

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



REHABILITACIÓN DE OBRAS VIALES EN CONCRETO
ASFÁLTICO

Trabajo de graduación presentado por
Carlos Francisco Gallardo Cardona
para optar al grado académico de Ingeniero Civil en el grado de Licenciado

Guatemala,
2007

REHABILITACIÓN DE OBRAS VIALES EN CONCRETO
ASFÁLTICO

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería




REHABILITACIÓN DE OBRAS VIALES EN CONCRETO
ASFÁLTICO


Trabajo de graduación presentado por
Carlos Francisco Gallardo Cardona
para optar al grado académico de Ingeniero Civil en el grado de Licenciado

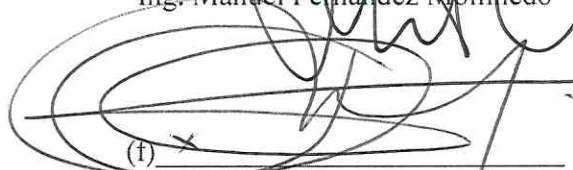
Guatemala,
2007

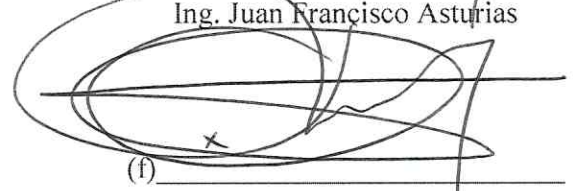
Vo.Bo.:

(f) 
Ing. Manuel Fernández Mollinedo
Asesor

Tribunal:

(f) 
Ing. Manuel Fernández Mollinedo

(f) 
Ing. Juan Francisco Asturias

(f) 
Ing. Alejandro Maldonado L.

Fecha de aprobación: 26 de noviembre de 2007

PREFACIO

En Guatemala es algo normal encontrar una gran cantidad de obras viales con deterioros y daños notables. Este estudio proporcionará una guía para identificar problemas visibles en las obras viales como lo son baches, desintegración del asfalto, y fallas en el asfalto. También nos dará una guía para poder determinar el grado de severidad de las fallas y sus soluciones en una manera inmediata y a largo plazo. El estudio proporciona guías tanto teóricas como prácticas para poder determinar las fallas y sus soluciones.

Quisiera agradecer a mi asesor el Ing. Manuel Fernández por su ayuda tanto teórica como práctica y a mi familia por su apoyo incondicional sin el cual este estudio no estaría finalizado.

ÍNDICE

PREFACIO	vi
RESUMEN.....	viii
I.INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
III. ADMINISTRACIÓN DE PAVIMENTOS.....	3
IV. REHABILITACIÓN DE CARRETERAS.....	4
1. Estado del pavimento.....	4
V. MEDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO.....	6
1. Rugosidad del pavimento.....	6
2. Daño en el pavimento.....	7
VI. PRONÓSTICO DEL ESTADO DEL PAVIMENTO.....	9
1. Modelos deterministas.....	9
2. Modelos probabilísticos.....	10
VII. REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO.....	11
1. Clasificación de las técnicas.....	11
2. Estrategias de rehabilitación	12
VIII. ALTERNATIVAS DE REPARACIÓN Y REHABILITACIÓN.....	16
IX. PROGRAMACIÓN PARA REHABILITACIÓN DE PAVIMENTO	18
a. Evaluación del estado del pavimento.....	18
b. Medición del estado estructural del pavimento.....	19
X. SELLADO DE GRIETAS Y BACHEO DEL PAVIMENTO EXISTENTE.....	21
1. Descripción.....	21
2. Materiales.....	21
XI. SELLADO DE GRIETAS.....	23
1. Equipo.....	23
XII. BACHEO.....	27
1. Equipo.....	27
XIII. MEDIDA Y PAGO.....	29
XIV. CONCLUSIONES.....	30
XV. COMENTARIO	31
XVI. BIBLIOGRAFÍA.....	32
XVII. APÉNDICE.....	33

RESUMEN

El siguiente trabajo consiste en buscar una solución a los diferentes problemas que se pueden dar en las obras viales en concreto asfáltico. Los problemas a considerar serán deformaciones, tanto máximas como permisibles, valores de deformaciones recomendables, formación de grietas, de los que se mencionarán los tipos que se pueden presentar, daños estructurales apreciables, daños estéticos visibles, filtraciones y otros problemas por fallas constructivas. Como punto final se tiene una serie de recomendaciones para reparar los problemas identificados.

I. INTRODUCCIÓN

En el siguiente estudio se describen los procedimientos a seguir para desarrollar un programa de rehabilitación de pavimentos. Se muestra las diferentes técnicas usadas para poder evaluar el daño en un pavimento existente y las formas en que se pueden reparar los daños. También podremos ver los beneficios que nos da el usar un sistema de administración de pavimentos.

En este estudio se podrá ver los pasos a seguir en la rehabilitación de obras viales y sus especificaciones según las normas seguidas en Guatemala. Se observarán los diferentes casos de daños que pueden existir, las diferentes formas de medición de los daños o deficiencias en una obra vial y sus soluciones.

II. OBJETIVOS

1. Aprender cuáles son los beneficios de poner en práctica una buena administración de pavimentos.
2. Identificar en qué estado se encuentra que pueden existir en una obra vial, cuáles son los daños existentes y su magnitud y cuáles son algunas de las técnicas de medirlos.
3. Aprender cuáles son los pasos a seguir en la rehabilitación del pavimento después que se ha determinado su estado.
4. Identificar los diferentes daños que un pavimento puede llegar a sufrir y sus formas de rehabilitación.
5. Aprender las técnicas de reparación de daños que se deben seguir para cada estado del pavimento y el equipo a usarse.

III. ADMINISTRACIÓN DE PAVIMENTOS

El sistema de carreteras de un país deberá ser suficiente para cantidades cada vez mayores de vehículos durante los siguientes años. En consecuencia, la rehabilitación del sistema existente ha llegado a ser una de las actividades principales de las autoridades de carreteras y transportes.

El término administración de pavimentos se emplea para describir las diversas estrategias que se pueden usar para decidir la forma de restauración y rehabilitación de un pavimento. Estas estrategias de rehabilitación son planes donde se establecen las normas mínimas del estado del pavimento y tratan de establecer el tipo de tratamiento requerido y tiempo para su rehabilitación. En estas estrategias se deben tomar en cuenta asuntos como estado del pavimento, primer costo, costos anuales de mantenimiento y para el usuario, seguridad, restricciones físicas, ambientales y económicas.

El tema general de la administración del pavimento incluye el diseño, la construcción, el mantenimiento y la rehabilitación. Esta incluye todas las actividades que intervienen para proveer la parte de pavimentos de un sistema de transporte.

IV. REHABILITACIÓN DE CARRETERAS

Uno de los mayores problemas que afrontan las autoridades de carreteras y transportes son que los presupuestos designados a la rehabilitación de carreteras son insuficientes para la reparación y rehabilitación de forma adecuada del tramo de carretera a reparar. Otro problema es que las carreteras pueden estar en malas condiciones, pero a la vez todavía son útiles, facilitando posponer los proyectos de reparación hasta que las condiciones de servicio se vuelven inaceptables.

El deterioro de una carretera casi nunca se debe a una mala práctica de diseño y construcción sino al uso y daños que suceden durante varios años de servicio. El deterioro de un pavimento se debe a factores, que incluyen variaciones del clima, drenajes, condiciones del suelo y tránsito de transporte pesado. Con frecuencia, la falta de fondos limita las reparaciones y falta de rehabilitaciones puntuales de las carreteras causan mayores problemas, con pavimento con defectos más graves y a mayores costos.

Debido a que los fondos y personal para efectuar la rehabilitación son frecuentemente inadecuados, muchas agencias de transporte optan por balancear sus actividades entre actividades de mantenimiento preventivo y proyectos que requieran acción correctiva inmediata. Por lo general, el mantenimiento preventivo, cuando se hace de una manera ordenada y sistemática, será el menos costoso a la larga. Sin embargo, cuando los fondos están muy limitados, frecuentemente las autoridades dan respuesta a problemas más urgentes que a la rehabilitación del pavimento.

1. Estado del pavimento

El primer paso en el proceso de la administración del pavimento es tener la información del estado de cada tramo de pavimento del sistema vial.

En un principio, los datos del estado del pavimento se obtenían por inspecciones visuales que determinaban el tipo, extensión y gravedad de la condición del pavimento.

Estas eran inspecciones subjetivas y se basaban mucho en el juicio y la experiencia del inspector. Actualmente estas inspecciones se complementan con equipos especiales de pruebas para medir la rugosidad de la carretera, la condición de superficie, la deflexión del pavimento y la resistencia al deslizamiento.

Esta información permite:

- *Establecer prioridades de proyectos:* Al tener la información de cada tramo del sistema vial se puede establecer el estado relativo entre ellos y establecer prioridades de los proyectos.
- *Establecer opciones:* Al tener la información de los diferentes proyectos se puede desarrollar un programa de rehabilitación a largo plazo, usando los datos en términos de tipo, grado y severidad de fallas.
- *Pronóstico de funcionamiento:* Al correlacionar indicadores como el funcionamiento del pavimento y cargas de tránsito, es posible predecir el estado de cualquier sección del pavimento. Esto nos sirve para preparar presupuestos a largo plazo para la rehabilitación.

V. MEDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO

Para poder evaluar el estado de un pavimento se usan 4 características de su estado que son:

1. Rugosidad del pavimento

Esta se refiere a las irregularidades en la superficie del mismo, que afectan la uniformidad de conducción de un vehículo. En la prueba de capacidad de servicio de una carretera por parte de la AASHTO se definen dos términos: 1) calificación (PSR) y/el 2) índice de la capacidad de servicio actual (PSI).

El PSR es una calificación numérica que se asigna a un tramo de pavimento con base a la capacidad de ese pavimento de dar servicio a su tránsito asignado. Esta evaluación se establece por observación y es subjetiva al examinador. La escala va de 0 a 5, siendo 5 muy buena y 0 muy mala. En esta prueba el examinador conduce sobre los tramos de pavimento a examinar y evalúa el funcionamiento de ella.

El PSI es un valor para el estado del pavimento, que se determina como sustituto del PSR, y se basa en mediciones físicas. La medición principal en el PSI es la rugosidad del pavimento. Este es un medio objetivo de estimar la PSR, que es subjetivo. El funcionamiento se puede describir en función de su PSI y de la carga de tránsito a través del tiempo. Por ejemplo, cuando se acaba de construir un pavimento su PSI es muy alto y su carga de tránsito baja, pero al aumentar el tránsito su PSI baja y también su desempeño baja.

El equipo usado para medir rugosidad se divide en dos categorías: tipo de respuesta y rugosímetro. En el equipo de tipo de respuesta este mide la respuesta del vehículo a la rugosidad de la superficie.

Algunos equipos que se usan son:

- Medidor Mays de pasada
- Rugosímetro
- Medidor Cox de carretera

Al principio se usaba algún tipo de medidor montado en vehículo. Sus ventajas eran bajo costo, simplicidad, facilidad de operación, capacidad de adquirir grandes cantidades de datos y resultados correlacionados con el PSI. Sin embargo, la medida obtenida era influenciada por el mismo vehículo, por lo que hoy los medidores suelen remolcarse.

2. Daño en el pavimento

Este término se refiere al estado de la superficie de la superficie de un pavimento con relación a su apariencia general. Un pavimento perfecto está nivelado y tiene una superficie continua sin roturas. En cambio, un pavimento dañado puede estar fracturado, distorsionado o desintegrado. Por ejemplo, las fracturas se pueden considerar como grietas o resquebrajamiento y pueden describirse como generalizadas, transversales, longitudinales, estrelladas o en bloque.

Una distorsión del pavimento se puede poner en evidencia por baches o el corrugado de la superficie. La desintegración se puede observar como desmoronamiento del pavimento desde la sub base y pulido de la superficie.

Las medidas que se usan para evaluar más comúnmente son las grietas transversales, longitudinales, estrelladas o en bloque. La distorsión se suele medir determinando el grado de desarrollo de los baches, y la desintegración se mide por la cantidad de desprendimiento de asfalto.

Para los pavimentos bituminosos, los elementos que se observan son corrugaciones, grietas estrelladas, desintegración, agrietamiento longitudinal y transversal.

Tabla 1. Grupos de daños de pavimentos

Tipo de Daño	Manifestación del daño	Ejemplos del mecanismo del daño
Fractura	Agrietamiento	<ul style="list-style-type: none"> Carga excesiva Carga repetida (fatiga) Cambios térmicos Cambios de humedad Resbalamiento (fuerzas horizontales) Encogimiento
	Resquebramiento	<ul style="list-style-type: none"> Carga excesiva Carga repetida (fatiga) Cambios térmicos Cambios de humedad
Distorsión	Deformación permanente	<ul style="list-style-type: none"> Carga excesiva Deformación dependiente del tiempo (fluencia) Densificación (Compactación) Consolidación Hinchamiento Descongelamiento
	Falla	<ul style="list-style-type: none"> Carga excesiva Densificación (Compactación) Consolidación Hinchamiento
Desintegración	Desprendimiento	<ul style="list-style-type: none"> Adhesión (pérdida de adhesión) Reactividad química Abrasión por el tránsito
	Desintegración y descascaramiento	<ul style="list-style-type: none"> Adhesión (pérdida de adhesión) Reactividad química Abrasión por el tránsito Degradación del agregado Duración del aglomerante

VI. PRONÓSTICO DEL ESTADO DEL PAVIMENTO

Se pueden usar los resultados de las mediciones de evaluación para pronosticar el estado del pavimento en años futuros. Cuando se reúnen datos a través del tiempo, se pueden emplear los resultados para desarrollar modelos matemáticos que relacionen el estado del pavimento con su edad. Se han usado dos métodos:

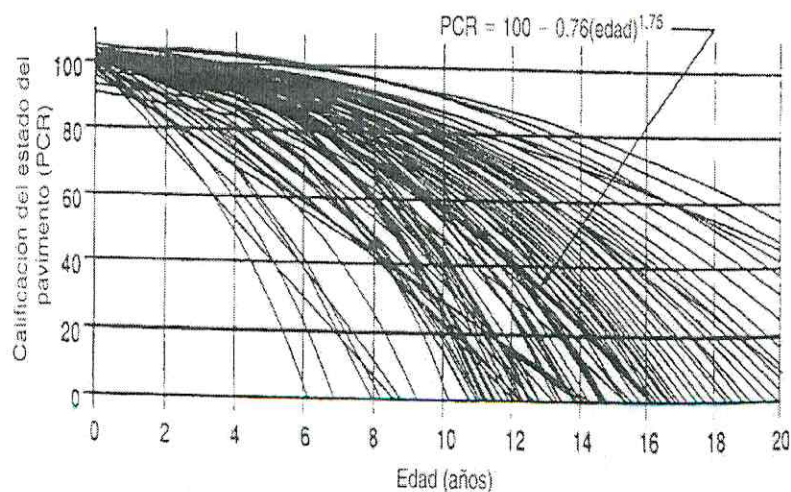
1. Modelos deterministas

En muchos lugares se acumulan datos de daños al pavimento para tramos carreteros específicos. Como era de esperarse, al envejecer el pavimento la calificación de daños baja. Se puede usar el siguiente modelo para poder pronosticar el valor esperado de la condición del pavimento (PCR):

$$PCR = 100 - 0.76(\text{edad (años)})^{1.75}$$

Se puede usar este modelo para pronosticar el estado futuro del pavimento, información necesaria para determinar los programas adecuados de rehabilitación.

Tabla 2. Estado del pavimento en función de su edad



2. Modelos probabilísticos

Los métodos probabilísticos de un pavimento se basan en la hipótesis de que se pueden determinar las condiciones en el futuro a partir del estado actual, si se conocen las probabilidades de determinados resultados. Para este método se usa el modelo de Markov cuya hipótesis es que el estado futuro depende del estado actual, independientemente de la forma en que el pavimento haya llegado a su estado actual.

VII. REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO

Hay varios métodos para rehabilitar pavimentos o corregir deficiencias en determinado tramo del mismo, que incluyen el uso de revestimientos, sellado de grietas, uso de capas de sello y reparación de baches.

1. Clasificación de las técnicas

Las técnicas de rehabilitación se clasifican en:

- Correctivas: que implican la reparación permanente o temporal de deficiencias, de acuerdo como se van necesitando.
- Preventivas: que implican aplicaciones superficiales de mejoras estructurales o no estructurales, con objeto de mantener la calidad del pavimento, mejor que un nivel predeterminado.

El mantenimiento correctivo es algo simple como reparar un hoyo en una tela, mientras que el mantenimiento preventivo ya es más elaborado como coser un parche grande en una tela. Las medidas correctivas pueden servir también como medidas preventivas.

Para ilustrarlo, se hace el sellado de una grieta para corregir un problema existente, aunque también evita el que hubiera mayor deterioro si no se repara la grieta. De igual modo, se usa con frecuencia una capa de grava tendida sobre una cubierta delgada de asfalto, para corregir un problema de deslizamiento, aunque también ayuda a evitar mayor deterioro del pavimento.

2. Estrategias de rehabilitación

Las estrategias de rehabilitación de un pavimento se pueden clasificar en varias formas.

Un método en función del problema que se va a resolver es, por ejemplo, resistencia al deslizamiento, drenaje superficial, superficie dispereja, rugosidad o grietas. Otro método es en función de la clase de tratamiento usado, como tratamiento superficial, revestimiento o reciclado. Un tercer método está en función del tipo de superficie que se obtendrá con el proceso, por ejemplo, revestimiento con asfalto, capa de sello de roca o capa de sello líquido. El último método es el que se usa con más frecuencia, porque permite que el diseñador tenga en cuenta cada alternativa de mantenimiento en función de un producto final, para después seleccionar el más adecuado en términos de los resultados que se desean y del costo.

Así, la información sobre estrategia de reparación proporciona un medio para poder identificar las estrategias adecuadas para el problema de que se trate, y se pueda seleccionar la más económica (de acuerdo al costo anual y a la expectativa de vida).

Tabla 3. Estrategias de reparación para pavimentos

Estrategia de reparación	Función (objetivo)	Uso apropiado	Uso inapropiado	Vida útil
Pavimentos flexibles				
1. Reconstrucción de carril	Restauración estructural	A. Lo que sea más económico entre las alternativas B. Condición de rodamiento > 45 C. Restricciones respecto a la pendiente		20 años
2. Revestimientos PCC	Restauración estructural	Donde sea más económico entre las alternativas (espesor mínimo 0.55')	A. Terreno inestable B. Restricciones respecto a la pendiente	10 años
3. Revestimientos AC	A. Restauración estructural B. Reparar pavimento agrietado C. Restaurar textura superficial D. Mejorar la calidad para el rodamiento	A. Agrietamiento asociado a carga B. Condición de rodamiento > 45 C. Profundidad de la huella > 1/4" D. Desintegración del agregado grueso	A. Restricciones respecto a la pendiente	10 años
4. Revestimientos invertidos	A. Restauración estructural B. Reparar pavimento agrietado C. Restaurar textura superficial D. Mejorar la calidad para el rodamiento	A. Lo que sea más económico que el revestimiento convencional B. Proporcionar cubierta de drenaje	Áreas de congelamiento-descongelamiento	Objetivo 10 años
5. Carpeta de refuerzo al pavimento y revestimiento	A. Restauración estructural B. Reparar pavimento agrietado C. Restaurar textura superficial D. Mejorar la calidad para el rodamiento E. Membrana resistente al agua	A. Lo que sea más económico que el revestimiento convencional B. Proporcionar cubierta de drenaje		Objetivo 10 años
6. Entre capa de impermeabilizante de asfalto	A. Restauración estructural B. Reparar pavimento agrietado C. Restaurar textura superficial D. Mejorar la calidad para el rodamiento E. Membrana resistente al agua	A. Lo que sea más económico que revestimiento condicional B. Restricciones de pendiente		Objetivo 10 años
7. Reciclado en caliente	A. Restauración estructural B. Reparar pavimento agrietado C. Restaurar textura superficial D. Conservar recursos naturales	A. Lo que sea más económico entre las alternativas B. Restricciones de pendiente	Restricción de calidad del aire en la planta	10 años
8A. Remezclado caliente 8B. Proceso corte	A. Restauración estructural B. Reparar pavimento agrietado C. Restaurar textura superficial	A. Lo que sea más económico entre las alternativas B. Restricciones de pendiente	Restricciones de calidad de aire en el sitio	5-10 años
9. Aplanado en frío	A. Conformar por control de elevación	A. Donde sea más económica que las alternativas		No se aplica

Continuación Tabla 3. Estrategias de reparación para pavimentos

Estrategia de reparación	Función (objetivo)	Uso apropiado	Uso inapropiado	Vida útil
Pavimentos flexibles				
	B. Quitar la capa deteriorada o contaminada	B. Reparar para resaca C. Calidad del aire controla el procedimiento de aplanado en caliente D. Controles por pendiente vertical		
10. Capa de sello con fragmentos de impermeabilizante de asfalto	A. Impermeabilizar pavimento B. Disminuir el resquebrajamiento de las grietas	A. Sellar pavimento resaca B. Escapa de construcción anterior a un revestimiento planeado C. Desintegración de agregado fino	A. Grado alto de curvatura de la carretera B. Giros con volumen alto C. Reparación de grietas D. > grietas capilares a menos que se rellenen E. Condición de rodamiento > 45	
11. Capa de sello con roca	A. Impermeabilizar pavimento B. Disminuir resquebrajamiento de las grietas C. Textura de la superficie	A. Sellar pavimento resaca B. Desintegración de agregado fino C. Corrección de resistencia al deslizamiento	A. Grado alto de curvatura de la carretera B. Giros con volumen alto C. Reparación de grietas D. > grietas capilares a menos que se rellenen E. Condición de rodamiento > 45	
12. Capa de sello con granulometría abierta	A. Disminuir resquebrajamiento de las grietas B. Textura de la superficie C. Corregir el escurrimiento del aglutinante	A. Sellar pavimento resaca B. Desintegración del agregado grueso C. Corrección de resistencia al deslizamiento D. Corregir el escurrimiento del aglutinante	A. Reparación de grietas B. > grietas capilares a menos que se rellenen C. Condición de rodamiento > 45 D. Donde se requiera el uso frecuente de cadenas en las llantas	
13. Sellos de ligamento	A. Detener desintegración B. Impermeabilizar pavimento C. Disminuir resquebrajamiento de las grietas D. Textura de la superficie	A. Sellar pavimento resaca B. Desintegración de agregado fino o grueso	A. Reparación de grietas B. Condición de rodamiento > 45 C. > grietas capilares a menos que se rellenen D. Donde se requiera el uso frecuente de cadenas en las llantas	
14. Capa de sello con cubierta (arena)	A. Impermeabilizar pavimento B. Disminuir resquebrajamiento de las grietas C. Detener desintegración D. Restaurar la flexibilidad del sellador	A. Sellar pavimento resaca B. Desintegración de agregado fino	A. Reparación de grietas B. Desintegración del agregado grueso C. Condición de rodamiento > 45 D. Valor del deslizamiento de bajo a moderado E. Pavimento con surcos	

Continuación Tabla 3. Estrategias de reparación para pavimentos

Estrategia de reparación	Función (objetivo)	Uso apropiado	Uso inapropiado	Vida útil
Pavimentos flexibles				
	C. Detener desintegración D. Restaurar flexibilidad del sello		C. Condición de rodamiento > 45 D. Valor del deslizamiento de bajo a moderado E. Pavimento con surcos F. Pavimento altamente impermeable	
16. Modificaciones del sellado (agente rejuvenecedor)	A. Impermeabilizar pavimento B. Disminuir resquebrajamiento de las grietas C. Detener desintegración D. Restaurar flexibilidad del sello	A. Sellar pavimento reseco B. Desintegración de agregado fino	A. Reparación de grietas B. Desintegración del agregado grueso C. Condición de rodamiento > 45 D. Valor del deslizamiento de bajo a moderado E. Pavimento con surcos F. Pavimento altamente impermeable	1-3 años
Pavimentos rígidos				
17. Reconstrucción de carril	Restauración estructural	A. Agrietamiento 3a. etapa > 10% B. Cuando sea la más económica de las alternativas C. Restricciones de pendiente D. Condición de rodamiento > 45		20 años
18. Revestimientos PCC	Restauración estructural	A. Agrietamiento 3a. etapa > 10% B. Cuando sea más económica de las alternativas C. Sin restricciones de pendiente D. Cuando el manejo del tránsito lo permita E. Condición de rodamiento > 45		20 años
19. Revestimientos AC	A. Restauración estructural B. Reparar pavimento agrietado C. Restaurar textura superficial D. Mejorar calidad del rodamiento	A. Agrietamiento 3a. etapa > 10% B. Cuando sea la más económica de las alternativas C. Fallas si las losas son estables D. Sin restricciones de pendiente E. Condición de rodamiento > 45	Losas oscilantes o inestables	10 años
20. Revestimientos invertidos	A. Restauración estructural B. Reparar pavimento agrietado C. Restaurar textura superficial D. Mejorar calidad del rodamiento	A. Agrietamiento 3a. etapa > 10% B. Cuando sea la más económica de las alternativas C. Fallas si las losas son estables D. Sin restricciones de pendiente E. Condición de rodamiento > 45 F. Proporcionar cubierta de drenaje	Áreas de congelamiento y descongelamiento	10 años

VIII. ALTERNATIVAS DE REPARACIÓN Y REHABILITACIÓN

Hay una gran variedad de alternativas de reparación y rehabilitación de pavimentos, por ejemplo, las estrategias preventivas para superficies de pavimento incluyen asfalto de sello con aspersor, rejuvenecedores, sellado de juntas, capas de sello (con agregado) y un revestimiento delgado.

Para rehabilitación de pavimentos flexibles y rígidos, por ejemplo, siempre se considera que el bacheo es correctivo, y que puede ser efectivo si se hace bien. Por otro lado, los revestimientos son correctivos y preventivos al mismo tiempo, y se consideran como técnica efectiva. Los tratamientos de superficie pueden ser preventivos o correctivos y se consideran como medios eficaces de efectuar mantenimiento con regularidad a las carreteras.

Otro método para describir las alternativas de rehabilitación de pavimento, es tabular los tipos posibles de deficiencias e indicar el tratamiento más adecuado para corregirlas.

Tabla 4. Técnicas para el mantenimiento de pavimentos

<i>Tipo de mantenimiento</i>	<i>Técnica</i>	<i>Correctivo o preventivo</i>	<i>Efectividad</i>	<i>Notas</i>
Bacheo	Bacheo temporal Bacheo permanente Bacheo PCC	Correctivo	El bacheo temporal se considera de regular a malo. El bacheo permanente se considera bueno.	Hay numerosos materiales de bacheo disponibles. En NCHRP Synthesis 45(57) aparecen datos de algunos.
Mantenimiento de grietas	Limpieza de grietas Sellado de grietas	Se clasifica como preventivo y/o correctivo.	Se considera efectivo en general.	Hay pocos datos sobre mantenimiento de grietas en pavimentos rígidos.
Juntas	Juntas de alivio de presión	Correctivo y/o preventivo	Se considera efectivo para ayudar a mantener pavimentos rígidos y proteger pavimento y puentes.	Datos limitados
	Reparación de juntas	Correctivo	Efectiva.	Datos limitados
	Limpieza de juntas Sellado de juntas	Principalmente clasificada como correctivo; algunos lo consideraron preventivo.	Generalmente efectivo, dependiendo de los materiales y la mano de obra.	Hay varios materiales distintos que se pueden usar.
Reparación de fallas	Pulido (aplanado)	Correctivo	Efectivo	El método más común que se identificó fue levantamiento con relleno.
	Rellenado (lechada a presión)	Principalmente correctivos; alguno preventivo.	Eficacia moderada	
	Relleno subsuperficial	Preventivo	No se evaluó	
Reparación del pavimento hinchado	Temporal	Correctivo	Temporal	Hay un mínimo de datos.
	Quitar y reemplazar	Correctivo	Efectivo	

IX. PROGRAMACIÓN PARA REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS

En las secciones anteriores describimos cómo se mide el estado de un pavimento, y las alternativas y estrategias disponibles para reparar y rehabilitar esas superficies. En esta sección describiremos el proceso que se usa para decidir sobre determinado programa de rehabilitación. El programa requiere decidir acerca del tipo de reparación o técnica de restauración que se debe usar para determinado tramo de pavimento, y los tiempos de ejecución (la programación) del proyecto. Estas decisiones toman en cuenta la vida de diseño del pavimento, el costo y los beneficios del proyecto y otras condiciones físicas y del ambiente.

1. Métodos para establecer programas de mejoramiento de pavimentos

Las autoridades de transporte usan varios métodos para seleccionar un programa de rehabilitación de pavimentos. Las técnicas de análisis se dividen en tres grupos:

a. Evaluación del estado del pavimento.

Este método se usa para establecer programas anuales de rehabilitación del pavimento. La institución que se encarga de este mejoramiento determinará criterios para las diversas medidas del estado del pavimento, contra los que se pueden comparar las mediciones reales. Si las mediciones exceden este límite o “punto de referencia”, entonces existe una deficiencia o una necesidad de reforzar esta falla del pavimento. Esta necesidad puede ser por ejemplo una deficiencia en la compactación requerida, en la calidad de materiales usados no llegando a las especificaciones del trabajo, una humedad no óptima usada al compactar, el mal saneado de baches existentes en el tramo por lo que hay partes existentes que no sirven entre algunos tramos. Por ejemplo, si se ha establecido un PSI límite de 2.5 como el valor mínimo aceptable de rugosidad en determinada clase de pavimentos, entonces cualquier sección con un PSI menor que 2.5 representará una deficiencia actual de la estructura del pavimento.

El punto fijo de referencia resuelve así el asunto de la programación de la reparación, en una forma sencilla. Siempre que el índice de una condición cae por debajo de un punto de referencia (criterios), se supone que necesita la rehabilitación. Así, usando los criterios de referencia, todas las secciones se separan en dos grupos: “necesidades de hoy” y “necesidades futuras”.

b. Medición del estado estructural del pavimento.

La adecuación estructural del pavimento se mide ya sea con métodos no destructivos, donde se mide la deflexión bajo cargas estáticas o dinámicas, o con pruebas de falla, que consisten en quitar tramos del pavimento y probarlos en el laboratorio. Estas evaluaciones no destructivas, que reúnen datos de deflexión, son empleadas por algunas compañías como proyectos para fines de diseño de pavimentos y para desarrollar las estrategias de rehabilitación.

La evaluación no destructiva se basa en la premisa que las mediciones se pueden hacer sobre la superficie del pavimento, y que a partir de esas mediciones *in situ* se pueden inferir características acerca de la adecuación estructural del pavimento. Los cuatro métodos básicos de prueba de evaluación no destructiva son:

- Mediciones de deflexión estática
- Mediciones de deflexiones debidas a cargas dinámicas o repetidas
- Mediciones de deflexiones con una carga que cae (carga de impacto)
- Mediciones de densidad de las capas de pavimento.

La información de deflexión se usa principalmente para propósitos de revisión del diseño y no para la administración del pavimento. Un método que se usa en forma extensa para medir deflexiones estáticas es el de la viga Benkelman, un dispositivo sencillo operado a mano, diseñado para medir respuestas de deflexión de un pavimento flexible debidas a la carga de una rueda normalizada. Se coloca una punta de medición

entre dos neumáticos y se observa el movimiento de la recuperación de la superficie en el deformímetro de la viga que registra la deflexión máxima.

Otros dispositivos estáticos que se usan incluyen el deflectómetro móvil, la prueba de resistencia de placa y el deflectógrafo Lacroix. La mayor parte de esos dispositivos se basan en el principio de Beam Benkelman, en los que las deflexiones del pavimento debidas a una carga estática o en movimiento lento se miden en forma manual, o mediante registradores automáticos.

El método más común de carga dinámica para medir deflexiones de pavimento es el Dynaflect. Este dispositivo consiste básicamente en un generador dinámico de fuerza cíclica montado en un remolque de dos ruedas, una unidad de control, un sensor ensamblado y una unidad de calibración del sensor.

El sistema proporciona mediciones rápidas y precisas de deflexiones de la carpeta, que en esta prueba se deben a fuerzas generadas por volantes desbalanceados que giran en direcciones contrarias y se produce una fuerza vertical de 1 000 lb. en las ruedas de carga, y las deflexiones se miden en 5 puntos sobre la superficie transversal del pavimento, a un pie de distancia.

X. SELLADO DE GRIETAS Y BACHEO DEL PAVIMENTO EXISTENTE

Es la reparación de superficies asfálticas de carreteras existentes con la finalidad de mejorar las condiciones de servicio para los siguientes trabajos de rehabilitación. Esta reparación consiste en el sellado de grietas y en el bacheo.

1. Descripción

- Sellado de grietas. Para el sellado de grietas este trabajo consiste en la delimitación y limpieza de las grietas a sellar; el suministro, transporte, almacenamiento, calentamiento en caldera y aplicación del material sellador correspondiente; y además el suministro, transporte y distribución del material secante, todo en conformidad con las especificaciones correspondientes.
- Bacheo. Para el bacheo este trabajo consiste en la excavación de la superficie de la carpeta asfáltica y de las capas inferiores, si fuere necesario, en el área delimitada para el bacheo; el relleno de las capas removidas con el material especificado; la aplicación de un riego de imprimación en el fondo y en las paredes de la excavación realizada; el suministro, transporte tendido, conformación y compactación de la mezcla asfáltica utilizada para el relleno del bache; el barrido y limpieza de la superficie reparada.

2. Materiales

- Material bituminoso para sellado de grietas finas. El tipo, grado, especificación y temperatura de aplicación del material bituminoso a usar serán según lo indiquen las especificaciones.
- Sellador para grietas medianas. Debe ser del tipo elástico vertido en caliente y debe cumplir con los requisitos estipulados en las especificaciones.

- Mezcla asfáltica para sellado de grietas gruesas. La mezcla asfáltica en caliente o en frío utilizada será especificada en las disposiciones correspondientes.
- Material secante. El material secante debe estar constituido por arena. Esta arena debe estar debidamente graduada según las especificaciones que estén vigentes y es imperativo que este libre de basura, grava, materia vegetal, terrones de arcilla u otras sustancias que puedan deteriorar el área de imprimación.

XI. SELLADO DE GRIETAS

El sellado de grietas se hace fundamentalmente para evitar la penetración del agua en las capas subyacentes del pavimento para evitar hundimientos, baches, etc.

Las grietas se clasifican por su ancho, de la siguiente manera:

- Grietas finas con un ancho menor de 6 milímetros
- Grietas medianas con un ancho entre 6 y 20 milímetros.
- Grietas gruesas con un ancho mayor de 20 milímetros.

1. Equipo

- Compresores de aire. El contratista debe suministrar un compresor capaz de proveer aire comprimido a una presión de 830 kilo pascales y con un volumen de 2.8 metros cúbicos por minuto. Cuando así se especifique en las disposiciones especiales, al compresor se le debe adaptar un dispositivo capaz de calentar el aire a una temperatura de 100° C.
- Contorneadora. El contratista debe suministrar una contorneadora rotativa mecánica de impacto o una contorneadora de eje vertical capaz de limpiar las grietas en todo su ancho y hasta la profundidad requerida.
- Caldera de calentamiento. El contratista debe suministrar una caldera de doble pared con el espacio entre las paredes exteriores e interiores lleno con aceite u otro medio de transferencia de calor, capaz de ser agitado constantemente para mantener la temperatura del material para relleno de las grietas.

Se debe proveer un termómetro exacto y calibrado que tenga un rango de temperatura entre 100° a 300°C en incrementos de 2°C. El termómetro debe ser colgado en una ubicación tal que la temperatura del sellador pueda ser verificada de manera segura y constante. El contratista también debe suministrar una pistola para la aplicación del sellador a una manguera precalentada que a la vez este adherida a la caldera del calentamiento. Los controles de temperatura deben mantener la temperatura del sellador dentro de las tolerancias recomendadas por el fabricante.

- Espátula rasadora de hule. El contratista debe suministrar una espátula manual para asegurar que la grieta sea llenada del material sellador hasta la superficie.

- Limpieza. Todas las grietas deben de estar limpias hasta dejarlas libres de todo material suelto, polvo u otras substancias deletéreas por medio de un barrido, aplicación de aire comprimido u otros métodos aprobados.

- El material extraño que no pueda ser removido utilizando estas formas descritas debe ser removido utilizando un cepillo de alambre de acero o una contorneadora.

Cuando se utilice aire comprimido caliente, este se debe mantener en movimiento para no quemar el pavimento circundante. Este método ayuda a secar las grietas y, si la operación de sellado se hace inmediatamente después de la aplicación del aire caliente, ayuda a que el sellador se adhiera a la superficie de la grieta.

Se debe usar la contorneadora en las grietas con un ancho mayor de 6 milímetros antes de ser selladas para proveer un espacio para la colocación del respaldo de esponja y del sellador, con una profundidad de por lo menos 20 milímetros y para reducir la perdida potencial del agregado y del asfalto existente a los lados de las grietas.

- Grietas finas. Después de efectuada la limpieza en las áreas de bacheo que el Supervisor Residente indique, las grietas finas deben sellarse aplicando material asfáltico a presión con una pistola conectada a un tanque distribuidor. El material asfáltico puede ser cemento asfáltico o emulsión asfáltica. Las emulsiones asfálticas tienen flexibilidad limitada para mantener el sellado de la grieta y su efectividad se puede perder cuando,

por el movimiento del tránsito o fuerzas ambientales, la grieta tenga expansión o contracción excesiva, o movimientos verticales. Por tal razón este tipo de reparación puede ser considerado como un sellado temporal.

- Grietas medianas Después de efectuar la limpieza debe asegurarse que la grieta del área a tratar esté seca. Se debe instalar un respaldo de esponja antes de colocar el material sellador. Este respaldo debe ser aproximadamente 25% más ancho que el ancho de la grieta para evitar que se resbale hacia abajo o que sea expulsado después de verter el sellado.

- Este material se deberá introducir dentro de la grieta antes de la aplicación del sellador, según las recomendaciones del fabricante del mismo. Las grietas deben ser llenadas con un producto sellador, utilizando la pistola de aplicación conectada a la caldera de calentamiento.

El sellador debe ser colocado cuando la temperatura de la superficie del pavimento sea mayor de 4°C. No se debe calentar el sellador a una temperatura mayor que la máxima recomendada por el fabricante.

Se debe calentar únicamente la cantidad de sellador que se puede utilizar en una jornada de trabajo, ya que no se permitirá calentar de nuevo el sobrante del mismo.

El sellador debe ser colocado desde el fondo hacia la parte superior de la grieta para evitar que se formen burbujas de aire que dejen un espacio débil en el sellador. Se debe utilizar una espátula de hule u otro equipo adecuado para forzar el sellador dentro de las grietas y para que la reparación quede nivelada con la superficie del pavimento.

- Grietas gruesas. Después de efectuar la limpieza, las grietas deben ser rellenadas con mezcla asfáltica en caliente utilizando agregado fino. Si existen áreas demasiado agrietadas, estas deben repararse como un bache. Se debe utilizar una espátula de

hule u otro equipo adecuado para forzar la mezcla dentro de las grietas y para que la reparación quede nivelada con la superficie del pavimento.

XII. BACHEO

Las áreas de la superficie asfáltica que muestren deformaciones o agrietamientos excesivos, o un grado de deterioro indicativo de deficiencias estructurales localizadas, deben ser reparadas conforme el siguiente procedimiento. Las áreas a ser corregidas deberán ser delimitadas en el campo por el Supervisor residente.

1. Equipo

- Equipo para corte. El contratista debe suministrar sierras motorizadas un cargador frontal con una cuchilla especial o un martillo neumático, todas con capacidad para efectuar los cortes en forma vertical en las paredes del bache.
- Equipo de compactación para mezcla asfáltica. Suministrar, según el tamaño del área a reparar, mazos, una plancha vibratoria, una compactadora de rodo manual con un peso de por lo menos 130 kilogramos y/o una compactadora de rodillo metálico.
- Bacheo. Las áreas deben ser excavadas en forma rectangular con paredes verticales y con los lados paralelos y perpendiculares al eje de la carretera, debiéndose remover el material asfáltico y, de ser necesario, las capas inferiores de la estructura del pavimento hasta una profundidad que garantice el adecuado comportamiento posterior de la misma. Si durante la reparación, se encuentra que las capas superiores están saturadas o con un alto grado de humedad, en adición a la corrección del bache, el delegado residente debe investigar si la causa es la presencia de agua subterránea y ordenar, en este caso, las medidas correctivas correspondientes.

Unas medidas a tomar pueden ser el de ordenar sub drenajes para poder evitar la saturación de las capas superiores de la base o la sub base.

Esto requerirá la medición de cuáles son las capas más afectadas para que al colocar el sub drenaje este pueda corregir el problema de la forma más eficaz y sobretodo que no sea una solución momentánea.

Previo a la colocación de la mezcla asfáltica se debe aplicar un riego de liga en las paredes verticales de la excavación. Se deben reemplazar todas las capas de la estructura utilizando el mismo tipo de materiales existentes por otros de mejor calidad. Si la base es granular se deberá aplicar un riego de imprimación en el fondo de la excavación. Si la reparación es realizada en toda su profundidad con mezcla asfáltica será necesario colocar un riego de imprimación en el fondo y minimizar el uso de este.

Los baches deben ser rellenados con mezcla asfáltica en caliente o en frío, según lo indicado en las disposiciones especiales. La mezcla debe ser colocada en capas con un espesor máximo de 100 milímetros cada una. Cada capa debe ser compactada con el equipo adecuado, según el tamaño del área a bachear, de manera que la mezcla asfáltica alcance la compactación especificada según el tipo de mezcla utilizado.

Al completar las operaciones antes mencionadas, se debe limpiar la superficie utilizando métodos aprobados hasta que esta quede libre de material suelto, polvo u otras sustancias contaminantes. La limpieza se debe efectuar a todo lo ancho de las pistas de rodadura, retirando de los hombros y cunetas cualquier material sobrante de los trabajos realizados y seguir las instrucciones del ingeniero ambiental.

Algo que no se menciona anteriormente, pero es muy importante es que el bacheo no puede efectuarse mientras esté lloviendo y hacerlo en épocas de invierno es difícil efectuarlas. Algunas soluciones para esto pueden ser el uso de suelo cemento en las áreas de bacheo si el problema viene desde la base, y la estabilización con cal de la sub rasante si el bache proviene desde el nivel de sub rasante.

XIII. MEDIDA Y PAGO

- Sellado de grietas finas. El sellado de grietas será medido por el número de metros lineales medidos sobre la superficie de la carretera, con aproximación de dos decimales, de la longitud de las grietas y selladas con material bituminoso.
- Sellado de grietas medianas. El sellado de grietas será medido por el número de metros lineales medido sobre la superficie de la carretera, con aproximación de dos decimales, de la longitud de las grietas medianas limpias y selladas con material sellador.
- Mezcla asfáltica en caliente para relleno de grietas gruesas. La mezcla asfáltica en caliente para relleno de grietas gruesas será medida por el número de metros sellados de acuerdo con estas especificaciones generales.
- Excavación para bacheo. La excavación para bacheo será medida por el número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, de la excavación ordenada por el supervisor. El volumen debe ser determinado por procedimientos analíticos.
- Mezcla asfáltica para relleno de baches. La mezcla asfáltica para relleno de baches será medida por el número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, medidos en su posición final ya compactados satisfactoriamente construidos y aceptados, de acuerdo con estas especificaciones generales. El volumen debe ser determinado por procedimientos analíticos.

XIV. CONCLUSIONES

- La rehabilitación del pavimento es un proceso que requiere un estudio previo para poder determinar el grado de los daños en este. A partir de estos resultados se puede determinar la solución más efectiva y económica.
- Al determinar qué tipo de daño existe en el pavimento se debe recurrir al método apropiado para su rehabilitación. Por lo que se debe reconocer si el daño sufrido es fractura, distorsión o desintegración.
- Al reparar grietas se debe tener mucho cuidado con los materiales que se usaran para la reparación y en el riego de la imprimación ya que es muy importante evitar la infiltración de agua para evitar que el daño se agrave.
- En el bacheo debe tenerse mucho cuidado en la reparación de la base de la carretera ya que si esta no se repara con el material adecuado y de acuerdo a las especificaciones adecuadas la solución solo será temporal.
- Es muy importante que al sellar el asfalto usando una imprimación esta no se haga durante la lluvia y que el material secante esté libre de basura y grava ya que puede dañar el trabajo.

XV. COMENTARIO

En la construcción de carreteras siempre se especificará una vida útil de servicio de esta que puede depender según las especificaciones con las que se construyó, el material usado, el trabajo que haya hecho el desarrollador entre algunos factores.

La administración de pavimentos entra en juego desde el diseño de una carretera hasta su mantenimiento ayudándonos a realizar programas de rehabilitación para partes dañadas de la carretera, programas de prevención de daños que nos ayuda a poder minimizarlos en la carretera y programas de mantenimiento para alargar su vida útil.

Los daños a las carreteras pueden ocurrir debido a una mala construcción de la base, un mal drenaje, uso inapropiado de la carretera entre algunos. Estos daños se pueden corregir al identificar la clase de daño que existe y seguir los pasos para su rehabilitación.

En Guatemala la rehabilitación de pavimentos existe, aunque no se hace la rehabilitación en forma adecuada ya que las reparaciones son momentáneas y no se logra una rehabilitación de forma adecuada y a largo plazo. Este estudio puede seguirse para lograr una rehabilitación de forma apropiada.

XVI. BIBLIOGRAFÍA

Asphalt Overlays for Highway and Street Rehabilitation.
Manual Series No. 17 (MS-17). Asphalt Institute, Lexington, Ky., 1983, 164 pp.

Federal Highway Administration (FHWA), 1998.
Techniques for Pavement Rehabilitation, Publication No. FHWA HI-98-033.

Ingeniería de tránsito y carreteras. Nicholas Garber, Lester A. Hoel
3ra edición. International Thompson Editores

Libro Azul de Carreteras, Ministerio de Comunicaciones, Transporte y Vivienda
Secciones 401-408

Pavement Reahabilitation—Preparation for Asphalt Overlays.
Construction Leaflet No. 5 (CL-5). Asphalt Institute, Lexington, Ky., 1974.

Smith R., S. Herrin and M. Darter, 1979.
Highway Pavement Distress Identification Manual. Federal Highway Administration.

XVII. APÉNDICE

Foto 1. Grietas en el pavimento



Foto 2. Grietas en el pavimento y bache previamente reparado



Foto 3. Grietas en el pavimento



Foto 4. Grietas en el pavimento y bache previamente reparado



Foto 5. Grietas en el pavimento y cuneta existente



Foto 6. Grietas en el pavimento y cuneta existente



Foto 7. Desintegración tanto del pavimento como de la base

