

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ingeniería Civil

DOBLE TRATAMIENTO ASFALTICO SUPERFICIAL,
UNA ALTERNATIVA EFICIENTE Y ECONOMICA
PARA LAS CARRETERAS DE GUATEMALA

JORGE ALEJANDRO GUTIERREZ ROSADA

Guatemala

2,000

DOBLE TRATAMIENTO ASFALTICO SUPERFICIAL,
UNA ALTERNATIVA EFICIENTE Y ECONOMICA
PARA LAS CARRETERAS DE GUATEMALA

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ingeniería Civil

DOBLE TRATAMIENTO ASFALTICO SUPERFICIAL,
UNA ALTERNATIVA EFICIENTE Y ECONOMICA
PARA LAS CARRETERAS DE GUATEMALA

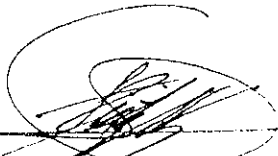
JORGE ALEJANDRO GUTIERREZ ROSADA

Trabajo de graduación presentado para optar al grado académico de
Licenciado en Ingeniería Civil

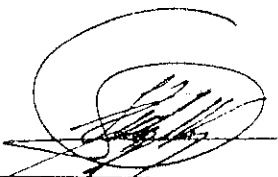
Guatemala


2,000

Vo. Bo. :

(f) 
Ingeniero Héctor A. Valdez Arandi
Asesor

Tribunal:

(f) 
Ingeniero Héctor A. Valdez Arandi

(f) 
Ingeniero Franklin Matzdorf Monroy

(f) 
Ingeniero René Alfredo Martínez

Fecha de aprobación: 7 de septiembre del 2.000

A Dios y María, por guiarme en la vida.
A mis padres, por su amor y consejos.
A mi abuela Luz (q.e.p.d.) y a mi tía Pepe
(q.e.p.d.), por su cariño.
A mis hermanas, por su compañía.
A mi novia Lisi, por su apoyo.
Al Liceo Guatemala, por sus enseñanzas.

CONTENIDO

	Páginas
I. INTRODUCCIÓN	1
II. TRATAMIENTOS ASFÁLTICOS SUPERFICIALES	3
A. Aspectos generales	3
B. Funciones de los tratamientos superficiales	4
C. Tipos de tratamientos asfálticos superficiales	5
D. Uso de los tratamientos asfálticos superficiales	7
III. MATERIALES	8
A. Generalidades	8
B. Materiales	8
IV. EQUIPO	22
A. Aspectos generales	22
B. Distribuidora de asfalto	23
C. Esparcidora de agregado	35
D. Rodos y compactadoras	41
E. Equipo de limpieza	45
V. PROCESO CONSTRUCTIVO Y ESPECIFICACIONES UTILIZADAS EN GUATEMALA	46
A. Generalidades	46
B. Preparación para la construcción	46
C. Proceso constructivo del doble tratamiento superficial	48
D. Especificaciones utilizadas en Guatemala	69
E. Pruebas de control para supervisión	72

	Páginas
VI. POSIBLES PROBLEMAS Y SUS SOLUCIONES	74
A. Cómo obtener un buen tratamiento superficial	74
B. Inspección	74
C. Reparación de defectos	75
D. Problemas especiales	83
E. Mantenimiento de los tratamientos superficiales	90
VII. MARCO COMPARATIVO ENTRE EL DOBLE TRATAMIENTO ASFÁLTICO SUPERFICIAL Y LA CARPETA DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE	93
A. Costo de la utilización de doble tratamiento superficial para pavimentación de una carretera	93
B. Costo de la utilización de mezcla asfáltica en caliente para la pavimentación de una carretera	95
C. Ventajas y desventajas de la utilización de doble tratamiento superficial con respecto a la mezcla asfáltica en caliente	97
VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
IX. BIBLIOGRAFÍA	101

Lista de Ilustraciones

Figura	Página
3.1 Relación del tamaño del agregado	15
4.1 Camión distribuidor y sus partes	25
4.2 Traslape triple y doble	29
4.3 Angulo adecuado de las boquillas	31
4.4 Rueda del bitómetro e indicador	32
4.5 Esparcidora de compuerta trasera	35
4.6 Esparcidora de compuerta trasera con rodillo alimentador	36
4.7 Esparcidora de compuerta trasera con disco giratorio	36
4.8 Esparcidora mecánica	37
4.9 Esparcidora autopropulsada	38-39
4.10 Proceso de carga de agregado en la distribuidora autopropulsada	39
4.11 Calibración y chequeo del punto de riego de la esparcidora	41
4.12 Compactadora neumática	43
4.13 Compactadora de rodos	44
4.14 Máquina barredora	45
5.1 Imprimación de la base	49
5.2 Trasiego del asfalto (tanque – distribuidora)	52
5.3 Riego de asfalto	56
5.4 Riego del Agregado	59-60
5.5 Limpieza de las boquillas de la barra de riego de la distribuidora	62

Figura	Página
5.6 Correcciones del riego de asfalto	62-63
5.7 Junta transversal	64
5.8 Compactación	67
6.1 Bache	76
6.2 Grieta transversal	77
6.3 Grieta longitudinal	78
6.4 Grietas de piel de lagarto	79
6.5 Depresión	81
6.6 Superficie absorbente	82
6.7 Pérdida del agregado	85
6.8 Problema de riego en pendientes pronunciadas	89
7.1 Sección típica	95

Lista de Tablas

Tabla		Página
3.1	Tipos de asfalto para tratamientos superficiales según el Instituto de Asfalto	20
3.2	Temperaturas de aplicación según el Instituto de Asfalto	21
5.1	Cantidades de material bituminoso	58
5.2	Tipo y cantidad de agregado a utilizar	60
5.3	Tipos de graduación para agregados de tratamientos asfálticos superficiales. Agregados para primera aplicación	70
5.4	Tipos de graduación para agregados de tratamientos asfálticos superficiales. agregados para segunda aplicación.	70
5.5	Temperaturas de aplicación para distintos tipos de asfalto	71
7.1	Cantidades de trabajo, doble tratamiento asfáltico superficial	94
7.2	Cantidades de trabajo, carpeta de mezcla asfáltica en caliente	96

I. INTRODUCCION

Hace aproximadamente cuatro años el gobierno de la República de Guatemala, por medio de la Dirección General de Caminos y el Programa Caminos de la Oportunidad empezó a promover proyectos de carreteras en el interior del país con el uso del tratamiento asfáltico superficial como una alternativa económica y adecuada de pavimento flexible en carreteras de segundo orden. A pesar de que existen otros tipos de recubrimiento, el tratamiento asfáltico superficial muestra ventajas en relación a su costo inicial y su facilidad de aplicación. Si se compara con un recubrimiento de mezcla asfáltica en caliente (material comúnmente utilizado en carreteras principales), el costo inicial de aplicación de un tratamiento superficial puede ser tres veces menor que el costo de una aplicación con mezcla asfáltica, como se podrá observar en el Capítulo VI del presente trabajo. Aparte, la mezcla asfáltica tiene el inconveniente de requerir una planta con equipo específico para su fabricación, limitando su uso a empresas con gran capacidad económica. Además, el costo de transporte de la mezcla asfáltica es elevado y requiere diferentes técnicas con el objeto de mantener su temperatura de aplicación.

El tratamiento asfáltico superficial, aunque utilizado hace muchos años, como se puede observar en carreteras con 15 años de servicio como en la Ruta CA-14, tramo El Rancho – Cobán, Ruta CA-10, tramo Padre Miguel – Esquipulas y Ruta CA-10, tramo Río Hondo – Chiquimula, había caído en cierto desuso, debido, probablemente, a la falta de promoción de proyectos de construcción y mantenimiento de carreteras en las áreas rurales. Sin embargo, debido a su bajo costo y facilidad de aplicación tomó mayor auge y actualmente se continúa impulsando en nuestro país. En los últimos tres años se ha utilizado el doble tratamiento asfáltico en distintos tramos carreteros entre los que se pueden mencionar: Jutiapa – Las Anonas (16.0 Km), Río Dulce – Castillo de San Felipe (5.0 Km), Río Dulce – El Estor (8.0 Km), Longarone – La Reforma – Huité – Cabañas (18.0 Km), Gualán – El Cacao (7.0 Km), Gualán – La Unión (10.0 Km), Ipala – San Luis Jilotepeque (14.0 Km.), San Pedro Pinula – Jalapa (17.0 Km.), Trincheras – Mariscos (12.0 Km.), CA-1 Oc. – Colotenango – San Gaspar Ixchil – San Ildefonso (12.0 Km), Camojá – Nentón (35.0 Km), Monumento – San Lorenzo (8.0 Km), entre otros.

Adicionalmente a las características expuestas anteriormente es una política generalizada de todos los países del mundo, (especialmente por razones económicas) que los caminos con bajo volumen de tráfico deben tener una superficie de rodadura cuyo costo sea económico y que conforme se incrementa el tránsito pueda aplicarse una capa de rodadura de concreto asfáltico en frío o caliente, de tal manera que la inversión inicial sea menor. Debido a que es casi imposible que se trabaje con un presupuesto amplio, se debe hacer lo básico y luego tomar otras acciones.

La importancia que ha tenido en los últimos años la construcción de carreteras con tratamiento superficial, ha creado un mayor interés por parte de los Ingenieros constructores en conocer más sobre este proceso y por esto creo importante que los futuros Ingenieros conozcamos en qué consiste, con qué y cómo realizarlo correctamente. Este trabajo pretende proporcionar información sobre la totalidad del método constructivo, haciendo énfasis en las características y especificaciones que deben cumplir los materiales a utilizar, posibles problemas que se puedan presentar y a la vez sus respectivas soluciones y los requerimientos necesarios para mantener un control de calidad adecuado al realizar un proyecto de este tipo, así como una comparación de costos con otro tipo de carpeta de rodadura como lo es la mezcla asfáltica en caliente, todo esto basado en la realidad y condiciones requeridas en Guatemala.

II. TRATAMIENTOS ASFALTICOS SUPERFICIALES

A. Aspectos generales

Tratamiento asfáltico superficial es un amplio término que incluye varios tipos de aplicaciones de asfalto y agregados, usualmente menores de una pulgada de grosor, para cualquier tipo de carretera.

El término tratamiento superficial asfáltico se usa para identificar la aplicación de uno o varios riegos de asfalto recubiertos cada uno con agregado; según el número de capas aplicadas, el tratamiento superficial se identifica como simple, doble, triple o múltiple.

Por medio de una construcción adecuada, el tratamiento asfáltico superficial es económico, fácil de colocar y durable. Al impermeabilizar la base, se mantiene un soporte adecuado en el pavimento; sin embargo por sí mismo el tratamiento superficial proporciona un insignificante soporte estructural en los pavimentos.

Los tipos de tratamientos superficiales varían desde una simple aplicación de asfalto líquido hasta múltiples capas superficiales hechas de aplicaciones alternadas entre asfalto y agregado. Todos estos tipos proporcionan un sello en la superficie de la carretera y por lo tanto contribuyen a aumentar la vida de la misma, pero cada tipo tiene uno o más propósitos especiales.

La Dirección General de Caminos de Guatemala (DGCG), en sus Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes, nos proporciona la siguiente definición para el Tratamiento Asfáltico Superficial:

“Es una capa de revestimiento de poco espesor, formada por riegos sucesivos y alternados de material bituminoso y agregados pétreos, destinada principalmente, a recibir directamente la acción del tránsito que proporciona en el pavimento las condiciones necesarias de impermeabilidad, resistencia al desgaste y suavidad para el rodaje, aunque para el diseño del pavimento no se considera que aporte ninguna contribución a la distribución de la carga.” (DGCG, 1975).

De igual forma, las Especificaciones Generales de la DGCG describen de una forma general y amplia el proceso, el cual se detallará a lo largo de los siguientes capítulos:

“Este trabajo consiste en la obtención y explotación de canteras y bancos, la trituración de piedra o grava y lavado para formar los agregados clasificados, su apilamiento y almacenamiento, la preparación y delimitación de la superficie a tratar; el suministro, acarreo y distribución uniforme superficial del material asfáltico y agregados pétreos, la compactación; la regulación del tránsito y los controles de laboratorio durante todo el proceso de construcción de una o varias capas de tratamiento asfáltico superficial, sobre la base previamente preparada, de conformidad con lo indicado en los planos y ajustándose razonablemente a los alineamientos horizontal y vertical, y secciones típicas de pavimentación, dentro de las tolerancias estipuladas, y de conformidad con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales”. (DGCG, 1975).

B. Funciones de los tratamientos superficiales

Los tratamientos superficiales tienen diversas aplicaciones por sus bajos costos de construcción y porque cuando están bien contruidos sobre bases sólidas y firmes, con bajos costos de mantenimiento, tienen una prolongada vida útil. Sus principales funciones son las siguientes:

- Suministrar una superficie asfáltica de bajo costo inicial, que sirva al tránsito en todo tiempo;
- Impermeabilizar los pavimentos que se han agrietado o envejecido, para evitar la entrada de agua a las bases;
- Proporcionar una superficie de rodamiento con mayor adherencia, cuando la superficie existente se haya vuelto resbaladiza por desgaste o pulimento; y
- Dar nueva vida a las superficies secas y envejecidas de los pavimentos asfálticos que estén a punto de desintegrarse por el tiempo, uso u otras circunstancias.

Por estar un alto porcentaje de las carreteras centroamericanas construidas con este tipo de pavimentos y además, debido al nuevo impulso que se dio a este tipo de carreteras en los últimos cinco años, es importante conocer los procedimientos empleados en su construcción y mantenimiento, así como también los materiales requeridos.

C. Tipos de tratamientos asfálticos superficiales

1. Tratamiento superficial simple:

Consiste en una aplicación de asfalto líquido en cualquier superficie de carretera, seguida inmediatamente de una capa de agregado con tamaño especificado. El grosor del tratamiento es aproximadamente el mismo que el de las partículas de agregado. El tratamiento superficial simple es usado como una capa de rodadura impermeable. Se utiliza en carreteras con tráfico menor a 200 vehículos diarios.

2. Tratamientos Superficiales Múltiples:

Consiste en dos o más tratamientos superficiales colocados uno sobre el otro. El tamaño máximo del agregado de cada tratamiento sucesivo es usualmente la mitad del anterior, y el grosor total del tratamiento es aproximadamente el mismo que el tamaño máximo de las partículas de agregado de la primera capa.

El tratamiento superficial múltiple es una serie de tratamientos superficiales simples que producen una capa de pavimento de alrededor de una pulgada de espesor. Un tratamiento múltiple es una superficie de rodadura más densa e impermeable que un tratamiento simple y proporciona un pequeño soporte estructural. El doble tratamiento se utiliza en carreteras con un tráfico aproximado de 600 vehículos diarios y el triple tratamiento en carreteras de hasta 1,000 vehículos por día.

3. Capa final o capa impermeable:

Tratamiento superficial muy delgado o fino, utilizado para mejorar la textura e impermeabilizar una superficie asfáltica; generalmente es utilizado en reparaciones de pavimentos flexibles.

Depende del propósito, las capas selladoras (seal coat) pueden o no estar cubiertas con agregado. Los principales tipos de capas selladoras son:

- a. **Sello de agregado:** usualmente igual al tratamiento superficial simple.
- b. **Sello negro o fog seal (capa final de asfalto muy fluido):** ligera aplicación de emulsión asfáltica diluida con agua. Es usada para renovar viejas superficies asfálticas y sellar pequeñas grietas y daños superficiales. La emulsión es diluida con una cantidad igual de agua y esparcida en una relación de 0.1 a 0.2 galones de emulsión diluida por yarda cuadrada (0.12 gal/m² a 0.24 gal/m²).
- c. **Sello con lechada de emulsión (slurry seal):** mezcla de emulsión asfáltica, agregado fino, agregado de relleno y agua. Es usado para rellenar las grietas de pavimentos viejos y así restaurar una superficie y textura uniforme y además para sellar la superficie para prevenir la entrada de humedad y aire dentro del pavimento.
- d. **Sello de arena:** aplicación de material asfáltico cubierto con agregado fino. Debe ser usado para mejorar la resistencia al deslizamiento (proporcionar rugosidad) en pavimentos resbaladizos y para sellar el pavimento contra la entrada de aire y agua.

4. Capa de Imprimación:

Aplicación de líquido asfáltico de baja viscosidad en una superficie absorbente. Es usada para preparar una base en la cual se colocará una superficie asfáltica. La imprimación penetra dentro de la base y tapa los vacíos, endurece la superficie y ayuda a la adherencia con la capa asfáltica superior.

5. Riego de Liga:

Ligera aplicación de asfalto líquido, usualmente emulsión asfáltica diluida con agua. Es usada para asegurar una buena unión entre la superficie a pavimentar y la capa superior.

6. Capa Antipolvo:

Un asfalto líquido, ya sea una emulsión de rotura lenta diluida o un Cut-Back de tipo MC-70 o SC-70. Se riega sobre superficies no tratadas para evitar el desprendimiento de polvo. Se conoce también con el nombre de paliativo de polvo.

D. Uso de los tratamientos asfálticos superficiales:

Los tratamientos superficiales son usados para:

1. Proveer un bajo costo y una superficie utilizable en todo tipo de clima:

Para volúmenes de tráfico ligeros y medianos, el tratamiento superficial sobre una base granular provee una superficie económica y duradera.

2. Impermeabilizar:

Para proveer de un buen servicio, un pavimento debe prevenir la penetración del agua de la superficie hacia las capas de fundación. Los tratamientos superficiales son ampliamente usados para prevenir la penetración del agua en las bases granulares y en pavimentos antiguos que se han intemperizado o agrietado.

3. Unen la base con la capa superior:

Las bases granulares deben ser tratadas con imprimación asfáltica para asegurar la adherencia con las capas asfálticas superiores ya que cierra los poros (llena los vacíos), recubre y une las partículas minerales sueltas y endurece la superficie.

4. Proveen una superficie antideslizante:

Los pavimentos que se han vuelto resbaladizos, ya sea por efectos del intemperismo o por el desgaste de los agregados de la superficie, pueden ser tratados con nuevos agregados para evitar el deslizamiento.

5. Provee nueva vida a las superficies muy intemperizadas y desgastadas:

Un pavimento que se ha intemperizado al punto en que el desprendimiento de porciones de la carpeta pueda ocurrir, puede ser restaurado mediante una aplicación de un tratamiento superficial de asfalto y agregados.

6. Provee una cubierta temporal para una nueva capa de base:

Algunas veces es necesario que una nueva capa de base sea expuesta al invierno, con el propósito de que sean localizados los baches y se puedan reparar antes de colocar la capa final. Un tratamiento superficial permite una buena cubierta temporal. Además en algunas planificaciones de construcción, el tratamiento superficial es usado hasta que la capa asfáltica final sea colocada.

7. Refuerza los pavimentos:

En pavimentos viejos que necesitan ser reforzados debido al aumento de las condiciones de tráfico, pueden ser rescatados al prevenir su desintegración por medio de tratamientos superficiales múltiples.

8. Permite mejoras en la carretera:

La superficie tratada se puede mejorar posteriormente, con la colocación de una carpeta asfáltica en caliente.

III. MATERIALES

A. Generalidades:

La combinación y uso adecuado de materiales y equipo son los responsables de un buen tratamiento superficial. La cantidad y grado exactos del asfalto, unido con la correcta cantidad y tipo de los agregados minerales lograrán que se cumplan las funciones discutidas anteriormente. Sin embargo, la estructura del pavimento debe poseer una adecuada capacidad de carga y el equipo y los métodos de construcción correctos deberán ser utilizados en el trabajo.

Las características de los materiales descritas a continuación son cualidades generalizadas proporcionadas por el Instituto de Asfalto y por el Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras, Alcantarillas y Puentes de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (Sieca). En el capítulo cinco se proporcionan propiedades específicas para los materiales a utilizarse en Guatemala.

B. Materiales:

1. Asfalto:

Para seleccionar el grado adecuado del asfalto para un tratamiento superficial, se deben considerar los siguientes aspectos:

- La temperatura de la superficie sobre la cual se aplicará el asfalto.
- Temperatura del aire.
- Humedad y viento.
- Condición de la superficie.
- Tipo y condición del agregado a aplicar.
- Equipo que será usado.

Con la correcta utilización del grado del asfalto se logrará lo siguiente:

- Al ser aplicado será lo suficientemente fluido para lograr que el riego sea adecuado y pueda cubrir uniformemente toda la superficie.
- Después de ser aplicado debe retener la consistencia adecuada para cubrir el agregado utilizado.
- El curado y el desarrollo de la adhesión se dará rápidamente.
- Después del proceso de compactación y curado, debe poder retener fuertemente el agregado en la superficie de la carretera para prevenir la pérdida del mismo debido al tráfico.
- Cuando sea aplicado en la cantidad adecuada no ocurrirá afloramiento del asfalto con los cambios de clima.

a. Tipos de asfaltos usados para tratamientos superficiales:

El grado adecuado de los asfaltos líquidos, incluyendo las emulsiones asfálticas, llenarán los requisitos descritos anteriormente. En lugares con clima cálido y seco, los grados de penetración más bajos del cemento asfáltico son mejores cuando el agregado seco es colocado inmediatamente después del riego. Más específicamente, se habla de los asfaltos líquidos de curado rápido o cutbacks, como el RC-70 y RC-250, las emulsiones de fraguado rápido, RS-1, RS-2 y RS-3 y los cementos asfálticos con grados de penetración entre 120 a 150, el cual corresponde al AC-10 según su clasificación por viscosidad cinemática y los que poseen grado de penetración entre 200 a 300, que corresponden al AC-5, son usualmente los más recomendados para la mayoría de tratamientos superficiales según el Instituto de Asfalto; sin embargo, en Guatemala se ha utilizado, con la autorización de la Dirección General de Caminos de Guatemala, el cemento asfáltico con grado de penetración 85 a 100 (AC-20) que proporciona muy buenos resultados.

Los asfaltos líquidos de curado medio, como el SC-70 y SC-250, se pueden utilizar satisfactoriamente si se provee suficiente tiempo de curado antes de permitir el paso de vehículos. A menudo, en climas cálidos y áridos en donde el solvente, kerosina, de los asfaltos rebajados se evapora más rápido, o en aplicaciones especiales como la imprimación de bases granulares, los asfaltos líquidos de curado medio pueden ser muy útiles.

Las emulsiones asfálticas de fraguado lento son utilizadas en los tratamientos del tipo de sello de lechada (slurry seal), con el objeto de proporcionar un mayor tiempo a la emulsión para que llene las grietas existentes.

A continuación se describen las características de los asfaltos más utilizados.

a.1 Cementos asfálticos:

El cemento asfáltico es el material básico de la familia de los asfaltos. Es un material semi-sólido que se produce en 5 grados distintos. Se utiliza para hacer mezclas en caliente, para tratamientos superficiales y macadam, para capas de sello y para llenar ciertos tipos de grietas. Los cementos asfálticos se clasifican mediante un ensayo cuidadosamente controlado en el cual una aguja de tamaño y peso estándar penetra una muestra de asfalto a una temperatura especificada. La distancia que la aguja penetra en el asfalto durante el tiempo especificado determina su grado. Así, si a 25°C la aguja, bajo un peso de cien gramos, penetra 90 décimas de milímetro en 5 segundos, se dice que el asfalto tiene una penetración de 90. Además, existe la clasificación según la viscosidad cinemática del cemento asfáltico, por ejemplo el AC-10 y el AC-20.

a.2 Asfaltos RC, MC y SC:

Los asfaltos que se diluyen mezclándolos con solventes de petróleo se llaman generalmente “cutbacks”. Cuando se riegan sobre la carretera, los solventes se evaporan y dejan depositado el cemento asfáltico. Estos asfaltos líquidos se fabrican de tres tipos, según el tiempo de curado:

- Curado Rápido (RC): que contiene un solvente de tipo nafta o gasolina.
- Curado Medio (MC): con un solvente similar al kerosene.
- Curado Lento (SC): usualmente no se llama cutback porque su solvente, semejante a un fuel-oil (aceite) pesado, no se añade sino que se deja durante el proceso de refinación. Algunas veces el tipo SC se llama “aceite de carretera”.

a.3 Emulsiones asfálticas:

Las emulsiones asfálticas son mezclas líquidas que contienen cemento asfáltico, agua y un agente emulsificante. Existen dos tipos generales, la regular y la invertida. En el tipo regular, glóbulos minúsculos de asfalto están suspendidos en el agua.

Las emulsiones asfálticas están graduadas de acuerdo con el tiempo que toman en romperse o desemeulsificarse, y se llaman de rotura rápida (RS), rotura media (MS), y rotura lenta (SS). Generalmente tienen un color marrón oscuro cuando el asfalto está en suspensión y se hacen negras cuando el agua y el asfalto se separan.

Las emulsiones asfálticas del tipo regular se producen en dos tipos: las aniónicas y las catiónicas. En el tipo aniónico, los glóbulos de asfalto tienen una carga eléctrica negativa. En el tipo catiónico, los glóbulos están positivamente cargados. Estas diferencias en carga eléctrica mejoran la adherencia y las propiedades de recubrimiento de la emulsión cuando se utilizan con agregados que tienen cargas superficiales opuestas.

Las letras SM y CM que pueden acompañar a las abreviaturas de los tipos de emulsiones, se refieren a mezclas de arena y mezclas con agregados gruesos, respectivamente.

En el tipo invertido, glóbulos minúsculos de agua están suspendidos en asfalto líquido, usualmente un RC.

La TABLA 2.1, al final del capítulo, muestra los tipos de asfalto utilizados para los distintos tipos de tratamientos superficiales, según el Instituto de Asfalto.

b. Control de la temperatura del asfalto para el riego:

El asfalto es un material termoplástico, el cual al aumentar la temperatura se vuelve más líquido (decrece su viscosidad). La temperatura del riego debe ser seleccionada cuidadosamente debido a que la capacidad de realizar el riego a una baja temperatura (relación temperatura – viscosidad) varía por los diferentes tipos y grados, incluso en los asfaltos del mismo grado pero de fuentes distintas. El rango de viscosidad cinemática recomendado para el riego oscila entre 40 a 120 centistokes y las temperaturas necesarias para producir este rango varían ampliamente. La tabla 2.2 muestra que la temperatura de riego apropiada puede variar de 75°F a 395°F, pero depende del material usado y los límites recomendados. La tabla 2.2 puede ser utilizada como guía para encontrar el rango para la temperatura de riego correcta, sin embargo las especificaciones proporcionadas para realizar cada trabajo deben indicar el rango a utilizar. En el capítulo cinco se especifican las temperaturas de riego requeridas en Guatemala.

La TABLA 2.2, al final del capítulo, muestra las temperaturas de riego recomendadas para varios grados de asfalto, según el Instituto de Asfalto. En el capítulo 4 se especifican las temperaturas de riego según la Dirección General de Caminos de Guatemala.

c. Cantidades requeridas de asfalto:

Después de que un tratamiento superficial ha sido abierto al tráfico por algún tiempo, las partículas de agregado se orientarán en su posición de mayor densidad. Las partículas estarán asentadas sobre sus caras más planas y los vacíos entre ellas serán aproximadamente el 20% del volumen total. El asfalto utilizado para el tratamiento debe llenar del 60 al 70% de estos espacios vacíos. En el capítulo cuarto se detallan las cantidades requeridas por las especificaciones de la DGC de Guatemala.

2. Agregados:

Varios agregados duros como la arena, grava, piedra triturada y escoria triturada pueden utilizarse satisfactoriamente para tratamientos superficiales. El agregado seleccionado debe, sin embargo, cumplir ciertos requerimientos de tamaño, forma, limpieza y características superficiales, las cuales se detallarán más adelante.

a. Tamaño del agregado:

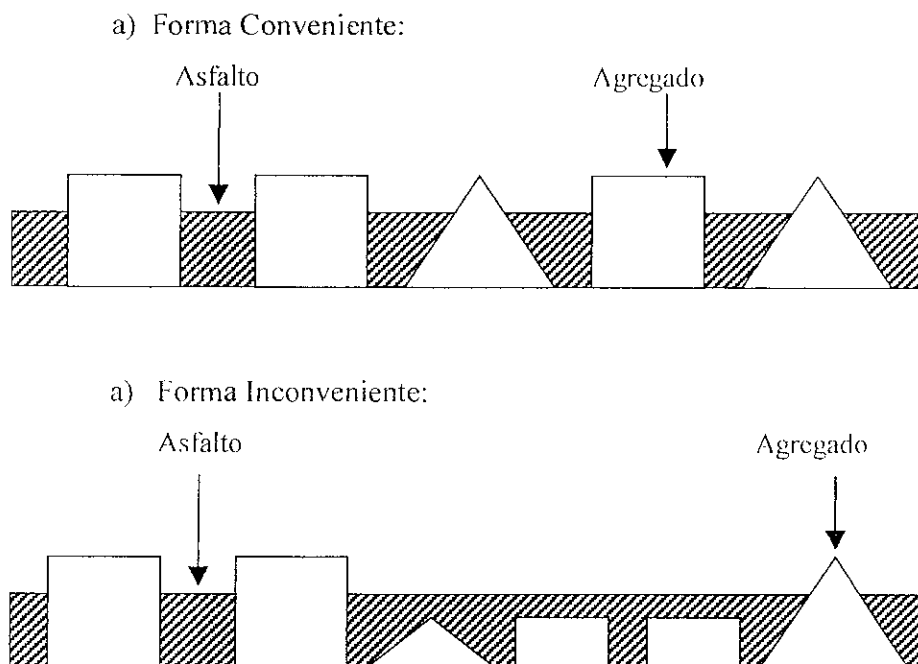
El agregado debe ser lo más uniforme en lo que a tamaño se refiere y a la vez económico, suponiendo que el tratamiento superficial tendrá sólo una capa de agregado. Si existe mucha diferencia entre las partículas de mayor tamaño y las más pequeñas, la película de asfalto podrá cubrir completamente las partículas pequeñas pero no se logrará el correcto recubrimiento de las partículas grandes. Si esto ocurre, las partículas de agregado serán removidas fácilmente por el tráfico de alta velocidad.

Generalmente, el mayor tamaño del agregado para un tratamiento superficial deberá ser no más que 2 veces el tamaño de la menor partícula, con una razonable tolerancia para las que estén sobre el tamaño indicado o por debajo del tamaño correcto, y así permitir una producción económica.

El tamaño máximo del agregado también determinará la rugosidad de la superficie. Se ha encontrado que los agregados menores de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro son los más adecuados para producir una superficie de baja rugosidad.

El agregado para sello de lechada es la excepción al principio del tamaño único y a la limitación del tamaño mínimo. Este agregado debe ser fino, bien graduado, con un tamaño máximo de más o menos 0.10 pulgadas y con un 15% menor que 0.03 pulgadas.

Figura 3.1: Relación de tamaño del agregado



b. Forma del agregado:

La forma de las partículas es importante para los agregados de tratamientos superficiales, la forma ideal deberá ser cúbica o piramidal. Una gran cantidad de partículas planas y largas no es deseable porque serán totalmente cubiertas al utilizar suficiente asfalto para retener las partículas que sí tienen forma cúbica o piramidal.

Si todas las partículas son planas y largas será necesario sólo un poco de asfalto para unir las y su control se dificultará.

c. Limpieza del agregado:

Limpiar el agregado es extremadamente importante. Si las partículas están empolvadas o cubiertas por limo o arcilla, el asfalto no se podrá adherir, ya que el polvo produce una capa que evitará la correcta adhesión del agregado. No se pueden asegurar buenos resultados con agregados empolvados o sucios.

Si se desean obtener los mejores resultados en los tratamientos superficiales, además de la forma y tamaño del agregado debe ponerse especial cuidado en la limpieza de los mismos, pues entre más limpios se encuentren, mejor será su adherencia al asfalto. El polvo proveniente de la trituración debe ser eliminado por lavado –preferiblemente en fábrica - y no debe dejarse después el agregado sin protección para evitar que pueda ser nuevamente contaminado. Tanto las partículas de limo o arcilla como el polvo que envuelve los agregados deben eliminarse, pues no permiten la adherencia entre partículas del agregado.

d. Adherencia:

La buena adherencia entre el agregado y el asfalto, y la habilidad de retenerla, es esencial para lograr un buen tratamiento superficial.

La adherencia, sin embargo, se ve influenciada por las múltiples variables descritas anteriormente y a menudo existen trabajos en los cuales las condiciones ideales no se pueden obtener. Por ejemplo, los agregados húmedos y limpios no se adhieren tan bien como los secos y limpios, y la mejor adherencia se obtiene cuando están secos y poseen una alta temperatura.

Las condiciones en el campo pueden ser tales que los agregados limpios contendrán siempre algo de humedad y deben ser utilizados en estas condiciones. Esto no crea un problema serio cuando el trabajo se realiza en lugares de clima cálido y seco, lo que permitirá un secado rápido. Sin embargo, el agregado seco proveerá un mejor resultado.

Existen algunas evidencias de que los agregados con cierto grado de suciedad proporcionan un mejor resultado cuando están húmedos. Esto se debe a que al encontrarse el agregado húmedo existe adherencia con la suciedad, que generalmente es limo, y permite un mejor recubrimiento de asfalto. Por el contrario, si el agregado está seco, la suciedad se desprenderá, para evitar así una buena adherencia con el material bituminoso. Por esta razón, estos agregados deben ser humedecidos antes de ser utilizados.

Cuando estas condiciones no se consiguen en la obra y es necesario hacer el trabajo, se debe tener en cuenta que:

- Si el material está limpio pero húmedo, será condición ideal si se cuenta con tiempo seco y cálido, pues esto facilita el secado del agregado;
- Si el material está limpio pero con agua libre, aún cuando las condiciones del tiempo seco y cálido prevalezcan, habrá que tratar de secar el material para tener buenos resultados;

- Si el material está ligeramente empolvado, se obtendrán mejores resultados de adherencia si los materiales se humedecen ligeramente.

La adherencia entre el asfalto y el agregado puede mejorarse mediante un delgado recubrimiento de kerosina sobre el agregado, aplicado mediante un rociador en una proporción de 0.5 – 1.0 galones de kerosina por tonelada de agregado, mientras es cargado en los camiones.

Realizar un prerrecubrimiento del agregado con una fina película de asfalto, usualmente resolverá el problema del polvo y proveerá una buena adhesión del asfalto con el agregado. El agregado se pasa a través de un secador de una planta de mezcla asfáltica, se enfría por debajo de los 200°F. Después se mezcla con el 1% de MC-70 para recubrir cada partícula. Esta pequeña cantidad de asfalto no cambia la característica del agregado de ser un material suelto, por lo que puede aplicarse con las esparcidoras de agregado. El prerrecubrimiento del agregado eleva el costo del agregado, pero ese costo adicional se justifica con la obtención de mejores resultados. Es importante mencionar que este proceso no se realiza en Guatemala, ya que eleva considerablemente el costo de los agregados.

e. Agregado grueso:

El agregado grueso se define como todo material mineral retenido en el tamiz #8 (aproximadamente 0.10”).

f. Agregado fino:

El agregado fino se define como todo material mineral que pasa el tamiz #8. Puede ser material natural o procesado.

g. Cantidades requeridas de agregado:

Los estudios han demostrado que, excepto bajo condiciones inusuales, solo una capa de agregado se adhiere cuando es esparcido sobre el riego de asfalto; cualquier cantidad extra se desperdiciará y no permitirá dejar una superficie debidamente terminada, uniforme y tersa. Es, por lo tanto, esencial para economía, que la cantidad de agregado necesario sea determinada cuidadosamente.

Hay varios métodos para determinar la cantidad de agregado que se necesita, pero posiblemente el más práctico y sencillo es el método directo que consiste en acomodar a mano y sobre una superficie determinada el agregado distribuido por la esparcidora que se va a usar en el trabajo. Para tener un dato real, se tiende un cuadrado de lona sobre la superficie a tratar, se hace pasar la esparcidora y posteriormente se acomoda al agregado manualmente, y se agrega o se quita, según el caso, para pesar a continuación el material así requerido. Se gradúa el esparcidor y se repite la operación, hasta que la esparcidora quede bien calibrada.

Para comprobar periódicamente si la esparcidora está distribuyendo la cantidad requerida, se hace toda la operación anteriormente descrita y se hacen los ajustes cuando sean necesarios.

En el capítulo cinco se detallan las cantidades de agregado a utilizar, requeridas por las especificaciones de la Dirección General de Caminos de Guatemala.

Tabla 3.1

TIPOS DE ASFALTO PARA TRATAMIENTOS SUPERFICIALES
INSTITUTO DE ASFALTO

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	CEMENTOS		ASFALTOS LIQUIDOS																			
	ASFALTICOS		CURADO RAPIDO (RC)			CURADO MEDIO (MC)				CURADO LENTO (SC)				EMULSIONES (Aniónicas)			EMULSIONES (Catiónicas)					
	120/150	200/300	70	250	800	3000	70	250	800	3000	RS-1	RS-2	MS-2	SS-1	SS-1h	RS-2K	RS-3K	SM-K	CM-K	SS-K	SS-Kh	
Tratamientos superficiales con cubierta de agregado																						
Capas de sello (Seal coats)													1	1								
Sellos de lechada (Slurry seal)																						
Capas de asfalto muy fluido (Fog seal)															2							
Capas o riegos de liga (Tack coat)														2	2							
Imprimación																						
Tapa polvos (Dust laying)														2								2

1 Los grados SS pueden ser utilizados cuando se usa arena como cubierta

2 Diluido con agua

K Emulsión catiónica

Tabla 3.2

**TEMPERATURAS DE APLICACIÓN
SEGÚN EL INSTITUTO DE ASFALTO**

TIPOS DE ASFALTO	TEMPERATURAS SUGERIDAS PARA EL RIEGO
Cementos Asfálticos	
120 - 150 pen. (AC-10)	285 - 395°F
200 - 300 pen. (AC-5)	275 - 385°F
Emulsiones Asfálticas	
Aniónicas	
RS - 1	75 - 130°F
RS - 2	110 - 160°F
MS - 2	100 - 160°F
SS - 1	75 - 130°F
SS - 1h	75 - 130°F
Catiónicas	
RS - 2K	75 - 130°F
RS - 3K	110 - 160°F
CM - K	100 - 160°F
SM - K	100 - 160°F
SS - K	75 - 130°F
SS - Kh	75 - 130°F

2 Diluído con agua

3 Incluye asfalto de penetración 50-60

IV. EQUIPO

A. Aspectos generales

Los tratamientos superficiales exitosos dependen, en gran parte, del equipo utilizado, su condición y la forma en que se opera. Es por esto que generalmente, las especificaciones requieren que el equipo se encuentre en buenas condiciones mecánicas, bien calibrado y sin desgaste, lo cual afectaría la calidad del trabajo. Siempre es aconsejable realizar una cuidadosa inspección antes de empezar a trabajar, observar que las piezas estén limpias, calibradas y en óptimas condiciones para operar.

Gran parte del éxito de los tratamientos superficiales no se debe únicamente al empleo de buenos materiales, - asfaltos y agregados -, sino también depende en un alto grado del uso de equipo adecuado y de su buen estado de funcionamiento; a ésto debe agregarse como elementos muy importantes, la experiencia de los operadores y la buena programación de la ejecución en las diferentes fases del trabajo. La experiencia de los operadores, sobre todo de la distribuidora de asfalto y de la esparcidora de agregados es un factor determinante en la aplicación de un tratamiento superficial. Este factor se hace mucho más importante en nuestro país, ya que usualmente la maquinaria para estos trabajos se compra usada y es muy difícil que se cuente con los manuales de calibración y uso que proporcionan los fabricantes, por lo que un operador con años de experiencia y conocimiento de su máquina, será de gran beneficio en el desarrollo de los trabajos.

A continuación se describirán las cuatro máquinas más importantes para esta clase de trabajos: distribuidores de asfalto, esparcadoras de agregados, compactadoras y aplanadoras y escobas.

B. Distribuidora de asfalto:

La pieza más importante de la maquinaria en un tratamiento superficial es la distribuidora de asfalto. La distribuidora está fabricada específicamente para aplicar el producto asfáltico, uniformemente sobre una superficie, en las cantidades apropiadas y mantener la relación correcta de aplicación. Se fabrica especialmente, para distribuir desde asfaltos líquidos de baja viscosidad hasta cementos asfálticos de alta viscosidad.

La distribuidora de asfalto consiste en un camión sobre el cual va montado un tanque que posee un recubrimiento aislante, con un sistema de calentamiento mediante quemadores de gas propano y un tubo que transmite el calor a través del tanque. Un termómetro se localiza en uno de los lados del tanque y se utiliza para estar chequeando la temperatura del asfalto. Todas las distribuidoras de asfalto, cualquiera que sea su tipo, constan de un sistema adecuado de controles para temperaturas, presión, volumen, cantidad y velocidad de distribución en pies y metros por minuto. En la parte trasera del camión se encuentra la barra y boquillas de riego, a través de las cuales el asfalto es expulsado, a presión, sobre la superficie de la carretera. Estas barras de riego pueden cubrir anchos desde los 6 pies hasta los 30 pies en un riego que depende de la capacidad de la bomba.

Las partes más importantes de la distribuidora de asfalto, si se excluye el camión son:

1. Tanque:

Con capacidad de 800 a 5,500 galones. Es un depósito aislante, con uno o más conductos para transmitir el calor, un termómetro, cortinas para evitar el oleaje o movimiento del asfalto, una boca de inspección y un tubo de rebose.

2. Quemadores:

Uno o dos quemadores se incluyen en el distribuidor. Cada quemador tira una llama dentro del tubo de calentamiento, mediante el cual se transmite el calor al asfalto.

3. Sistema de circulación:

Se compone de una bomba impulsada por motor de gasolina, la cual tiene las siguientes funciones:

- Llena el tanque de la distribuidora.
- Hace circular el material dentro del tanque y la barra.
- Proporciona la presión necesaria para realizar el riego, ya sea con la barra o con pistola.
- Regresa el material de la barra o pistola hacia el tanque.
- Bombea el material desde el tanque al depósito exterior.
- Transfiere el material de un tanque de depósito hacia otro.

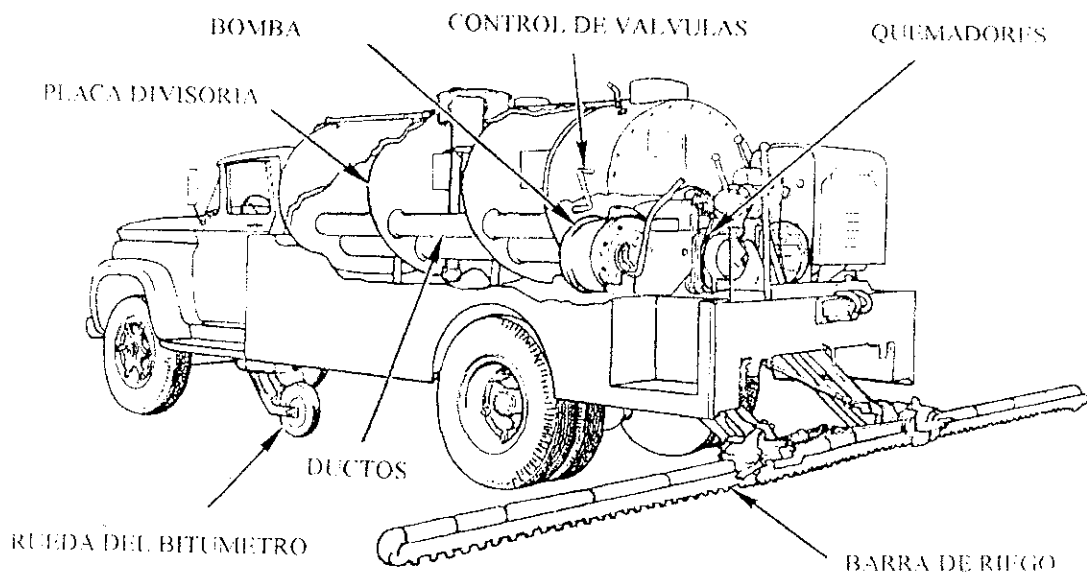
4. Barra de riego:

La mayoría de las distribuidoras recientes están equipadas con un sistema completo de circulación en las barras de riego, lo cual previene el taponamiento, ya que permite que el asfalto fluya cuando se está realizando el riego. La barra de riego tiene boquillas, usualmente separadas cada 4.0 pulgadas, a través de las cuales el material es aplicado a la superficie de la carretera.

5. Controles:

Los controles incluyen un sistema de válvulas que maneja el flujo del material, un manómetro que registra la presión de salida de la bomba y un bitómetro con odómetro, el cual indica el número de pies por minuto y la distancia total recorrida.

Figura 4.1: Camión distribuidor y sus partes.



6. Calibración del tanque:

Todas las distribuidoras nuevas tienen válvulas de flote y barras para indicar el contenido del tanque. La mayoría de varillas o escalas medidoras están calibradas en incrementos de 25 o 50 galones, depende del tamaño del tanque.

El volumen de asfalto varía con la temperatura, por lo que la mayoría de las especificaciones se realizan a 60°F (15.6 °C) para medidas volumétricas de material bituminoso.

7. Selección del tamaño de las boquillas:

Una de las partes más importantes de la distribuidora de asfalto es la barra de riego, a través de la cual, mediante las boquillas se riega uniformemente la cantidad apropiada de asfalto sobre la superficie de la carretera; por lo tanto, para asegurar buenos resultados, se deben seleccionar correctamente los tamaños de las boquillas para las condiciones de trabajo. Por ejemplo: si las boquillas están muy largas para la aplicación, puede ocurrir pulsación en el riego. Esto resulta en un riego de asfalto longitudinal desparejo.

Cada fabricante de distribuidores de asfalto proporciona recomendaciones específicas para el tamaño de las boquillas de riego, según la aplicación. Todas las boquillas seleccionadas para usarse al mismo tiempo, deben tener el mismo tamaño de abertura.

En la actualidad se prefieren los distribuidores de asfalto que incluyen en su equipo un sistema de circulación de asfalto caliente en toda la barra, para evitar el endurecimiento y taponamiento de las boquillas y mantener una presión constante en toda la barra durante todo el tiempo de riego. Esto último permite una salida igual de asfalto en cada boquilla, para lograr que se forme un abanico bien definido al salir. Si la presión es muy baja, el riego no será uniforme, y si es muy alta, el abanico se atomizará inconvenientemente.

Igualmente es importante seguir las instrucciones de los fabricantes sobre la descarga en galones por minuto para cada tamaño de boquilla y la velocidad adecuada del distribuidor para diferentes descargas.

8. Presión adecuada:

La barra de riego debe tener una presión constante y uniforme en todo su largo para proveer de una salida igual para todas las boquillas.

Aunque varios métodos pueden ser utilizados para mantener la presión, todos los distribuidores utilizan bombas para llevar el asfalto desde el tanque hacia la barra de riego. En algunos distribuidores la presión se controla por una bomba de velocidad variable, y en otros por una bomba de velocidad constante y una válvula liberadora de presión. Cada aplicación deber ser chequeada al utilizar el método recomendado por el fabricante.

La correcta velocidad o presión de la bomba no atomizará ni distorsionará el riego; sin embargo, una presión muy baja producirá un riego en franjas, debidas a descargas no uniformes del material por las boquillas individuales. Una presión muy alta, además de atomizar el asfalto, deformará y distorsionará el riego.

Cuando una válvula liberadora de presión es utilizada, la bomba trabaja a una velocidad constante y la presión es automáticamente contenida en la barra de riego. El fabricante proporcionará gráficas para determinar la descarga en galones por minuto para cada tamaño de boquilla, la velocidad correcta de los camiones distribuidores para varias relaciones de aplicación y las correcciones para las variaciones temperatura – viscosidad.

En la actualidad, las distribuidoras de asfalto, poseen un sistema computarizado, el cual relaciona la velocidad del camión con la presión de la bomba para mantener el punto de riego especificado; así, a mayor velocidad disminuye la presión de la bomba y viceversa.

9. Altura de la barra de riego:

Probablemente el ajuste o calibración más importante para asegurar uniformidad en el riego del asfalto es el alto de la barra de riego sobre la superficie del pavimento. Es importante también, mantener la altura correcta durante toda la aplicación.

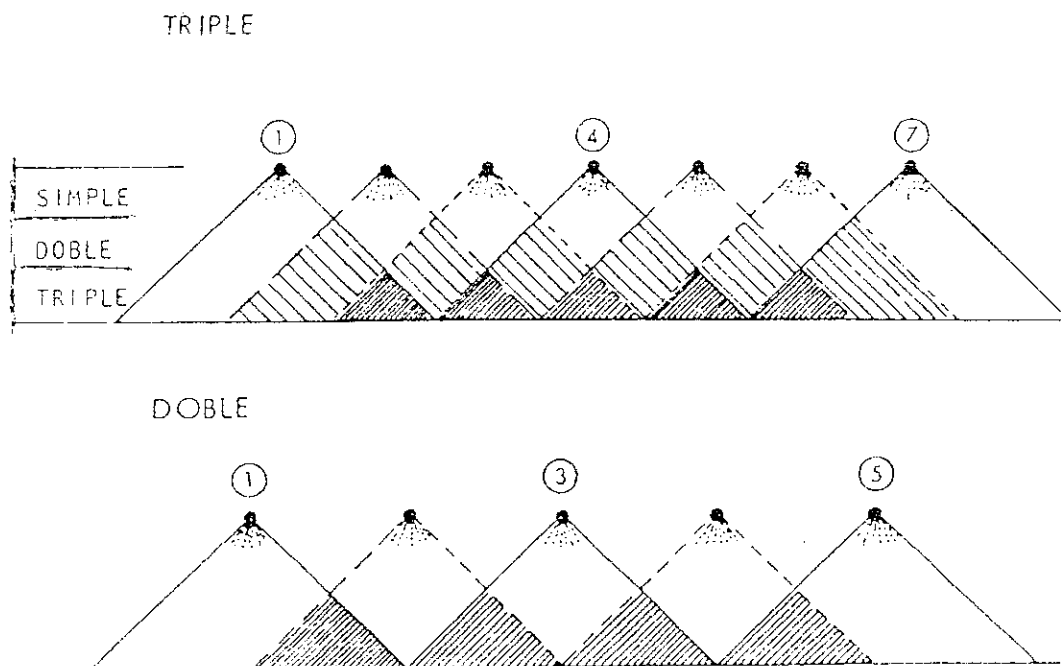
Si la barra de riego está muy baja o muy alta, resultarán franjas en la aplicación. Los mejores resultados con una separación de 4 pulgadas (10 cms.) entre boquillas se darán de un exacto traslape triple de los flujos de asfalto; sin embargo, con un espaciamiento de 6 pulgadas (15 cms.) entre boquillas, la altura de la barra necesaria para formar un triple traslape hará que se produzca una distorsión en los flujos de asfalto, debida al viento, que resulta en una aplicación no uniforme; un traslape doble es, por lo tanto, recomendado para boquillas separadas cada 6 pulgadas.

El procedimiento para determinar la altura exacta de la barra será el siguiente:

- Para una separación de boquillas de 4 pulgadas (10 cms.) , la altura se determina por inspección visual. Se cierran las boquillas 2a y 3a, 5a y 6a, 8a y 9a, etc. con la barra central y el tanque lleno: luego se hace trabajar el distribuidor y se varía la altura de la barra hasta conseguir que los abanicos formados por las boquillas 1a, 4a, 7a, 10a, etc., formen sobre la superficie del suelo una sola película de asfalto. Al abrir el resto de las boquillas se tendrá el triple traslape.
- Para una separación de boquillas de 6 pulgadas (15 cms.), se sigue el mismo procedimiento anterior, solamente que se cierran las boquillas alternas, es decir la 2^a., 4^a., 6^a., etc. y se gradúa la altura de la barra en la forma indicada. Al abrir el resto de las boquillas se tendrá el doble traslape.

Una vez determinada la altura de la barra, el bastidor del distribuidor debe sujetarse al eje mientras duren los riegos, para que la disminución del peso del tanque no haga variar la altura del riego aplicado.

Figura 4.2: Traslape triple y doble



10. Conservación de la altura adecuada para la barra de riego:

Para mejores resultados, la altura de la barra de riego sobre la superficie del pavimento no debe variar más de media pulgada. La barra no se quedará dentro de este rango a menos que el fabricante o el contratista realice los pasos para asegurar que así sea. Cuando el asfalto sale de la barra de riego, la carga disminuye y la distribuidora se eleva. Si existe una apreciable deflexión en los resortes del camión distribuidor, la barra de riego se puede elevar hasta en 4 pulgadas, lo que resulta en una aplicación no uniforme o irregular.

El excesivo movimiento vertical de la barra de riego se puede corregir de diversas maneras. Después de ajustar la altura de la barra con el tanque lleno, la estructura del camión distribuidor se puede sujetar a los ejes, durante el proceso de riego, y así evitar que el camión se eleve al disminuir el peso del asfalto en su tanque. Existen otros camiones distribuidores los cuales poseen una barra de riego ajustable por medio de controles mecánicos proporcionados por el

fabricante y así mantener la altura adecuada a pesar de la deflexión en los resortes. En los distribuidores montados sobre cabezales o camiones de mayor tamaño, el control de la altura de la barra de riego no es necesario debido a que la deflexión de los resortes es despreciable.

Para cada riego, la altura de la barra debe ser chequeada después de cada uso y si es necesario se deben realizar los ajustes a tiempo.

11. Ángulo adecuado de las boquillas de riego:

El ángulo del eje largo de las boquillas debe ser ajustado para que al ser rociado el asfalto, los chorros no se interfieran entre sí. El ángulo de la boquilla variará de acuerdo con el fabricante o la fabricación de la distribuidora.

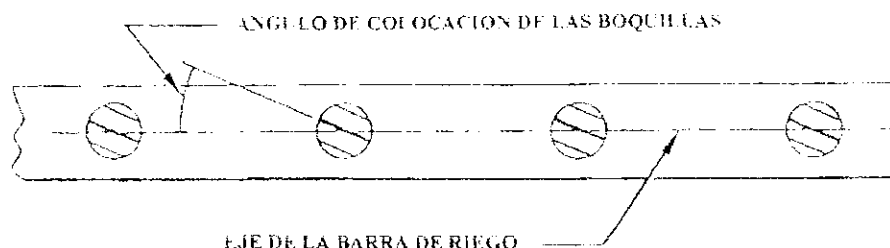
El ángulo recomendado por el Instituto de Asfalto, medido desde el eje de la barra es de 15° a 30° . (Figura 3.3).

Los fabricantes usualmente proveen de llaves especiales para colocar las boquillas en el ángulo adecuado. El uso de estas herramientas es recomendado ya que es muy difícil obtener un riego uniforme si se gradúan o calibran las boquillas por inspección visual.

Al mismo tiempo que se coloca el ángulo de las boquillas, los bordes de las aberturas de las boquillas deben ser inspeccionados para asegurar que no estén dañados ya que se producirá una expulsión o riego distorsionado del asfalto.

Las boquillas de los extremos son usualmente, colocadas en un ángulo diferente (60° a 90° respecto de la barra de riego) a las otras boquillas, para obtener un buen borde. Esta práctica no debe ser permitida ya que produce un borde muy grueso.

Figura 4.3: Angulo adecuado de las boquillas



12. Chequeo del bitómetro o tacómetro:

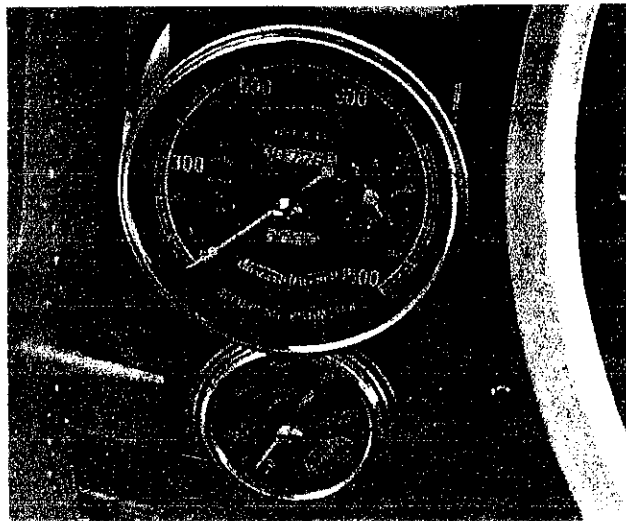
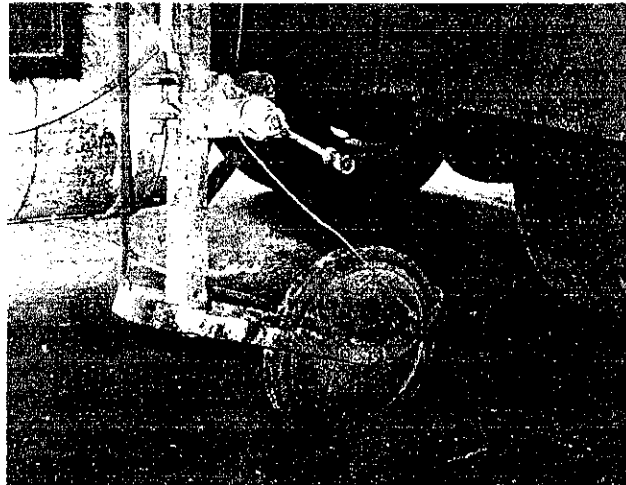
Un bitómetro o tacómetro, consiste en una llanta de hule montada en un marco plegable, con un cable que va desde el bitómetro hasta un dial indicador dentro de la cabina del vehículo. El dial indicador o reloj indicador registra la razón de viaje en pies por minuto y la distancia total en pies. (Figura 3.4).

Los fabricantes proporcionan una escala que registra la aplicación en galones/yarda² (galones/m²), además del viaje en pies/minuto.

El bitómetro debe ser chequeado a intervalos regulares para asegurar el correcto registro de las velocidades cuando el distribuidor realiza el riego. Para chequear el bitómetro, se marca una distancia de 500 a 1,000 pies, en un tramo recto y en una longitud nivelada de la carretera. El camión distribuidor se conduce a una velocidad constante y se toma el tiempo. Luego, se calcula la velocidad en pies/minuto y se compara con la lectura del bitómetro. Este procedimiento se repite para otras velocidades, lo que determina la velocidad a usar.

La rueda del bitómetro se debe mantener limpia para asegurar el debido registro de la velocidad de la distribuidora.

Figura 4.4: Rueda del bitómetro e indicador



13. Chequeo del punto de riego:

En el riego transversal se puede permitir una variación de no más del 5% de la cantidad especificada. Para asegurar una correcta aplicación, la distribuidora debe calibrarse antes de usarse y el Ingeniero debe ajustar una variación máxima. Luego, el riego transversal debe ser chequeado periódicamente para determinar si el distribuidor opera dentro de esos límites.

Generalmente, la forma de chequear la cantidad de material bituminoso regado es al colocar el camión en una superficie plana, de modo que el tanque quede nivelado (esto se puede chequear con un nivel burbuja), y se mide la cantidad de asfalto que se encuentra dentro del tanque de la distribuidora antes de iniciar el riego y después de finalizado. Esa diferencia de volumen se divide entre la superficie cubierta, lo que proporciona la cantidad de galones por metro cuadrado regados. Este procedimiento tiene el inconveniente que no permite saber la cantidad regada hasta que el riego ha finalizado, por lo que se basa en la experiencia de los operadores de la distribuidora de asfalto y ésta es otra de las razones por las que no se recomienda realizar riegos en tramos muy largos.

Un procedimiento para chequear el riego transversal en el campo, con un mínimo de equipo y asfalto, fue desarrollado por la "California Division of Highways". Este procedimiento, parecido a un método desarrollado en Sudáfrica, ha sido utilizado en varios trabajos y se ha encontrado que ha sido bastante preciso. Se puede desarrollar durante las operaciones del tratamiento superficial con poca interferencia en el trabajo. El riego transversal se determina de muestras tomadas en paños de algodón de 4" por 8" ó de 2" por 8" si se desea mayor exactitud, pegadas a hojas de papel, y adheridas a planchas metálicas, las cuales se colocan sobre el pavimento. Los paños de algodón previenen que el asfalto fluya. Estos paños con las hojas y planchas metálicas son pesadas antes de colocarlas en la carretera, y son removidos al pasar la distribuidora. Después de esto se vuelven a pesar para determinar la cantidad de asfalto por unidad cuadrada.

14. Longitud de riego para la carga del distribuidor:

En el planeamiento de operaciones es necesario saber cuán lejos durará el asfalto que tenemos en el tanque para evitar que debido a la falta de asfalto en el depósito, se produzca un riego defectuoso. Esto se puede prever fácilmente ya que se conoce el punto de riego a aplicar en galones por metro cuadrado y

también se sabe la cantidad de galones de asfalto que posee el camión distribuidor.

Al realizar trabajos en tramos carreteros que posean pendientes fuertes, es recomendable realizar el riego desde abajo hacia arriba de la cuesta, para evitar que por la inclinación de la distribuidora durante el riego, llegue un momento en que la bomba no pueda succionar el asfalto del tanque de depósito, ya que generalmente la bomba se localiza en la parte trasera del tanque del camión distribuidor.

15. Mantenimiento del distribuidor:

Un equipo limpio y en buenas condiciones es fuente de orgullo para los que se encuentran en relación con el trabajo de tratamiento superficial. Esto se aplica especialmente al distribuidor. Algunas cosas que deben hacerse para mantenerlo en buenas condiciones son:

- Al finalizar su operación se debe limpiar el sistema de circulación, barra de riego, válvulas y boquillas, utilizando un fluido compatible con el material asfáltico usado.
- Cada mañana se debe chequear cada boquilla para asegurar que estén limpias y que produzcan un buen riego.
- Lubricar el distribuidor.
- Por lo menos una vez al día hay que chequear el ángulo de posición de las boquillas.
- Al iniciar y finalizar cada riego, se debe chequear la altura de la barra de riego, para asegurar que se mantenga la altura adecuada.

C. Esparcidora de agregado:

La pieza de equipo que sigue en importancia a la distribuidora de asfalto es la esparcidora de agregado. Una buena esparcidora, operada adecuadamente, producirá un riego uniforme. Las esparcidoras varían desde las de compuerta trasera, que se adaptan a la parte trasera de un camión, hasta las altamente eficientes autopropulsadas.

Las máquinas autopropulsadas tienen generalmente formas de controlar fácilmente sus diferentes operaciones de carga, velocidad y esparcido. Las mecánicas, en cambio, por engancharse a diferentes camiones, presentan problemas de control.

1. Esparcidoras de compuerta trasera:

Existen muchos tipos de esparcidoras de compuerta trasera. La más simple es la de paleta (Figura 3.5). Consiste en un plato de acero con una serie de paletas o rejas que esparcen el agregado en el ancho deseado sobre la superficie de la carretera.

Existen esparcidoras de compuerta trasera que consisten en una tolva con un rodillo alimentador que es activado por pequeñas ruedas que hacen contacto con las llantas del camión (Figura 3.6).

Por último, están las que esparcen el agregado por un disco giratorio (Figura 3.7).

Figura 4.5: Esparcidora de compuerta trasera

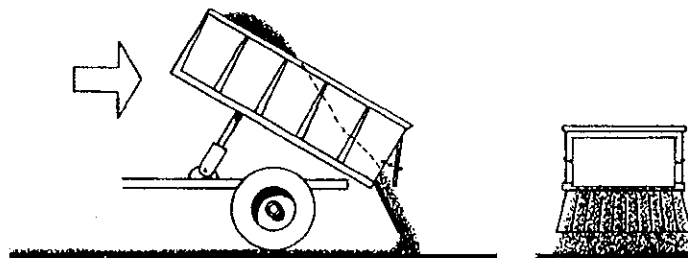


Figura 4.6: Esparcidora de compuerta trasera con rodillo alimentador

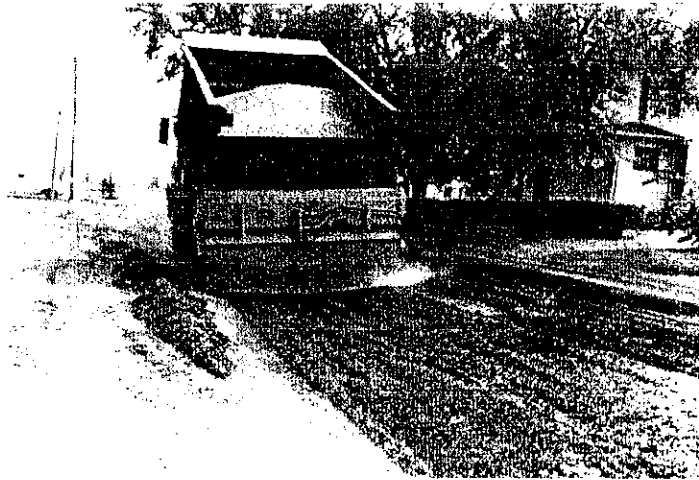


Figura 4.7: Esparcidora de compuerta trasera con disco giratorio

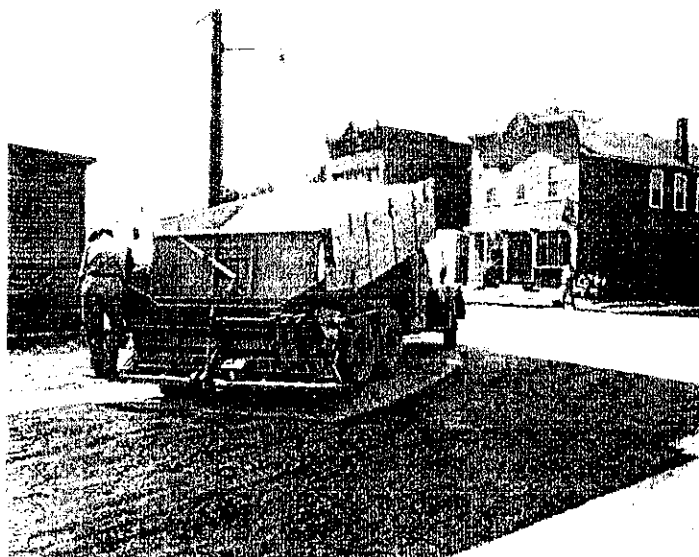


2. Esparcadoras mecánicas:

Las esparcadoras mecánicas son tolvas sobre ruedas, las cuales se enganchan a la parte trasera de un camión con agregado. (Figura 3.8). Las tolvas, que vienen en anchos desde 8 a 12 pies, y desde capacidades menores a la yarda cúbica hasta de 2 yardas cúbicas, usualmente contienen rodos para distribuir el

agregado en todo el ancho de la tolva. Las llantas soportan la esparcidora y operan el rodillo. El rodillo asegura una alimentación positiva del material hacia la superficie de la carretera. La esparcidora posee un gancho por medio del cual se asegura al camión que lleva el agregado. Las esparcidoras mecánicas poseen además, controles para regular las compuertas de alimentación, el rodillo de alimentación y el gancho de unión al camión.

Figura 4.8: Esparcidora mecánica



3. Esparcidoras autopropulsadas:

(Figura 3.9). Esta esparcidora es la única utilizada actualmente, debido a sus grandes beneficios, además las Especificaciones de la Dirección General de Caminos de Guatemala no permiten la utilización de otro tipo de esparcidora que no sea autopropulsada. Esta máquina no sólo hace posible una aplicación de agregado muy uniforme y continua, sino además, como es posible mantenerlo siguiendo a la distribuidora, permite una aplicación inmediata del agregado sobre el asfalto mientras todavía esté en condición fluida.

La esparcidora es una máquina autopropulsada sobre cuatro ruedas, con una tolva receptora en la parte de atrás, en donde los camiones con el agregado enganchan para depositar sus cargas. Unas fajas transportadoras llevan el agregado hacia la parte frontal de la máquina, en donde es depositado, a través de una malla ancha (criba preliminar de malla ancha) dentro de la tolva esparcidora. Por medio de compuertas se controla el ancho de riego. El agregado pasa por un rodillo hacia un cedazo o tamiz, el cual coloca antes las partículas mayores sobre el asfalto y luego deja caer el agregado fino. Esta operación asegura que las partículas de mayor tamaño tengan suficiente asfalto para sujetarlas adecuadamente (Figura 3.10).

Figura 4.9: Esparcidora autopropulsada



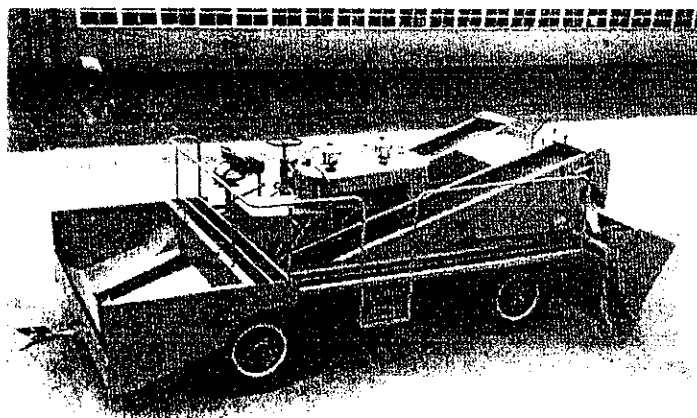
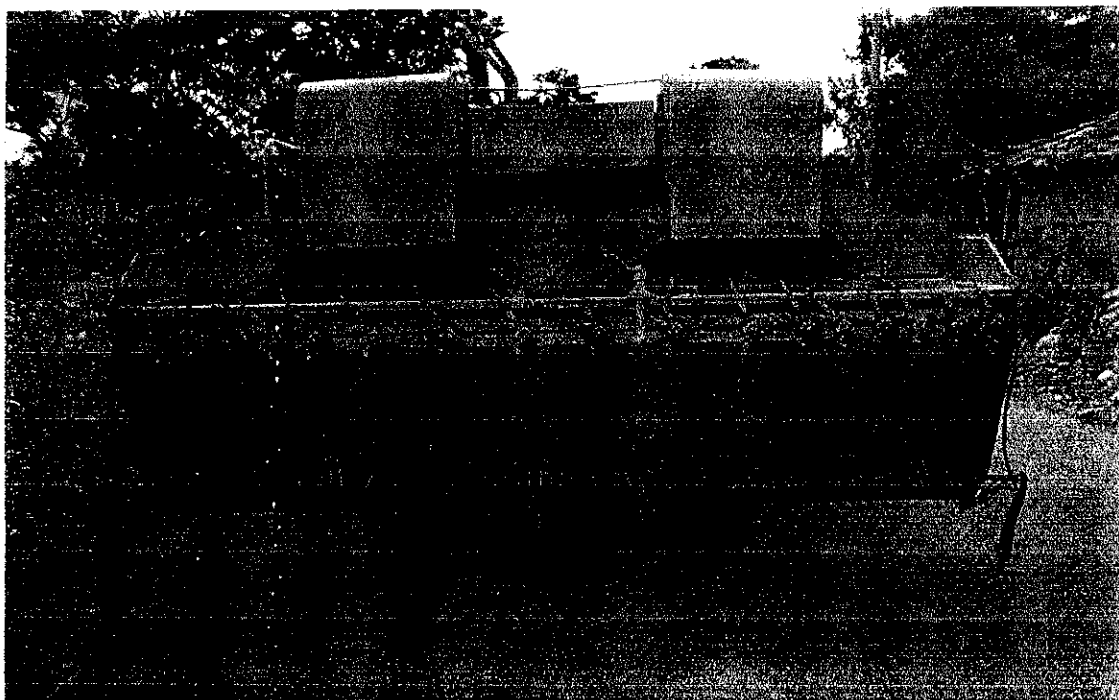
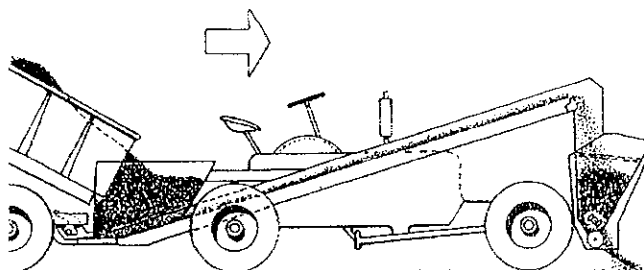


Figura 4.10: Proceso de carga de agregado en la distribuidora autopropulsada



4. Calibración y ajustes:

La calibración y ajustes para todo tipo de esparcidoras de agregado deben realizarse de acuerdo a las instrucciones del fabricante y el manual de operación.

Existen algunos chequeos adicionales que se pueden realizar y que ayudarán a asegurar buenos resultados:

- El uso de un tacómetro como ayuda para mantener una velocidad uniforme de la esparcidora, ha sido muy exitoso y muy necesario.
- La razón de distribución puede ser bien controlada mediante el cálculo de la longitud que cada camión cargado de agregado deberá cubrir.
- Un rápido chequeo del punto o razón de aplicación del agregado puede hacerse al trazar un cuadro de 1m^2 sobre el pavimento, colocar un papel, tela o bandeja de superficie conocida y pasar la esparcidora (Figura 3.11). El agregado que quede dentro el cuadro es cuidadosamente recogido y pesado. Esto dará el peso por metro cuadrado de agregado regado.

Toda calibración o ajuste deberá efectuarse según las recomendaciones de los fabricantes.

Es importante tener presente que el asfalto alcanza la misma temperatura de la carretera aproximadamente a los ocho minutos de haberse regado en climas cálidos y en unos cuatro minutos en climas fríos, dentro de nuestro país. Si dentro de ese tiempo se realiza el esparcido del agregado, las condiciones de adherencia serán las mejores, con resultados finales altamente satisfactorios.

Figura 4.11: Calibración y chequeo del punto de riego de la esparcidora



D. Rodos y compactadoras:

El adecuado asentamiento de los agregados es una parte muy importante en la operación del tratamiento superficial. Con este proceso se logra el mayor acomodamiento entre las partículas minerales y además, se logra un máximo de adherencia entre el asfalto y el agregado pétreo. Existen muchos tipos de compactadoras, pero las utilizadas generalmente para los tratamientos superficiales son las compactadoras de neumáticos (Hyster) y la compactadora de rodos.

El Instituto de Asfalto recomienda que compactadoras de llanta lisa sean usadas en los tratamientos superficiales. Las llantas elásticas de estas compactadoras presionan firmemente el agregado dentro del ligante asfáltico sin quebrar las partículas. Los rodos o compactadoras de rodillos pasan sobre las partículas pequeñas y pequeñas depresiones existentes en la superficie, sin ejercer contacto sobre el agregado, por lo que no logran presionar todo el agregado dentro del asfalto. Estos rodos pueden también quebrar las

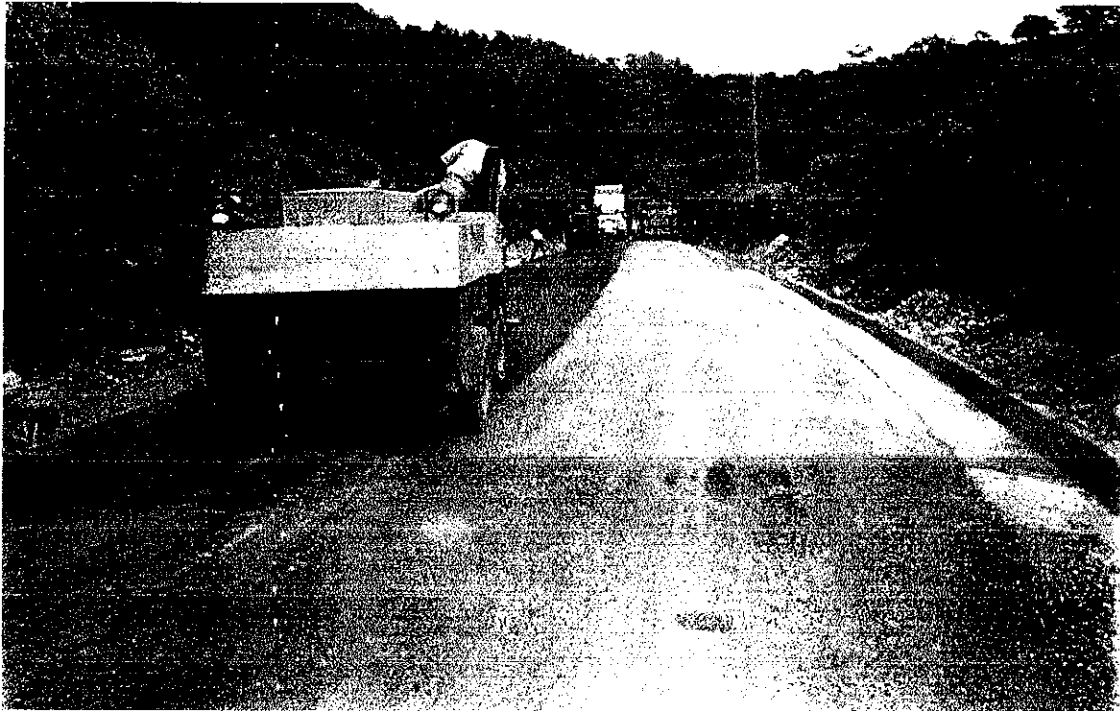
partículas de menor dureza, por lo que la degradación ocurre incluso antes de que el tráfico utilice la nueva superficie. Si los rodos son usados, deben ser únicamente para complementar a la compactadora neumática.

La condición mecánica de los rodos es muy importante, especialmente la habilidad de iniciar la marcha, parar y retroceder suavemente, para no levantar el agregado al estar en el trabajo. Además, deben chequearse la presión de aire en las llantas y realizar una inspección visual para verificar su buen estado y verificar que sean llantas lisas. Los rodos se deben inspeccionar ya que pudiera existir desgaste en los rodos. Si existen ranuras o si se han formado picaduras en la superficie de rodadura del rodo, no se debe utilizar para el trabajo, ya que puede levantar el agregado al pasar sobre él.

1. Aplanadoras o compactadoras neumáticas:

Así se le llama al equipo de compactación que va montado sobre llantas neumáticas. Existe gran variedad de este tipo de unidades, recomendándose en primer lugar las autopropulsadas y, en segundo, las mecánicas remolcadas por tractores agrícolas. Una característica de las compactadoras es que el tren de llantas tiene un movimiento oscilante y la cara de los neumáticos es lisa y plana, lo cual permite acomodar e introducir un alto porcentaje del agregado mineral dentro del asfalto, sin romperlo. Las máquinas autopropulsadas están provistas de mecanismos que les permiten marchar hacia adelante y marchar hacia atrás; estos mecanismos deben ser de alta calidad, de tal manera que les permita cambiar el sentido de la marcha de una manera suave, pues al hacerlo bruscamente levanta o despega el agregado mineral del asfalto.

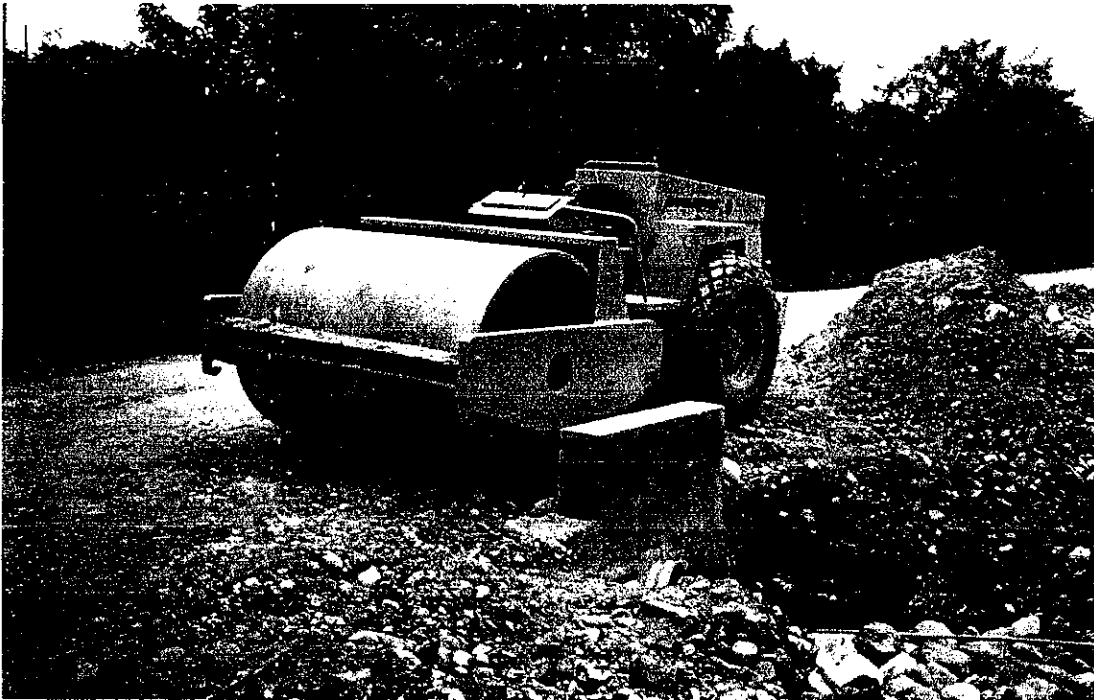
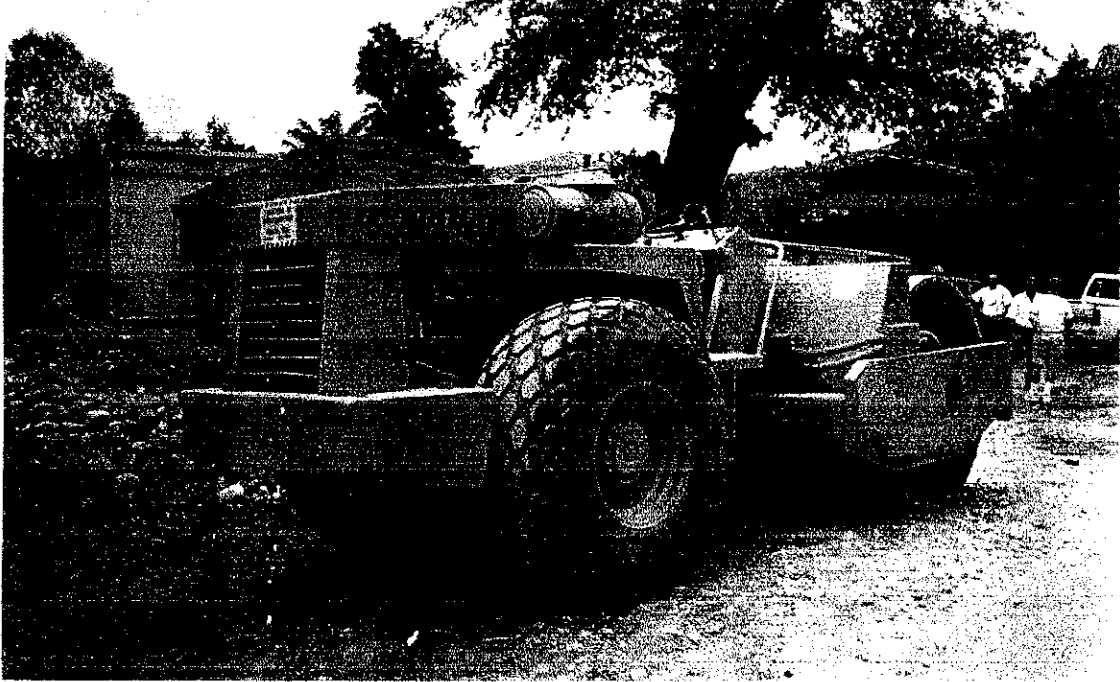
Figura 4.12: Compactadora neumática



2. Aplanadoras de rodillo:

Este equipo autopropulsado va montado sobre ruedas de acero. Las más corrientes son los tipos de dos y tres rodillos en línea (tipo tandem) y el de tres rodillos en triángulo. Para el aplanado de los tratamientos superficiales este tipo de máquinas tiene el inconveniente de que sus ruedas rígidas pasan sin tocar las partículas pequeñas del agregado, no logrando introducirlas dentro del asfalto. El mismo efecto tienen sobre el agregado que está en las pequeñas depresiones que existen en la superficie tratada. Por otra parte, al apoyarse sobre las partículas o superficies que sobresalen por su tamaño, se corre el peligro de romperlas, se cambia su tamaño y forma, acción que dificulta más su adherencia al asfalto. Sin embargo, hay técnicas que para este tipo de aplanadoras grandes tienen aplicación en otros trabajos de pavimentación.

Figura 4.13: Compactadora de rodos

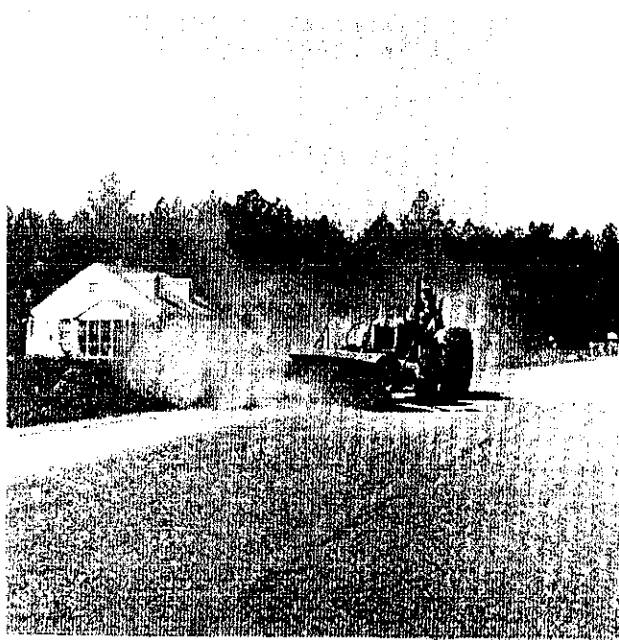


E. Equipo de Limpieza:

Justo antes de aplicar el asfalto, la superficie a ser tratada debe estar completamente limpia. En la mayoría de los casos esto se hace con máquinas barredoras, pero algunas veces se utilizan compresores de aire o agua a presión.

Cuando el tratamiento se ha completado, es necesario algunas veces barrer todo el agregado sobrante con barredoras.

Figura 4.14: Máquina barredora



V. PROCESO CONSTRUCTIVO Y ESPECIFICACIONES UTILIZADAS EN GUATEMALA

A. Generalidades:

Las definiciones y procesos que a continuación se detallan, están basadas en las Especificaciones Generales Para la Construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos de Guatemala (edición 1,975) y en las Especificaciones del Instituto de Asfalto según Manual No.13 (MS-13).

B. Preparación para la construcción:

Cuando todas las reparaciones necesarias en la capa de base se han realizado, existen todavía, varios aspectos que coordinar antes de que se pueda iniciar la operación del tratamiento superficial. El clima debe ser adecuado, la superficie se debe limpiar, el material debe estar listo y el equipo encontrarse en buenas condiciones.

1. Clima:

El clima es un aspecto muy importante en el éxito de los tratamientos superficiales. Se debe seleccionar una época de preferencia cálida y seca para realizar los trabajos. Muchas especificaciones, incluyendo las de Guatemala, requieren que la temperatura ambiente en la sombra sea de por lo menos 15°C antes de empezar las operaciones para un tratamiento superficial. Algunas son todavía más realistas y requieren que la temperatura de la superficie de la carretera esté sobre los 80°F (26.7°C) antes de empezar el trabajo. La razón de esto es que no importa la elevación de la temperatura del asfalto cuando se efectúe el riego, se enfriará a la temperatura de la superficie del pavimento en alrededor de ocho minutos o menos, según la temperatura ambiente. En lugares de clima frío como el área noroccidente de Guatemala, el asfalto puede enfriarse a la temperatura ambiente en un tiempo aproximado de 4 minutos. Un tratamiento superficial nunca se debe realizar si la superficie está mojada o

cuando existe amenaza de lluvia, ya que como se explicó en el capítulo 2, la humedad afecta la adherencia asfalto - agregado. La combinación de agua, tratamiento superficial nuevo y tráfico ocasionará la pérdida de la cubierta de agregado.

2. Limpieza de la superficie:

La superficie que será tratada debe limpiarse justo antes de realizar el riego de asfalto. Toda la suciedad, tierra o cualquier otra partícula extraña debe removerse mediante el proceso de barrido con barredoras mecánicas y compresores de aire.

3. Materiales en el lugar de trabajo:

La llegada de materiales al lugar de trabajo debe ser coordinada de modo que no existan atrasos para empezar los trabajos. Si la fuente de agregado no se encuentra cerca del proyecto, se deben utilizar suficientes camiones para asegurar suficiente abastecimiento de agregado apilándolo cerca del lugar de trabajo. Otro aspecto importante es el abastecimiento de asfalto, el cual debe calcularse para la cantidad de trabajo requerida.

4. Equipo en buen estado:

Antes de empezar el trabajo, todo el equipo a utilizar debe examinarse para asegurar que se encuentre en buenas condiciones. El operador de la distribuidora debe asegurarse de que la barra de riego tenga la altura correcta sobre la superficie y que todas las boquillas estén limpias, sin obstrucción, al realizar el riego. La esparcidora de agregado debe ser revisada también. Al terminar las operaciones de cada día, el equipo debe ser inspeccionado y limpiado. Se debe efectuar el mantenimiento preventivo que sea necesario.

C. Proceso constructivo del doble tratamiento superficial:

1. Capa de base:

La capa de base, ya sea granular o de material triturado, es la parte más importante en un pavimento flexible. Su función es absorber las cargas transmitidas por los vehículos y repartir uniformemente estos esfuerzos a la capa de sub-base y a la subrasante.

En la construcción de carreteras con doble tratamiento asfáltico superficial, la capa de base debe presentar un acabado perfecto, eliminando al máximo cualquier pequeña deformación sobre su superficie. Esto se debe a que el doble tratamiento asfáltico tiene un espesor de aproximadamente una pulgada, lo que hace que cualquier deformación que posea la capa de base sea transmitida a la superficie.

2. Imprimación:

La imprimación es la incorporación inicial del asfalto en la superficie de capa de base sin asfaltar, con los siguientes propósitos:

- Impermeabilizar la superficie de base.
- Llenar los vacíos capilares.
- Cubrir y unir partículas sueltas.
- Endurecer o rigidizar la superficie.
- Contribuir a la adhesión entre la base y el tratamiento superficial.

La operación se puede resumir de la siguiente manera:

De 0.10 a 0.50 galones/metro² (0.4 a 2 litros/metro²) de asfalto líquido de baja viscosidad, generalmente RC-250, se riega sobre la base preparada y se deja penetrar lo más posible. Es conveniente que el asfalto se diluya con un 15% de kerosina, con el fin de aumentar el tiempo de absorción en el suelo. Si el asfalto no es absorbido por completo dentro de las primeras 24 horas, el exceso se debe cubrir con material secante, el cual es una arena para prevenir que el tráfico levante la imprimación. Antes de empezar el tratamiento superficial, todos los

componentes volátiles se deben haber evaporado y toda la arena suelta se debe barrer.

Figura 5.1: Imprimación de la base



3. Actividades preliminares a la colocación del doble tratamiento:

Es de suma importancia que se tenga un lugar de almacenamiento de agregados cercano al área donde se realizará el doble tratamiento, ya que el tiempo empleado por los camiones de volteo en cargar el agregado, depositarlo en la esparcidora y regresar, puede causar atrasos imprevistos.

Es necesario e indispensable mantener el material bituminoso en el tanque de almacenamiento a una temperatura adecuada para poder realizar el trasiego hacia la distribuidora de asfalto. Si se utiliza AC-20 o AC-10, la temperatura debe oscilar entre los 250 a 260 °F (120 a 125 °C) como mínimo. Esta actividad debe desarrollarse con mucho cuidado, ya que si no se programa bien puede tener una repercusión de tipo económico, debido a que para alcanzar la temperatura de 250°F en un tanque de 4,000 galones se necesitan aproximadamente 24 horas de calentamiento, lo que significa la utilización de tres a cuatro cilindros de gas de 100 libras cada uno (12 horas/cilindro, aproximadamente) pero depende de la temperatura con que llegue el asfalto al lugar de trabajo. Por esta razón, debe programarse muy bien el inicio de la colocación del doble tratamiento, para evitar tener que seguir calentando el material bituminoso y así mantener su temperatura hasta que llegue el momento de utilizarlo.

La limpieza del agregado es una cuestión fundamental, el mismo debe estar libre de polvo y material orgánico, ya que si no se tiene un agregado completamente libre de impurezas, es muy probable que se tengan problemas de adherencia ya que las partículas de polvo evitan que el material bituminoso se adhiera en forma adecuada al agregado.

Para limpiar el agregado se puede tener un tanque cisterna que abastece el sistema de lavado de la clasificadora, esto es si se cuenta con una planta trituradora, por lo que al mismo tiempo que se clasifica el material, se lava. Si se tiene el material apilado, ya clasificado, el proceso de lavado se puede realizar al colocar el material en la palangana de camiones de volteo. Al estar el material en el camión, se procede a lavarlo con una bomba de agua desde una cisterna; la palangana del camión debe estar unos cuantos grados inclinada para que escurra

el agua sucia. Posteriormente se coloca el material ya lavado en un lugar aparte y se repite el proceso. Es recomendable iniciar el proceso de lavado del agregado por lo menos un día antes de iniciar el doble tratamiento, con el objeto de tener agregado limpio y seco acumulado.

Como se ha mencionado en los capítulos anteriores, el asfalto en tratamientos superficiales de alta calidad, mantendrá unido al agregado e impermeabilizará contra el agua y el aire a la superficie.

Para lograr esto, se debe regar una delgada capa de asfalto sobre la superficie. El riego no debe presentar ningún tipo de distorsión.

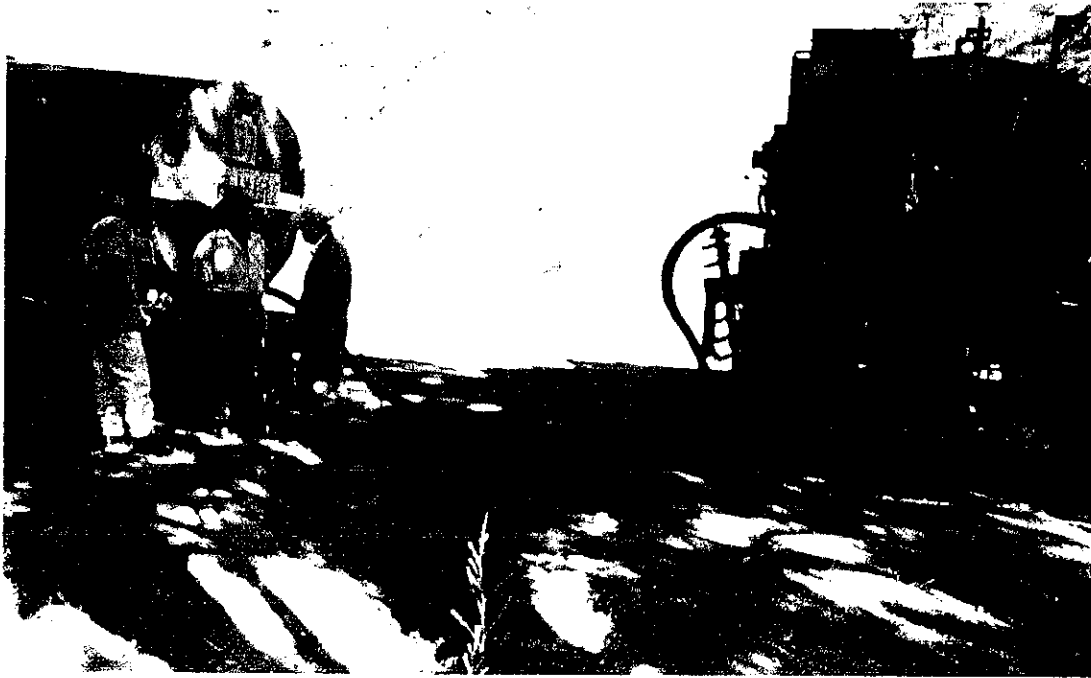
La cubierta de agregado debe ser uniformemente esparcida en un tiempo menor de ocho minutos después de la aplicación del asfalto. Esto requiere suficientes camiones cargados con agregado para cubrir completamente el asfalto en el tiempo requerido y así evitar una adherencia deficiente entre el agregado y el asfalto.

Un cuidadoso control del tiempo y coordinación son absolutamente necesarios para producir los resultados deseados. Inmediatamente después de la aplicación del agregado, debe ser acomodado mediante la compactación, para producir una superficie lisa, compacta e impermeable y pareja.

En el momento en que el asfalto haya alcanzado un fraguado o dureza determinado, la compactación debe finalizar, o la adherencia entre la superficie y el agregado se puede dañar por la compactación. El tráfico debe controlarse y mantenerse a una velocidad máxima de 10 Km./h hasta que el asfalto haya fraguado. Este tiempo varía según las condiciones climáticas.

La operación no debe empezar hasta que todo esté listo para completar el proceso sin ningún retraso.

Figura 5.2: Trasiego del asfalto (tanque – distribuidora)



4. Preparación y delimitación de la superficie a tratar:

a. Barrido de la superficie:

Previamente a la aplicación de cada riego de material bituminoso, debe removerse de la superficie a tratar, todo el material suelto y extraño, por medio de barrido, utilizando una barredora mecánica y un compresor con un soplete; en último caso se puede realizar el barrido manualmente. Además, se puede realizar un lavado de la superficie, con la ayuda de un camión cisterna, el cual, por medio de una bomba, lanza agua a presión sobre la superficie imprimada, limpiándola. Este procedimiento se debe realizar con días de anticipación para que al llegar el momento de la colocación del tratamiento superficial, la superficie esté seca.

b. Revisión de la superficie:

Después de que la superficie a tratar, haya sido barrida, se debe proceder a inspeccionarla visualmente, con el fin de observar si no presenta grietas, descascarados, depresiones o alguna condición que pueda perjudicar la uniformidad y efectividad del tratamiento, procediéndose previamente a su corrección. Este procedimiento se debe realizar con días de anticipación a la colocación del tratamiento superficial, para evitar atrasos.

No debe aplicarse la primera capa de tratamiento superficial antes de 3 días de haber sido aplicada la imprimación a la capa de base. Esto se debe a que el material utilizado para la imprimación, (generalmente RC-250) posee sustancias volátiles, como el kerosén o kerosina, el cual debe evaporarse de la superficie y si se coloca el tratamiento superficial antes del tiempo indicado, la evaporación de este material puede causar falta de adherencia o levantamiento del tratamiento superficial.

c. Delimitación de la superficie:

Para delimitar la superficie a tratar, se debe usar un cordel o marcar con pintura, la línea que indique el borde de la misma y que debe servir de guía para el conductor de la distribuidora de asfalto.

d. Requisitos del clima:

No es recomendable regar material bituminoso cuando la temperatura ambiente sea menor de 15°C o cuando esté lloviendo o cuando las condiciones del clima o humedad afecten la uniformidad y adherencia del agregado.

5. Proceso de riego:

Para poder iniciar el proceso de riego de materiales, tanto del bituminoso como del agregado, es necesario realizar ciertas verificaciones. Es necesario verificar que el agregado a utilizar se encuentre limpio y en cantidad suficiente para cubrir el tramo a trabajar. La humedad del agregado deber ser mínima (preferiblemente debe estar completamente seco), ya que si posee exceso de humedad, difícilmente se obtendrá la adherencia deseada del material bituminoso con el agregado.

Se debe revisar la temperatura del material bituminoso, la cual, en nuestro caso, debe estar dentro del rango indicado en las especificaciones de la Dirección General de Caminos de Guatemala, (Tabla 4-5), según el tipo de material a utilizar.

Luego de tener los materiales y la superficie lista, se procede a realizar el primer riego del material bituminoso.

No se recomienda, ni es autorizado por las especificaciones de la Dirección General De Caminos de Guatemala, que se realicen riegos de material bituminoso en una extensión mayor de la que pueda ser cubierta totalmente con agregado, en un lapso máximo de 8 minutos (aproximadamente entre 200 a 300 m.l. por 3 m. de ancho). Esto se debe a la rapidez con que la temperatura del material bituminoso desciende al hacer contacto con la superficie a tratar y además la compactación se debe realizar antes de que el asfalto adquiera dureza debido al enfriamiento.

a. Riego de asfalto:

Antes de iniciar la operación de tratamiento superficial, se deben marcar los bordes de la carretera para guiar al chofer del camión distribuidor y así poder realizar un riego adecuado en todo lo ancho de la carretera. Si existen bordillos, se deben proteger con papel de envolver para evitar que el asfalto los manche. La longitud a cubrir con el tratamiento superficial se debe

determinar antes de realizar el riego de asfalto. Esta longitud se debe determinar al considerar los siguientes factores:

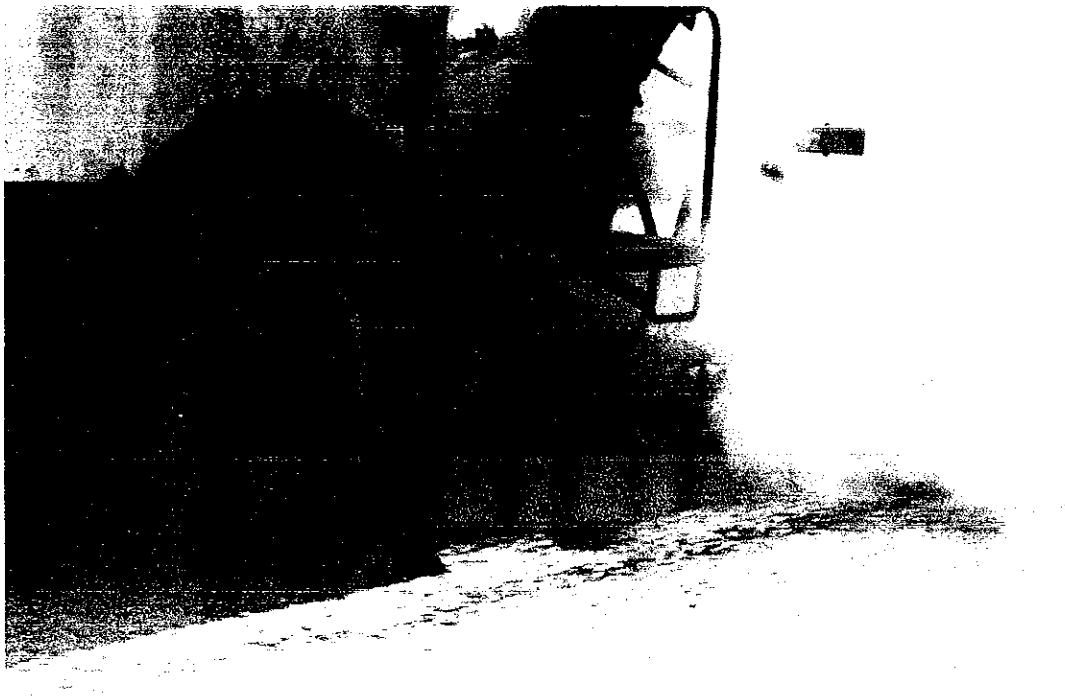
- Capacidad del tanque distribuidor de asfalto, generalmente entre 1,500 a 2,000 galones.
- Capacidad y número de camiones cargados con agregado con que se cuenta.
- Tiempo que transcurrirá entre el riego del asfalto y el riego del agregado, ya que no debe ser mayor a ocho minutos.
- Cantidad de tráfico a detener mientras se realice la operación.

Después de haber realizado todos los ajustes y chequeos discutidos anteriormente se podrá realizar el riego del asfalto. La cantidad de asfalto regada debe chequearse al finalizar cada tramo. Este chequeo se realiza de la siguiente forma:

$$\frac{\text{Volumen inicial de asfalto en el tanque} - \text{Volumen final (galones)}}{\text{Metros cuadrados cubiertos con el riego}} = \text{gal/mt}^2$$

Es importante mencionar que para realizar las lecturas del volumen inicial y final de la distribuidora, se requiere que el camión se encuentre nivelado. Esto se puede chequear fácilmente al colocar un nivel de burbuja sobre el tanque y esperar un momento a que el asfalto sobrante dentro del tanque alcance el reposo.

Figura 5.3: Riego de asfalto



a.1 Fórmula para la determinación de la velocidad de la distribuidora de asfalto:

La velocidad del camión distribuidor de asfalto para cualquier punto de aplicación se puede calcular por medio de la siguiente fórmula:

$$V \text{ (Km./h)} = \frac{Vb \text{ (gal/min)} \times 0.06}{A \text{ (m)} \times R \text{ (gal/m}^2\text{)}}$$

En donde: V = velocidad del camión en Km./h.

Vb = capacidad de expulsión de la bomba en gal/min.

A = Ancho de riego en metros.

R = punto de aplicación en gal/m²

Ejemplo:

Capacidad de expulsión de la bomba: 180 gal/min.

Ancho de riego: 3.0 metros.

Punto de aplicación del riego: 0.30 gal/m²

$$V = \frac{180 \times 0.06}{3 \times 0.30} = 12.00 \text{ Km./hora.}$$

b. Cantidades de material bituminoso a utilizar:

El material bituminoso debe aplicarse según el punto de riego indicado por las Especificaciones Especiales o por el Ingeniero Residente, basándose en la tabla 4-1 la cual es proporcionada por la Dirección General de Caminos de Guatemala en sus Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes, edición 1,975:

Tabla 5.1
CANTIDADES DE MATERIAL BITUMINOSO

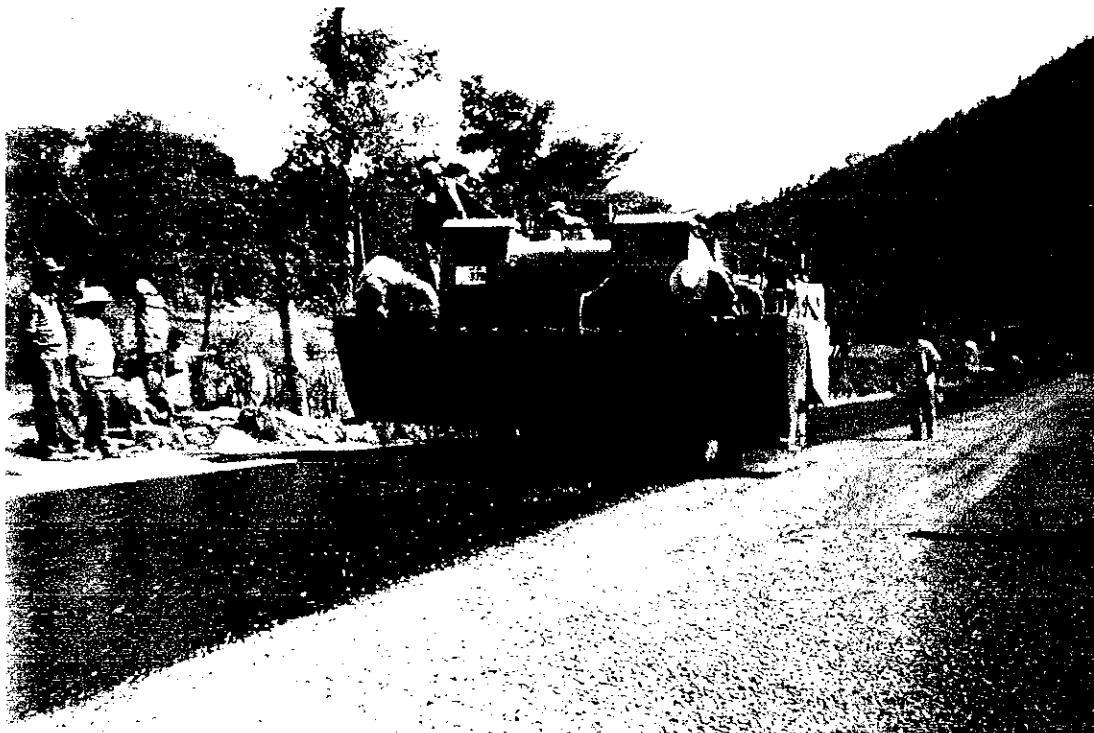
Tipo y Grado de Material Bituminoso	Primera Aplicación		Segunda Aplicación	
	Gls./m ²	Lts./m ²	Gls./m ²	Lts./m ²
Cemento Asfáltico				
Penetración				
120-150, AC-10	0.30-0.60	1.14-2.27	0.25-0.45	0.95-1.70
200-300, AC-5	0.25-0.50	0.95-1.89	0.20-0.40	0.76-1.50
Asfaltos Líquidos				
RC-250	0.35-0.60	1.32-2.25	0.30-0.50	1.14-1.89
RC-800	0.24-0.40	0.90-1.50	0.26-0.40	0.98-1.51
Emulsiones Asfálticas				
RS-1, CRS-1	0.40-0.62	1.50-2.35	0.35-0.53	1.32-2.00
RS-2, CRS-2	0.38-0.60	1.44-2.27	0.26-0.40	0.98-1.51

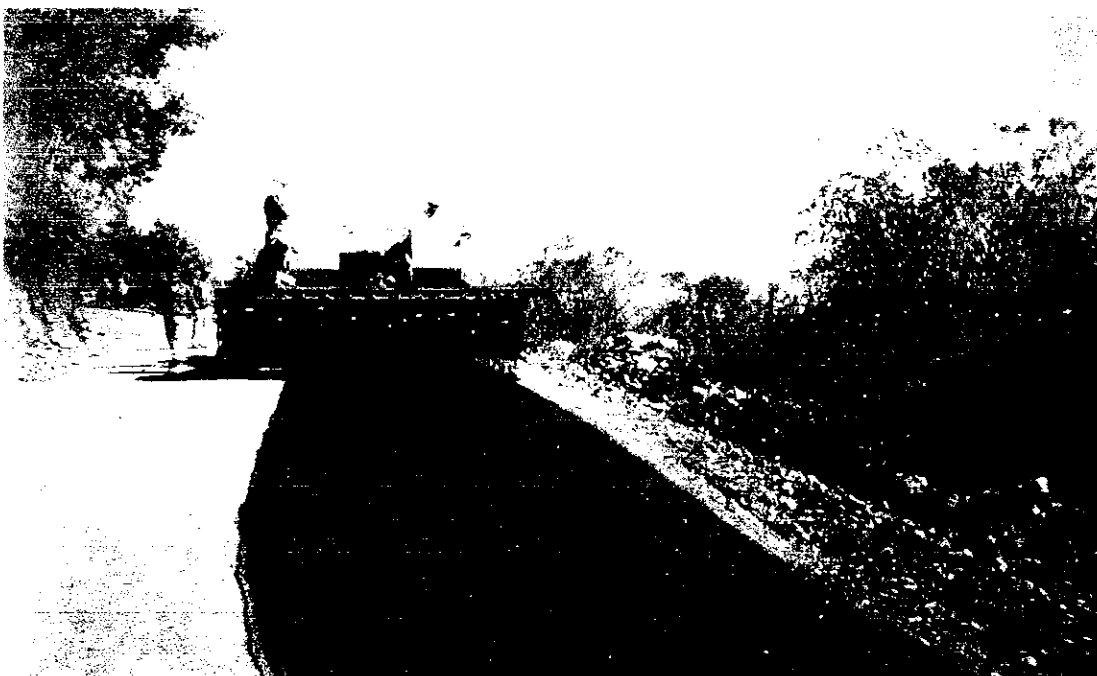
c. Riego del agregado:

Como se ha comentado anteriormente, es extremadamente importante que el riego del agregado se realice inmediatamente después del riego de asfalto. Todo el agregado que se utilice se debe tener en disposición y cuando la distribuidora de asfalto inicie su riego, la esparcidora de agregado lo debe hacer justo detrás. Es muy importante que el riego de agregado se realice en un tiempo no mayor de ocho minutos (cuatro minutos en climas fríos) después del riego de asfalto, ya que si no se realiza de esta manera, el incremento de viscosidad que ocurre en este tiempo, debido al enfriamiento del asfalto, evitará un buen recubrimiento y adherencia del agregado. Además, es muy importante que el riego de agregado sea uniforme y en la cantidad adecuada. El exceso de agregado que se pueda dar en algunas regiones durante el riego, debe ser removido, manualmente con la ayuda de palas y rastrillos; así mismo, en las regiones en donde el agregado fue insuficiente, se debe regar a mano, siempre con la ayuda de palas y rastrillos.

Se puede regular la longitud del esparcimiento del agregado por medio de la abertura de unas palancas que regulan la caída del agregado, las cuales están ubicadas en la parte inferior de la tolva delantera.

Figura 5.4: Riego del agregado





c.1 Cantidades de agregado a utilizar:

Los agregados deben ser aplicados con uniformidad sobre la superficie, la cantidad de aplicación será seleccionada por el Delegado Residente, según las características del agregado y el tipo, según la siguiente tabla:

Tabla 5.2: Tipo y cantidad de agregado a utilizar

Tipo y Grado De Agregado		Cantidad Aproximada De Agregado (m^3/m^2)
Tipo 1: Agregados para Primera aplicación	1-A	0.0170 - 0.0190
	1-B	0.0150 - 0.0180
	1-C	0.0136 - 0.0175
	1-D	0.0120 - 0.0140
Tipo 2: Agregados para Segunda aplicación	2-A	0.0100 - 0.0120
	2-B	0.0080 - 0.0090

* La clasificación 1-A, 1-B, 1-C, 1-D, 2-A y 2-B, indican el tipo de granulometría del agregado según Tabla 4-3 y Tabla 4-4.

Antes de realizar el primer riego de asfalto es necesario que se hayan realizado todos los chequeos preliminares y además los chequeos a la distribuidora de asfalto.

d. Chequeos en la distribuidora de asfalto:

Para poder iniciar el riego se debe chequear la temperatura del material bituminoso, la cantidad inicial de asfalto dentro del tanque de la distribuidora y además se debe chequear que las boquillas de la barra de riego no se encuentren tapadas y que estén a una altura adecuada para formar el triple traslape.

Es necesario que al finalizar el riego de cada tramo y antes de iniciar el riego en un tramo nuevo, se limpien las boquillas de la barra de riego. Esto se puede realizar con un quemador de gas, lo que permite que la llama caliente las boquillas hasta el punto de derretir los residuos de material bituminoso que puedan tapar las boquillas.

Justo detrás de la distribuidora de asfalto debe colocarse personal con escobas y cubetas para cubrir, en forma inmediata, con material bituminoso alguna área que la distribuidora no haya llenado. Sin embargo, es recomendable realizar estas correcciones con una pistola regadora que se conecta a la bomba del tanque de la distribuidora y lanza el asfalto a presión.

Figura 5.5: Limpieza de las boquillas de la barra de riego de la distribuidora

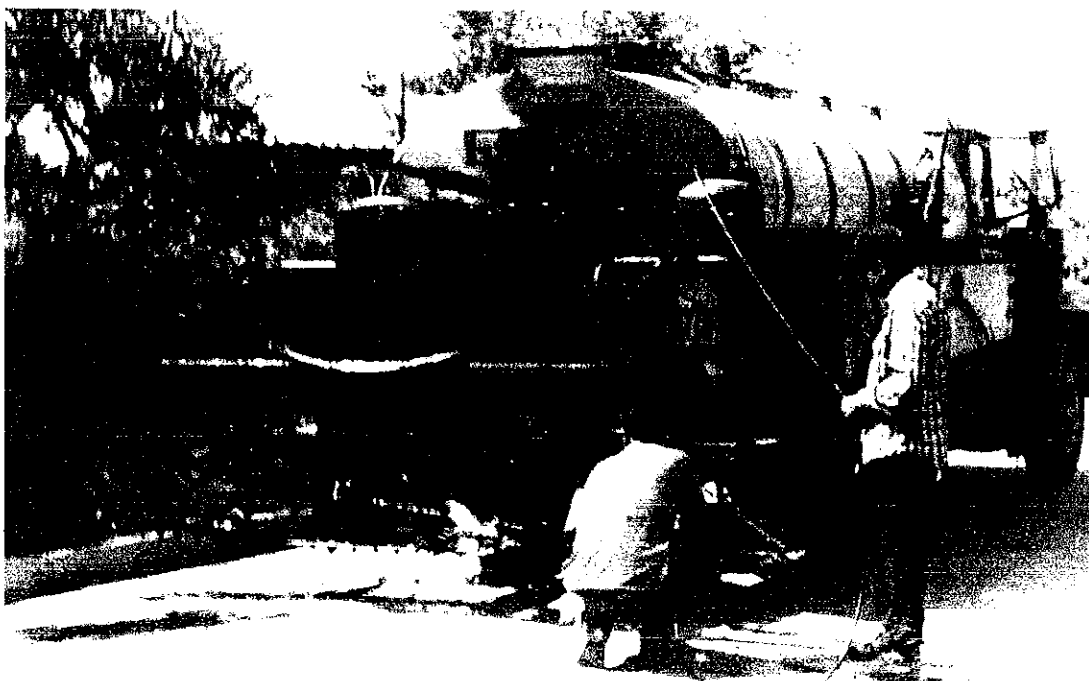


Figura 5.6: Correcciones del riego de asfalto





6. Juntas y traslapes:

Al iniciar el riego en el tramo a tratar, se debe colocar una franja de papel cubriendo el tratamiento superficial del tramo anterior, de modo que tanto el riego del material bituminoso y del agregado no se inicien sobre el tramo anterior. Se recomienda dejar un traslape transversal al final del tramo de unos 50 cm. aproximadamente, en el cual no se regará material bituminoso ni agregado en la segunda aplicación.

Al finalizar el riego de la primera capa de tratamiento superficial en la media sección, se debe remover el exceso de agregado que pudiera existir en el borde interior para poder así, realizar el riego de la siguiente media sección, y evitar la acumulación de agregado en la junta longitudinal.

a. Juntas transversales:

Las uniones transversales desaparejas se pueden evitar haciendo que, tanto el riego del asfalto como el del agregado, inicien sobre papel de envolver. El papel se debe colocar con el borde en el punto en donde se quiere iniciar el riego. La distribuidora, que viaja a la velocidad fijada, iniciará el riego sobre el papel, de modo que cuando alcance la superficie del pavimento, la barra de riego y la esparcidora de agregado realicen una aplicación completa y uniforme. La misma operación se debe realizar en el punto en donde termina el tramo a regar. Para la aplicación del tratamiento superficial en el siguiente tramo, el papel se debe colocar sobre la superficie ya terminada y se deja aproximadamente media pulgada de traslape entre la superficie a tratar y la ya tratada. Esto evitará que pueda quedar una franja sin riego.

Figura 5.7: Junta transversal



b. Juntas longitudinales:

Las aplicaciones de asfalto y agregado que cubren el ancho total, eliminarán las juntas longitudinales, pero en la mayoría de trabajos de tratamiento superficial, el tráfico se debe mantener, por lo que la junta se hace necesaria. Además la mayoría de distribuidoras de asfalto y de esparcidoras de agregado no logran cubrir todo el ancho de una carretera en un solo riego. Un riego de asfalto, nunca se debe realizar en todo lo ancho del tramo, si la barra de riego de la distribuidora no puede cubrir todo el ancho con la presión de riego adecuada. Además se debe contar con una esparcidora de agregado que cubra inmediatamente todo el ancho de riego. Para prevenir una aglomeración de agregado en la junta longitudinal, el borde del riego de agregado debe coincidir con el borde del riego de asfalto. Para esto se realiza un barrido a mano del agregado excedente en el borde, antes de realizar el riego de la otra media sección. Esto permitirá el traslape con el riego del otro carril.

7. Compactación:

La compactación asienta el agregado dentro del asfalto, lo que aumenta la adherencia, tan necesaria para resistir los esfuerzos del tráfico.

El Instituto de Asfalto recomienda que compactadoras neumáticas sean utilizadas en todos los trabajos de tratamientos superficiales. Las compactadoras neumáticas y las de rodo se han utilizado satisfactoriamente, sin embargo, las neumáticas proporcionan una presión uniforme en el área total, mientras que las de rodos sólo hacen contacto en los puntos más altos. Además, la presión de contacto de las compactadoras neumáticas son menores, lo que previene la quebradura del agregado.

La compactación debe iniciar inmediatamente después del riego de agregado, aunque las especificaciones en Guatemala permiten iniciar este proceso antes de los 30 minutos siguientes al esparcido del agregado, y continuar hasta que el agregado se encuentre totalmente asentado dentro del asfalto. Tan

pronto como el asfalto adquiera cierta dureza, la compactación debe detenerse o la unión entre el agregado y el asfalto puede romperse.

La compactación debe iniciarse con la compactadora de rodo de metal e inmediatamente después con la compactadora de llanta (Hyster).

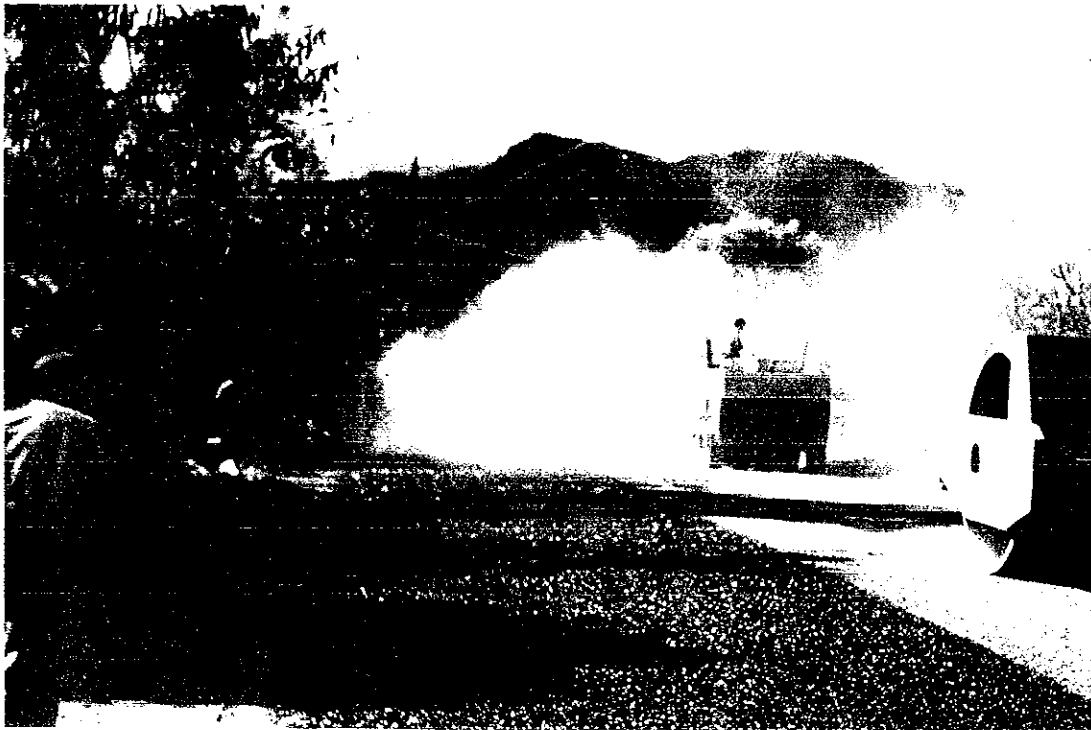
El proceso de compactación debe de realizarse desde el borde externo hacia el centro, en tramos longitudinales rectos, sin realizar cruces o frenazos bruscos durante el proceso. En las curvas, la compactación debe efectuarse desde el borde inferior al superior. Cada pasada de la compactadora debe traslapar la sección compactada anteriormente, con la mitad del ancho de la compactadora utilizada.

La compactación debe ser efectuada durante un período que permita dar como mínimo seis pasadas a todo lo ancho. De preferencia la primera y última pasada a todo el ancho, deben ser hechas con el rodillo de acero.

Cuando se ha finalizado la compactación de la media sección derecha, se realiza el riego del material bituminoso de la media sección izquierda y seguidamente el riego de agregado y la compactación, tal y como se describió anteriormente.

Al terminar la compactación de la primera capa de tratamiento superficial en todo lo ancho del tramo, se procede a realizar la segunda aplicación, exactamente del mismo modo que la primera.

Figura 5.8: Compactación



8. Remoción del exceso de agregado:

A pesar de todas las precauciones consideradas anteriormente, usualmente quedará agregado suelto después de terminar la operación de compactación. Antes de aplicar el tratamiento superficial sobre el siguiente carril, el agregado excedente que se encuentre en la junta, debe barrerse y recogerse. El agregado suelto crea problemas de deslizamiento de vehículos y además, al ser levantado por las llantas de los mismos, puede dañar otros vehículos.

9. Control del tráfico:

El control del tráfico dentro del área de trabajo es muy importante para obtener buena calidad en el tratamiento superficial. El tráfico a alta velocidad, sobre un tratamiento superficial fresco, levantará el agregado y producirá una superficie negra y lisa. El tráfico debe permitirse o desviarse solo por el carril en el que no se encuentren trabajando. Se debe dirigir el tráfico a través de la obra, de una forma diseñada para proveer una máxima seguridad para los trabajadores y la menor interrupción para el trabajo. Este control de tráfico se debe enfocar también hacia los vehículos relacionados con el trabajo, como por ejemplo los camiones cargados con agregados. Se debe tratar la manera de evitar que los camiones realicen virajes sobre el tratamiento superficial recién colocado, para evitar la pérdida de agregado.

Después de la aplicación del material bituminoso no se permite el tránsito de ningún vehículo, hasta que haya sido aplicado y compactado el agregado de recubrimiento. El tránsito deberá ser regulado a una velocidad de 10 Km./hora por lo menos durante los dos primeros días después de realizado el tratamiento superficial. Esto se debe a que la velocidad excesiva de los vehículos levanta el agregado y destruye el tratamiento superficial.

D. Especificaciones utilizadas en Guatemala

1. Requisitos de los agregados:

“Los agregados pétreos para tratamiento superficial deben ser partículas provenientes de la trituración de grava o piedra de buena calidad, y debe llenar los requisitos siguientes:

- a. No deben tener un porcentaje de desgaste por abrasión AASHTO T 96, mayor de 35 a 500 revoluciones.
- b. Desintegración al sulfato de sodio: No deben tener una pérdida de peso mayor de 12% al ser sometidos a cinco ciclos en el ensayo AASHTO T 104.
- c. Caras fracturadas, partículas planas o alargadas: No menos del 75% en peso, de las partículas del agregado deben tener por lo menos una cara fracturada, ni más del 10% en peso, podrán ser partículas, planas o alargadas, con una longitud mayor de cinco veces el espesor promedio de dichas partículas.
- d. Impurezas y polvo: Deben estar exentos de materias vegetales, basura, terrones de arcilla, polvo u otras sustancias que incorporadas en la capa de tratamiento puedan producir a criterio profesional, fallas en el pavimento. Como no es prácticamente factible lograr una limpieza absoluta de polvo, se aceptará el agregado cuando no tenga más de 0.75% de material que pase el Tamiz No. 200 (0.075 mm), de acuerdo al ensayo AASHTO T 11.
- e. Peso: Los agregados deben ser razonablemente uniformes en calidad y densidad y su peso unitario, AASHTO T 19 no debe ser menor de 80 libras/pie cúbico (1,280 kilogramos/metro cúbico).
- f. Graduación: Los agregados pétreos deben cumplir con los requisitos de graduación, según AASHTO T 27, para los tipos seguidamente establecidos, pero depende de que el tratamiento asfáltico superficial esté compuesto de 1, 2 ó 3 capas, según lo indiquen las Disposiciones Especiales”. (Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes, DGC, 1975).

Tabla 5.3

Tipos de graduación para agregados de tratamientos
asfálticos superficiales

Tipo 1: Agregados para primera aplicación

TIPO Y GRADO	PORCENTAJES POR PESO QUE PASA UN TAMIZ DE ABERTURA CUADRADA, AASHTO T 27						
	1 ¼" (31.5 mm)	1" (25.0 mm)	¾" (19.0 mm)	½" (12.5 mm)	3/8" (9.5 mm)	No. 4 (4.75 mm)	No. 8 (2.36 mm)
1-A	100	90-100	30-60	0-10		0-2	
1-B	100	95-100		0-30	0-6		
1-C		100	90-100	20-55	0-15	0-5	
1-D			100	90-100	40-70	0-15	0-5

Tabla 5.4

Tipos de graduación para agregados de tratamientos
asfálticos superficiales

Tipo 2: Agregados para segunda aplicación

TIPO Y GRADO	PORCENTAJES POR PESO QUE PASA UN TAMIZ DE ABERTURA CUADRADA, AASHTO T 27						
	¾" (19.0 mm)	½" (12.5 mm)	3/8" (9.5 mm)	No. 4 (4.75 mm)	No. 8 (2.36 mm)	No. 16 (1.18 mm)	No. 100 (0.15 mm)
2-A	100	65-100	0-30		0-1		
2-B		100	85-100	10-30	0-10	0-5	0-2

Si el tratamiento superficial es en dos capas (doble tratamiento superficial), hay dos alternativas de graduación a utilizar:

- Graduación 1-C con 2-B, la combinación más utilizada.
- Graduación 1-A con 2-A.

Desde luego las Disposiciones Especiales para cada proyecto específico, pueden estipular otras combinaciones y graduaciones.

2. Material bituminoso:

El tipo, grado, especificación y temperatura de aplicación del material bituminoso a usar, será uno de los establecidos en la tabla siguiente, según lo indiquen las Disposiciones Especiales.

Tabla 5.5
Temperaturas de aplicación para distintos tipos de asfalto en
tratamientos asfálticos superficiales

Tipo y Grado	Especificación	Temperatura de Aplicación	
		Grados Fahrenheit	Grados Centígrados
Cemento Asfáltico			
Penetración 120-150, AC-10	AASHTO M 20, M 226	285-350	140-177
Penetración 200-300, AC-5	AASHTO M 20, M 226	260-325	127-163
Asfaltos Líquidos			
RC-250	AASHTO M 81	145-220	63-104
RC-800	AASHTO M 81	180-255	82-124
Emulsiones Asfálticas			
RS-1, CRS-1	AASHTO M 140, M 208	75-130	24-54
RS-2, CRS-2	AASHTO M 140, M 208	110-160	43-71

La Dirección General de Caminos de Guatemala permite la aplicación de Cemento Asfáltico AC-20 para el Doble Tratamiento, ya que es el comúnmente vendido por las compañías petroleras en Guatemala. La temperatura de aplicación del AC-20 debe oscilar entre 330 a 380°F (166 – 194°C). La

aplicación de AC-20 produce excelentes resultados debido a que su viscosidad es mayor, lo que mejora la adherencia del agregado a la superficie; sin embargo, por las características del AC-20, es necesario aumentar su temperatura para que baje su densidad, ya que si está frío alcanza una gran dureza y es imposible trasegarlo a la distribuidora de asfalto, debido a que se taponan las mangueras y se puede dañar la bomba, por lo que es necesario mantener una temperatura adecuada en el material bituminoso, sobre todo cuando se tiene programado un riego de doble tratamiento que sea próximo, ya que un tanque de 4,500 galones tarda aproximadamente 24 horas (clima cálido – templado) para elevar su temperatura a 250 grados Fahrenheit, temperatura necesaria para poder realizar el trasiego del AC-20 a la distribuidora de asfalto.

E. Pruebas de control para supervisión: (DGC, 1975).

1. Control de calidad:

Los materiales deben llenar los requisitos enumerados en la sección 4.3, descrita anteriormente.

a. Material bituminoso:

Se debe tomar una muestra cada 10,000 galones, de acuerdo a AASHTO T 40 o cada vez que se cambie de tipo, grado o marca.

b. Agregados:

De los agregados se deberán efectuar ensayos periódicos de la siguiente manera:

- Graduación y peso unitario: en cada banco, una muestra cada 50 metros cúbicos en los primeros 250 metros cúbicos producidos y seguidamente, una muestra por cada 500 metros cúbicos producidos.

- Abrasión, desintegración al sulfato de sodio y desvestimiento: ensayos por cada 3,000 metros cúbicos del banco en su estado natural, y después por cada 2,000 metros cúbicos producidos.

2. Tolerancias:

a. Aplicación del material bituminoso:

No son aceptadas variaciones mayores al 5% de la cantidad especificada por el Delegado Residente.

b. Aplicación de los agregados:

No son aceptadas variaciones mayores al 5% de la cantidad especificada para cada esparcimiento.

c. Superficie:

La superficie acabada debe ser uniforme. No se aceptan depresiones mayores de 1.0 centímetro en la superficie.

VI. POSIBLES PROBLEMAS Y SUS SOLUCIONES

A. Cómo obtener un buen tratamiento superficial:

Los tratamientos superficiales exitosos son fácilmente contruidos si se provee de cantidades y tipos correctos de asfalto y agregado, y si se coloca sobre una base resistente, con buen equipo y bajo las condiciones climáticas adecuadas.

Un cuidadoso planeamiento y preparación, seguido del debido cuidado y medición del tiempo, asegurará una superficie impermeable que proveerá servicio económico y satisfactorio durante varios años. A continuación se detallan algunos pasos para la obtención de tratamientos asfálticos eficientes.

B. Inspección:

Antes de empezar cualquier trabajo se debe realizar una profunda inspección para determinar las reparaciones necesarias y evaluar los requerimientos para el tratamiento. Puntos blandos que pueden resultar en fallas, variaciones en el ancho, etc., deben ser notados lo antes posible. Los defectos en el drenaje longitudinal deben ser especialmente notados. Si una superficie vieja fuera reacondicionada, se debe buscar lo siguiente:

- Baches
- Bordes desmoronados o dañados.
- Areas sumamente rajadas
- Corrugaciones
- Depresiones
- Superficies absorbentes
- Segregación de asfalto.

Después de inspeccionar el proyecto, las reparaciones y correcciones deben hacerse para que la carretera esté en condiciones de iniciar el tratamiento superficial.

Para una mayor uniformidad en la superficie, las reparaciones deben finalizar suficiente tiempo antes de iniciar el tratamiento superficial, para asegurar un adecuado comportamiento y estabilidad bajo el efecto del tráfico.

C. Reparación de Defectos:

1. Capa de base granular:

Cuando la base existente se encuentra muy estrecha, cuando la sección transversal o perfil están fuera de forma, la carretera debe ser escarificada y agregar nuevo material. Para evitar capas delgadas que puedan laminarse después de que el tratamiento superficial haya sido colocado, el nuevo material debe ser mezclado con el material escarificado. Después debe ser compactado en capas no mayores de 6" (15 cms.), ni menores de 4" (10 cms).

El material de puntos blandos o baches, debe ser removido en todo su espesor y ancho necesarios y se debe agregar nuevo material de base y compactarse a la misma densidad que la de la capa de base que rodea al bache.

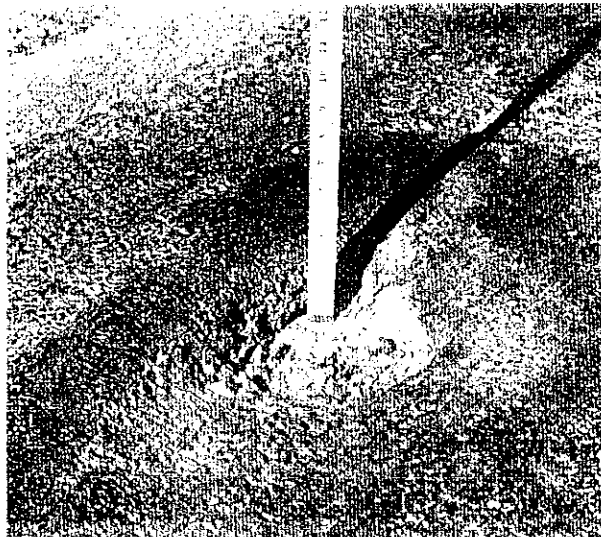
2. Superficie asfáltica existente:

Algunos pavimentos antiguos no necesitan reparaciones antes de ser repapeados. Otros pueden requerir una completa escarificación, mezclado y compactación, juntamente con la remoción del material malo. La mayoría de pavimentos caen dentro de estos 2 extremos, con reparaciones que van desde un bacheo mínimo hasta la remoción del exceso de asfalto. A continuación se discutirá la reparación de los defectos más comunes:

a. Baches:

Son cavidades redondas, usualmente causadas por la debilidad en el pavimento. Deben ser limpiados a los lados y en el fondo, extrayendo todo el material suelto antes de llenarlos. Después de ser rellenos, deben cubrirse con material de imprimación. Si el bache tiene más de 2" de profundidad, el material se coloca y se compacta en capas no mayores de 2" cada una. Se debe compactar con apisonadores, planchas vibratorias o, en baches grandes, rodos convencionales. El parche final se deja de ¼" a ½" sobre el nivel del pavimento, para permitir una compactación debida al tráfico.

Figura 6.1: Bache



b. Grietas:

No todas las grietas son iguales, ni son causadas por el mismo motivo, y por lo tanto, no se reparan de la misma forma. Por esta razón la causa o causas de las grietas deben ser determinadas para poder realizar la reparación correcta.

b.1 Grietas transversales y longitudinales:

Como su nombre la indica, estas grietas se desarrollan a través del ancho del pavimento, o en la dirección longitudinal. Usualmente son causadas por movimientos en la subrasante o en la base, contracción del pavimento o por contracción e hinchamiento de ciertos tipos de suelos. Se reparan aplicando un sellador o sello de lechada antes de colocar el tratamiento superficial.

Figura 6.2: Grieta transversal

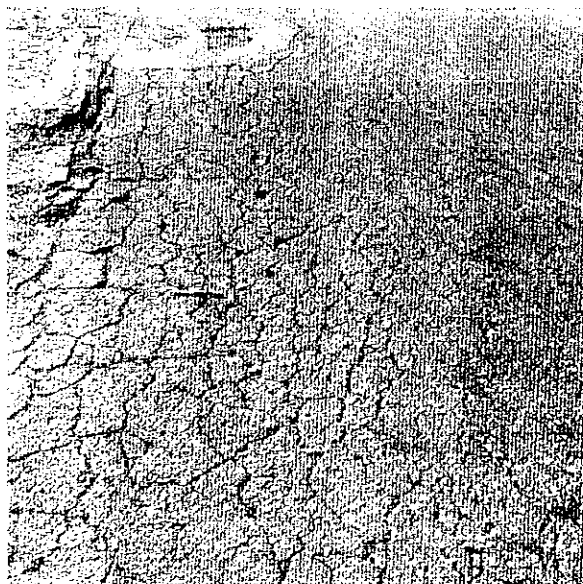
Figura 6.3: Grieta longitudinal



b.2 Grietas de piel de lagarto:

Son grietas interconectadas que forman series de pequeños polígonos, parecido a la piel de lagarto. En la mayoría de los casos estas grietas son causadas por un soporte inestable y son acompañadas por deformaciones en la superficie del pavimento. Las áreas afectadas usualmente no son grandes y pueden ser reparadas por métodos manuales. Ya que la inestabilidad en el soporte, usualmente es el resultado de bases o subrasantes saturadas, la corrección debe incluir la remoción del material húmedo, instalación del drenaje necesario y compactación de nuevo material de base granular en capas no mayores de 6" (15 cms.), ni menores de 10 cms. Después se deberá imprimir la nueva base y bachearse.

Figura 6.4: Grietas de piel de lagarto



b.3 Grietas por contracción:

Son grietas interconectadas, formando series de largos polígonos, usualmente con esquinas o ángulos puntiagudos. Las grietas por contracción son causadas por fallas en la mezcla del pavimento tales como cambios de volumen al secarse, bajo contenido de asfalto y asfalto frágil o quebradizo. Algunas veces son causadas por contracción de la base, sub-base o subrasante. Un sello de lechada (slurry seal) usualmente es todo lo que se necesita para corregir las grietas por contracción. El sello de lechada también debe ser aplicado antes de colocar cualquier otro tratamiento superficial.

b.4 Grietas por corrimiento:

Algunas veces, formas crecientes de grietas aparecen en la dirección del empuje del tráfico. Estas grietas por corrimiento son encontradas en pavimentos mezclados en planta y son asociados con una falta o carencia de unión o adhesión entre la capa superficial y una textura lisa como la de la capa de base. Polvo, humedad, o ambos, entre las capas, en adición con

capas muy delgadas o mezclas de bajo esfuerzo de tensión son causas frecuentes de este tipo de grietas. Una adecuada reparación implica la remoción de la capa que sufrió corrimiento, desde el punto en donde se encuentran las grietas hasta el punto en donde se pueda realizar una buena unión y bacheo del área con material premezclado.

c. Corrugaciones u ondulaciones:

Son ondulaciones que consisten en la formación de crestas y valles alternados en intervalos en la superficie del pavimento. Son causadas por la falta de estabilidad en los pavimentos asfálticos o por la falta de cohesión en una carretera sin tratar. Exceso de asfalto, mala graduación del agregado o partículas de agregado muy redondeadas pueden contribuir o causar corrugaciones u ondulaciones. Una mala compactación puede también ser un factor determinante.

Una corrección satisfactoria es escarificar la superficie, mezclarla con la base y recompartar la mezcla antes de aplicar el nuevo tratamiento superficial. La superficie corrugada puede ser también compactada a alta temperatura (heater planed) antes de aplicar el tratamiento superficial pero esto no corrige las causas. Si las corrugaciones se deben a un excedente de asfalto, la superficie debe ser removida y se debe reconstruir el área.

d. Depresiones:

Son distorsiones en la superficie de las carreteras causadas por el hundimiento o asentamiento de la base o subrasante. Depresiones pueden o no estar acompañadas de agrietamientos, pero en cualquiera de los dos casos usualmente se crea un área áspera, lo que permite la acumulación de agua. Si la carretera no puede ser reconstruida, debe por lo menos ser nivelada con material asfáltico premezclado antes de colocar el tratamiento superficial.

Figura 6.5: Depresión



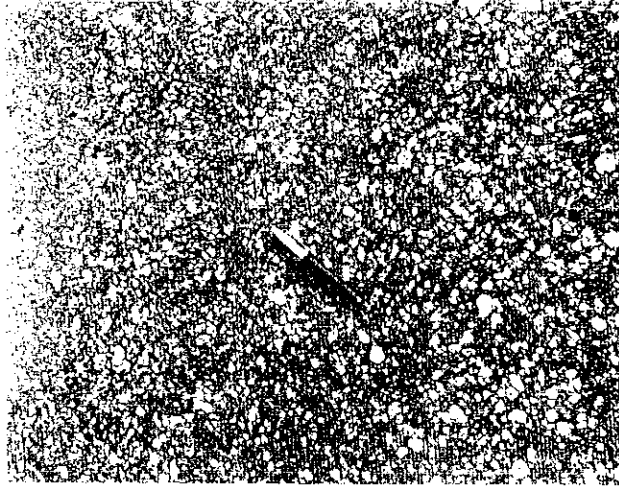
e. Bordes quebrados:

Los bordes quebrados de un pavimento son usualmente el resultado del insuficiente grosor de la carpeta de fundación, falta de soporte en los hombros o saturación de la base. Los bordes se reparan mediante el llenado de las grietas y sellando el borde externo del pavimento. Para minimizar problemas futuros, las cunetas deben limpiarse y debe nivelarse y compactarse los hombros.

f. Superficies absorbentes:

Absorben el asfalto fresco del nuevo tratamiento superficial dejando muy poco para unir la capa de agregado. Esta condición usualmente es causada por una alta permeabilidad en el pavimento, pero puede ser causada por agregados porosos tales como escoria o por áreas muy gastadas o demasiado ásperas en la superficie antigua. Una capa de asfalto muy fluido (fog seal) aplicada antes de colocar el nuevo tratamiento superficial corregirá esta condición.

Figura 6.6: Superficie absorbente



g. Afloramiento del asfalto:

Es el resultado de excesivo asfalto para el agregado. El exceso debe ser eliminado o la condición se repetirá rápidamente después de colocar el nuevo tratamiento superficial. La manera más confiable para corregir esta condición es remover y reprocesar la mezcla del pavimento con más agregado o por tratamiento de compactado a alta temperatura. Después de esto, el tratamiento superficial puede ser colocado.

D. Problemas especiales:

Debido a los métodos de construcción, en los tratamientos superficiales pueden producirse algunos defectos que no aparecen en la superficie de otros tipos de pavimento asfálticos. Entre estos se incluyen la pérdida del agregado de cubierta y el estriado de la superficie.

Algunos de los defectos de los pavimentos asfálticos descritos anteriormente en este capítulo (ondulaciones, hundimientos, hinchamientos, baches y desmoronamiento de los bordes), se presentan más frecuentemente en los pavimentos construidos por los métodos de los tratamientos superficiales. Esto ocurre porque la delgada superficie asfáltica es colocada, generalmente, sobre una estructura de pavimento sin un diseño adecuado.

1. Pérdida del agregado de cubierta:

Es el desprendimiento, bajo la acción del tráfico, del agregado de un pavimento tratado superficialmente.

a. Causas:

Varias causas pueden ocasionar la pérdida del agregado de cubierta. Si el agregado no se esparce inmediatamente (antes de transcurrir los ocho minutos) después de aplicar el asfalto a la superficie del pavimento, éste puede haberse enfriado demasiado para retenerlo. Muy poco asfalto ligante. Si el agregado se coloca demasiado empolvado o muy húmedo, el asfalto puede ser incapaz de retenerlo bajo la acción del tráfico. Por falla en la operación de la distribuidora, en donde una o más boquillas no funcionaron bien. Si el agregado recién extendido no es apisonado inmediatamente después de colocado, puede ser que no quede lo suficientemente embebido en el asfalto para resistir la acción del tráfico. O, si sólo se utiliza para la compactación la apisonadora de ruedas de acero, el agregado puede desprenderse en las pequeñas depresiones donde la apisonadora no toca.

Otras razones son: tiempo demasiado frío cuando se aplica el tratamiento; permitir el tráfico rápido demasiado pronto sobre el nuevo tratamiento superficial; y una superficie que absorbe parte del asfalto deja muy poco para retener el agregado.

Otra causa del desprendimiento de agregado en los tratamientos superficiales puede ser la utilización de agregado de origen calizo. Esto se debe a que este tipo de agregado, por ser calizo, desprende un polvillo, que dificulta la adherencia del material bituminoso al agregado, haciendo que este se desprenda de la superficie.

b. Reparación:

Para reemplazar el agregado perdido se puede esparcir sobre las áreas afectadas, arena gruesa caliente mezclada con bitumen. Después de esparcida, debe ser apisonada inmediatamente con un rodillo de ruedas de hule, de manera que se asiente dentro del asfalto. Si el agregado se ha desprendido solo parcialmente, el tratamiento más práctico puede ser la colocación de un sello de agregado absorbente.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

- En un día caluroso, se esparce arena gruesa, calentada al menos a 150°C, sobre el área que ha perdido el agregado de cubierta.
- Se compacta inmediatamente (antes que la arena llegue a enfriarse por lo menos, unos pocos grados) con un rodo de ruedas de goma, para asentar el agregado dentro del asfalto.

Figura 6.7: Pérdida del agregado



2. Estrías longitudinales:

Son líneas alternas de asfalto, delgadas, que se forman paralelas al eje de la vía.

a. Causas:

Varias causas pueden originar las estrías longitudinales:

- Que la barra regadora del distribuidor del asfalto no esté ajustada a la altura correcta para que se sobrepongan adecuadamente los chorros regados.
- Que la barra regadora se eleve a medida que la carga en el distribuidor disminuye.
- Que las boquillas de la barra regadora no estén ajustadas al ángulo correcto; o no estén puestas todas en el mismo ángulo; o

sean de tamaños inadecuados o diferentes en tamaño; o que algunas estén obstruidas con asfalto frío o tengan alguna imperfección.

- Que la velocidad de la bomba de asfalto no sea apropiada.
- Que el asfalto esté demasiado frío.
- Que la presión de la bomba sea demasiado baja.

Una sola estría en el eje puede ser causada por escasez de asfalto o por asfalto demasiado frío en la junta de empate entre dos aplicaciones.

b. Reparación:

El único método satisfactorio para reparar las estrías longitudinales es alisar la superficie estriada y aplicar un nuevo tratamiento superficial. Es mucho más fácil evitar las estrías longitudinales que corregirlas. Las estrías se evitan si se siguen cuidadosamente las recomendaciones de los fabricantes de los distribuidores de asfalto, antes de usarlos y mientras se utilizan. A la vez, es necesario realizar las verificaciones del distribuidor de asfalto, recomendadas anteriormente para asegurarse de su correcto funcionamiento.

3. Estrías transversales:

Son líneas alternas de asfalto, delgadas y gruesas, que cruzan transversalmente la vía, y que pueden ocasionar ondulaciones en la superficie del pavimento.

a. Causas:

Las estrías transversales son causadas por irregularidades en la barra del distribuidor durante el riego de asfalto. Estas irregularidades pueden ser producidas por pulsaciones de la bomba de asfalto, debidas a desgaste o a partes flojas, por una velocidad de bombeo inadecuada o por una falla en el motor.

b. Reparación:

La reparación de este tipo de problemas, se realiza de la misma forma que con las estrías longitudinales y si llegan a causar ondulaciones se tratan como se describe en la sección de ondulaciones y combaduras descritas a continuación.

4. Ondulaciones y combaduras:

La ondulación es una forma de movimiento plástico tipificada por crestas transversales en la superficie del pavimento asfáltico. La combadura es una forma de movimiento plástico consistente en un hundimiento y levantamiento localizado en la superficie del pavimento. Ocurre, usualmente, en los sitios donde los vehículos frenan durante la bajada, en las curvas cerradas y donde los vehículos golpean un resalto y se balancean.

a. Causas:

Las ondulaciones y combaduras generalmente se producen en las capas asfálticas que carecen de estabilidad. La falta de estabilidad puede ser debida a que la mezcla sea demasiado rica en asfalto, tenga una alta proporción de agregados finos, o tenga agregados finos o gruesos demasiado redondos o de textura demasiado lisa, o que el cemento asfáltico sea demasiado blando. También puede ser debida a humedades excesivas o contaminación con aceite cuando se colocan las mezclas utilizando asfalto líquido.

b. Reparación:

Si el pavimento ondulado está formado por una base de agregado y un tratamiento superficial delgado, una medida correctiva satisfactoria es escarificar la superficie, mezclarla con la base, y extender y recompactar esta mezcla antes de repavimentar.

Para lograr una reparación efectiva de las áreas combadas, éstas deber ser removidas y bacheadas.

Para realizar el trabajo de reparación se procede de la manera siguiente:

- Se escarifica y rompe la superficie.
- Se mezcla el material de superficie así desmenuzado con el material de base, hasta una profundidad de 10 centímetros.
- Se compacta y reconfirma la base.
- Se imprima la base
- Se aplica un tratamiento superficial nuevo.

5. Pendientes pronunciadas:

Una de las desventajas al utilizar el doble tratamiento asfáltico superficial es el problema que presenta en pendientes pronunciadas, mayores del 14%, ya que se produce el desprendimiento del agregado, lo cual lleva a la destrucción del pavimento.

El desprendimiento del agregado en pendientes pronunciadas se da desde el momento en que se está colocando. La fricción de las llantas de la esparcidora de agregado sobre el agregado recién colocado, no solo dificulta el procedimiento de riego sino que levanta el agregado ya regado y lo mismo ocurre con el proceso de compactación. Si el riego del agregado se realiza hacia abajo de la pendiente se puede evitar un poco este problema, sin embargo, cada vez que la maquinaria frene se puede producir un deslizamiento debido a que el agregado se encuentra todavía suelto, ya que el material bituminoso no ha alcanzado la dureza ni la adherencia necesaria para mantener unido al agregado.

Aunque se logre realizar el procedimiento sin que la maquinaria frene durante el descenso y se deje el tiempo necesario de fraguado sin la acción del paso de vehículos, siempre se producirá la pérdida del agregado de la cubierta en un tiempo relativamente corto, debido al empuje horizontal producido por la fricción de los vehículos.

Cuando en un proyecto de tratamiento asfáltico superficial se presenten pendientes muy pronunciadas es conveniente utilizar carpeta asfáltica en caliente para dicho tramo. Es necesario que el Ingeniero encargado o Ingeniero

Residente defina bien el tramo que puede presentar problemas, sobre todo si son curvas y a la vez con pendiente pronunciada, para así utilizar la carpeta asfáltica en caliente, sólo donde sea necesario y evitar un aumento significativo en el costo del proyecto.

Figura 6.8: Problema de riego en pendientes pronunciadas



E. Mantenimiento de los tratamientos superficiales:

1. Definición de mantenimiento:

El mantenimiento de los pavimentos no es fácil de definir. Los Departamentos de Carreteras están de acuerdo, en general, en lo que es; pero existen algunas pequeñas diferencias, principalmente en los alcances. Algunos llaman mantenimiento de pavimentos al mejoramiento. Otros incluyen solamente el trabajo para mantener el pavimento en condiciones similares a las de recién construido. También existe algún desacuerdo acerca de si las reparaciones que se requieren debido a acontecimientos especiales, tales como terremotos, deslizamientos, incendios de bosques, huracanes o accidentes de tráfico severos, deben clasificarse como mantenimiento.

Tomando todo esto en consideración, la definición que parece ajustarse mejor es la siguiente:

“El mantenimiento de pavimentos es el trabajo rutinario realizado para conservar el pavimento, bajo la acción normal del tráfico y de las fuerzas de la naturaleza, en condiciones tan semejantes como sea posible a las del pavimento recién construido” (Instituto de Asfalto, 1970).

2. Necesidad del mantenimiento:

Todos los pavimentos requieren mantenimiento, siendo la principal razón de ello que las tensiones que producen los pequeños defectos están constantemente en acción. Tales tensiones pueden ser ocasionadas por cambios de temperatura o del contenido de humedad, por el tráfico, por pequeños movimientos en el terreno subyacente o adyacente. Las grietas, huecos, depresiones y otros tipos de fallas son las evidencias visibles del desgaste del pavimento. Ellas son, simplemente, el resultado final del proceso de desgaste que comienza cuando la construcción termina. En las áreas urbanas, la excavación de zanjas a lo largo del pavimento para la instalación de redes de conducción de agua o para cualquier otro servicio público es una de las causas principales que determina la necesidad del mantenimiento del pavimento.

a. Mantenimiento preventivo:

La detección y reparación oportuna de pequeños defectos es, sin duda alguna, el trabajo más importante que debe realizar la cuadrilla de mantenimiento. Las grietas y otras roturas de la superficie, que en su primera etapa son casi imperceptibles, pueden transformarse en defectos severos si no son reparadas prontamente. En un pavimento sub-diseñado, esto puede suceder en muy pocos días bajo la acción del tráfico pesado. Por esta razón, el pavimento debe ser inspeccionado frecuente y minuciosamente por personas expertas.

La inspección hecha desde un vehículo en movimiento, aún a baja velocidad, no es lo suficientemente cercana para poder determinar las áreas donde los daños están iniciándose. A menudo, las grietas u otros defectos de la superficie son tan pequeños que solamente una persona al caminar puede descubrirlos.

b. Mantenimiento de los drenajes:

Una forma de mantenimiento preventivo es la inspección estacional y la limpieza de los sistemas de drenaje. Si los drenes trabajan adecuadamente, se eliminan algunas de las causas principales de los daños de pavimento. Cada inspección debe incluir la revisión de todas las estructuras de drenaje superficial, las zanjas y los canales, para asegurarse que trabajan debidamente, según se han diseñado. Si alguna parte del sistema está obstruido, debe ser limpiado inmediatamente. Al menos dos veces al año, los drenes subterráneos deben ser revisados para asegurarse que trabajan como es debido. La aparición anormal de agua en la superficie del pavimento puede indicar que los drenes subterráneos están impropriamente localizados, incorrectamente diseñados y obstruidos.

Todas las salidas de drenes deben estar bien marcadas en el terreno y en los planos de mantenimiento. Si esto se hace, no pasarán desapercibidas durante los viajes de inspección.

c. Reparación inmediata:

Tan pronto ha sido determinada la necesidad de hacer reparaciones, éstas deben realizarse. Esto es especialmente importante cuando los defectos hacen que la conducción sea peligrosa.

A menudo, las condiciones climáticas obligan a realizar reparaciones temporales, para evitar que se produzcan mayores daños mientras la reparación permanente no pueda llevarse a cabo. Como ejemplo puede citarse que el relleno de grietas es, probablemente, más exitoso durante los períodos de tiempo frío y seco; que el parcheamiento de los baches se adhiere mejor cuando el pavimento está caliente y seco; y que los riegos de sellos y otros tratamientos superficiales requieren tiempo caluroso y seco para obtener los mejores resultados. Por consiguiente, la selección de la mejor época del año para realizar las reparaciones implicará un balance cuidadoso de varios aspectos, y para ello se requiere tanto experiencia como buen criterio.

d. Prevención de la repetición de los daños:

Cuando se producen daños en el pavimento, lo mejor es determinar primero la causa o causas de ello. De esta manera se podrán hacer reparaciones que no solamente corrijan el daño, sino que también eviten o retarden su recurrencia. El tiempo y el dinero gastados en tales reparaciones estará bien gastado, porque las mismas no tendrán que ser realizadas una y otra vez.

VII. MARCO COMPARATIVO ENTRE EL DOBLE TRATAMIENTO ASFALTICO SUPERFICIAL Y LA CARPETA DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

En el presente capítulo, se presenta una comparación de costos para la pavimentación de la misma carretera si se utiliza doble tratamiento superficial y mezcla asfáltica en caliente.

A. Costo de la utilización de doble tratamiento superficial para pavimentación de una carretera:

Para la determinación del costo del doble tratamiento superficial se deben tener en cuenta diversos factores, entre los cuales se destacan los siguientes:

- Ubicación, disponibilidad y calidad de los bancos de material a utilizar tanto para la sub-base como para la base.
- Abastecimiento de material bituminoso, tanto para la imprimación como para el doble tratamiento superficial.
- Abastecimiento de agregado pétreo para doble tratamiento. Este renglón puede proporcionar una diferencia significativa en el precio, pero depende de si se posee una trituradora y material para triturar o si es necesario comprar el material ya elaborado.

A continuación se presenta un ejemplo de un cuadro de cantidades de trabajo efectuadas en un proyecto de doble tratamiento para el programa de Caminos de la Oportunidad.

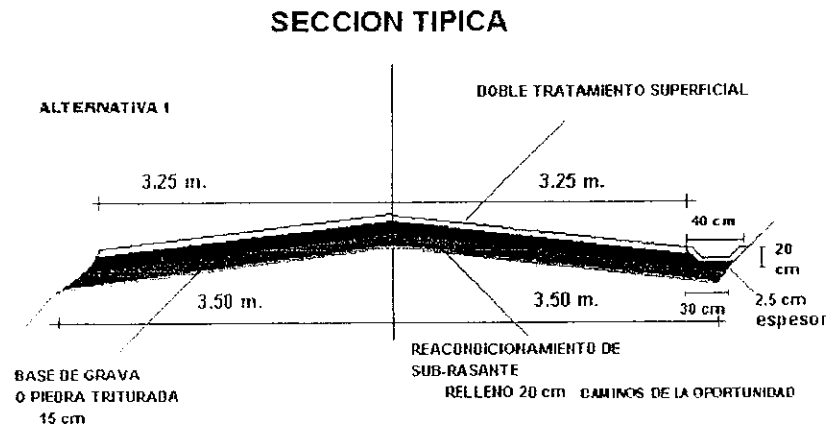
Cuadro 7.1: Costo de proyecto con doble tratamiento

**CUADRO DE CANTIDADES DE TRABAJO
DOBLE TRATAMIENTO ASFALTICO SUPERFICIAL**

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Precio Tot.
1.0	Excavación no clasificada de desperdicio	m ³	24,000.00	35.00	840,000.00
2.0	Reacondicionamiento de subrasante	m ³	10,400.00	90.00	936,000.00
3.0	Capa de base	m ³	8,160.00	225.00	1,836,000.00
4.0	Riego de imprimación	gal.	14,400.00	24.00	345,600.00
5.0	Agregado pétreo para doble tratamiento	m ³	1,200.00	500.00	600,000.00
6.0	Asfalto para tratamiento superficial	gal.	28,800.00	24.00	691,200.00
7.0	Cabezales de concreto ciclópeo	m ³	170.00	850.00	144,500.00
8.0	Alcantarillas de 30"	m.l.	142.00	900.00	127,800.00
9.0	Cunetas revestidas	m ²	11,000.00	85.00	935,000.00
TOTAL					Q6,456,100.00

Es importante mencionar que tanto en el cuadro anterior como en el cuadro 6-2 no aparece el renglón de colocación de sub-base, debido a que en el Programa de Caminos de la Oportunidad se trabajó en carreteras balastradas que se encontraban en mantenimiento, por lo que ya presentaban una capa adecuada de material sobre la cual se podía colocar la capa de base. En la figura a continuación se puede observar la sección típica utilizada para estas carreteras.

Figura 7.1: Sección típica



B. Costo de la utilización de mezcla asfáltica en caliente para la pavimentación de una carretera:

“La mezcla asfáltica en caliente es una mezcla de agregado mineral, bien graduada, con concreto asfáltico, calentado y mezclado en una planta, extendido sobre la carretera, su diseño está normado para soportar las más pesadas cargas de tránsito y en especial para carreteras y aeropuertos” (Amaya, 1981).

El agregado que se utiliza puede ser de piedra triturada, escorias o gravas mezcladas con arena.

El ligante es un concreto asfáltico, que es un producto de la refinación del petróleo, es un material de consistencia sólida o semisólida a temperaturas ordinarias, de color negro o marrón oscuro, que se licúa al calentarlo gradualmente.

Para la determinación del costo de la utilización de mezcla asfáltica en caliente se deben tener en cuenta varios factores, entre los cuales se destacan los siguientes:

- Ubicación, disponibilidad y calidad de los bancos de material a utilizar tanto para la sub-base como para la base.

- Abastecimiento de material bituminoso para la imprimación y para el riego de liga.
- Abastecimiento de la mezcla asfáltica en caliente, para lo cual hay que localizar a la planta distribuidora más cercana al lugar de trabajo.

Generalmente el proceso de la colocación de la carpeta asfáltica en caliente es un subcontrato, ya que se necesita maquinaria especializada y sobre todo, el abastecimiento de la mezcla asfáltica.

A continuación se presenta el mismo cuadro del ejemplo anterior sólo que en vez de colocar doble tratamiento se colocará carpeta asfáltica en caliente.

Cuadro 7.2: Costo de proyecto con carpeta asfáltica en caliente

**CUADRO DE CANTIDADES DE TRABAJO
CARPETA DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE**

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Precio Tot.
1.0	Excavación no clasificada de desperdicio	m ³	24,000.00	35.00	840,000.00
2.0	Reacondicionamiento de subrasante	m ³	10,400.00	90.00	936,000.00
3.0	Capa de base	m ³	8,160.00	225.00	1,836,000.00
4.0	Riego de imprimación	gal.	14,400.00	24.00	345,600.00
5.0	Carpeta de mezcla asfáltica en caliente*	m ²	48,000.00	85.00	4,080,000.00
7.0	Cabezales de concreto ciclópeo	m ³	170.00	850.00	144,500.00
8.0	Alcantarillas de 30"	m.l.	142.00	900.00	127,800.00
9.0	Cunetas revestidas	m ²	11,000.00	85.00	935,000.00
TOTAL					Q9,244,900.00

* El precio de la carpeta asfáltica incluye riego de liga, colocación y compactación de la carpeta. El espesor compactado de la carpeta será de 6.0 cms.

C. Ventajas y desventajas de la utilización de doble tratamiento superficial respecto de la mezcla asfáltica en caliente:

1. Como se puede observar en los cuadros de costos anteriores, una de las ventajas del doble tratamiento superficial es el costo, ya que la colocación de carpeta asfáltica en caliente produce un aumento de aproximadamente 43.2 % respecto del costo del proyecto que utiliza doble tratamiento.
2. Una de las desventajas de la utilización del doble tratamiento superficial es la capacidad de carga, ya que es recomendable su utilización para tráfico liviano únicamente, para así obtener una vida útil significativa.
3. Un punto importante a tomar en cuenta en la utilización del doble tratamiento superficial es la rugosidad final de la carpeta de rodadura, ya que la rugosidad en un pavimento con doble tratamiento, es mucho mayor a la producida por una carpeta asfáltica en caliente.

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- A. El doble tratamiento asfáltico superficial, por ser un pavimento flexible de bajo costo y especialmente diseñado para carreteras de 2°. Orden con tránsito vehicular de aproximadamente 600 vehículos diarios, es una excelente opción para mejorar la red vial del área rural de la República de Guatemala, ya que la mayoría de estas son de terracería. Sin embargo, es recomendable verificar el estado de los caminos rurales a los que se podría aplicar el tratamiento, ya que debido a la topografía quebrada que presenta nuestro país es muy común encontrar carreteras de terracería que poseen tramos con pendientes mayores al 14%, lo que no es indicado para utilizar un tratamiento superficial. Para carreteras con este tipo de problemas es viable utilizar carpeta asfáltica en caliente en los tramos necesarios y así prolongar la vida útil del pavimento; sin embargo sería una mejor opción la posibilidad de modificar el alineamiento original de la carretera.

- B. Por medio de una construcción adecuada y si se cumple con las especificaciones y requerimientos necesarios para los materiales a utilizar, el doble tratamiento asfáltico superficial es un tipo de pavimento flexible económico, fácil de colocar y durable.

- C. Los tratamientos asfálticos superficiales no sólo son una alternativa de pavimento para una superficie nueva, sino también pueden ser utilizados para reacondicionar superficies asfálticas existentes.

- D. El doble tratamiento asfáltico superficial es una opción adecuada para mejorar las carreteras balastradas de Guatemala que se encuentran en mantenimiento, ya que debido a ese mantenimiento que se les realiza y porque cuentan con una subrasante previamente trabajada y con material de balasto seleccionado, se puede omitir la capa de sub-base, al realizar únicamente un reacondicionamiento de la superficie ya existente y colocar una capa de base de grava o piedra triturada de 15 cm. de espesor sobre la cual se coloca el

tratamiento superficial, lo que significa una reducción en el costo de la carretera y además se eliminan los gastos de mantenimiento continuo de un camino de terracería.

- E. La eficiencia de un tratamiento superficial se basa en: la calidad del agregado, que comprende dureza, granulometría especificada y limpieza; la temperatura de aplicación del material bituminoso, las cantidades requeridas de aplicación de los materiales antes mencionados y en el buen funcionamiento del equipo que se utilizará; por lo tanto, es de suma importancia que los materiales cumplan con las especificaciones requeridas y que la maquinaria, en especial la distribuidora de asfalto, la esparcidora de agregado y las compactadoras se encuentren en muy buen estado.
- F. La Dirección General de Caminos de Guatemala permite la utilización de varios tipos de asfaltos para los tratamientos asfálticos superficiales; sin embargo se ha observado que los cementos asfálticos tales como el AC-20 o AC-10 ofrecen mejores características debido a que por su alta viscosidad permiten una mejor adhesión entre el agregado y el material bituminoso que aumenta la vida útil de la carretera.
- G. Se recomienda especial atención en la calidad de construcción de la capa de base, ya que por ser el doble tratamiento asfáltico superficial una capa bastante delgada, absorbe fácilmente cualquier deformación existente en la base y la proyecta a la superficie.
- H. Una correcta programación y sincronización en los trabajos de aplicación del tratamiento superficial, significarán una notable reducción en los costos de construcción de la carretera. Esta adecuada programación y sincronización se logra con la preparación de varios aspectos como: disposición de agregado limpio para las dos aplicaciones en un lugar cercano al área de trabajo, disposición del material bituminoso a la temperatura adecuada, presencia de camiones para transportar el agregado, buen funcionamiento de la distribuidora de asfalto, de la esparcidora de agregado y de las compactadoras y además el trabajo debe ser programado para realizarlo cuando las condiciones climáticas sean las adecuadas.

1. Es de suma importancia que además de cumplir con los requerimientos y especificaciones para la construcción del tratamiento superficial, se provea a la carretera del adecuado drenaje tanto longitudinal como transversal para prolongar la vida útil del pavimento.

IX. BIBLIOGRAFIA

- Amaya, César Augusto. Estudio Comparativo de Costos entre Pavimentos Rígidos y Flexibles en la Ciudad de Guatemala. Tesis de Graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
1981
- Anguiano Balz, Armando. Prontuario del Encargado de Obra en los Trabajos de Pavimentación. Tesis de Graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
1968
- Dirección General de Caminos de Guatemala. Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes. Guatemala.
1975
- Espinal Velasco, Erickson. Pavimentación Asfáltica con Doble Tratamiento Superficial en el Proyecto San Antonio Morazán – El Reposo, Génova, Quetzaltenango. Tesis de Graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
1999
- Sammon, Tom. The Bituminous Paving Handbook. Deneb Publications. USA.
1970
- Secretaría de Integración Económica Centroamericana. Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras, Alcantarillas y Puentes. Guatemala.
1974
- The Asphalt Institute. Asphalt Surface Treatments and Asphalt Penetration Macadam. Manual Series No. 13 (MS-13). 1a. ed. USA.
1965
- The Asphalt Institute. El Asfalto en el Mantenimiento de los Pavimentos. Traducción al español. Caracas, Venezuela.
1970
- Vásquez Bonilla, Vicente Antonio. Tratamientos Asfálticos Superficiales, Macadam Asfáltico, Construcción y Mantenimiento de Acuerdo con Normas y Experiencias en la Dirección General de Caminos. Tesis de Graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
1978
- Vásquez y Vásquez, Hugo Dagoberto. Causas de Falla en los Pavimentos de la Ciudad de Guatemala. Tesis de Graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
1977