las caras de la losas antiguas, excluyendo la pista adyacente (junta longitudinal), se harán perforaciones horizontales distanciadas cada 600 mm, exceptuando la más cercana al borde externo, la que se ubicará a 500 mm de ese borde. Las perforaciones tendrán 300 mm de largo y el diámetro adecuado para empotrar barras de acero estriadas, de 12 mm de diámetro y 600 mm de longitud; su objetivo es amarrar las losas antiguas con el nuevo

hormigón. Para el empotramiento se utilizará una lechada de cemento hidráulico con un aditivo expansor.

Hormigonado. Se utilizará el mismo tipo de hormigón especificado para pavimentos, salvo que se especifique hormigón para entrega acelerada al tránsito, en cuyo caso se deberá proceder como se especifica en la *Operación N° 3, Reparación en todo el Espesor para Puesta en Servicio Acelerada*.

El hormigonado se hará contra las caras de las losas no removidas, por lo que previamente deberá asegurarse que se encuentran limpias de polvo u otra suciedad y húmedas.

Para obtener un parche de buena calidad, la colocación y terminación que se le dé al hormigón, incluyendo el vibrado, es crítica. La nivelación debe constatarse mediante una regla de una longitud igual a la de la zona reemplazada más 1 m. La experiencia indica que los mejores resultados se logran colocando la cercha vibradora paralela al eje del camino. No debe olvidarse dar la textura final a la superficie. El curado y el aserrado y sello de juntas, si corresponde, se ajustará a lo especificado para pavimentos de hormigón nuevos o en la Operación N° 3, si el hormigón es para entrega acelerada al tránsito.

Terminaciones. Antes de entregar el pavimento al tránsito y una vez retirado el moldaje del lado de la berma, se procederá a reparar esa zona, rellenando con material adecuado. Si la berma es revestida deberá reproducirse el tipo de revestimiento que tiene en el resto del camino.

Disposiciones adicionales. Los procedimientos que se utilicen para realizar los trabajos especificados no deberán afectar en forma algunas otras áreas del pavimento, de las bermas y demás elementos del camino no incluidos en el trabajo; cualquier daño deberá ser reparado como parte de esta operación.

Los materiales extraídos o sobrantes deberán trasladarse a botaderos autorizados, dejando el área de los trabajos completamente limpia.

Cuando los trabajos se realicen con el camino en servicio, antes de iniciarlos deberán adoptarse las medidas que correspondan para dar seguridad, a los trabajadores y usuarios del camino, durante los trabajos.

3.2.2.4. PARTIDAS DEL PRESUPUESTO.

La operación comprende la remoción del pavimento por reemplazar, el traslado a botaderos autorizados de los trozos de losas, la reparación de la sub-base si fuera necesario, la colocación de barras de acero de amarra en los bordes de la zona por tratar, la preparación del hormigón, su transporte, colocación y curado y el aserrado y sello de las juntas, si corresponde. También incluye la reparación de las bermas que hubieran resultado afectadas por los trabajos, incluso su revestimiento, si corresponde.

La operación se cuantificará por metro cuadrado (m²) de superficie de pavimento reemplazado, del espesor que se especifique

3.2.3. REPARACIÓN EN TODO EL ESPESOR PARA PUESTA EN SERVICIO ACELERADA (OPERACIÓN N° 3)

3.2.3.1. DESCRIPCIÓN Y ALCANCES.

Corresponde a una intervención idéntica a la definida en la Operación N° 2, Reparación en Todo el Espesor, pero utilizando tecnologías que permitan su puesta en servicio en un plazo muy breve, no mayor que 24 horas después del hormigonado (técnicas del fast-track).

La tecnología por aplicar para la entrega acelerada al tránsito no difiere substancialmente, en ningún aspecto, de los procedimientos que se utilizan para reemplazar losas completas de un pavimento o secciones de él. La diferencia se encuentra en la preparación, colocación y curado del hormigón que permite, tomando algunas precauciones especiales, devolver al tránsito la zona reemplazada en plazos que normalmente van de 6 a 24 horas.

No existe ningún diseño preestablecido de dosificación para el hormigón por utilizar en estas técnicas; sólo se requiere de una mejor selección de los materiales por utilizar, de

manera de obtener altas resistencias a tempranas edades. Por las razones expuestas, antes de especificar por primera vez este tipo de técnicas se recomienda desarrollar en el laboratorio un análisis detallado para establecer las características del hormigón preparado con los materiales locales.

3.2.3.2. MATERIALES.

Los hormigones para la puesta en servicio acelerada no requieren de materiales o técnicas especiales. Sin embargo, como todo hormigón, la resistencia elevada a temprana edad es función de la razón agua - cemento, de las características y del contenido de cemento, las propiedades del agregado y de las condiciones ambientales imperantes y/o del sistema de curado que se utilice.

En general, todos los materiales deberán ajustarse a lo estipulado para la Operación N° 2. Los áridos deberán cumplir con lo especificado para la construcción de pavimentos de hormigón, pero asegurándose que la granulometría sea bien graduada, sin grandes saltos por carencia de partículas de algunos tamaños; se deberá ser especialmente exigente en la cantidad y distribución del material que pasa entre los tamices de 10 y 2,5 mm.

Los aditivos deberán cumplir con lo prescrito en la especificación para la construcción de pavimentos de hormigón. En la mayoría de las situaciones no es necesario usar aditivos para obtener altas resistencias a tempranas edades. En cualquier caso su utilización debe ser avalada mediante ensayos de laboratorio.

Los compuestos de curado, las barras de acero y los sellantes para las juntas, deberán cumplir con lo estipulado en la especificación para la construcción de pavimentos de hormigón.

Las cubiertas de curado consistirán en una manta confeccionada de espuma de poliestireno con celdas aisladas y protegidas con una lámina de plástico u otro elemento que resguarde adecuadamente el pavimento. También podrán utilizarse otros elementos que aseguren una protección adecuada al pavimento para las condiciones ambientales prevalecientes.

3.2.3.3.- PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO.

Remoción del Pavimento. El pavimento por reemplazar deberá removerse empleando los procedimientos descritos en la Operación N° 2, Reparación en Todo el Espeso.

Construcción del Pavimento para Entrega Acelerada. Salvo por los aspectos y condiciones que aquí se señalan taxativamente, los trabajos se deberán ajustar íntegramente a lo especificado para la construcción de pavimentos de hormigón, y a lo señalado en la Operación N° 2, Reparación en todo el Espesor.

Las precauciones y medidas especiales que se deben considerar al construir un pavimento de hormigón para entrega acelerada al tránsito son las siguientes:

- Antes de construir por primera vez con este tipo de técnicas, se debe desarrollar en el laboratorio un análisis detallado para establecer las características del hormigón preparado con los materiales locales.
- Los equipos de preparación, transporte y colocación son los mismos que se utilizan para el hormigonado habitual de pavimentos.
- Para consolidarlo este hormigón requiere, normalmente, vibración algo más prolongada que la habitual.
- Requieren de una secuencia de construcción bien planificada, debido a que el margen de error aceptable es inferior al que permite una pavimentación convencional. Se debe considerar que, probablemente, se requerirá de alguna adaptación inicial de las cuadrillas de operarios.
- El aserrado de las juntas se realiza con los equipos y procedimientos habituales. Sin embargo, deben modificarse los tiempos en que esta actividad se ejecuta; es conveniente aserrar cuando la temperatura del hormigón aún esté en ascenso, con lo que se evitan grietas o fisuras no controladas.
- Para el curado se debe utilizar una membrana de curado aplicada con una tasa 1,5 veces mayor que la habitual y cubrir no sólo la cara superior sino que también los bordes expuestos.
- Salvo bajo condiciones climáticas muy calurosas, normalmente deben colocarse mantas aislantes que retenga el calor de hidratación del hormigón. Se instalan después

de aplicar el compuesto de curado, debiéndose retirar solamente durante el aserrado de las juntas.

- El momento en que el pavimento puede entregarse al tránsito debe definirse en base a la resistencia que haya alcanzado el hormigón y no especificando que hubiere transcurrido un determinado tiempo. Para los efectos señalados, deberán confeccionarse probetas para el ensayo de tracción por flexión, que se ensayarán con las cargas en los tercios. Se prepararán 6 probetas que se mantendrán a un costado de la obra, curadas con el mismo procedimiento que se utilice para el pavimento (membrana de curado y manta protectora). Se ensayarán 3 probetas inmediatamente antes de que se cumpla el tiempo programado para la entrega al tránsito, reservándose las otras 3 para ensayos posteriores, para el caso que la resistencia hubiere resultado inferior a la requerida.
- La resistencia del pavimento será el promedio de los resultados de las 3 probetas ensayadas. El pavimento se podrá entregar al tránsito cuando se cumpla la siguiente condición:

<i>Tabla N° 3.3 Resistencias a la flexo tracción para entrega al servicio</i>	
ESPESOR LOSA (mm)	RESISTENCIA A LA FLEXO TRACCIÓN (Mpa)
180	2,2
200	2
230	1,7
250 y mas	1,4

Fuente. CATÁLOGO DE DETERIOROS DE PAVIMENTOS RIGIDOS. Volumen N° 12, Chile 2002

Cuando se especifique o se prevea que el pavimento no va a ser transitado por vehículos comerciales en las primeras 24 horas, la apertura puede realizarse cuando la resistencia haya alcanzado 1,4 MPa, cualquiera fuere el espesor de la losa.

Se debe tener presente que los valores de la resistencia indicados en la Tabla N° 3.3, fueron calculados con un modelo matemático para secciones en el interior de la losa; la experiencia indica que por las mayores temperatura que se producen dentro de la losa respecto a la de las probetas, estas últimas alcanzan normalmente resistencias entre 0,3 y 1,0 MPa menores que aquella. Al utilizar los ensayos de probetas como indicador para la entrega a servicio se dispone, por lo tanto, de un factor de seguridad.

Terminaciones. Antes de entregar el pavimento al tránsito y una vez retirado el moldaje del lado de la berma, se procederá a reparar esa zona, relleno con material adecuado. Si la berma es revestida, deberá reproducirse el tipo de revestimiento que tiene en el resto del camino, ajustándose, en lo que corresponda, a lo que señalan las correspondientes especificaciones.

Con la excepción del aspecto resistencia, la entrega al tránsito se ajustará a lo señalado en las especificaciones para la construcción de pavimentos de hormigón.

Disposiciones adicionales. Los procedimientos que se utilicen para realizar los trabajos especificados no deberán afectar, en forma alguna, otras áreas del pavimento, de las bermas y demás elementos del camino, no incluidos en el trabajo; cualquier daño deberá ser reparado como parte de esta operación.

Los materiales extraídos o sobrantes deberán trasladarse a botaderos autorizados, dejando el área de los trabajos completamente limpia.

Cuando los trabajos se realicen con el camino en servicio, antes de iniciarlos deberán adoptarse las medidas que correspondan para dar seguridad, a los trabajadores y usuarios del camino, durante los trabajos.

3.2.3.4. PARTIDAS DEL PRESUPUESTO.

La operación comprende la remoción del pavimento por reemplazar, el traslado a botaderos autorizados de los trozos de losas, la reparación de la sub-base si fuera necesario, la colocación de barras de acero de marra en los bordes de la zona por tratar, la preparación del hormigón de alta resistencia inicial, su transporte, colocación y curado, incluso la colocación de mantas para abrigar el pavimento, así como la confección y ensayo de probetas para el control de la resistencia del hormigón y el aserrado y sello de las juntas, si corresponde. También incluye la reparación de las bermas que hubieran resultado afectadas por los trabajos, incluso su revestimiento, si corresponde.

La operación se cuantificará por metro cuadrado (m²) de superficie de pavimento para entrega acelerada al tránsito, con el espesor que se especifique.

3.2.4. REPARACIÓN DE ESPESOR PARCIAL (OPERACIÓN N° 4)

3.2.4.1 DESCRIPCIÓN Y ALCANCES.

La operación se refiere a la reparación de juntas de pavimentos de hormigón, de contracción y longitudinales, que presentan saltaduras en las aristas que afectan sólo la parte superior del hormigón, entendiéndose como tales las que alcanzan hasta un tercio del espesor de la losa.

La saltadura de juntas crea una superficie muy irregular y acelera el deterioro general del pavimento, por lo que es necesario repararlas. La técnica que se incluye en esta operación es muy eficaz y más económica que las reparaciones en todo el espesor. Sin embargo, el éxito de su aplicación depende de las limitaciones y condicionantes que se describen en los procedimientos de trabajo.

3.2.4.2. MATERIALES.

Los hormigones se ajustarán en todos sus términos a lo estipulado en las correspondientes especificaciones para la confección y colocación de hormigones.

La unión entre el hormigón antiguo y el nuevo debe ser monolítica, para lo cual se deberá proceder de acuerdo con los procedimientos definidos juntas de hormigonado en las normas.

3.2.4.3. PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO.

Remoción del área deteriorada. Primeramente se debe establecer toda la zona deteriorada, la que muchas veces es efectivamente algo mayor que lo que aparenta desde la superficie. Normalmente la profundidad que debe removerse varía entre 25 y 100 mm, dependiendo ello del nivel al cual se encuentre hormigón en buenas condiciones, lo que se puede constatar golpeando con un martillo o una barra de acero y/o, mejor aún, extrayendo un testigo del hormigón. La auscultación con un martillo o una barra de acero se basa en el tipo de sonido de la respuesta; si suena metálico significa que el hormigón se encuentra en buenas condiciones, si es apagado o suena a hueco, el hormigón se

encuentra deteriorado. Para asegurarse que se removerá toda el área afectada, ésta debe extenderse hasta unos 80 a 100 mm dentro del hormigón en buenas condiciones.

La zona por remover debe demarcarse formando un cuadrado o un rectángulo, nunca una figura irregular. Enseguida, por las líneas demarcadas se asierra todo el contorno hasta una profundidad de unos 50mm. La zona central se debe remover empleando herramientas neumáticas livianas (de 15 lb es el peso adecuado, pudiendo utilizarse hasta una de 30 lb de peso), nunca se deben utilizar herramientas pesadas que puedan dañar el hormigón. El fondo de la zona removida debe quedar irregular y muy rugoso.

Si al excavar, lo que desde la superficie parece únicamente una saltadura de la junta, se detecta que el hormigón débil alcanza hasta una profundidad mayor que un tercio del espesor, la operación debe suspenderse, y se procederá a trabajar según la *Operación N° 2, Reparación en Todo el Espesor*.

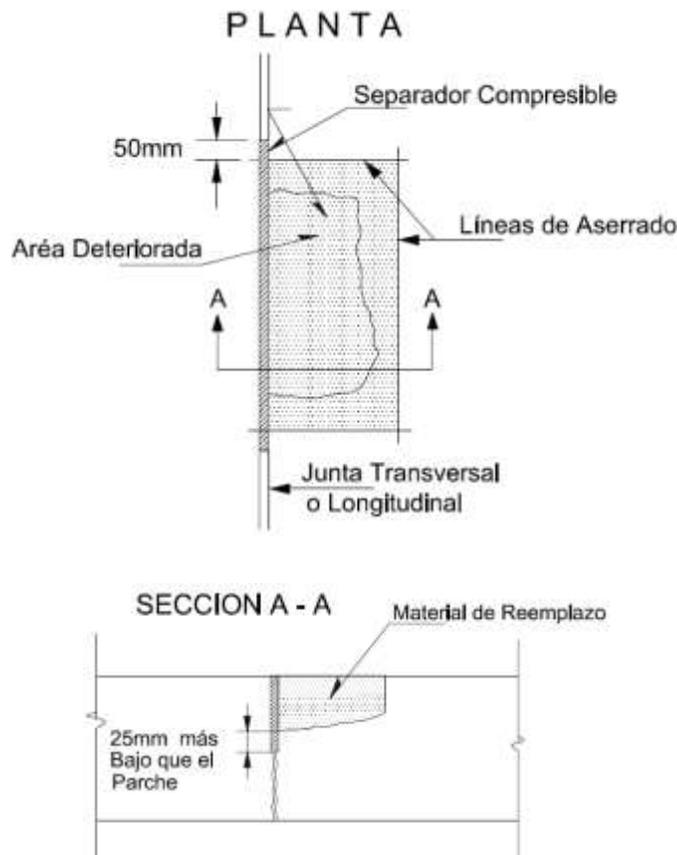


Figura 3.14. Remoción del área deteriorada del pavimento

Precauciones especiales. Para asegurar el éxito de la reparación deben tenerse en consideración, fundamentalmente, las condicionantes y limitantes que se indican a continuación:

- Frecuentemente, cuando un parche de este tipo queda en contacto con una losa adyacente se originan nuevas saltaduras en la junta, debido a las tensiones que aquélla le transmite. Se debe prevenir colocando una faja delgada de plástico, una tablilla impregnada en asfalto u otro elemento que separe el hormigón antiguo del nuevo.
- Aun cuando una junta de contracción se puede aserrar después de reparada con esta técnica, lo más seguro es formarla mientras el hormigón se encuentra fresco.
- En los parches que limiten con la berma debe utilizarse un moldaje que impida que parte del hormigón fluya hacia ese lugar, lo que crearía una unión que restringiría el movimiento de la losa.
- Puesto que normalmente los parches presentan una gran superficie en relación al volumen por rellenar, la humedad se pierde con rapidez, por lo que el sistema de curado por utilizar debe ser el adecuado para esta situación.

Hormigonado. Antes de hormigonar debe prepararse el área de contacto de manera de asegurar que se producirá una unión monolítica entre los hormigones y que la superficie del hormigón antiguo sea impermeable para evitar la infiltración del agua del hormigón nuevo al antiguo. La primera condición se logra siguiendo los procedimientos indicados en este párrafo en relación a la remoción del área deteriorada, en tanto que lo segundo se obtiene recubriendo la superficie de contacto con una lechada de relación 1:1 de Agua : Cemento Hidráulico.

En general el volumen de hormigón por colocar en estos parches es pequeño, por lo que el hormigón debe prepararse en el mismo lugar en mezcladoras pequeñas.

El hormigón debe colocarse y luego vibrarse, de manera que la cantidad de hormigón por vaciar debe calcularse para que, finalmente, quede a nivel con el resto del pavimento. La terminación debe ser mediante un flotachado que avance desde el centro del parche hacia las orillas y finalizando con una textura superficial similar a la del resto, de manera que el parche se mimetice.

Curado y sellado de juntas. Tal como se ha indicado, un curado adecuado es extremadamente importante por lo que se deben utilizar los mismos procedimientos indicados, según corresponda, en las Operaciones N° 2, Reparación en Todo el Espesor o N° 3, Reparación en Todo el Espesor para Puesta en Servicio Acelerada.

Una vez que el parche haya adquirido suficiente resistencia, se procederá al sellado de la junta reparada, ajustándose a lo dispuesto en las especificaciones para la construcción de pavimentos de hormigón.

Disposiciones adicionales. Los procedimientos que se utilicen para realizar los trabajos especificados no deberán afectar, en forma alguna, otras áreas del pavimento, de las bermas y demás elementos del camino, no incluidos en el trabajo; cualquier daño deberá ser reparado como parte de esta operación.

Los materiales extraídos o sobrantes deberán trasladarse a botaderos autorizados, dejando el área de los trabajos completamente limpia.

Cuando los trabajos se realicen con el camino en servicio, antes de iniciarlos deberán adoptarse las medidas que correspondan para dar seguridad a los trabajadores y usuarios del camino, durante los trabajos.

3.2.4.4 PARTIDAS DEL PRESUPUESTO Y BASES DE MEDICIÓN.

Reparación de Espesor Parcial

La operación comprende la remoción del pavimento por reemplazar, el traslado a botaderos autorizados de los trozos resultantes, la preparación de la superficie de contacto entre hormigón antiguo y nuevo, la preparación del hormigón, su colocación y curado, la formación de la nueva junta y el sellado de la misma.

La operación se cuantificará por metro cuadrado (m²) de superficie de pavimento reparado, cualquiera fuera su espesor.

Reparación de Espesor Parcial para Puesta en Servicio Acelerada.

La operación comprende la remoción del pavimento por reemplazar, el traslado a botaderos autorizados de los trozos resultantes, la preparación de la superficie de contacto entre hormigón antiguo y nuevo, la preparación del hormigón de alta resistencia inicial, su colocación y curado, incluso la colocación de mantas para abrigar el pavimento, así como la confección y ensayo de probetas para el control de la resistencia del hormigón, la formación de la nueva junta y el sellado de la misma.

La operación se cuantificará por metro cuadrado (m²) de superficie de pavimento reparado para entrega acelerada al tránsito, sea cualquiera su espesor.

3.3 MATERIALES Y EQUIPO

3.3.1 MATERIALES



Imagen 3.19 Baker Rod (tira de respaldo)



Imagen 3.20 Sello Asfáltico



Imagen 3.21 Silicona Autonivelante

3.3.2 EQUIPOS



Imagen 3.22 Cortadora de Hormigón (Equipo Nacional)

Se aprecia una cortadora de hormigón construida localmente

Consta de un soporte metálico con agarrador, un motor eléctrico, tanque de agua para lubricación, el eje de soporte del disco de corte y el elemento (palanca) que sube y baja el disco de corte.



Imagen 3.23 Cortado de Hormigón (Equipo Importado)

Dependiendo de la marca, los discos de corte llegan a tener un rendimiento de 1200 ml de junta cortada con disco de corte de 3 mm (primer corte) y de 2000 ml de junta cortada con disco de corte de 6 mm (segundo corte o ampliación)



Imagen 3.24 Martillo Neumático



Hormigoneras Móviles (130 litros)



Imagen 3.25 Hormigoneras Móviles o Mixers

CAPÍTULO IV

APLICACIÓN PRÁCTICA

4.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La capital de la primera sección de la provincia Méndez, San Lorenzo, emplazada en la margen izquierda de forma paralela al Guadalquivir y delimitada por los ríos Pajchani al norte y Calama al sur, se encuentra a 17 km al norte de la capital del departamento, a la que se conecta mediante la ruta fundamental denominada Panamericana sobre la cual se han desplegado centros poblados como las comunidades de Tomatitas, Rancho Norte y Rancho Sur que día a día vienen incorporando en su actividad económica la prestación de servicios ligados a la recreación de fin de semana. Estos asentamientos están propiciando la consolidación de una conurbación entre la ciudad capital y la ciudad de San Lorenzo.

Ubicación del Municipio Méndez y la Ciudad de San Lorenzo

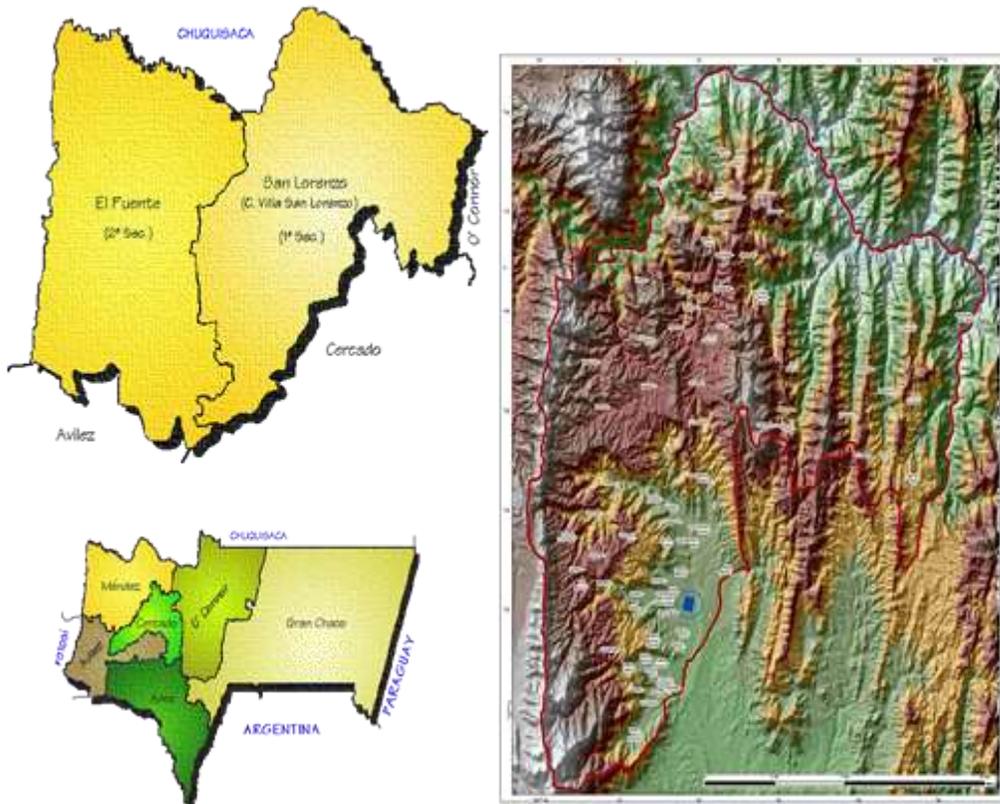


Imagen 4.1. Ubicación del Municipio de San Lorenzo

La estructura urbana que ha adquirido San Lorenzo en la actualidad, es de una población lineal estructurada en torno a dos vías, a lo largo de estos caminos vecinales se han ido consolidando las edificaciones, cada vez con mayor grado de densidad, esta configuración que se viene reproduciendo ha originado la conurbación entre comunidades pequeñas, tal el caso de San Lorenzo - Tarija Cancha Sur y en proceso de conurbación San Lorenzo – Tarija Cancha Norte. Dado que sus características rurales no permiten fraccionar sus áreas aptas para el cultivo, la estructura urbana seguirá traduciéndose una población a la vera de los caminos.

La delimitación del área urbana de San Lorenzo, a pedido de las comunidades de Tarija Cancha Sud, Tarija Cancha Norte, San Pedro y Bordo el Mollar queda establecida mediante Ordenanza Municipal N° 25/2002 del 22 de mayo de 2002, la misma que instauro el límite de crecimiento de la ciudad al interior de un perímetro demarcado mediante la referencia de elementos naturales como ríos y referencias de viviendas particulares, dicha descripción se halla traducida en el siguiente plano, del cual se deduce la extensión de este perímetro urbano, el mismo que alcanza las 168 hectáreas.

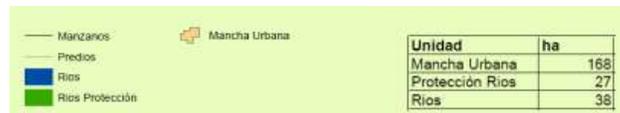
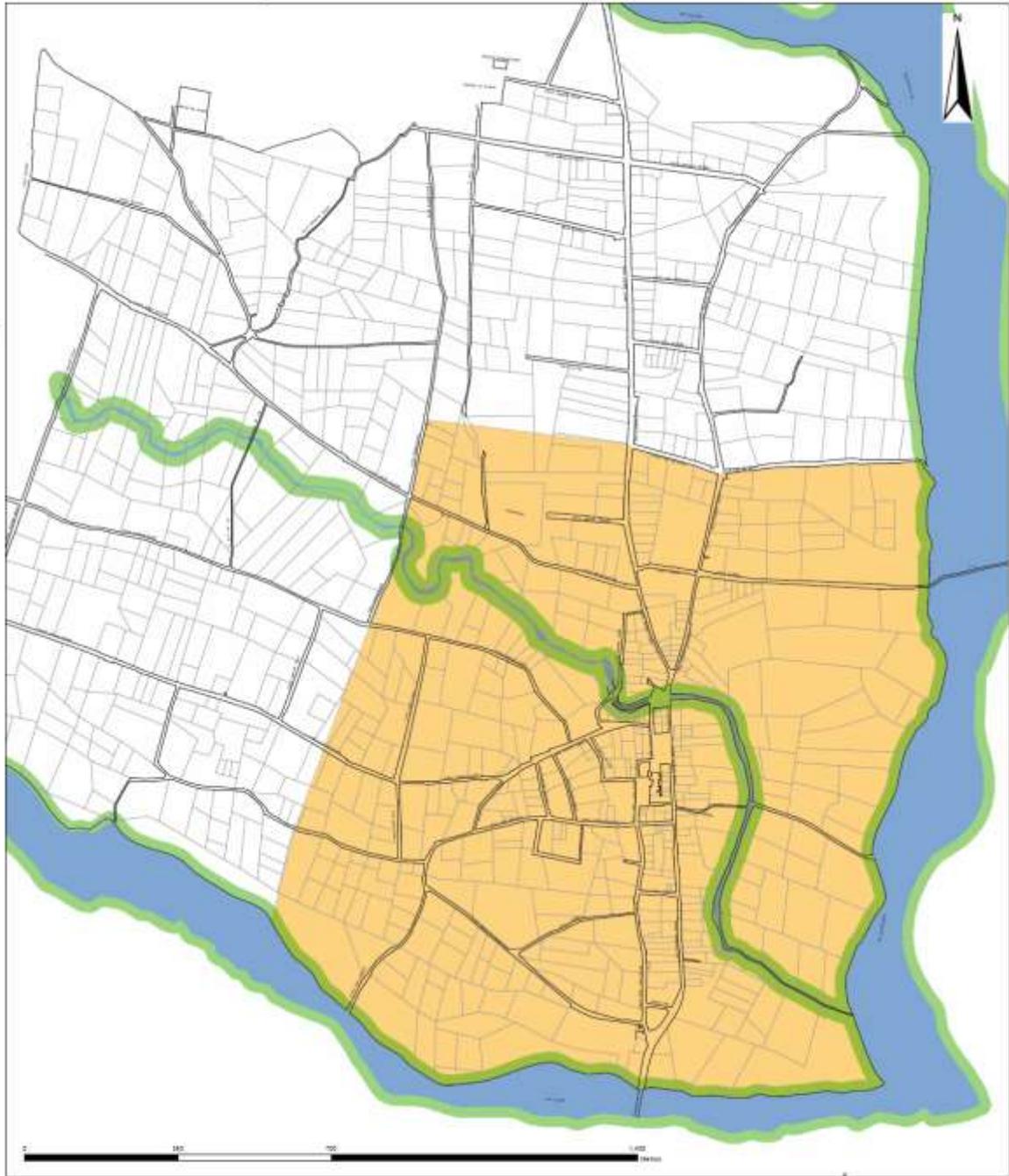


Figura 4.2. Área urbana de San Lorenzo

4.2. CARACTERISTICAS GENERALES DEL TRAMO EN ESTUDIO.

El tramo estudiado se encuentra en la mancha urbana del Municipio de San Lorenzo, aplicado en la calle Julio Sucre entre calle Lino Morales y el monumento del Cristo (unión pavimento asfáltico). Dicha calle consta de las siguientes características:

Tipo de Pavimento: Concreto Simple sin Refuerzo

Sin Pasajuntas

Longitud Tramo: 517m=0.517Km

Espesor losa: 10cm

Área pavimentada: 3585.676 m².

Ancho losas: Varía de 2.50 a 3.50 m

Numero de losas: 267 losas, (1-133(I) y 1-134 (D))

I: Carril Izquierdo

D: Carril Derecho

Longitud losas: Varía de 3.50 a 4.00 m

Coordenadas:

Inicio:

Final

N: 7630407.52

N: 7629900.47

E: 318700.26

E: 318644.92

CBRs de Sub-Base y Rasante: (Ver Anexo E)

4.3. REPARACIÓN DE JUNTAS Y GRIETAS

A partir de los planos (Anexo D) se puede observar los siguientes datos obtenidos de la calle Julio Sucre de San Lorenzo.

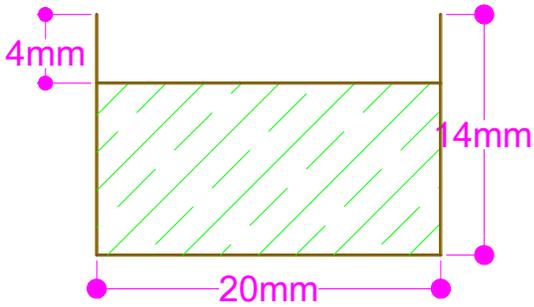
➤ **Sellado de Juntas de hasta 12 mm. de ancho.**

En el tramo estudiado no existen fallas de este tipo.

➤ **Sellado de Juntas de ancho entre 12 mm. y 20 mm.** (Datos extraídos anexo B, resumen general de fallas)

<i>Tabla 4.1. Sellado de juntas de ancho 12mm – 20mm</i>							
<i>Tipo de Falla</i>	<i>(%)</i>	<i>L (m)</i>	<i>Nº de Losa</i>	<i>Carril</i>		<i>Severidad</i>	<i>Ob.</i>
				<i>I</i>	<i>D</i>		
Deficiencia del Sellado	30		1_2		x	Alta	No
Deficiencia del Sellado	100	2,37	47-48		x	Alta	
Deficiencia del Sellado	43	2,66	62-63		x	Alta	
Deficiencia del Sellado	59	1,6	64-65		x	Alta	
Deficiencia del Sellado	69	1,83	64-65	x		Alta	
Deficiencia del Sellado	41	1,1	65-66		x	Alta	
Deficiencia del Sellado	50	1,34	65-66	x		Alta	
Deficiencia del Sellado	45	1,22	66-67		x	Alta	
Deficiencia del Sellado	57	1,51	66-67	x		Alta	
Deficiencia del Sellado	33	0,9	67-68		x	Alta	
Deficiencia del Sellado	41	1,1	67-68	x		Alta	
Deficiencia del Sellado	55	1,5	68-69		x	Alta	
Deficiencia del Sellado	100	2,75	69-70		x	Alta	
Deficiencia del Sellado	61		70-71		x	Alta	No
Deficiencia del Sellado	62	1,73	70-71	x		Alta	
Deficiencia del Sellado	55		71-72		x	Alta	No
Deficiencia del Sellado	36		72-73		x	Alta	No
Deficiencia del Sellado	54		72-73	x		Alta	No
Deficiencia del Sellado	43		73-74		x	Alta	No
Deficiencia del Sellado	87	2,7	74-75	x		Alta	
TOTAL		24,31m					

Las filas en blanco (L) no se suman porque en esos sectores la falla se la está reparando ya sea por reparación en todo el espesor de la losa o reparación parcial.



$$A = 20 \times 10 = 200 \text{ mm}^2 \rightarrow 2 \text{ cm}^2$$

$$\text{Volumen} = \text{Área} \times \text{Longitud}$$

$$V = A \times L$$

Volumen del material sellante.

Para una longitud igual a la unidad tenemos:

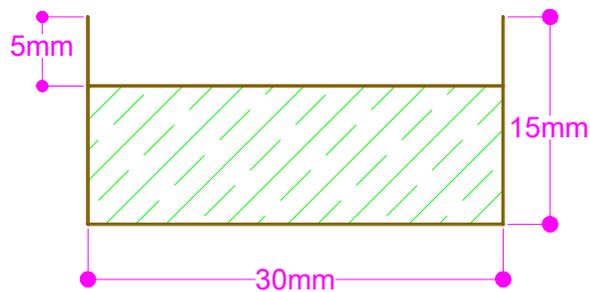
$$V = 0.0002 \text{ m}^3$$

Costo de Reparación= 554,27 Bs (Anexo C)

- **Sellado de Juntas de ancho entre 20 mm. y 30 mm.** . (Datos extraídos anexo B, resumen general de fallas)

Tabla 4.2. Sellado de juntas de ancho 20mm – 30mm

Tipo de Falla	Longitud (m)	Ancho "a" mm	Nº de Losa	Carril		Severidad
				I	D	
Separación de Junta Transversal	3,57	28,44	85,86		x	Alta
Separación de Junta Longitudinal	12,12	30	104,105,106			Alta
TOTAL	15,69m					



$$A = 30 * 10 = 300 \text{ mm}^2 \rightarrow 3 \text{ cm}^2$$

$$\text{Volumen} = \text{Área} * \text{Longitud}$$

$$V = A * L$$

Volumen del material sellante.

Para una longitud igual a la unidad tenemos:

$$V = 0.0003 \text{ m}^3 \times m$$

Volumen del material extraído

$$V = 0.0003 * 15.69 = 0.0047 \text{ m}^3$$

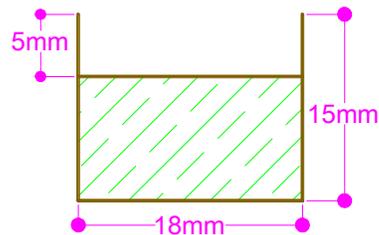
Costo de Reparación= 390,21 Bs (Anexo C)

- **Sellado de Grietas de ancho entre 3 mm. y 30 mm.** (Datos extraídos anexo B, resumen general de fallas)

Tabla 4.3. Sellado de Grietas de ancho entre 3mm – 30 mm (Grieta Transversal)

Tipo de Falla	Longitud (m)	Ancho "a" mm	Nº de Losa	Carril		Severidad
				I	D	
Grieta Transversal	4,66	2,37	3		x	Baja
Grieta Longitudinal	4	2,5	4		x	Baja
Grieta Longitudinal	2,53	2	5		x	Baja
Grieta Longitudinal	18,81	25,1	9,10,11,12	x		Alta
Grieta Longitudinal	4,25	25,6	33		x	Alta
Grieta Longitudinal	4,15	25,6	34		x	Alta
Grieta Longitudinal	5,47	15,5	52		x	Alta
Grieta Transversal	2,47	3,8	52	x		Media
Grieta Longitudinal	1,43	10	53	x		Media
Grieta Longitudinal	3,57	12,92	56	x		Alta
Grieta Longitudinal	3,15	25,5	59		x	Alta
Grieta Longitudinal	4,22	28,5	60	x		Alta
Grieta Longitudinal	3,59	13	62		x	Alta
Grieta Longitudinal	4,1	9,2	85		x	Media
Grieta Longitudinal	3,12	21,28	85	x		Alta
Grieta Longitudinal	4,04	13,74	87	x		Alta
Grieta Longitudinal	3,1	11,3	97	x		Alta
Grieta Longitudinal	4	28,44	100		x	Alta
Grieta Longitudinal	8,1	14,1	103,104		x	Alta
TOTAL	84,1m					

Tabla 4.4. Sellado de Grietas de ancho entre 3mm – 30 mm (Grieta de esquina)					
Tipo de Falla	Long. (m)	N° de Losa	Carril		Severidad
			I	D	
Grieta de Esquina	4,66	3		x	Baja
Grieta de Esquina	1,26	9		x	Baja
Grieta de Esquina	1,6	9	x		Baja
Grieta de Esquina	1	14		x	Baja
Grieta de Esquina	0,9	39	x		Baja
Grieta de Esquina	1,44	44	x		Baja
Grieta de esquina	1	45	x		Baja
Grieta de Esquina	1,06	56		x	Baja
Grieta de Esquina	2,3	83		x	Baja
Grieta de Esquina	0,7	85	x		Baja
Grieta de Esquina	1,54	87		x	Baja
Grieta de Esquina	1,17	88	x		Baja
Grieta de Esquina	1,65	97	x		Baja
Grieta de Esquina	3,2	109	x		Baja
Grieta de Esquina	2,42	118		x	Baja
Grieta de Esquina	1,41	121		x	Baja
Grieta de Esquina	1,61	128		x	Baja
Grieta de Esquina	0,81	128	x		Baja
Grieta de Esquina	0,72	128		x	Baja
TOTAL	30,45m				



$$A = 180 \times 10 = 180 \text{mm}^2 \rightarrow 1.8 \text{cm}^2$$

$$\text{Volumen} = \text{Área} \times \text{Longitud}$$

$$V = A \times L$$

Volumen del material sellante.

Para una longitud igual a la unidad tenemos:

$$V = 0.00018 \text{m}^3 \times \text{m}$$

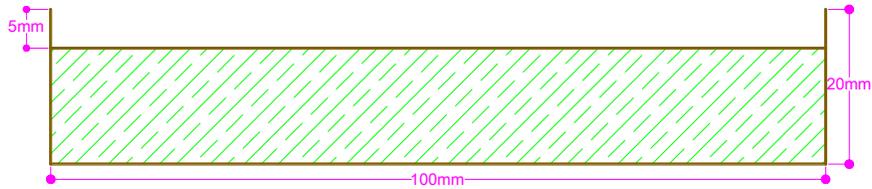
Volumen del material extraído

$$V = 0.00018 * (84.1 + 30.45) = 0.021 \text{m}^3$$

Costo de Reparación= 2.902,70 Bs (Anexo C)

- **Sellado de Juntas y grietas de ancho superior a 30 mm.** (Datos extraídos anexo B, resumen general de fallas)

<i>Tabla 4.5. Sellado de juntas y grietas de ancho superior a 30mm</i>						
<i>Tipo de Falla</i>	<i>L(m)</i>	<i>Ancho "a" mm</i>	<i>N° Losa</i>	<i>Carril</i>		<i>Severidad</i>
				I	D	
Grieta Longitudinal	2,25	44,8	8		x	Alta
Grieta Longitudinal	4,1	49,68	32		x	Alta
Grieta Longitudinal	3,75	88,62	47		x	Alta
Grieta Transversal	3,39	104,64	51		x	Alta
Grieta Longitudinal	1,33	104,64	51		x	Alta
Grieta Transversal	3,04	71,9	54	x		Alta
Separación de Junta Longitudinal	5,29	40,09	53-54			Alta
Separación de Junta Longitudinal	8,1	46,94	83,84			Alta
Grieta Longitudinal	3,78	48,72	86		x	Alta
Separación de Junta Longitudinal	3,95	40	87			Alta
Separación de Junta Longitudinal	4	30,5	89			Alta
Grieta Longitudinal	4	74,6	89	x		Alta
Grieta Longitudinal	4	52,91	95	x		Alta
Grieta Longitudinal	4,1	48,72	96		x	Alta
Grieta Longitudinal	4,1	35,6	98	x		Alta
Grieta Longitudinal	4,1	56,7	100	x		Alta
Grieta Longitudinal	4,1	56,7	101	x		Alta
Grieta Longitudinal	4	43,9	107	x		Alta
Grieta Longitudinal	6,85	38,6	108		x	Alta
Grieta Longitudinal	4,11	94,9	108	x		Alta
Grieta Longitudinal	4	37,7	111		x	Alta
Grieta Longitudinal	4	37,7	112		x	Alta
Grieta Longitudinal	4,12	41,1	115	x		Alta
Grieta Longitudinal	4,1	41,1	116	x		Alta
Grieta Longitudinal	4,14	41,1	117	x		Alta
Grieta Longitudinal	4	63,54	119		x	Alta
Separación de Junta Longitudinal	18,86	49,8	129-133			Alta
Grieta Longitudinal	2,96	48,8	133		x	Alta
Grieta Longitudinal	2,46	30,1	134		x	Alta
TOTAL	130,98m					



$$A = 100 \cdot 15 = 1500 \text{mm}^2 \rightarrow 15 \text{cm}^2$$

Volumen = Área * Longitud

$$V = A \cdot L$$

Volumen del material sellante.

Para una longitud igual a la unidad tenemos:

$$V = 0.0015 \text{m}^3 \text{ x m}$$

Área para imprimación para 1m^2 .

$$(0.1 + 0.015 + 0.015) \cdot 1 = 0.13 \text{m}^2.$$

Área total de imprimación

$$0.13 \cdot 130.98 = 17.03 \text{m}^2.$$

Área de sello con mezcla de arena = $0.1 \cdot 130.98 = 13.098 \text{m}^2$.

Volumen del material extraído

$$V = 0.0015 \cdot 130.98 = 0.20 \text{m}^3$$

Costo de Reparación = 3.632,81 Bs (Anexo C)

4.4 REPARACIÓN EN TODO EL ESPESOR DE LA LOSA

Cómputos Métricos

A partir de los planos se puede observar los siguientes datos obtenidos de la calle Julio Sucre de San Lorenzo que necesitan ser reparados aplicando la operación 2 (*REPARACIÓN EN TODO EL ESPESOR*)

Tabla 4.6. Reparación en todo el espesor de la Losa

<i>Tipo de Falla</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>Nº de Losa</i>	<i>Carril</i>		<i>Severidad</i>
			I	D	
Fracturación Múltiple	11,86	1		x	Alta
Fracturación Múltiple	5,59	3	x		Alta
Grieta de Esquina	3,45	6	x		Media
Grieta de Esquina	3,9	7	x		Media
Fracturación Múltiple	20,87	7,8	x	x	Alta
Grieta de Esquina	2,88	8	x		Media
Fracturación Múltiple	6,37	10	x		Alta
Grieta de Esquina	2,02	11		x	Alta
Fracturación Múltiple	3,5	12		x	Alta
Grieta de Esquina	6,24	13	x		Media
Grieta de Esquina	4,09	13	x	x	Media
Fracturación Múltiple	2,3	35		x	Alta
Fracturación Múltiple	10,16	42	x	x	Alta
Grieta de Esquina	1,75	46		x	Alta
Fracturación Múltiple	6,54	54		x	Alta
Fracturación Múltiple	6,1	56-57	x		Alta
Grieta de Esquina	2,35	59	x		Alta
Grieta de Esquina	2,13	61	x		Alta
Grieta de Esquina	3,69	62		x	Alta
Parche Deteriorado H°	9,84	70	x		Alta
Fracturación Múltiple	20,34	72	x	x	Alta
Fracturación Múltiple	11,29	76		x	Alta
Fracturación Múltiple	11,03	77		x	Alta
Fracturación Múltiple	11,07	78		x	Alta
Fracturación Múltiple	13,95	80		x	Alta
Fracturación Múltiple	14,17	80	x		Alta
Fracturación Múltiple	14,7	81		x	Alta
Fracturación Múltiple	28,86	81,82	x		Alta
Grieta de Esquina	3,55	84		x	Alta
Fracturación Múltiple	3,83	85	x		Alta
Fracturación Múltiple	12,32	96	x	x	Alta
Fracturación Múltiple	29,29	99	x	x	Alta

Fracturación Múltiple	29,11	110	x	x	Alta
Fracturación Multiple	1,03	112		x	Alta
Fracturación Multiple	9,33	120	x	x	Alta
Fracturación Multiple	58,45	122,123	x	x	Alta
Fracturación Multiple	117,3	124-127	x	x	Alta
Grieta de Esquina	8,93	132		x	Media
TOTAL	514,18m²				

Para la reparación antes de hormigonar se deberá sacar el empedrado que esta por bajo el pavimento y rellenar de material seleccionado. El espesor del empedrado es de 15cm, entonces se tiene que remover y trasladar un volumen total de:

$$V_m = 514.18 * 0.15 = 77.127 \text{m}^3. \text{ (Material para preparación antes de hormigonar)}$$

Volumen de losas por Reparar

$$V = 514.18 * 0.10 = 51.418 \text{m}^3.$$

4.5 REPARACIÓN DEL ESPESOR PARCIAL DE LOSA

<i>Tipo de Falla</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>Nº de Losa</i>	<i>Carril</i>		<i>Severidad</i>
			I	D	
Fisuramiento por retracción Tipo Malla	10,88	13		x	
Desintegración	13,93	23		x	Baja
Desintegración	13,51	24		x	Baja
Desintegración	14,29	25		x	Baja
Desintegración	14,97	26		x	Baja
Fisuramiento por retracción Tipo Malla	14,78	32	x		
Fisuramiento por retracción Tipo Malla	32,91	37,38		x	
Parche Deteriorado Hº	2,34	39	x		Baja
Fisuramiento por retracción Tipo Malla	10,37	55		x	
Fisuramiento por retracción Tipo Malla	9,47	60		x	
Fisuramiento por retracción Tipo Malla	9,52	61		x	
Fisuramiento por retracción Tipo Malla	3,6	63	x		
Fisuramiento por retracción Tipo Malla	10,05	74		x	
Fisuramiento por retracción Tipo Malla	7,51	109		x	
Fisuramiento por retracción Tipo Malla	5,35	121	x		
TOTAL	173,48m²				

Volumen de material para reparación antes de hormigonar

$$V_m = 173.48 \text{m}^2 * 0.15 \text{m} = 26.02 \text{m}^3.$$

Volumen de losas por Reparar

$$V = 173.48 * 0.10 = 17.35 \text{m}^3.$$

En este caso también se repara el espesor total de la losa, entonces los volúmenes totales serán:

$$V_m = 77.127 \text{m}^3 + 26.02 \text{m}^3 = 103.15 \text{m}^3 \text{ (material antes de hormigonar)}$$

$$V = 51.418 \text{m}^3 + 17.35 \text{m}^3 = 68.77 \text{m}^3 \text{ (volumen para hormigonar)}$$

$$\text{Costo de Reparación} = 290.697,34 \text{ Bs (Anexo C)}$$

4.6. OTROS DETERIOROS.

Surgencia de finos

<i>Tabla 4.8. Otros Deterioros (Surgencia de Finos)</i>						
<i>Tipo de Falla</i>	<i>Longitud (m)</i>	<i>Ancho "a" mm</i>	<i>Nº de Losa</i>	<i>Carril</i>		<i>Severidad</i>
				I	D	
Surgencia de Finos	2,12	<50	77-78	x		Baja
Surgencia de Finos	3,43	<50	79		x	Baja
Surgencia de Finos	6,9	<50	79-80	x	x	Baja
Surgencia de Finos	7,33	<50	111-112	x	x	Baja

Escalonamientos de Juntas.

<i>Tipo de Falla</i>	<i>Longitud (m)</i>	<i>h (mm)</i>	<i>Nº de Losa</i>	<i>Carri l</i>		<i>Severidad</i>	<i>Ob</i>
				I	D		
Escalonamiento de Junta Transversal	3,65	11,20 (-)	29-30		x	Alta	
Escalonamiento de Junta Transversal	3,14	13,99 (-)	45-46		x	Alta	
Escalonamiento de Junta Transversal	2,66	14 (-)	62-63		x	Alta	no
Escalonamiento de Junta Transversal	6,9	19,64 (-)	79-80	x	x	Alta	no
Escalonamiento de Junta Transversal	3,73	13,71(-)	88-89	x		Alta	
Escalonamiento de Junta Transversal	3,61	13,90 (-)	92-93		x	Alta	
Escalonamiento de Junta Transversal	3,68	10,13 (-)	96-97	x		Alta	no

Escalonamiento de Junta Transversal	3,88	24,40 (-)	106-107	x		Alta	
Separación de Junta Longitudinal	3,96		109			Alta	no

Las losas que tienen observación “no” significan que se solucionarían por otros métodos, ya que están en medio o en una junta donde se está haciendo la reparación total o parcial de dicha losa afectada.

Los escalonamientos entre las juntas 29-30, 45-46, 88-89, 92-93, 106-107 no se realizaría la solución que corresponde para dicho tipo de falla puesto que no justifica hacer un gasto elevado al inyectar las losas para elevarlas hasta hacer coincidir con la losa vecina. La otra solución para estos casos es hacer un cepillado pero tampoco justifica traer máquina para solucionar cinco juntas, además no se cuenta con este equipo en nuestro departamento.

4.7. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES PARA SUBRASANTE, SUBBASE Y BASE SEGÚN NORMAS DE LA ABC.

4.7.1. MATERIAL PARA SUBRASANTE.

Las especificaciones respecto al material de la subrasante son variantes en el nuestro medio aunque no existe una normativa nacional se especifica que el material de la subrasante debe tener un CBR > 3%

Se recomienda que el material que de la subrasante no sea un material orgánico ni de alta plasticidad como los A-6 y A-7 de la clasificación AASHTO.

Se recomienda que los materiales de la subrasante sean una mezcla de materiales granulares y cohesivos que le otorguen una buena capacidad portante como los materiales A-2(4) y A-2(6)

4.7.2. MATERIAL PARA SUBBASE.

En cuanto a las propiedades mecánicas, el material deberá tener un soporte CBR > 40% y la fracción gruesa deberá tener una resistencia al desgaste, medida por el ensaye de Los Ángeles de no más de 40%. Su índice de plasticidad deberá tener un máximo de 8% y un

límite líquido no mayor a 35. Dicho material deberá tener una gradación igual a TM-50a de la tabla 5.1, propuesta en el Manual de Ensayos de Suelos de la ABC

4.7.3. MATERIAL PARA BASE.

La granulometría del material de la base deberá ajustarse a una de las siguientes bandas TM-50b, TM-50c o TM-25 de la tabla 4.10. Su índice de plasticidad máximo será de 4%, salvo que el proyecto estipule otro valor, debidamente justificado, el que en ningún caso podrá exceder el 6%. Su límite líquido no debe exceder un 35%. En cuanto a las propiedades mecánicas, el material deberá tener un soporte CBR $\geq 80\%$.

Tabla 4.10 Bandas granulométricas para subbase, bases y capas de rodadura

TAMIZ		TM-50a	TM50b	TM-50c	TM-40a	TM-40b	TM-40c	TM-25
(mm)	(pulg)							
2"	50,80	100	100	100				
1 1/2"	38,90	-	70 - 100	-	100	100	100	
1"	25,40	55 - 100	55 - 85	70 - 100	70 - 100	80 - 100	80 - 100	100
3/4"	19,05	-	45 - 75	60 - 90	50 - 80	-	-	70 - 100
3/8"	9,50	30 - 75	35 - 65	40 - 75	25 - 50	50 - 80	50 - 80	50 - 80
Nº4	4,75	20 - 65	25 - 55	30 - 60	10 - 30	35 - 65	35 - 35	35 - 65
Nº 8	2,36	-	-	-	5 - 15	-	-	-
Nº 10	2,00	10 - 50	15 - 45	10 - 45	-	25 - 50	25 - 50	25 - 50
Nº 40	0,43	5 - 30	5 - 25	10 - 30	0 - 5	10 - 30	10 - 30	10 - 30
Nº 200	0,08	0 - 20	0 - 10	0 - 15	0 - 3	5 - 15	5 - 15	5 - 15

Fuente: Manual de Ensayos de Suelos de la ABC

4.8. COMPARACION DEL MATERIAL EXTRAIDO EN CAMPO CON NORMAS ESTANDARES DE LA ABC

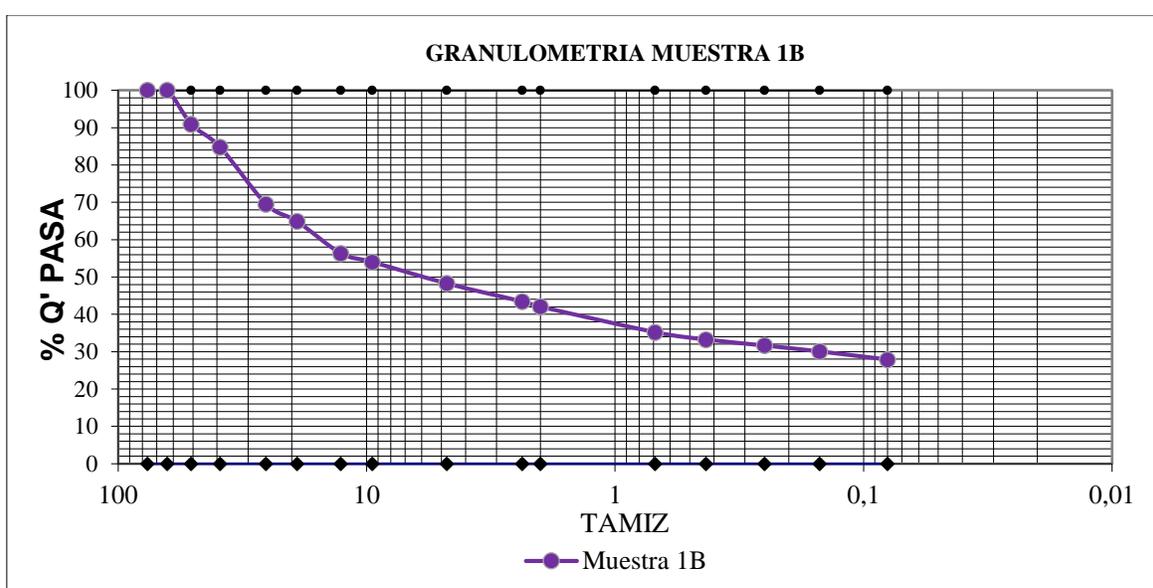
4.8.1. MUESTRA 1B. (SUBBASE)

Datos de Campo (Anexo D)

Tabla 4.11. Granulometría Muestra 1B

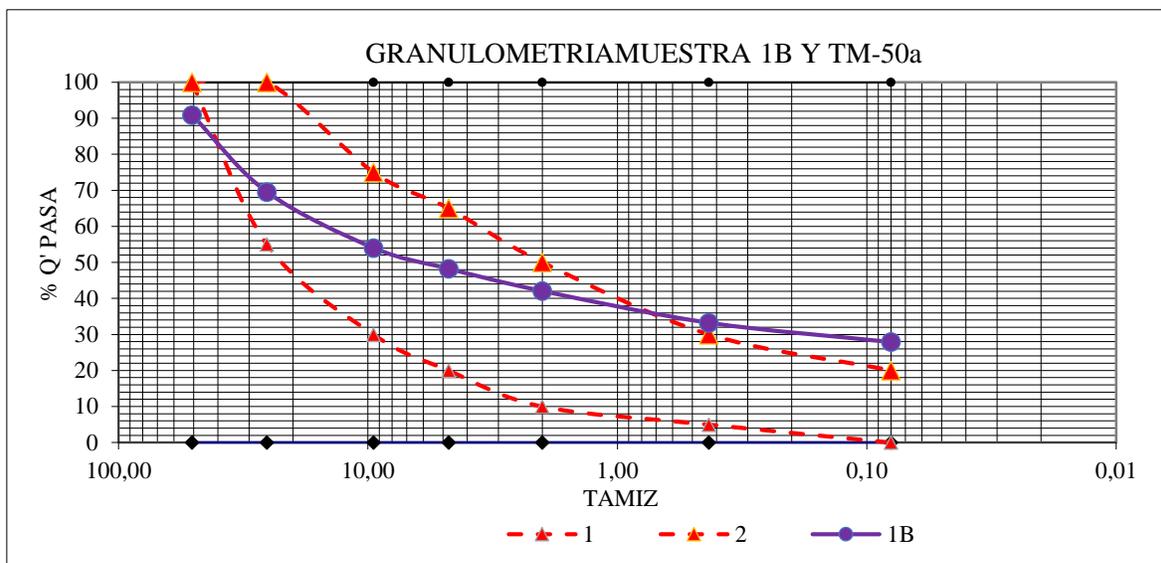
TAMIZ		1B
(Pulg)	(mm)	
3"	76,2	100
2 1/2"	63,5	100
2"	50,8	90,91
1 1/2"	38,9	84,76
1"	25,4	69,53
3/4"	19,05	64,89

1/2"	12,7	56,32
3/8"	9,5	54,02
Nº4	4,75	48,26
Nº 8	2,36	43,42
Nº 10	2	42,06
Nº 30	0,69	35,21
Nº 40	0,43	33,25
Nº 60	0,25	31,65
Nº 100	0,15	30,06
Nº 200	0,08	27,89



Comprobación de Granulometría: TM-50a.

TAMIZ		Muestra	TM -50a	
(pulg)	(mm)	1C	1	2
2"	50,80	94,13	100	100
1"	25,40	72,64	55	100
3/8"	9,50	55,62	30	75
Nº4	4,75	49,39	20	65
Nº 10	2,00	42,89	10	50
Nº 40	0,43	33,38	5	30
Nº 200	0,08	28,92	0	20



GRANULOMETRÍA PARA BANDA TM-50a NO CUMPLE...

Tabla 4.12. Cuadro Comparativo Subbase

MANUAL DE ENSAYOS DE SUELOS DE LA ABC					MUESTRA 1B (Anexo D)				
CAPA	LL	IP	CBR	SUELO		LL	IP	CBR	SUELO
				SI	NO				
Rasante			> 3%	A-2(4), A-2(6)	A-6,A-7				
Subbase	< 35	< 8	> 40%			31,39	13,79	62,38	TM-50a
Base	< 35	< 6	> 80%						
OBSERVACIÓN (CUMPLE, NO CUMPLE)						SI	NO	SI	NO

4.8.2. MUESTRA 1C. (SUBRASANTE)

Datos de Campo (Anexo D)

Tabla 4.13. Granulometría Muestra 1C

TAMIZ		Muestra
(pulg)	(mm)	
3"	76,2	100
2 1/2"	63,5	95,94
2"	50,80	94,13
1 1/2"	38,90	87,14
1"	25,40	72,64
3/4"	19,05	66,48
1/2"	12,70	58,33

3/8"	9,50	55,62
N°4	4,75	49,39
N° 8	2,36	43,23
N° 10	2,00	42,89
N° 30	0,69	35,38
N° 40	0,43	33,38
N° 60	0,25	31,93
N° 100	0,15	30,49
N° 200	0,08	28,92

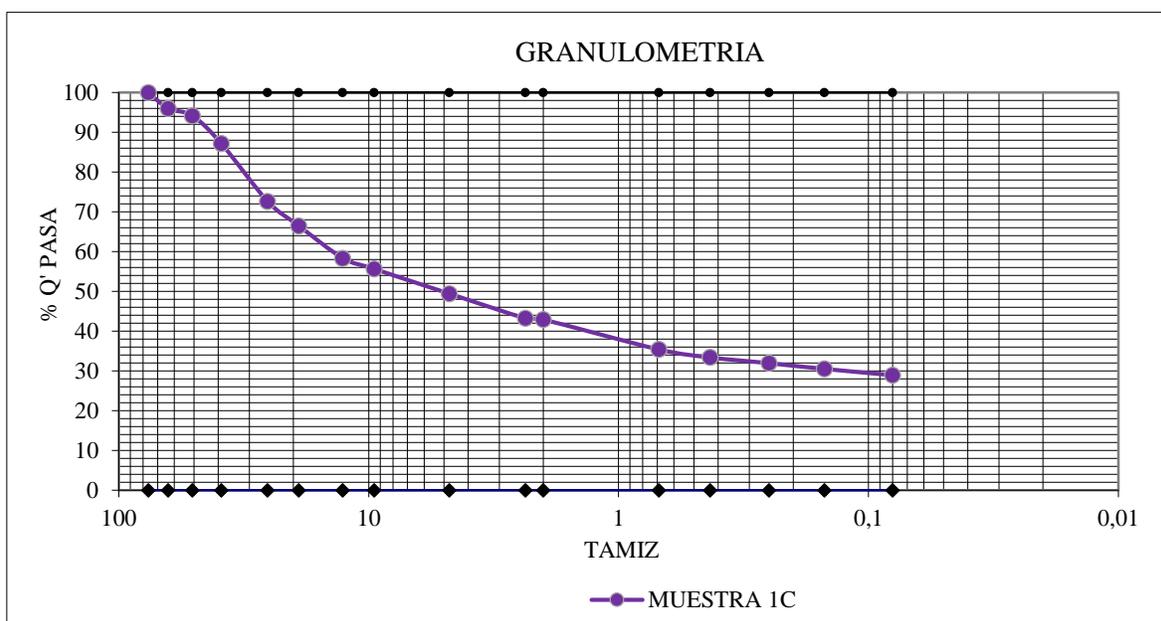


Tabla 4.14. Cuadro Comparativo muestra 1C

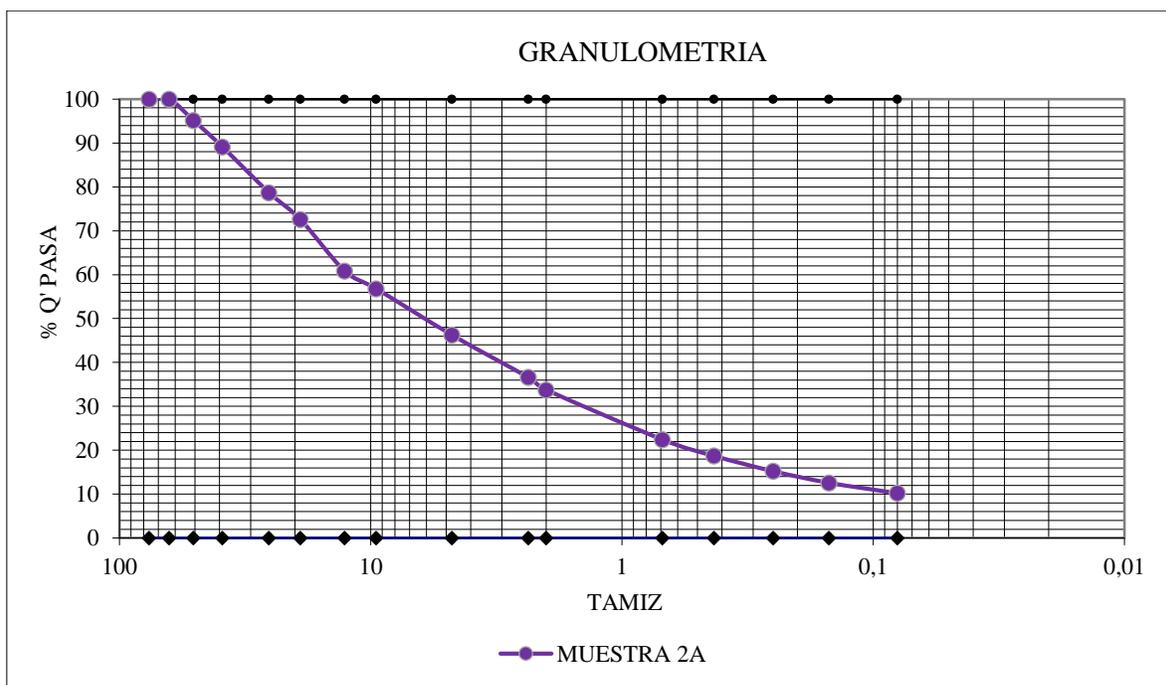
<i>MANUAL DE ENSAYOS DE SUELOS DE LA ABC</i>					<i>MUESTRA 1C (Anexo D)</i>				
<i>CAPA</i>	<i>LL</i>	<i>IP</i>	<i>CBR</i>	<i>SUELO</i>		<i>LL</i>	<i>IP</i>	<i>CBR</i>	<i>SUELO</i>
				<i>SI</i>	<i>NO</i>				
Rasante			> 3%	A-2(4), A-2(6)	A-6,A-7	19.82	5.47	54.11	A-2-4(0)
Subbase	< 35	< 8	> 40%						
Base	< 35	< 6	> 80%						
OBSERVACIÓN (CUMPLE, NO CUMPLE)						SI	SI	SI	SI

4.8.3. MUESTRA 2A. (SUBBASE)

Datos de Campo (Anexo D)

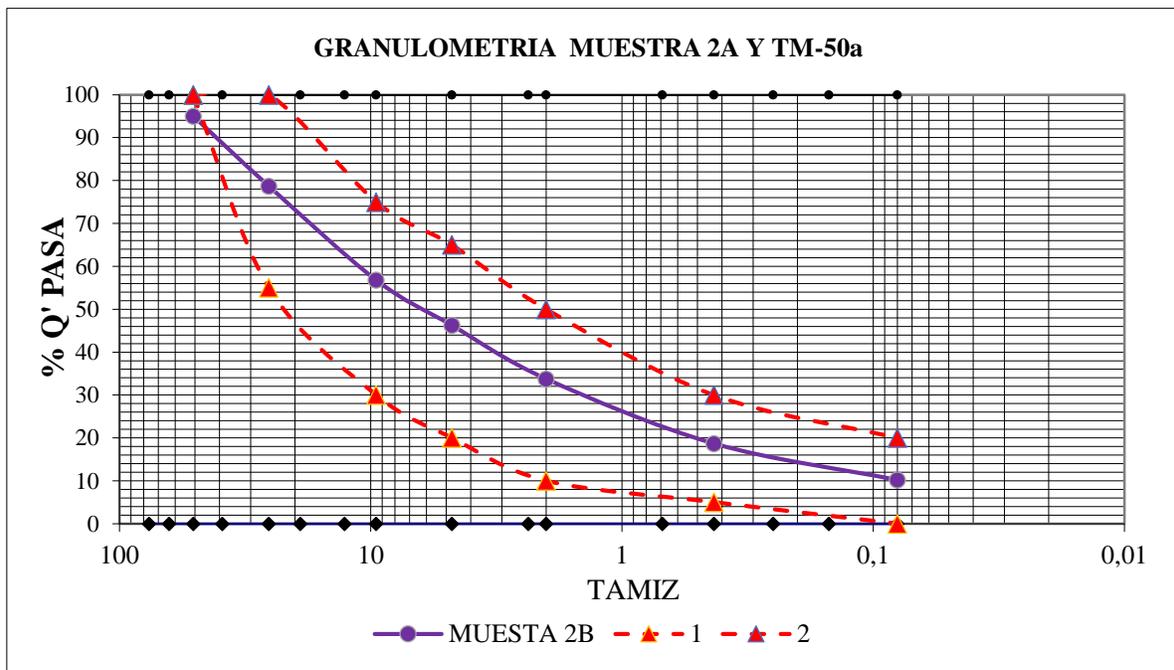
Tabla 4.15. Granulometría Muestra 2A

TAMIZ		Muestra
(pulg)	(mm)	2A
3"	76,2	100
2 1/2"	63,5	100
2"	50,80	95,16
1 1/2"	38,90	89,08
1"	25,40	78,67
3/4"	19,05	72,55
1/2"	12,70	60,83
3/8"	9,50	56,78
Nº4	4,75	46,25
Nº 8	2,36	36,6
Nº 10	2,00	33,76
Nº 30	0,69	22,43
Nº 40	0,43	18,71
Nº 60	0,25	15,23
Nº 100	0,15	12,58
Nº 200	0,08	10,21



Comprobación de Granulometría: TM-50a.

TAMIZ		Muestra 2A	TM-50a	
plg	mm		1	2
2"	50,80	95	100	100
1"	25,40	78,67	55	100
3/8"	9,50	56,78	30	75
N°4	4,75	46,25	20	65
N° 10	2,00	33,76	10	50
N° 40	0,43	18,71	5	30
N° 200	0,08	10,21	0	20



Este suelo si cumple con la granulometría establecida por la ABC

<i>MANUAL DE ENSAYOS DE SUELOS DE LA ABC</i>					<i>MUESTRA 2A (Anexo D)</i>				
<i>CAPA</i>	<i>LL</i>	<i>IP</i>	<i>CBR</i>	<i>SUELO</i>		<i>LL</i>	<i>IP</i>	<i>CBR</i>	<i>SUELO</i>
				<i>SI</i>	<i>NO</i>				
Rasante			> 3%	A-2(4), A-2(6)	A-6,A-7				
Subbase	< 35	< 8	> 40%			19.60	4.13	83.33	TM-50a
Base	< 35	< 6	> 80%						
OBSERVACIÓN (CUMPLE, NO CUMPLE)						SI	SI	SI	SI

La muestra 2A. Cumple con todos los requisitos que debe tener un suelo para ser usado como subbase.

4.8.4. MUESTRA 2B. (RASANTE)

Tabla 4.17. Cuadro Comparativo Muestra 2B

<i>MANUAL DE ENSAYOS DE SUELOS DE LA ABC</i>					<i>MUESTRA 2B (Anexo D)</i>				
<i>CAPA</i>	<i>LL</i>	<i>IP</i>	<i>CBR</i>	<i>SUELO</i>		<i>LL</i>	<i>IP</i>	<i>CBR</i>	<i>SUELO</i>
				<i>SI</i>	<i>NO</i>				
Rasante			> 3%	A-2(4), A-2(6)	A-6,A-7	23.84	3.10	77.25	A-1a(0)
Subbase	< 35	< 8	> 40%						
Base	< 35	< 6	> 80%						
<i>OBSERVACIÓN (CUMPLE, NO CUMPLE)</i>						SI	SI	SI	SI

EL material de la muestra 2B cumple con todas las condiciones de una subrasanate.

En vista que las características de las capas inferiores del pavimento son aptas para un nuevo diseño, y que a partir de un análisis económico, se vio conveniente realizar un nuevo diseño del pavimento y no así realizar solo las reparaciones del tramo estudiado puesto que la calle se encuentra y muy malas condiciones. Por esta situación se realizara el diseño del pavimento rígido del tramo en estudio.

4.9. MÉTODO AASHTO.

4.9.1. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO.

El método se basa en los resultados experimentales obtenidos vía tramos de prueba en Ottawa, y realizados por AASHTO. La dependencia de ese entonces fue la Highway Research Board, National Academy of Sciences, National Research Council, Washington 25, D.C.

La planeación de este proyecto data de 1951 y la construcción de los diferentes tramos comenzó en 1956. El objetivo principal de los tramos de prueba fue el de obtener relaciones y correlaciones confiables entre el comportamiento de pavimentos diseñados con los mismos criterios, apoyados en suelos similares y en condiciones de tránsito exactamente iguales. Las superficies de rodamiento construidas fueron:

Carpetas asfálticas.

Losas de concreto hidráulico sin reforzar.

Losas de concreto reforzadas de manera continua.

Se construyeron seis circuitos de prueba cerrados en sus extremos; cuatro de ellos alcanzaron una longitud de cinco kilómetros, mientras que los dos restantes fueron más cortos. De estos últimos, uno se planeó para estar sin tránsito y poder estudiar el impacto de las condiciones ambientales en las diferentes secciones de pavimento de prueba.

En todos los circuitos se establecieron pasadas de camiones con características y geometrías conocidas.

Estos materiales se dispusieron sobre bases y sub-bases de materiales bien controlados y espesores preestablecidos. En el caso de los pavimentos flexibles, estas dos capas fueron variables. En los rígidos se colocaron losas directamente en el terreno natural y en espesores variables de la capa sub-base granular. El control del tránsito sobre los pavimentos ya terminados se registró desde octubre de 1958 hasta noviembre de 1960. Los resultados de tales tramos de prueba se encuentran en informes especiales de esa época.

El comportamiento de todos los tramos de prueba se relacionó con las condiciones de servicio en las diferentes etapas del proyecto, tanto desde las condiciones iniciales como en las etapas intermedias de los tramos sujetos a las cargas repetidas producidas por el tránsito.

Se adoptó medir las condiciones de servicio clasificando la calidad de este último de acuerdo con una escala del 0 al 5, indicando este último número condiciones excelentes del pavimento. Este número fue entonces definido como Calificación Presente del Servicio, CPS.

A efecto de poder medir la influencia de las propiedades físicas y mecánicas de las capas que constituyen el pavimento en su comportamiento ante las cargas y condiciones ambientales, se realizaron correlaciones entre el CPS con las mediciones y observaciones físicas del pavimento. De esta manera se estuvo en condiciones de pronosticar las propiedades físicas

del pavimento en función del CPS. La predicción de esta última calificación, así obtenida se definió como Índice Presente de Servicio, IPS.

Al menos dos conclusiones se pueden enumerar de estos tramos de prueba:

- En todos los niveles de carga por tránsito, un mayor número de secciones de pavimento rígido se comportaron con buenos índices de servicio. Las secciones de pavimento flexible fallaron con bajos números de repeticiones. El índice de servicio de estas últimas secciones fue también muy bajo en la mayoría de los casos.
- El número de repeticiones de carga de diferente nivel aceptado por las secciones de pavimento rígido con un comportamiento adecuado es independiente de los espesores de la capa sub-base. Lo mismo puede decirse cuando el pavimento de concreto cuenta con refuerzo y cuando no. Según se observó en las pruebas, el refuerzo de secciones de concreto no tuvo mayor influencia en cuanto al número de repeticiones aceptadas por dichas secciones, para buenos índices de servicio.

Con base en estos tramos de prueba, se propuso la ecuación de diseño para pavimento rígido, la cual ha sido modificada desde el inicio de los años sesenta de acuerdo con las observaciones experimentales que han permitido eliminar algunos parámetros de diseño e introducir otros, a fin de tomar en cuenta las propiedades de concreto, las condiciones de apoyo y del tipo ambiental.

La siguiente relación es la utilizada en la última versión de la ecuación AASHTO, 1993.

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R * S_O + 7.35 * \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 * 10^7}{(D + 1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 * p_t) * \log_{10} \left[\frac{S'_c * C_d * (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 * J * \left[D^{0.75} - 18.42 * \left(\frac{E_c}{k} \right)^{0.25} \right]} \right]$$

Ecuación 4.1

Donde:

W_{18} = Número de cargas de 18 kips (80KN) previstas

Z_R = Abscisa correspondiente a un área igual a la confiabilidad R en la curva de distribución normalizada.

S_o = Desvió estándar de todas las variables

D = Espesor de la losa del pavimento, en pulg.

ΔPSI = Pérdida de servicialidad prevista en el diseño.

p_t = Servicialidad final

S'_c = Módulo de rotura del hormigón, en psi

J = Coeficiente de transferencia de cargas.

C_d = Coeficiente de drenaje.

E_c = Módulo de elasticidad del hormigón, en psi.

k = Módulo de reacción de la subrasante (coeficiente de balasto), en psi/pulg.

Esta ecuación se resuelve a través de un nomograma, tal como se muestra en la Figura (4.11).

En la actualidad existen programas de cómputo que resuelven tanto esta ecuación como la correspondiente a la de los pavimentos flexibles, siguiendo este mismo criterio.

Las consideraciones de diseño de este método son las siguientes:

Comportamiento del pavimento:

Funcional

Estructural

Seguridad

El primero de ellos se refiere a la seguridad y comodidad con que el pavimento sirve al usuario, es decir la comodidad con que el usuario circula y la seguridad que le ofrece la superficie de rodamiento. A partir de los tramos de prueba a que se hace referencia en párrafos anteriores, se introdujo el concepto de servicialidad comportamiento. Este concepto queda definido por la calificación, del 1 al 5, que se le asigne a la superficie de rodamiento por consenso de usuarios. De esta manera, el Índice de Servicio, IS, puede establecerse a partir de relacionar medidas subjetivas con medidas o características físicas tales como textura, rugosidad, fisuramiento y/o agrietamiento de la superficie de rodamiento. Todo ello contribuye a clasificar el pavimento entre la escala a la que se ha hecho referencia.

El Índice de Servicio Inicial se establece como la condición original del pavimento, es decir, corresponde a un valor del IPS. mayor. Obviamente al final le corresponde el valor menor o un nivel de rechazo. En sus tramos de prueba, AASHTO estableció como valores iniciales deseables del índice de Servicio de 4.2 y 4. para los pavimentos flexible y rígido, respectivamente. El Índice de Servicio Final o de rechazo queda definido como aquel estado superficial del pavimento en donde existen ya muchas quejas del usuario y en donde el pavimento ya no cubre las expectativas de comodidad y seguridad para las que fue diseñado.

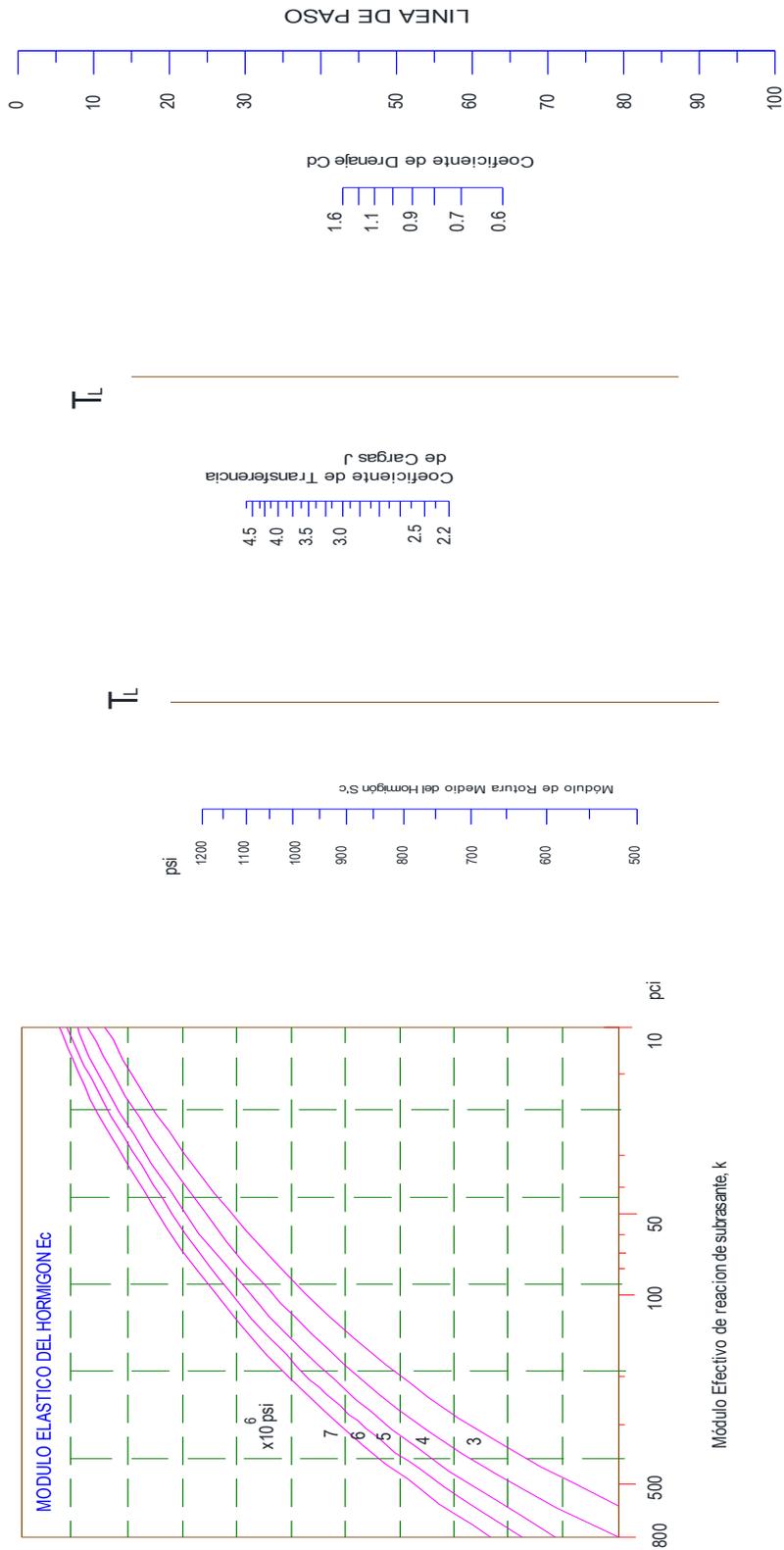
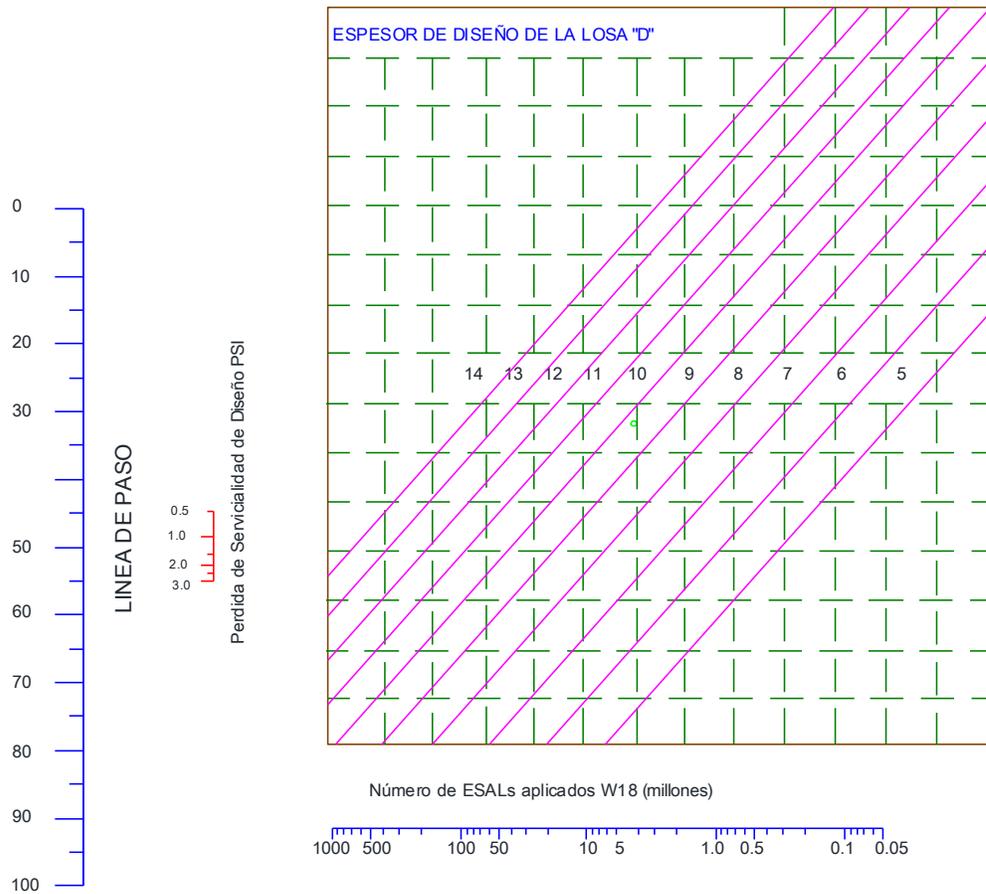


Figura 4.11 (a). Nomograma de diseño para pavimentos rígidos, utilizando valores medios en todas las variables (AASHTO, 1986)



T_L

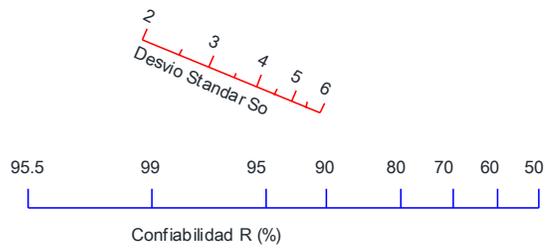


Figura 4.11 (b). Nomograma de diseño para pavimentos rígidos, utilizando valores medios en todas las variables (AASHTO, 1986)

4.9.2. FACTORES DE DISEÑO.

4.9.2.1. TRÁNSITO.

Como sucede en prácticamente todos los métodos, para cuestiones de diseño es necesario distribuir el tránsito lo más apegado a la realidad que sea posible, así como sus tasas de crecimiento probables.

Como ya se mencionó anteriormente, una característica principal de este método es la transformación de las cargas de ejes de todo tipo de vehículos a cargas por ejes sencillos equivalentes de 18 Kips de peso, comúnmente denominados ESAL's, por sus siglas en inglés. Los pesos en ejes de automóviles y camiones pesados se transforman a ejes sencillos equivalentes normalizados (ESAL's), de esta manera se homogeneizan o normalizan todos los ejes de una distribución de tránsito particular. Con el fin de lograr este objetivo se utilizan factores de equivalencia para cada peso de eje. Dichos factores son relativamente similares en concepto a los coeficientes de daño utilizado en los criterios de análisis de pavimentos flexibles.

Los valores de dichos factores se encuentran tabulados de acuerdo con el tipo de eje, su peso, y en función del espesor de la losa, en el caso de los pavimentos rígidos.

En el capítulo correspondiente a tránsito, se describió en detalle las formas para caracterizar las cargas vehiculares, ya sea mediante el peso de llantas simples o mediante ejes estándar sencillos equivalentes de 8.2 ton o ESAL's.

En el caso de pavimentos urbanos, es admisible realizar una transformación simplificada de tránsito. Según este enfoque, basándose en información limitada en cuanto a volúmenes y patrones de distribución vehicular en algunas ciudades de la Unión Americana, el tránsito comercial pesado diario que utiliza las diferentes categorías de vialidades se transforma a ejes sencillos equivalentes de 8.2 ton.

Para proyectos pequeños y aun para dar una idea de los volúmenes de tránsito vehicular, se puede usar la tabla 4.12. Obtenida a partir de estudios recabados en E.U.A., y para

periodos de diseño de 20 a 50 años, se pueden obtener para cada una de las categorías de vialidades, los ESAL's de diseño en zonas urbanas.

Tabla 4.12 Número total de ejes sencillos equivalentes (ESAL`s) para diseño							
				ESAL's totales, en miles			
Clasificación	TPD en ambas direcciones	Nº de cajones	VCPD Nº por día	20 años	30 años	40 años	50 años
Residencial/ Colectoras 0,20 (ESAL's/VCPD)	200 - 1500	20 - 300	03--23	2 -- 17*	3 -- 25	4 -- 34	5 -- 42
Colectoras 0,20 (ESAL's/VCPD)	2000 - 6000		80 - 240	58 - 175	88 -268	117 - 350	146 - 438
Arterias secundarias 0,25 (ESAL's/VCPD)	3000 - 7000		300 - 700	274 - 639	411 - 958	548 - 1278	684 - 197
Arterias 0,33 (ESAL's/VCPD)	6000 - 13000		360 - 780	434 - 940	650 - 1409	867 - 1879	1084 - 2349
Arterias principales 0,40 (ESAL's/VCPD)	14000 - 28000		700 - 1400	1200 - 2044	1533 - 3066	2044 - 4088	2555 - 5110
Áreas de negocios 0,35 (ESAL's/VCPD)	11000 - 17000		400 - 680	563 - 396	843 - 1303	1124 - 1737	1304 - 2172
Industrial 0,38 (ESAL's/VCPD)	2000 - 4000		350 - 700	485 - 971	728 - 1456	971 - 1942	1214 - 2427

**Ejemplo: 0,23 (VCPD) x 0,50 (tráfico en una dirección) x 0,20 (coeficiente ESAL's/VCPD) x 365 (los días del año) x 0,20 años = 16,790 (es el total de ejes estándares sencillos equivalentes o ESAL's de diseño)*

Fuente: "Municipal Concrete Pavement Manual, Guide Specifications and Desing Standards", publicación de la American Concret Pavement Association

A continuación se describe cada una de las categorías:

- Calles residenciales pequeñas o locales: Son calles cortas con 20 ó 30 casas. Su volumen de tránsito es bajo, con menos de 200 vehículos por día, con 1 a 2 % de vehículos comerciales pesados (camiones de 2 ejes, seis llantas o más pesados). El eje sencillo más pesado es de 9 ton, y el de tándem más pesado, de 16 ton.

- Calles residenciales: El mismo tránsito para calles residenciales pequeñas, pero con un mayor número de cajones de estacionamiento o casas (hasta 140). Los vehículos por día pueden llegar a 700, también con 1 al 2 % de vehículos pesados.
- Calles residenciales colectoras: son aquéllas que captan todo el tránsito de las calles residenciales locales y lo conducen a vialidades primarias o colectoras principales. Son vialidades más grandes y pueden dar servicio hasta a 300 casas o más. Los volúmenes de tránsito pueden fluctuar entre 700 a 1,500 vehículos por día, también con porcentajes de 1 al 2 % de tránsito pesado.
- Calles colectoras: son aquéllas que captan el tránsito de varias áreas y pueden tener longitudes apreciables. Los camiones pesados y vehículos de transporte público las utilizan en sus rutas. El número de vehículos diarios puede fluctuar entre 2,000 y 6,000, con tránsito pesado entre 3 a 5 %. Las cargas máximas por eje sencillo pueden llegar a 10.9 ton, y en tándem a 17.2 ton.

4.9.2.2. SUELO DE CIMENTACIÓN.

Uno de los parámetros del suelo de apoyo utilizado para el diseño de pavimentos flexibles es el módulo de resiliencia, M_R . Este parámetro se obtiene en condiciones elásticas del suelo, que son las que rigen en campo (cargas repetidas). Se recomienda que su obtención en laboratorio se haga mediante la prueba AASHTO T274; sin embargo, y dado que para el diseño de pavimento rígido se emplea el módulo de reacción de la capa de apoyo, “k”, es usual correlacionar M_R con k. A continuación se muestran algunos valores típicos de k para diferentes suelos:

Tipo de suelo	Resistencia de la capa subrasante	k en kpc/cm	Módulo de elasticidad dinámico o de resiliencia, en Mpa.	En kg/cm²
Limos y arcillas de alta comprensibilidad	Muy baja	135 - 270	6,9 - 13,11	<3
Suelos finos de baja comprensibilidad	Baja	270 - 405	13,1 - 20	3 - 5,5
Arenas poco limosas arcillosas mal graduadas	Media	405 - 594	20 - 30	5,5 - 12
Gravas, arenas bien graduadas y mezclas de arena y grava con pocos finos	Alta	594 - 675	30 - 33,5	> 12

Fuente. (IMCYC) GUIA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS RIGIDOS. 1997

Alta Compresibilidad para $LL \geq 50\%$

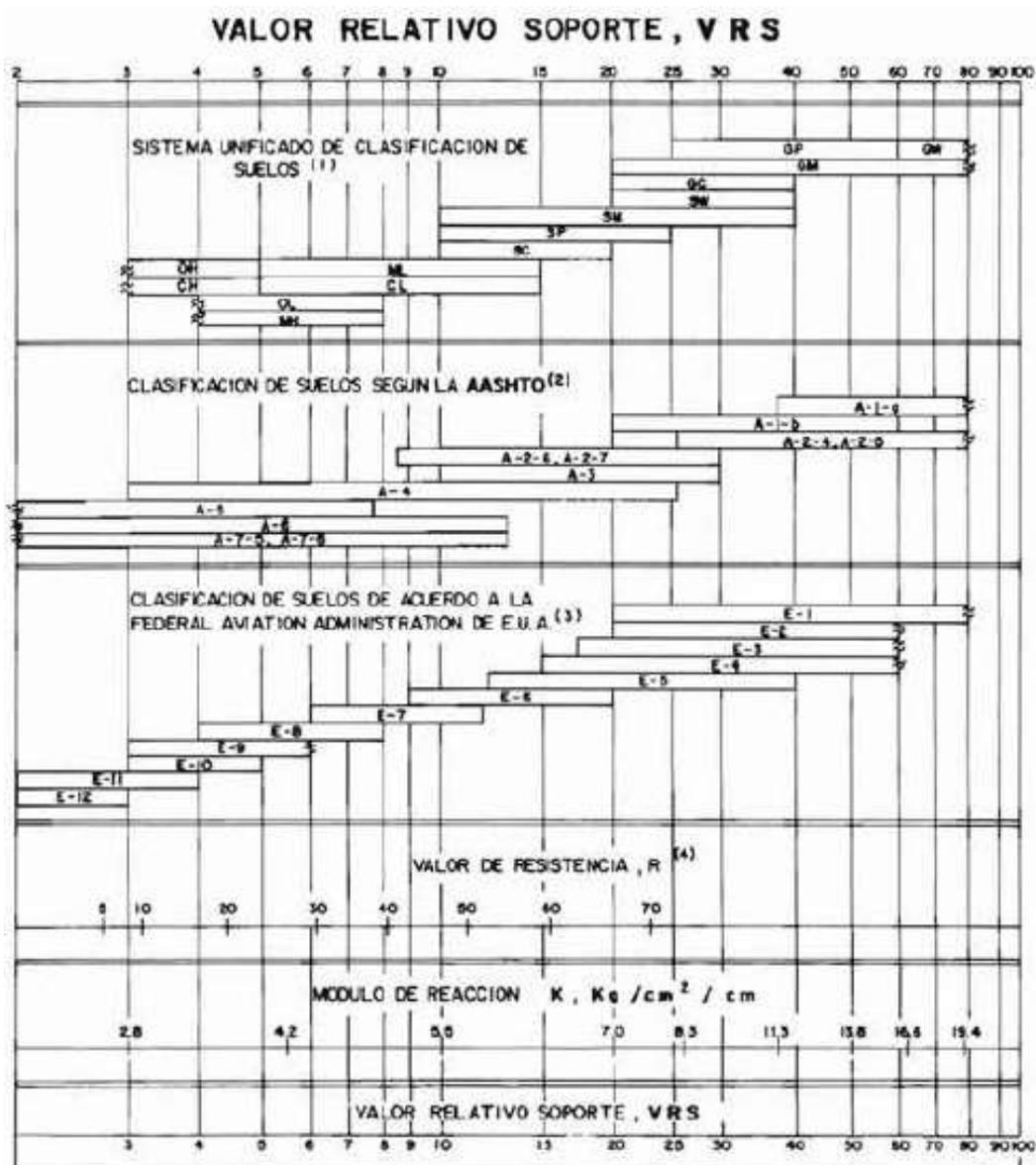
Baja Compresibilidad indica $LL < 50\%$

LL = Límite líquido, según la ASTM D-423

Dado que el valor de k depende también de las variaciones estacionarias según la época del año y de las condiciones de drenaje, el método propone utilizar un valor corregido para tomar en cuenta la interacción del suelo de cimentación con la capa sub-base que recibe a la losa. Cuando se tengan evidencias de que las condiciones de apoyo puedan variar, principalmente por grados de saturación cambiantes, como puede ser por lluvia, variaciones estacionales de niveles freáticos, etc., se deberá preparar una tabla para valores corregidos de k, tal como lo propone la AASHTO. Sin embargo, esta corrección está en función de los módulos de resiliencia de los suelos y, como se sabe, esta prueba, por su laboriosidad, en ocasiones inhibe los cálculos más rigurosos del k corregido.

Para tomar en cuenta la interacción de las capas con diferentes rigideces que componen al cuerpo del pavimento, es recomendable usar en las cartas de diseño un k combinado, tal como se obtiene de la Fig.4.13.

También se puede usar la correlación aproximada entre módulos de reacción y valores del Valor Relativo Soporte (VRS o CBR) para diferentes suelos Figuras 4.14 y 4.15



- (1) DESIGNACION ASTM D2487
- (2) "CLASSIFICATION OF HIGHWAY SUBGRADE MATERIALS", HIGHWAY RESEARCH BOARD PROCEEDINGS OF THE TWENTY -FIFTH ANNUAL MEETING, 1945, VOL 25, PAGES 376-372
- (3) AIRPORT PAVING, US DEPARTMENT OF COMMERCE, FEDERAL AVIATION AGENCY, MAY 1948, PAGINAS 11-16 ESTIMADOS A PARTIR DEL MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA AEROPUERTOS, DE LA FAA, ANTERIORMENTE SE USO LA CLASIFICACION DE LA FAA AHORA SE UTILIZA EL SUCS.
- (4) C.E.WARNES, "CORRELATION BETWEEN R VALUE AND K VALUE", REPORTE NO PUBLICADO DE LA PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, RCKY MOUTAIN - NORTHWEST REGION, OCTUBRE DE 1971 (CORRELACION CON CORRECCION POR SATURACIÓN).

Figura 4.14 Correlaciones entre resistencia y tipo de suelos

EJEMPLO 8

$D_{SB} = 15 \text{ cm.}$
 $E_{SB} = 1,406 \text{ Kg/cm}^2$
 $M_R = 492 \text{ Kg/cm}^2$
 SOLUCION : $K_{\infty} = 11 \text{ Kg/cm}^3$

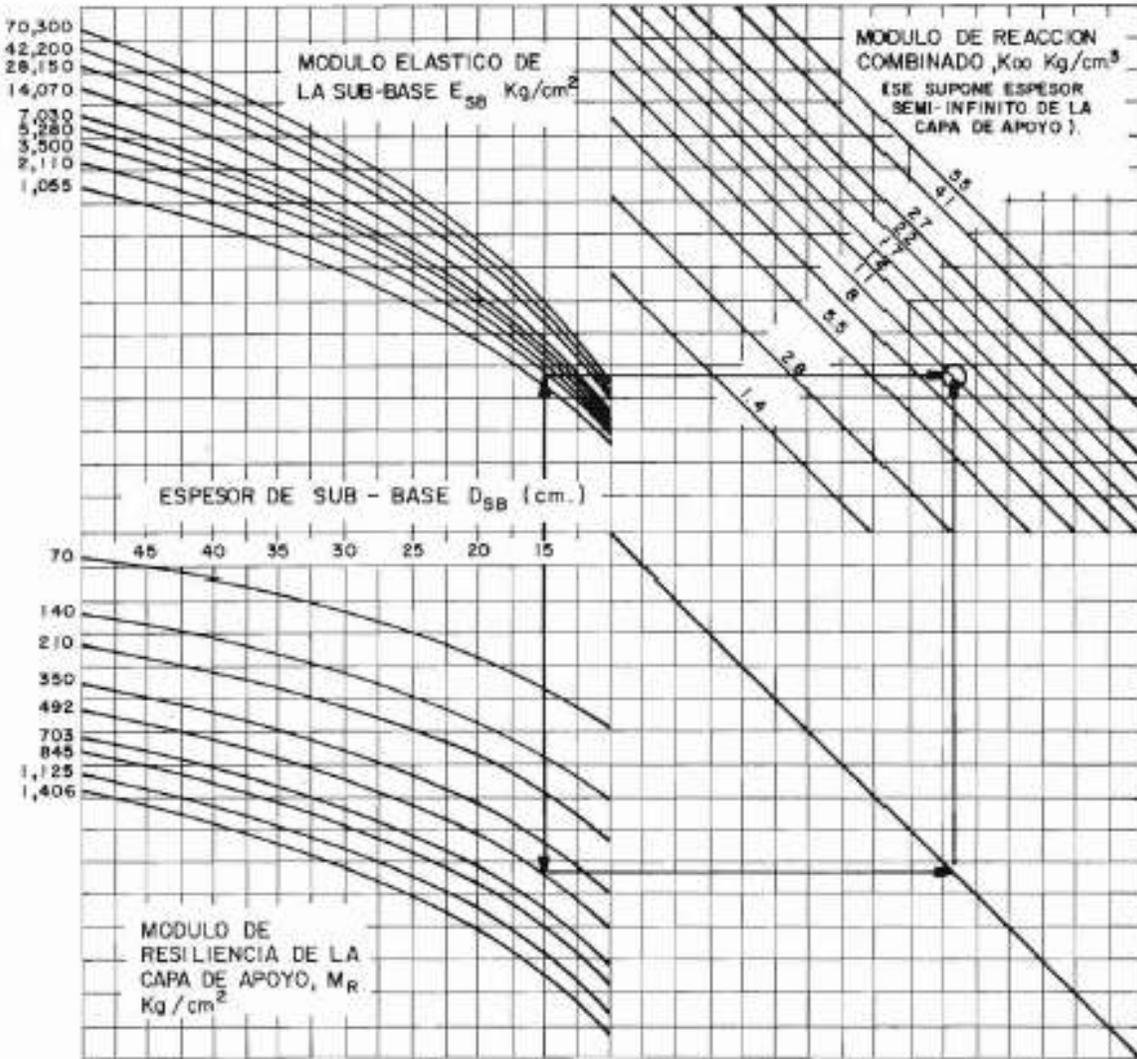


Figura 4.15. Carta para estimar módulo de reacción compuesto k_{∞} , suponiendo un espesor semi-infinito de la capa de apoyo. (Para propósitos prácticos, una profundidad semi-infinita se considera ser más grande que 3m bajo la superficie de apoyo). Fuente Manual de diseño de la AASHTO

4.9.2.3. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.

Las particularidades en materiales para la construcción serán función del tipo de pavimento, rígido.

En general, cuando las características del tránsito, y del suelo de cimentación así lo ameriten, las bases podrán ser tratadas a base de: cemento, cal, cemento-ceniza volante, cal-ceniza.

4.9.2.4. CONDICIONES AMBIENTALES.

- Temperatura
- Lluvia
- Drenaje

Estos factores se involucran en el método de diseño, ya que, dependiendo de la facilidad con que pueda salir el agua de las capas que conforman el pavimento, el comportamiento y los cambios de las características físicas y mecánicas se verán más o menos afectados. El término drenaje a que se alude aquí es aquél con que cuentan las capas para liberar el agua libre entre sus granos (no se trata del "bombeo" superficial de la carretera). Los pavimentos con drenaje pobre en regiones áridas se comportarán igual que aquellos diseñados para buen drenaje en localidades lluviosas.

Este criterio de diseño AASHTO delinea algunas ideas prácticas respecto a las diferentes calidades de drenaje:

Drenaje excelente: el suelo libera el 50 %de su agua libre en dos horas.

Buen drenaje: el suelo libera el 50 %de su agua libre en un día.

Drenaje regular: el suelo libera el 50 %de su agua libre en siete días.

Drenaje pobre: el suelo libera el 50 %de su agua libre en un mes

Drenaje muy pobre: el suelo no drena

El coeficiente de drenaje que se emplea en el diseño, C_d , para el caso de los tramos de prueba a que se hizo referencia fue de **1.0**, y no tiene impacto en los espesores de pavimento.

Valores mayores de tal coeficiente indican buen drenaje y reducen el espesor del pavimento o aumenta el número de ejes equivalente, E-18's que el pavimento puede soportar manteniéndose en condiciones aceptables.

Por el contrario, con valores de C_d menores a la unidad se requieren espesores mayores y se reduce el número de E-18's que el pavimento puede soportar en condiciones satisfactorias.

A continuación, se tabulan los valores recomendados por la AASHTO para C_d aplicables a pavimentos rígidos:

Tabla 4.16. Valores recomendables del coeficiente de drenaje para el diseño de Pavimento rígidos

Calidad del drenaje	Porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta e niveles de humedad cercanas a la saturación			
	Menos que 1 %	1 - 5 %	5 - 25%	Más del 25%
Excelente	1,25 - 1,20	1,20 - 1,15	1,15 - 1,10	1,1
Bueno	1,20 - 1,15	1,15 - 1,10	1,10 - 1,00	1
Regular	1,15 - 1,10	1,10 - 1,00	1,00 - 0,90	0,9
Pobre	1,10 - 1,00	1,00 - 0,90	0,90 - 0,80	0,8
Muy pobre	1,00 - 0,90	0,90 - 0,80	0,80 - 0,70	0,7

Fuente. (IMCYC) GUIA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS RIGIDOS. 1997

4.9.2.5. NIVEL DE CONFIANZA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR

De todos los parámetros de diseño, quizá éste sea el que tiene mayor impacto en el dimensionamiento de los pavimentos rígidos.

La confiabilidad en este criterio de diseño se define como por la probabilidad de que el sistema de pavimento se comporte de manera satisfactoria durante toda su vida de proyecto bajo las sollicitaciones de carga. Otra manera de interpretar este concepto sería aquella que la probabilidad de que los problemas de deformación y resistencia estén por abajo de los permisibles durante la vida de diseño del pavimento. El valor usado en diseño se tendrá que elegir tomando en cuenta la importancia del camino, la confiabilidad de todos los parámetros de resistencia de cada una de las capas, así como la predicción del tránsito de diseño.

En la Figura 4.16. se presenta una esquematización del comportamiento real de un pavimento y la curva de diseño propuesta por la AASHTO según los resultados obtenidos en los tramos experimentales. Se relacionan los Índices de Servicio para los correspondientes tránsitos (números de ejes sencillos equivalentes de 8.2 ton, o ESAL's). La curva de diseño representa un nivel de confianza de 50 %, o dicho en otros términos un factor de seguridad de 1.

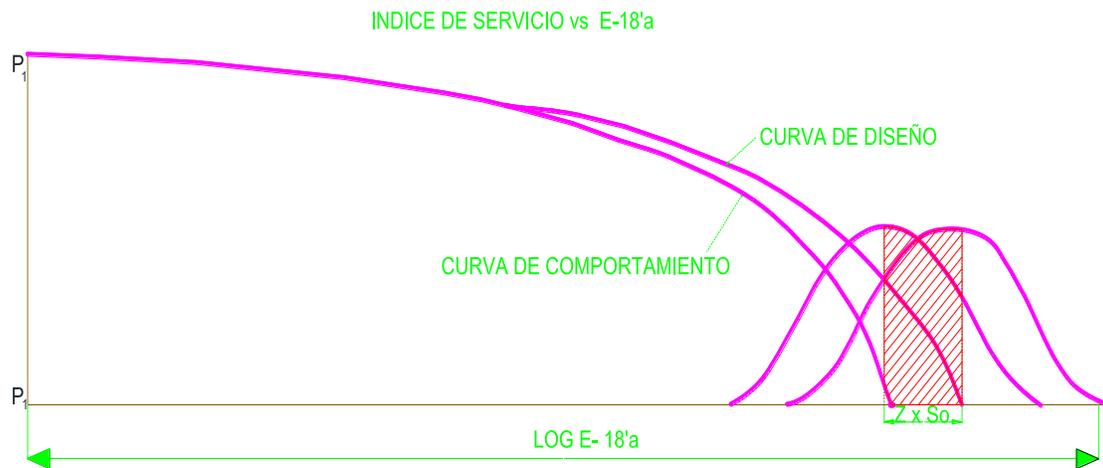


Figura 4.16. Comparación entre la curva de comportamiento y la de diseño para un pavimento en particular, como función del tráfico y del índice de servicio

Se observa que las dos curvas no tienen necesariamente que coincidir, salvo en forma. La razón de esa falta de coincidencia se debe a los errores asociados a la ecuación de comportamiento propuesta y a los errores o dispersiones de la información con que se calculó el dimensionamiento del pavimento. Por esta razón, la AASHTO decidió adoptar criterios estadísticos, específicamente un enfoque regresional, para ajustar las dos curvas. De esta forma, tales errores se representan mediante una desviación estándar, So, para conciliar los dos comportamientos.

El factor de ajuste entre las dos curvas se define como el producto de la desviación normal, Zr, por la desviación estándar. De esta manera Zr representa la cantidad de ajuste, tal como se indica en la Fig.4.16. Se pueden utilizar las curvas de desviación normales para obtener Zr representativos, de manera que los porcentajes especificados del área sean cubiertos

por las curvas. Los porcentajes de área cubierta hacia la parte derecha del valor de ajuste es por definición el nivel de confianza.

Por ejemplo, para un valor de $Z_r = 0.0$ se tiene que el nivel de confianza es del 50 %, ya que para tal valor el porcentaje del área a la derecha del valor medio, X_m , es justamente el 50%. Para valores mayores de los niveles de confianza, por ejemplo el 90%, entonces se escogerá un valor de Z_r de forma tal que el 90% del área de distribución normal quede a la derecha de tal valor Z_r .

En las curvas de diseño que se presentan más adelante, se han utilizado los siguientes valores para Z_r y la confiabilidad:

Confiabilidad	Z_r
50	0
80	0.841
95	1.645

Fuente. (IMCYC) GUIA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS RIGIDOS. 1997

En este método, una vez asignado un nivel de confianza y obtenido un diseño, éste último deberá ser corregido por dos tipos de incertidumbre: la confiabilidad de los parámetros de entrada, y por otro lado las propias de las ecuaciones de diseño desarrolladas y basadas en los tramos de prueba, como ya se explicó anteriormente.

Para ese fin se introdujo un factor de corrección que toma en cuenta tales aspectos. Tal factor tiene la forma de una desviación estándar. En manera resumida y simple, este factor representa la cantidad de datos dispersos dentro de los cuales pasa la curva real del comportamiento de la estructura. El rango típico sugerido por AASHTO se encuentra entre:

$$0.30 \leq S_o \leq 0.40 \text{ Para pavimentos rígidos}$$

Se enumeran a continuación valores recomendables para el índice de confianza, en función de la importancia del camino o vialidad (ver tabla 4.18).

Tabla 4.18. Valores recomendables del nivel de confianza atendiendo al tipo de camino		
Tipo de camino	Zonas Urbanas	Zonas Rurales
Autopistas	85 - 99,9	80 - 99,99
Carreteras de primer orden	80 - 99	75 - 99
Carreteras secundarias	80 - 95	75 - 95
Caminos vecinales	50 - 80	50 - 80

Fuente. (IMCYC) *GUÍA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS*. 1997

4.9.2.6. RESISTENCIA DEL CONCRETO.

La caracterización del concreto a emplear será a través de la resistencia a la flexión o módulo de ruptura. Este valor deberá ser el medio obtenido a los 28 días, utilizando una viga simple con carga en los tercios del claro. (AASHTO T-97, ASTM C78) Debido al carácter estadístico de la ecuación para el dimensionamiento de pavimentos rígidos, y a que se introduce el término confiabilidad dentro de la ecuación, la AASHTO recomienda que no se utilice como dato de entrada el valor indicado en el proyecto del módulo de ruptura, M_r o S^c . Esto se debe a que en el campo se deben tener resistencias iguales o mayores que la especificada. Sólo un pequeño porcentaje quedará por debajo de este valor.

Así las cosas, en su lugar se debe emplear uno ajustado que tome en cuenta las desviaciones estándar y los porcentajes típicos de valores inferiores de M_r que se estime se vayan a obtener en la realidad. Para este propósito se deberán contar con datos y registros de otras obras, a fin de que estos ajustes sean lo más representativos posible. Para obtener el valor medio de M_r a ser utilizado en la ecuación de diseño se debe emplear la siguiente ecuación.

$$Mr_{medio} = Mr_e + z(So \cdot Ds) \text{ Ecuación 4.2}$$

Mr_{medio} = Valor medio del módulo de ruptura del concreto kg/cm^2

Mr_e = Resistencia a la flexión (módulo de ruptura) especificada en proyecto, kg/cm^2

$(So \cdot Ds)$ = Valor estimado de la desviación estándar del Mr en kg/cm^2

z = Desviación normal correspondiente al porcentaje de resultados que pueden ser menores a la resistencia especificada

El valor $So \cdot Ds$ depende de la consistencia con que la planta productora fabrique el concreto. En la tabla siguiente se presentan algunos valores típicos de z

Tabla 4.19 Valores Típicos de z	
z	%de especímenes por debajo del valor especificado
0.841	20
1.037	15
1.282	10
1.645	5
2.327	1

Fuente. (IMCYC) GUÍA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS RIGIDOS. 1997

El valor de $So \cdot Ds$ puede establecerse en aquellos casos en los que se cuente con experiencia documentada de producciones históricas de la planta premezcladora que suministre el concreto en una ciudad dada.

Con lo anterior, y conociendo el valor de Mr por especificación, el valor de (Mr) medio para diseño o para emplear en el nomograma será ligeramente mayor, dependiendo el incremento del porcentaje esperado de muestras o concretos con resistencias inferiores a lo especificado.

4.9.2.7. JUNTAS.

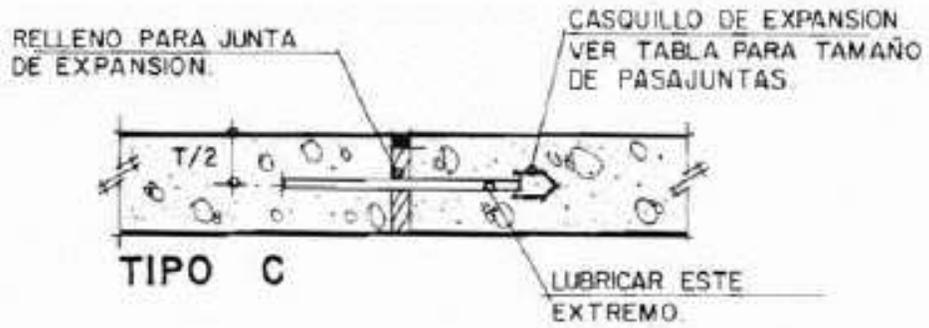
Otra de las necesidades comunes en el proyecto y construcción de pavimentos rígidos son las juntas. Estas, según se vio, se clasifican en:

- Transversales de contracción
- Transversales de construcción
- Transversales de expansión
- Longitudinales de contracción
- Longitudinales de construcción

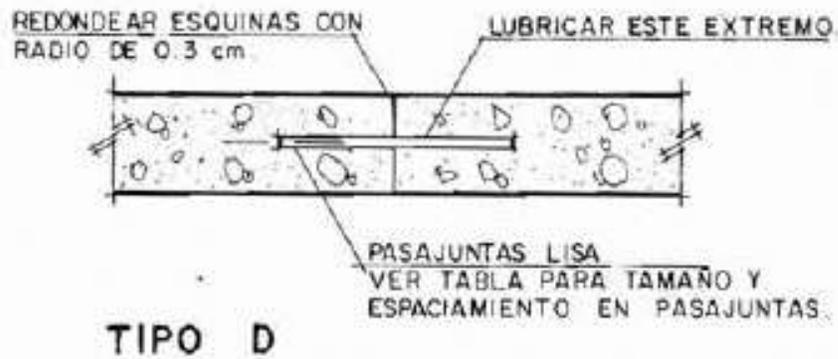
Ejemplo de ellas se ilustran en las Figs. 4.17 y 4.18. En general un pavimento podrá diseñarse con juntas con o sin pasajuntas. Por lo general ello estará en función del tipo de estructura deseada, el tipo de tránsito y las condiciones ambientales. En general se recomienda el empleo de pasajuntas para tránsitos intensos y pesados; y para ello es usual emplear varilla lisa de 1^{1/4}" y 1^{1/2}" de diámetro. Este mecanismo de carga es mencionado en forma explícita en el diseño de AASHTO mediante los valores recomendados del factor J, tal como se define en este criterio. Ver tabla 4.20

Tabla 4.20 Coeficientes de transferencia de carga							
Millones de ejes equivalentes	Con pasajuntas y reforzada con malla		Junta sin pasajunta (fricción entre agregados)		Con refuerzo continuo		Tipo de pavimento
	No	Si	No	Si	No	Si	
Hasta 0,30	3,2	2,7	3,2	2,8	-	-	Calles y caminos vecinales
0,30 - 1	3,2	2,7	3,4	3	-	-	
1 a 3	3,2	2,7	3,6	3,1	-	-	
3 a 10	3,2	2,7	3,8	3,2	2,9	2,5	Caminos principales y autopistas
10 a 30	3,2	2,7	4,1	3,4	3	2,6	
más de 30	3,2	2,7	4,3	3,6	3,1	2,6	

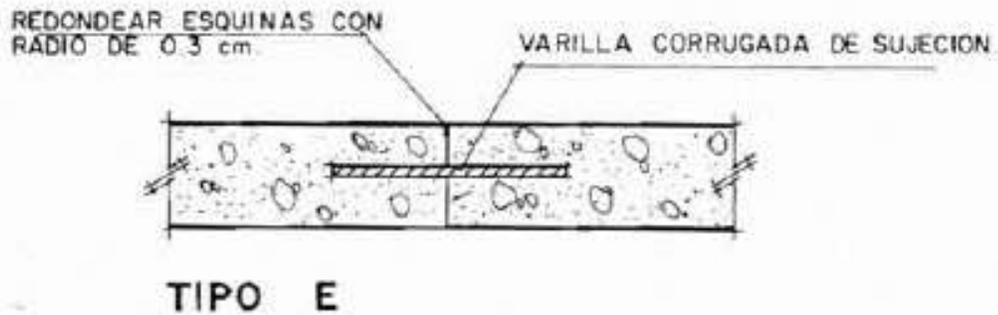
Fuente. (IMCYC) GUIA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS RIGIDOS. 1997



JUNTA DE EXPANSION



JUNTA TRANSVERSAL DE CONSTRUCCION



JUNTA TRANSVERSAL DE CONSTRUCCION SUJETADA

Figura 4.17. Junta transversal de construcción

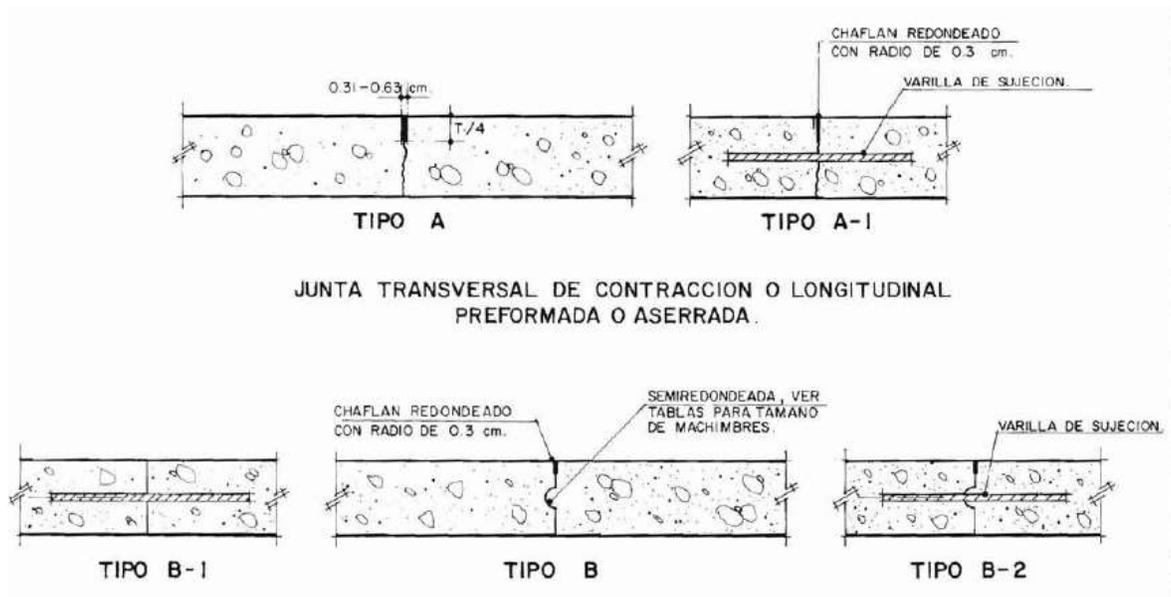


Figura 4.18 Junta longitudinal de construcción

El factor J representa la cantidad de transferencia de carga que se espera a lo largo de la junta para un periodo de diseño particular de pavimento.

4.9.3. DISEÑO GEOMÉTRICO.

4.9.3.1. CRITERIOS GENERALES.

Pavimentos urbanos

- Rasante longitudinal: la elevación mínima respecto a la del proyecto deberá ser del 0.6%. La rasante máxima será limitada por las capacidades del equipo extendedor.
- Tuberías: es común disponer las tuberías en el derecho de vía, fuera de los límites del pavimento, a fin de que las actividades de mantenimiento y reparación no interfieran con este último. La buena planeación en las operaciones de mantenimiento, reparaciones y adiciones de las tuberías por colocar, evitará el levantamiento de los pavimentos, con sus consiguientes costos.
- Guarniciones integrales o sujetadas: si bien es común colocar las guarniciones y camellones de manera separada, es recomendable utilizar los equipos extendedores que cuenten con dispositivos adaptadores (formas) en sus orillas, para que de una sola pasada se coloquen y queden integrados el pavimento y las guarniciones.

Tal como se ha mencionado en otros párrafos, el empleo de un elemento confinante aliado de las orillas del pavimento o, lo que es mejor, de una ampliación en su sección o secciones críticas (orillas) contribuye a reducir esfuerzos en estas últimas.

Esto se refleja en decrementos de espesores además de en las gráficas de diseño que se presentan.

- **Anchos de calle:** el ancho de las vialidades dependerá del tránsito que tengan que servir; sin embargo, es común establecer un ancho mínimo del orden de 7m, con una pendiente transversal del 2%. Se recomienda que no existan variaciones fuertes en anchos y pendientes. Los anchos de 3.0 a 3.6 m son comunes, ya que anchos mayores presentan mayores riesgos, pues los conductores tratan de rebasar en carriles sencillos más anchos.

En los carriles de estacionamiento adyacentes a las guarniciones pueden adoptarse los siguientes criterios: 2.4 m en el caso de que predominen automóviles, y de 2.7 a 3.0 m en el caso de que por la vialidad circulen camiones pesados.

No se recomiendan anchos menores para carriles de estacionamiento. En arterias principales el ancho de estos carriles puede llegar de 3 a 3.7 m, lo que permitirá que sirvan incluso para dar la vuelta.

- **Juntas:** se realizarán diseños y construcciones de juntas para que éstas trabajen correctamente. Las juntas se construyen para aliviar los esfuerzos y evitar la generación de grietas por tránsito o temperatura. Las juntas de construcción dividen en secciones las losas por requerimientos constructivos y de planeación de obra.
- **Juntas longitudinales:** estas juntas se construyen para controlar las grietas longitudinales. Pueden ser aserradas o formadas a tope con o sin varillas de sujeción, o machihembradas. Normalmente se planean para que coincidan con las marcas de carril, a intervalos de 2.5 a 3.7 m. No se recomienda sobrepasar este último límite. La profundidad de los cortes para la ejecución será de un tercio.

Las juntas longitudinales se utilizan para tender franjas nuevas de losa sobre tendidos ya existentes.

En las Figs.4.17 y 4.18 aparecen detalles de la ejecución de este tipo de juntas, en particular sus mecanismos de transferencia de cargas, tales como machimbres, juntas a tope con varillas de sujeción o machimbres con varillas de sujeción.

En las siguientes tablas se presentan dimensiones de machimbres y tamaños con los espaciamentos correspondientes de varillas de sujeción, todo ello en función del espesor de la losa:

Tabla 4.21 Dimensionamiento de machihembrado			
Espesor del pavimento, en cm	Machihembrado Semirredondeado, a en cm	Machihembrado trapezoidal	
		a en cm	b en cm
10,0 - 12,5	2,5	2,5	1,3
12,5 - 17,5	3,2	3,2	1,6
17,5 - 22,6	3,8	3,8	1,9
23,0 - 25,0	5	5	2,5

Fuente. (IMCYC) GUIA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS RIGIDOS. 1997

En el caso de estacionamientos y calles residenciales de bajo volumen se pueden hacer juntas a tope, incluso sin varilla de sujeción, siempre que el espesor mínimo está comprendido entre 10 y 13 cm. El machihembrado no es recomendable en espesores menores de 18 cm.

- *Juntas transversales*: se utilizan para controlar el agrietamiento transversal. Las del tipo de expansión sirven para aliviar los esfuerzos por compresión. Las de contracción contribuyen a aliviar los esfuerzos por tensión al contraerse la losa por un lado, y por el otro los esfuerzos de alabeo generados en las losas por cambios en los gradientes térmicos y las variaciones de humedades a lo largo de las secciones de las losas. Tal como se discute en otras secciones, las juntas se forman mediante cortes una vez que

el concreto ha fraguado, aunque también se pueden realizar insertando fajas preformadas en el concreto fresco. Esta decisión se basará en las características de los agregados, así como en las consideraciones económicas de cada proyecto en particular. Para espesores de pavimento menores de 15 cm, el espaciamiento de estas juntas no debe exceder de 4.50 m. La siguiente tabla proporciona una guía sobre espaciamientos:

Tabla 4.22. Espaciamiento de juntas de acuerdo al tipo de agregados

Tipo de agregado	Espaciamiento máximo, en m
Granito triturado	6
Caliza triturada	6
Grava calcárea	6
Grava silíceo	4,5
Grava con tamaño máximo menor a 3/4"	4,5
Escoria	4,5

Fuente. (IMCYC) GUIA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS RIGIDOS. 1997

En estos pavimentos se colocarán pasajuntas dependiendo del tipo de tránsito y de las condiciones de apoyo. Normalmente, las pasajuntas no serán necesarias si el tránsito es ligero; sin embargo, es conveniente colocarlas cuando en vialidades importantes se esperen vehículos pesados. En la siguiente tabla se presentan dimensiones y espaciamientos de pasajuntas para juntas de expansión en pavimentos delgados y en juntas realizadas en pavimentos sujetos a gran demanda por tránsito pesado

Tabla 4.23 Dimensionamiento de pasajuntas (Pavimentos Urbanos)

Espesor del Pavimento	Diámetro de la Pasajunta en cm (pulg)		Longitud	Espaciamiento
	[cm]	[Pulg.]		
10 - 15	1,6	(5/8)	30	45
15 - 18	1,9	(3/4)	38	38
18 - 20	2,5	(1)	38	30
20 - 25	3,2	(1. 1/4)	38	30

Fuente. (IMCYC) GUIA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS RIGIDOS. 1997

- *Juntas de expansión*: si se siguen las recomendaciones para las juntas de contracción, las del tipo de expansión no serán necesarias. Para este tipo de juntas se deberá colocar elementos aislantes entre el concreto.

4.9.4. DISEÑO DEL ESPESOR DE LA LOSA.

Diseño del Pavimento utilizando la ecuación AASTHO

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R * S_o + 7.35 * \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 * 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * p_t) * \log_{10} \left[\frac{S'_c * C_d * (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 * J * \left[D^{0.75} - 18.42 * \left(\frac{k}{E_c} \right)^{0.25} \right]} \right]$$

Ecuación 4.1

Datos.

W₁₈= Número de cargas de 18 kips (80KN) previstas

Para el número de cargas previstas se utilizará la ecuación simplificada de AASTHO puesto que se trata de pavimentos urbanos.

$$W_{18} = TPDA * 365 * \left(1 + \frac{i}{100} \right)^T \quad \text{Ecuación 4.3}$$

Donde:

W₁₈= Número de cargas de 18 kips (80KN) previstas

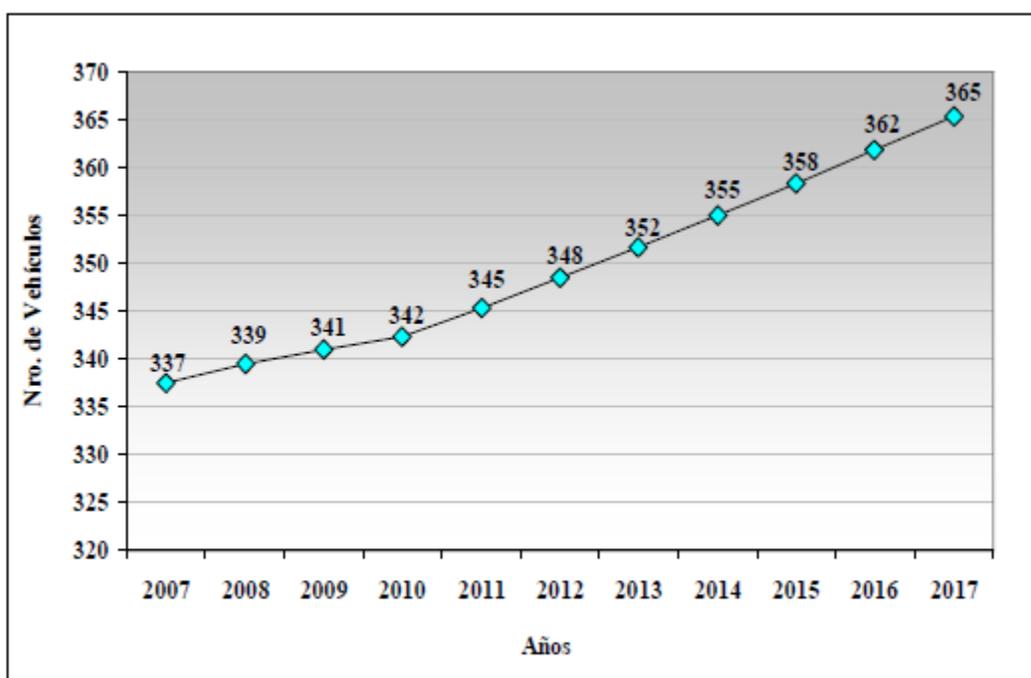
Evolución del parque automotor por tipo de vehículo (según PDM Territorial Municipio de San Lorenzo)

Año	Automóvil	Camión	Camioneta	Vagoneta	Minibus	Otros	Total
1998	15	14	36	5	9	4	83
1999	43	45	102	19	38	10	257
2000	50	55	108	31	38	23	305
2001	52	55	111	32	38	25	313
2002	52	55	112	33	39	26	317
2003	55	56	114	36	42	28	331
2004	57	61	116	37	47	32	350
2005	57	58	116	37	47	30	345
2006	51	54	105	35	46	29	320

Fuente: INE 2007

Elaboración: SIC. Srl.

Proyección del Número de Vehículos para 10 Años (Según PDM Territorial Municipio de San Lorenzo)



Fuente: INE 2007

Elaboración SIC S.R.L

De acuerdo a los datos proyectados para los años 2016 y 2017 tenemos el índice de crecimiento (i).

$$i = \frac{365 - 362}{362} * 100 = \frac{3}{362} * 100 = 0.83\%$$

TPDA=Transporte Promedia diario Anual =1307 vehículos (Anexo)

i= Porcentaje de crecimiento anual= 0.83 (Datos PDM Municipio San Lorenzo)

T= Vida Útil del Pavimento = 30 años.

Reemplazando en la ecuación 4.3, tenemos.

$$W_{18} = 1307 * 365 * \left(1 + \frac{0.83}{100}\right)^{30} = 611.309,95 \cong 611.310$$

Z_R= Abscisa correspondiente a un área igual a la confiabilidad R en la curva de distribución normalizada.

Z_R= 0.841 para una confiabilidad del 80%, según norma AASHTO

S_o= Desvío estándar de todas las variables

S_o= 0.34

D= Espesor de la losa del pavimento, en Pulg.

D= Incógnita (?)

ΔPSI= Perdida de servicialidad prevista en el diseño.

ΔPSI= 2.5

p_t= Servicialidad final

p_t= 2

S'_c= Modulo de rotura del hormigón, en psi

S'_c= 4.8 MPa=696.18 psi

J= Coeficiente de transferencia de cargas.

J= 2.8

C_d= Coeficiente de drenaje.

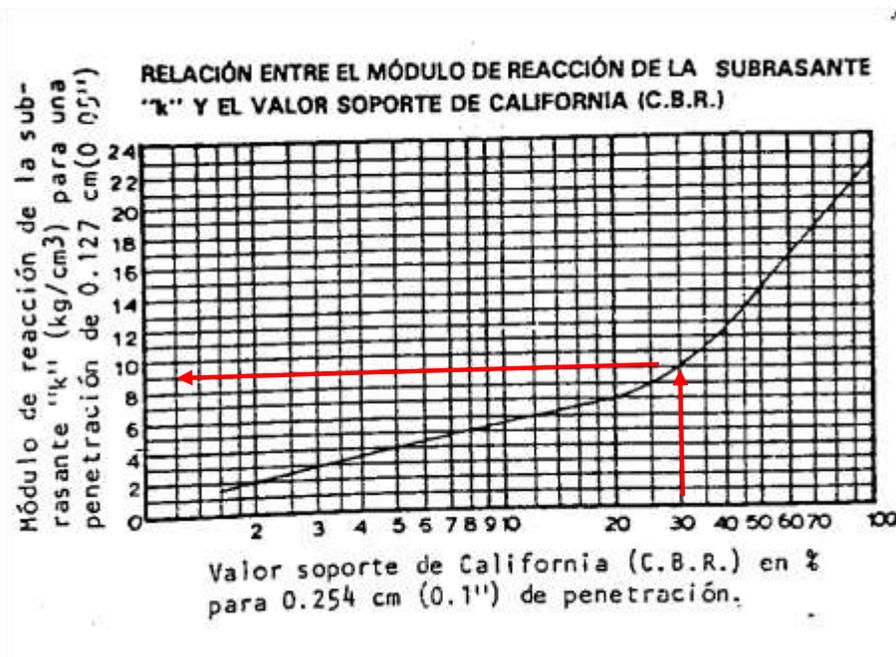
C_d= 1

E_c= Módulo de elasticidad del hormigón, en psi.

E_c= 27560 MPa =3997240.05 psi.

k= Módulo de reacción de la subrasante (coeficiente de balasto), en psi/pulg.

De acuerdo a los CBRs realizadas en las dos calicatas se toma el menor valor para luego ir al ábaco (anexos) y así determinar el valor K, el valor de CBR de la calicata Numero 2 es 30%.



Fuente. PAVIMENTOS EN CONCRETO HIDRAULICO. Primera Edicion. Universidad de Nariño, año 2002

Entonces $k=9\text{kg/cm}^3=325.145\text{ psi/plg}$.

Transformación de 9 Kg/cm^3 a unidades (psi) para ingresar datos a la ecuación 4.1.

$$1 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 14.2233 \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2}$$

$$9 \frac{Kg}{cm^3} = 9 \frac{kg}{cm^2} * \frac{1}{cm} = 128.01 \frac{lb}{plg^2} * \frac{2.54cm}{1plg} = 325.145 \frac{lb}{plg^2} * \frac{1}{plg} = 325.145psi$$

Reemplazando todas las variables en la ecuación 4.3 e iterando la variable D tenemos.

$$\log_{10}(611310) = 0.841 * 0.34 + 7.35 * \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{2.5}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 * 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * 2) * \log_{10} \left[\frac{696.18 * 1 * (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 * 2.8 * \left[D^{0.75} - 18.42 * \left(\frac{325.145}{3997240.05} \right)^{0.25} \right]} \right]$$

Iterando la ecuación tenemos que el valor D = 3.09 plg = 7.85cm entonces adoptamos un espesor mínimo de:

$$\underline{D = 10cm}$$

4.9.5. DISEÑO DE PASADORES.

h= Espesor de losa = 10cm (dato del cálculo del espesor de losa)

a= Ancho de losa (3m datos de plano)

Longitud de Losa.

$$L = \frac{S_2}{\gamma * f} \quad \text{Ecuación 4.3}$$

$$\text{Relación de lados.} \quad \frac{a}{L} \approx 0.6 \quad \text{Ecuación 4.4}$$



L= Longitud de la losa (m).

a= Ancho de losa (m) [3]

S₂= Esfuerzo de tensión del concreto (tn/m²) [20]

γ= Peso volumétrico del concreto (tn/m³) [2.4]

f= Coeficiente de fricción entre el suelo y el concreto [2]

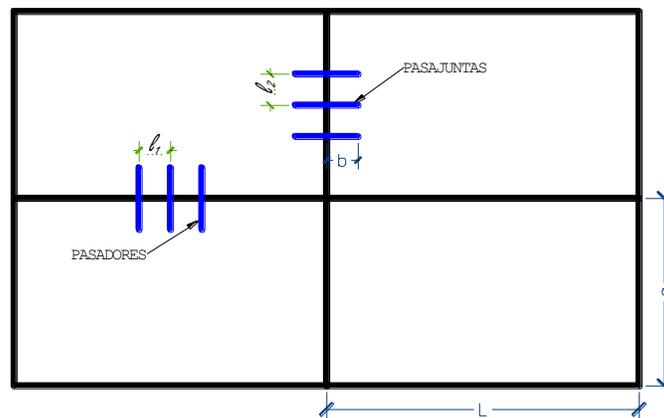
Cálculo de longitud de losa (L)

Reemplazando datos en ecuación 4.3

$$L = \frac{S_2}{\gamma * f} = \frac{20}{2.4 * 2} = 4.13 \approx 5m$$

Comprobación de longitud de losa. Reemplazando datos en ecuación 4.4

$$\frac{a}{L} \approx 0.6 \rightarrow L = \frac{a}{0.6} = \frac{3}{0.6} = 5m$$



SEPARACIÓN ENTRE PASADORES.

$$l_1 = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot f_s}{4 \cdot a \cdot h \cdot \gamma \cdot f} \quad \text{Ecuación 4.5}$$

SEPARACIÓN ENTRE PASAJUNTAS.

$$l_2 = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot f_s}{4 \cdot L \cdot h \cdot \gamma \cdot f} \quad \text{Ecuación 4.6}$$

LONGITUD DE PASADORES Y PASAJUNTAS.

$$b = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot f_s}{4 \cdot \pi \cdot d \cdot U} \quad \text{Ecuación 4.7}$$

$$L_T = 2 \times b \quad \text{Ecuación 4.8}$$

Donde:

ℓ_1 = Separación entre pasadores (cm).

ℓ_2 = Separación entre pasa juntas (cm).

d = Diámetro de la varilla de acero (cm) **[1.6]**

f_s = Esfuerzo a tensión del acero (Kg/cm²) **[1900]**

h = Espesor de las losas (cm) **[10]**

L = Longitud de la losa (m) **[5]**

a = Ancho de losa (m) **[3]**

γ = Peso volumétrico del concreto (tn/m³) **[2.4]**

f = Coeficiente de fricción del concreto (usualmente **2**)

U = Esfuerzo admisible de adherencia (Kg/cm²) **[30]**

Reemplazando datos para cálculo de ℓ_1 , reemplazando datos en ecuación 4.5

$$\ell_1 = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot f_s}{4 \cdot a \cdot h \cdot \gamma \cdot f} = \frac{\pi \times (1.6)^2 \times 1900}{4 \times 3 \times 10 \times 2.4 \times 2} = 26.53cm \approx 30cm$$

Reemplazando datos para cálculo de ℓ_2 , reemplazando datos en ecuación 4.6

$$\ell_2 = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot f_s}{4 \cdot L \cdot h \cdot \gamma \cdot f} = \frac{\pi \times (1.6)^2 \times 1900}{4 \times 5 \times 10 \times 2.4 \times 2} = 15.92cm \approx 20cm$$

Reemplazando datos para cálculo de b , reemplazando datos en ecuación 4.7

$$b = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot f_s}{4 \cdot \pi \cdot d \cdot U} = \frac{\pi \times (1.6)^2 \times 1900}{4 \cdot \pi \times 1.6 \times 30} = 25.33 \approx 25cm$$

Reemplazando datos para cálculo de L_T , reemplazando datos en ecuación 4.8

$$L_T = 2xb$$

$$L_T = 2 \times 25 \text{cm} = 50 \text{cm}$$

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Para realizar el mantenimiento y reparación de pavimentos rígidos primeramente se realizó la inspección preliminar del lugar en la cual se pudo ver una considerable cantidad de fallas que afectan las condiciones funcionales y estructurales del pavimento existente.

Como segundo paso se realizó el levantamiento topográfico de la calle Julio Sucre y a partir de dicho levantamiento se determinó el área total de la calle y la ubicación tanto de las juntas longitudinales y juntas transversales.

Para tener una buena organización al momento de hacer la cuantificación y medición de las fallas se enumeró las losas a partir de la progresiva 0+000 hasta la progresiva 0+517 tanto en el carril derecho como en el izquierdo.

Los deterioros presentes en el pavimento son: Deficiencia del sellado, separación de junta longitudinal y transversal, grietas longitudinales, grietas transversales, grietas de esquina, parches deteriorados, surgencia de finos y fracturación múltiple.

Las técnicas que se aplicaron para la reparación de este pavimento son: Reparación en todo el espesor de la losa, Sellado de juntas y Grietas.

El deterioro presente en el pavimento es originado por:

En el caso de deficiencia del sellado, la causante de estas fallas fue el exceso de sello que se puso en las juntas e hizo que el mismo fluya fuera de las cajas, por otra parte también se pudo evidenciar la falta del sello en varias juntas.

Para solucionar este problema se utilizó la técnica de sellado de juntas y grietas dependiendo del grado de severidad.

Cuando se presentó la falla de *separación de junta longitudinal* la causante de este falla es la falta de pasajuntas entre la pista derecha e izquierda y también se pudo ver que las losas que sufrían este problema estaban asentadas unos centímetros a causa de problemas con las capas inferiores del paquete estructural ya que en estos sectores hay un canal que pasa desde la margen derecha a izquierda de dicha calle.

Para reparar estas fallas dependiendo del grado de severidad se utilizó la técnica de reparación de juntas y grietas

Las Grietas de Esquina, se presentaron a causa de la deficiente transmisión de carga entre juntas puesto que no se cuenta con pasajuntas entre losas, también se podría decir que este problema se pudo dar porque hay un número considerable de vehículos pesados que utilizan esta calle.

La solución que se le dio a este problema dependió del grado de severidad de las mismas, para juntas de severidad baja se las reparó con el método de sellado de juntas y grietas y para juntas con severidad alta se hizo una reparación del espesor total.

Las Grietas Longitudinales, fueron causadas por el asentamiento diferencial de la subbase. Para solucionar este problema se utilizó la técnica de sellado de juntas y grietas, dependiendo del ancho de las mismas se las clasifico en grietas de 20-30mm y mayores a 30mm

Los Parches Deteriorados, los que existen son de severidad alta y se originaron porque los vecinos necesitaban romper el pavimento para solucionar problemas con tuberías.

Para repararlos se utilizó la técnica de reparación del espesor total de la losa.

Existe dos problemas de *Surgencia de Finos*, uno es a causa del desborde de agua de una acequia que se encuentra por a la margen derecha de la calle que se encuentra en las losas N° 77, 78, 79 y 80 y el otro problema se encuentra en la losas N° 111 y 112 y es causado porque de una vivienda particular sale constantemente el agua a la calle.

Las Fracturaciones Múltiples; se presentó en unas 30 losas dañadas, la causante de este problemas es el asentamiento de las capa sub-base, y también la carencia de pasajuntas longitudinales y transversales. Además el pavimento no está sobre una capa sub-base sino que se encuentra encima del empedrado que había anteriormente en esta calle, es por eso que dicho pavimento cuenta con un sinfín de problemas.

Para solucionar los sectores que presentar fracturaciones múltiples se utilizó la técnica de reparación en todo el espesor de la losa.

A todos los problemas anteriores le sumamos que hay un considerable tráfico pesado que son volquetas que trasladan material de construcción a todos los alrededores de San Lorenzo y como el pavimento solo es de 10cm sin pasajuntas éste no tiene la capacidad de soportar dicho tráfico.

Mediante el sello de juntas y la reparación de todo el espesor de la losa se repararon áreas que presentan daños localizados manteniendo la rasante del pavimento.

A partir de todas las reparaciones realizadas se restituye las condiciones del pavimento para un corto periodo de duración, las fallas pueden reaparecer a causa que el pavimento se encuentra muy deteriorado.

Su aplicación en general es rápida y genera menores molestias a los usuarios porque existe una calle paralela para desviar el tráfico y trabajar con más facilidad.

Para hacer todas las reparaciones que existen en el tramo estudiado (Calle Julio Sucre) se debe hacer una inversión de **298.177,33 Bs.** (Anexo C).

Puesto que el tramo se encuentra muy deteriorado y que las reparaciones que se realice no durarán mucho tiempo, se optó por otra alternativa de solución. Es por este motivo que se vio por conveniente realizar el diseño de la carpeta de concreto hidráulico ya que las capas inferiores del tramo son aptas para realizar dicho diseño.

Para realizar la extracción de la antigua carpeta de hormigón hidráulico y la nueva construcción del tramo en estudio se debe invertir 1.514.989,21 Bs. (Anexo C). Para una duración de 30 años.

RECOMENDACIONES:

Para solucionar el problema de la calle Julio Sucre a corto plazo se debe hacer solo las reparaciones correspondientes a todas las fallas que existen en la calle, el presupuesto que demandara será de **298.177,33 Bs Bs.**

Para solucionar el problema a largo plazo se debe invertir **1.514.989,21 Bs.** en la construcción del nuevo pavimento de concreto hidráulico para la calle Julio Sucre de San Lorenzo.

Para la construcción del nuevo pavimento se debe retirar la capa de hormigón hidráulico antiguo, remover el empedrado que se encuentra por debajo de la capa de hormigón, realizar el retirado y colocado de aceras y cordones de piedra, preparado de subrasante, preparado de subbase y el hormigonado de la carpeta de hormigón con pasajuntas y pasadores.

Se recomienda tomar en cuenta la segunda opción

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I	- 1 -
INTRODUCCIÓN	- 1 -
1.1. ANTECEDENTES	- 1 -
1.2. JUSTIFICACIÓN	- 2 -
1.3. OBJETIVOS	- 3 -
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	- 3 -
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	- 3 -
1.4. ALCANCE DEL ESTUDIO	- 4 -
CAPÍTULO II	- 5 -
CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS	- 5 -
2.1. DEFINICIÓN DE PAVIMENTOS	- 5 -
2.2. TIPOS DE PAVIMENTOS	- 5 -
2.2.1. PAVIMENTOS RÍGIDOS	- 6 -
2.2.2. FUNCIONES DE LAS CAPAS DE UN PAVIMENTO RÍGIDO	- 7 -
2.2.2.1. LA SUB BASE	- 7 -
2.2.2.2. LOSA DE CONCRETO	- 7 -
2.2.3. LA SUB RASANTE	- 8 -
2.2.4. LAS BERMAS	- 8 -
2.2.5. CONCRETO PARA PAVIMENTOS	- 8 -
2.3. EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS	- 10 -
2.3.1. EVALUACIÓN FUNCIONAL DE UN PAVIMENTO RÍGIDO	- 10 -
2.3.2. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE UN PAVIMENTO RÍGICO	- 12 -
CAPÍTULO III	- 20 -

DESCRIPCIÓN DE FALLAS Y TÉCNICAS PARA MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS	- 20 -
3.1. DESCRIPCION DE FALLAS.....	- 20 -
3.1.1. DEFICIENCIA DEL SELLADO (DSL).....	- 20 -
3.1.2. JUNTAS SALTADAS (JS).....	- 21 -
3.1.3 SEPARACIÓN DE LA JUNTA LONGITUDINAL (SJL)	- 23 -
3.1.4. GRIETAS DE ESQUINA (GE)	- 25 -
3.1.5. GRIETAS LONGITUDINALES (GL)	- 27 -
3.1.6. GRIETAS TRANSVERSALES (GT)	- 28 -
3.1.7. FISURAMIENTO POR RETRACCIÓN (TIPO MALLA) (FR).....	- 30 -
3.1.8. DESINTEGRACIÓN (DI)	- 32 -
3.1.9. BACHES (BA).....	- 33 -
3.1.10. AGRIETAMIENTO POR DURABILIDAD (AD).....	- 34 -
3.1.11. LEVANTAMIENTO LOCALIZADO (LEL)	- 36 -
3.1.12. ESCALONAMIENTO DE JUNTAS Y GRIETAS (EJG)	- 38 -
3.1.13. DESCENSO DE LA BERMA (DB).....	- 40 -
3.1.14. SEPARACIÓN ENTRE BERMA Y PAVIMENTO (SBP).....	- 42 -
3.1.15. PARCHES DETERIORADOS (PD).....	- 43 -
3.1.16. SURGENCIA DE FINOS (SF)	- 45 -
3.1.17. TEXTURA INADECUADA (TI).....	- 47 -
3.1.18. FRACTURACIÓN MÚLTIPLE (FM)	- 48 -
3.2. TÉCNICAS PARA MANTENIMIENTO Y REPARACION DE PAVIMENTOS RÍGIDOS.....	- 50 -
3.2.1. SELLADO DE JUNTAS Y GRIETAS (OPERACIÓN N° 1).....	- 50 -
3.2.1.1. DESCRIPCIÓN Y ALCANCE.....	- 50 -
3.2.1.2. MATERIALES.....	- 51 -

3.2.1.3. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO.....	- 52 -
3.2.1.4. PARTIDAS DE PRESUPUESTO Y BASES DE MEDICIÓN.....	- 55 -
3.2.2. REPARACIÓN EN TODO EL ESPESOR. (OPERACIÓN N° 2).....	- 56 -
3.2.2.1. DESCRIPCIÓN Y ALCANCES.....	- 56 -
3.2.2.2. MATERIALES.....	- 56 -
3.2.2.3. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO.....	- 56 -
3.2.2.4. PARTIDAS DEL PRESUPUESTO.....	- 60 -
3.2.3. REPARACIÓN EN TODO EL ESPESOR PARA PUESTA EN SERVICIO ACELERADA (OPERACIÓN N° 3).....	- 60 -
3.2.3.1. DESCRIPCIÓN Y ALCANCES.....	- 60 -
3.2.3.2. MATERIALES.....	- 61 -
3.2.3.3.- PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO.....	- 62 -
3.2.3.4. PARTIDAS DEL PRESUPUESTO.....	- 64 -
3.2.4. REPARACIÓN DE ESPESOR PARCIAL (OPERACIÓN N° 4).....	- 65 -
3.2.4.1 DESCRIPCIÓN Y ALCANCES.....	- 65 -
3.2.4.2. MATERIALES.....	- 65 -
3.2.4.3. PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO.	- 65 -
3.2.4.4 PARTIDAS DEL PRESUPUESTO Y BASES DE MEDICIÓN.....	- 68 -
3.3 MATERIALES Y EQUIPO.....	- 69 -
3.3.1 MATERIALES.....	- 69 -
3.3.2 EQUIPOS.....	- 70 -
CAPÍTULO IV.....	- 73 -
APLICACIÓN PRÁCTICA.....	- 73 -
4.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	- 73 -
4.2. CARACTERISTICAS GENERALES DEL TRAMO EN ESTUDIO.....	- 76 -

4.3. REPARACIÓN DE JUNTAS Y GRIETAS	- 77 -
4.4 REPARACIÓN EN TODO EL ESPESOR DE LA LOSA	- 82 -
4.5 REPARACIÓN DEL ESPESOR PARCIAL DE LOSA	- 84 -
4.6. OTROS DETERIOROS.....	- 85 -
4.7. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES PARA SUBRASANTE, SUBBASE Y BASE SEGÚN NORMAS DE LA ABC.....	- 86 -
4.7.1. MATERIAL PARA SUBRASANTE.	- 86 -
4.7.2. MATERIAL PARA SUBBASE.....	- 86 -
4.7.3. MATERIAL PARA BASE.....	- 87 -
4.8. COMPARACION DEL MATERIAL EXTRAIDO EN CAMPO CON NORMAS ESTANDARES DE LA ABC	- 87 -
4.8.1. MUESTRA 1B. (SUBBASE).....	- 87 -
4.8.2. MUESTRA 1C. (SUBRASANTE).....	- 89 -
4.8.3. MUESTRA 2A. (SUBBASE).....	- 91 -
4.8.4. MUESTRA 2B. (RASANTE).....	- 93 -
4.9. MÉTODO AASHTO.	- 93 -
4.9.1. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO.....	- 93 -
4.9.2. FACTORES DE DISEÑO.....	100
4.9.2.1. TRÁNSITO.....	100
4.9.2.2. SUELO DE CIMENTACIÓN.....	102
4.9.2.3. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.....	106
4.9.2.4. CONDICIONES AMBIENTALES.....	106
4.9.2.5. NIVEL DE CONFIANZA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR.....	107
4.9.2.6. RESISTENCIA DEL CONCRETO.....	110
4.9.2.7. JUNTAS.....	112
4.9.3. DISEÑO GEOMÉTRICO.....	114

4.9.3.1. CRITERIOS GENERALES.	114
4.9.4. DISEÑO DEL ESPESOR DE LA LOSA.	118
4.9.5. DISEÑO DE PASADORES.	122
CAPITULO V	126
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	126
CONCLUSIONES	126
RECOMENDACIONES:	129