

## Los tratamientos superficiales bituminosos

Ing. Jorge Arturo Castro  
Laboratorio Nacional de Materiales y  
Modelos Estructurales (LANAMME)  
Universidad de Costa Rica

Los tratamientos superficiales bituminosos (TSB) se construyen en el mundo entero sobre un considerable porcentaje del total de carreteras abiertas al tránsito todo el año. Su bajo costo y la posibilidad de ejecutarlos utilizando una amplia gama de materiales locales, hacen que estos revestimientos sean muy importantes, especialmente para carreteras de tráfico liviano o medio en áreas rurales. Cuando la construcción se realiza con el equipo apropiado, el resultado es un pavimento de primera calidad.

El TSB es un término o denominación muy amplia que abarca diversas aplicaciones de asfalto y asfalto-agregado, generalmente hasta un espesor de 2.50 cm., a cualquier clase de superficie de carretera. Estos tratamientos son económicos, fáciles de colocar y de larga duración. Al impermeabilizar la base, hacen que ésta tenga un mejor soporte, aunque por sí solos los tratamientos de este tipo brindan poca capacidad estructural a los pavimentos.

Los tipos de TSB van desde una simple y ligera aplicación de asfalto líquido hasta una serie de capas alternadas de asfalto y agregado. Todos ellos sellan y aumentan la vida de la superficie de las carreteras, pero cada tipo tiene uno o más fines específicos.

A continuación se describen de manera sucinta los más importantes:

**Tratamiento superficial simple:** Una sola aplicación de asfalto a cualquier clase de superficie de carretera, seguida de una aplicación de agregado de tamaño tan uniforme como sea posible. El espesor del tratamiento es casi igual al del tamaño nominal máximo del agregado. Un tratamiento superficial simple se suele usar como capa de desgaste y de impermeabilización.

**Tratamiento superficial múltiple:** Dos o tres TSB colocados uno encima del otro. El tamaño máximo del agregado de cada tratamiento sucesivo es corrientemente la mitad del tamaño del agregado colocado previamente, y el espesor total es casi el mismo que el tamaño nominal máximo del agregado de la primera capa; usualmente el triple produce una capa de pavimento de un espesor hasta de 2,5 cm. Un TSB múltiple constituye un tratamiento más denso e impermeabilizante que uno de capa simple, y proporciona al pavimento alguna resistencia.



Fotografía 1. Carretera antes y después de un T.S.B.

**Sello de lechada con emulsión:** Mezcla de emulsión de rotura lenta, agregado fino, mineral de relleno (filler) y agua. Se usa para llenar las grietas y las áreas descubiertas (el agregado con poco recubrimiento) de pavimentos viejos, a fin de reestablecer la uniformidad de la textura superficial y al mismo tiempo sellar la superficie para evitar la entrada de humedad y de aire en el pavimento.

#### **Los tratamientos superficiales se usan para:**

1) Obtener una superficie de bajo costo que sirva en el tiempo. Para tráfico comprendido entre categoría ligera a mediana, un tratamiento superficial sobre una base granular dará una superficie de rodamiento económica y de larga duración.

2) Impermeabilizar. Para dar su mejor comportamiento, un pavimento deberá evitar la entrada del agua superficial a las capas subyacentes. Los tratamientos superficiales son ampliamente usados para evitar que el agua entre en las bases granulares, así como en los pavimentos viejos que se han agrietado o envejecido.

3) Proporcionar una superficie antideslizante. Los pavimentos que se han vuelto resbaladizos debido al desgaste y pulimento de las superficies de los agregados, deben recibir un tratamiento con agregados duros, ásperos y angulares, de manera que permita restablecer las características antirresbalantes.

4) Dar nueva vida a las superficies desgastadas y envejecidas. Un pavimento que tiene años y que está a punto de desintegrarse, se puede restaurar para que dé un servicio útil adicional aplicando un tratamiento superficial de asfalto y agregado.

5) Como cubierta temporal de una nueva base. A veces se desea tener una nueva capa de base expuesta a la acción de un invierno, a fin de descubrir posibles fallas antes de colocar la carpeta de rodamiento.

Un TSB puede ser una solución temporal bastante buena. También, cuando se planea la construcción por etapas. Un TSB se suele utilizar antes de colocar las capas definitivas de la superficie de rodamiento.

6) Mejorar las condiciones del pavimento. Los pavimentos viejos que necesitan renovación, debido a que las condiciones de tráfico han cambiado, se pueden recuperar evitando la desintegración de los mismos con tratamientos superficiales múltiples.

El grado de éxito que se obtenga en la construcción de un TSB está directamente relacionado con varias apreciaciones y análisis previos de mucha importancia, que requieren de un planeamiento cuidadoso, como los que se enumeran a continuación:

1. Condición del pavimento sobre el que será colocado el TSB. Ejecución previa de las reparaciones necesarias,
2. Tipo de asfalto y agregados a aplicar,
3. Determinación de las cantidades óptimas de asfalto y agregados,
4. Tipo y condición del equipo disponible,
5. Empleo de buenas prácticas constructivas,
6. Buenas condiciones climáticas y
7. Control del tránsito.

La construcción correcta de un TSB se inicia con la inspección exhaustiva de la superficie sobre la cual se va a colocar.

Esto usualmente requiere de una auscultación a pie del tramo a tratar, con el propósito de examinar los deterioros existentes.

A continuación se enumeran las fallas principales a observar.

1. Baches,
2. Desprendimientos,
3. Cuero de lagarto,
4. Corrugaciones,
5. Depresiones,
6. Superficies absorbentes y
7. Exudaciones de asfalto.



Fotografías 2 y 3. Distribuidor de asfalto



Fotografía 4. Distribuidor de agregados

- Es absolutamente esencial la adecuada reparación de estas deficiencias de previo al inicio de la construcción del TSB.
- Cuando las capas inferiores del pavimento no suministran un soporte estructural adecuado, es de esperar la falla del TSB.
- En el caso de un TSB colocado sobre una base granular nueva, esta capa debe ser inspeccionada para detectar puntos suaves o la presencia de agregado suelto en la superficie. Lo puntos suaves deben ser removidos y reemplazados con material bien compactado; el agregado suelto debe ser barrido de la superficie antes de la aplicación del riego de asfalto.
- Los TSB no están diseñados para corregir puntos suaves o eliminar deficiencias de acabado o estructurales del pavimento. La ausencia de las reparaciones necesarias, o de la provisión de un buen drenaje antes de la construcción, ocasionará fallas o un desempeño deficiente del TSB. Las limitaciones de este tipo deben ser consideradas al momento de planear un tratamiento.

Un proyecto de TSB requiere al menos de 4 piezas esenciales de equipo, en adición al de soporte usual como vagonetas, motoniveladoras, vehículos para el control del tránsito y aparatos misceláneos.

Estas son:

1. Un distribuidor de asfalto,
2. Un distribuidor de agregados,
3. Uno o más compactadores de llantas de hule y
4. Una escoba o barredora mecánica.

### **Distribuidor de asfalto**

El distribuidor de asfalto es el equipo más importante en un proyecto de tratamiento superficial bituminoso.

Su propósito es la aplicación uniforme de asfalto a la superficie, a la dosificación especificada, y manteniéndola invariable sin importar cambios en la gradiente o dirección del movimiento. El distribuidor debe estar equipado con un termómetro preciso, de manera que se pueda determinar en el momento de aplicación la temperatura del asfalto.

El distribuidor consiste en un tanque aislado, montado en un camión, con controles apropiados para fijar la razón de aplicación del asfalto.

Normalmente el tanque contiene algún tipo de sistema de calentamiento para mantener el asfalto a la temperatura requerida de aplicación. En la parte de atrás del tanque está la barra de rociado con sus boquillas, usualmente espaciadas 15 cm. Con este sistema el asfalto se aplica a presión sobre la superficie de la calzada.

El problema más común asociado con una aplicación inadecuada de asfalto es el “rayado”.

El rayado está caracterizado por franjas longitudinales, estrechas y alternas, con cantidades de asfalto ya sean excesivas o insuficientes. Es causado por una o más de las siguientes condiciones: boquillas obstruidas, presión deficiente de la bomba, interferencia del asfalto rociado por boquillas adyacentes, o altura incorrecta de la barra rociadora.

Si cada una de estas situaciones es controlada y ajustada diariamente, no se presentará el problema del “rayado”.

Todas las boquillas deben ser inspeccionadas para detectar abolladuras o daños en los bordes. La abertura inadecuada de la boquilla resultará en una distorsión del abanico de rocío. Debe seguirse la recomendación del fabricante en cuanto al tamaño y ranura de la boquilla, debiendo ser iguales en su totalidad.

El ángulo de las boquillas con respecto al eje de la barra debe ser de 15° a 30°. Esta fijación previene que los abanicos de rocío interfieran uno con otro.

Los fabricantes usualmente suministran una herramienta para esta operación. Se recomienda usarla pues es muy difícil obtener una rociada uniforme si el ajuste se hace visualmente.

De igual importancia es la fijación de la altura de la barra de rocío. Si está muy alta, el viento puede distorsionar los abanicos del rocío; si está muy baja ocurrirá un traslape incorrecto del rocío, causando una distribución no uniforme del asfalto.

Se obtienen los mejores resultados con una doble cobertura exacta de rocío de asfalto, pero a veces puede usarse la cobertura triple, con barras rociadoras con un espaciamiento de las boquillas de 10 cm.

A efecto de que la barra rociadora y las boquillas trabajen eficientemente, la bomba debe suministrar a la barra la presión correcta. En muchos casos la presión es gobernada por una velocidad variable de la bomba, medida con un tacómetro; en otros casos la bomba va a una velocidad constante pero está acoplada a una válvula reguladora de la presión.

El sistema de monitoreo de algunas de las bombas de velocidad variable indica la razón de flujo del asfalto en vez de la presión. Esto permite al operador conocer exactamente cuál es la dosificación del riego, en vez de cuánto asfalto está pasando por la válvula reguladora y cuánto es rociado en la superficie de la vía.

Existen tres controles comunes en la mayoría de los distribuidores:

- a) Una válvula en el sistema que controla el flujo del material,
- b) Un tacómetro de la bomba o un medidor de presión que registra la salida de la bomba y
- c) Un odómetro (bitómetro) que indica la velocidad y la distancia total recorrida.

Estos tres controles son esenciales para medir la cantidad de asfalto aplicado.

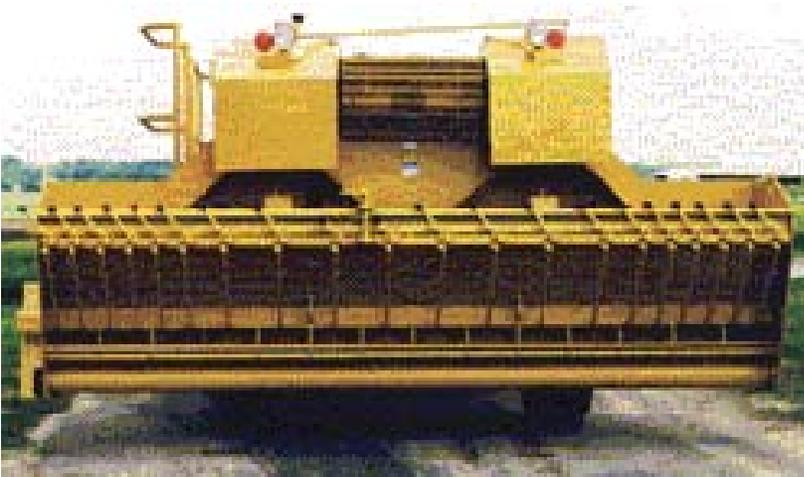
Todos los distribuidores recientes tienen un medidor localizado en la parte exterior del tanque, el que mediante un flotador permite determinar en todo momento el contenido del tanque antes y después de cada aplicación.

El bitómetro consiste en una rueda de hule montada en un marco retráctil, con un cable que la conecta a una carátula en la cabina del vehículo. La carátula registra la velocidad de viaje en metros por segundo y la distancia total recorrida en metros.

Algunos muestran la razón de aplicación en litros por metro cuadrado, en adición a la velocidad.

El bitómetro debe ser revisado regularmente para asegurar su precisión de la velocidad cuando el distribuidor está rociando asfalto.

Se marca cuidadosamente un tramo de 150 a 300 metros, en una sección de carretera recta y a nivel. Se conduce el distribuidor a una velocidad constante sobre este tramo y el tiempo de riego se mide con un cronómetro. Luego se calcula la velocidad en metros por segundo y se compara con la leída en el bitómetro. Este procedimiento se repite para todas las velocidades esperadas.



Fotografía 5. Distribuidor de agregados



Fotografía 6. Compactador llanta de hule

Los errores encontrados en las diferentes velocidades se tabulan o plotean en un gráfico, de manera que puedan ser fácilmente corregidos cuando se usa el distribuidor.

La rueda del bitómetro debe mantenerse limpia para asegurar registros precisos de la velocidad del camión. Un reborde de asfalto en la rueda producirá errores.

### Distribuidor de agregados

El distribuidor de agregados es el segundo equipo en importancia para la realización de un TSB. Su función es aplicar una cobertura uniforme de agregado, a la razón especificada, sobre la membrana fresca de asfalto recientemente rociada.

Los distribuidores de agregados usados en TSB consisten en tres tipos básicos.

El primero es el “distribuidor de compuerta”, el que es apareado directamente a la compuerta de la vagoneta.

Otro es el distribuidor mecánico, que es también acoplado a la compuerta de la vagoneta pero que tiene ruedas propias para soportar el equipo.

El tercer tipo es el mecánico, con tracción propia, que remolca a la vagoneta y suministra la potencia para la operación de riego, en vez de ser dependiente del camión.

El distribuidor con tracción propia, realiza una distribución muy uniforme y continua del agregado, haciendo posible también una alta producción. Es común que la producción exceda 60.000 m<sup>2</sup> por día. Este tipo de distribuidor se conecta a la vagoneta por medio de un gancho que al mover el vehículo para atrás se cierra, empujándolo luego a lo largo del área del riego.

Es esencial que el riego de agregado sea embebido por la membrana de asfalto para prevenir su pérdida por la abrasión del tránsito. Una pequeña parte de esta operación se logra por gravedad, cuando el agregado cae del distribuidor en el riego de asfalto. Sin embargo, la mayor parte del empotramiento proviene del proceso de aplanado.

La compactadora de llantas de hule es más apropiada para seguir el contorno de la superficie y proveer un mejor empotramiento de los agregados. Para la máxima efectividad, el aplanado debe realizarse mientras el asfalto está en el estado líquido o semilíquido.

### Barredora mecánica

La barredora mecánica es esencial para obtener buenos resultados; sirve para dos funciones. Primero, se utiliza para remover el polvo y basura de la superficie existente antes de la aplicación del rocío de asfalto.

Segundo, se usa para remover las partículas de agregado sueltas después de que se lleva a cabo el aplanado.

Existen varios tipos de barredoras mecánicas rotatorias. Algunas deben ser remolcadas, otras tienen propulsión propia, y el resto, probablemente el tipo más común, están montadas al frente de un tractor de llantas de hule. Las cerdas de las escobas generalmente están hechas de fibra, acero o nylon.

Deben haber suficientes distribuidores de asfalto y vagonetas para asegurar que la operación procederá sin interrupciones. Reinicios y paradas frecuentes pueden causar variaciones en la aplicación del asfalto, dosificación de la cobertura con agregados, o ambos, lo que resultará en una superficie no uniforme.

Una unidad portátil de calentamiento es muy útil cuando se usa cemento asfáltico. En proyectos de gran tamaño el cemento asfáltico se suministra en cantidades mayores y es colocado en tanques de almacenamiento de los cuales el distribuidor de asfalto carga a intervalos regulares. Además, ayuda a mantener el asfalto a la temperatura apropiada.

Para elaborar un buen TSB, el asfalto deberá tener las siguientes características:

1. Cuando se aplique, deberá ser suficientemente fluido para ser rociado adecuadamente y cubrir la superficie uniformemente,

2.Después de la aplicación, deberá retener la consistencia apropiada para impregnar el agregado regado,

3.Si se utiliza emulsión, deberá curar y desarrollar adhesión rápidamente,

4.Después de aplanado y curado, el asfalto deberá retener el agregado adherido con fuerza a la superficie de la carretera, para prevenir el desprendimiento por el tránsito y

5.Cuando es aplicado en la cantidad correcta, no deberá exhudar o afectarse con el cambio de las condiciones climáticas.

Aún cuando los asfaltos rebajados han sido usados por muchos años en la construcción de TSB, la tendencia actual es utilizar asfaltos emulsificados o cementos asfálticos para este propósito.

Al igual que en cualquier tipo de construcción, la calidad de los materiales, tanto del asfalto como de los agregados, es un factor principal para el éxito del TSB.

Asimismo, la compatibilidad asfalto/agregado debe ser previamente evaluada, ya sea por experiencias previas en el campo o ensayos de laboratorio. En Costa Rica sólo se provee emulsión catiónica CRS-1. Si se usan asfaltos emulsionados, la selección del tipo deberá basarse en su compatibilidad con el agregado.

Usualmente, las emulsiones aniónicas (carga negativa en las partículas asfálticas) se comportan mejor con los agregados que tienen en su mayor parte cargas positivas en su superficie, p.e. calizas y dolomitas.

Las emulsiones catiónicas (carga positiva) se comportan mejor con agregados en su mayor parte con carga negativa en su superficie, por ejemplo, sílices.

Idealmente sólo deben utilizarse agregados limpios y secos, pero si los únicos agregados disponibles están húmedos, deberán usarse asfaltos emulsificados. El agregado más grueso trabaja bien con cualquiera de los asfaltos: cementos o emulsiones. Arenas y otros agregados finos trabajan mejor con emulsiones. Entre más fina la graduación, la emulsión debe ser de menor grado.

Las buenas condiciones climáticas son extremadamente importantes para obtener un TSB satisfactorio. El clima al principio del verano, caliente y seco, es el ideal. El trabajo no debe ser realizado si la temperatura ambiente está por debajo de 10° C o si la de la superficie de la carretera es menor a 21° C.

Ya que las emulsiones dependen de la evaporación del agua para desarrollar sus características de curado y adhesión, es importante considerar la temperatura del aire, humedad, velocidad y posibilidad de lluvia.

El desplazamiento del agua ocurre rápidamente bajo condiciones favorables de clima; pero con alta humedad, baja temperatura o lluvia se afectarán desfavorablemente la velocidad de rompimiento y cura. Las emulsiones catiónicas son menos críticas para condiciones superficiales y atmosféricas adversas. Sin embargo, también dependen en algún grado de las condiciones del clima para resultados óptimos.

En áreas de temperatura ambiental muy alta, deben usarse cementos asfálticos o emulsiones hechas con cementos asfálticos de alto grado como base, para disminuir la posibilidad de exhudaciones.

La mayoría de los agregados duros, tales como arena, grava y piedra quebrada, pueden ser usados con éxito para TSB.

El agregado seleccionado, sin embargo, deberá cumplir ciertos requerimientos de tamaño, forma, limpieza y propiedades superficiales.

Fotografía 7. Barredora mecánica



Para el TSB de una capa el agregado debe ser lo más cercano posible a un solo tamaño, usualmente en el rango de 1,25 a 0,63 cm. Si hay mucha diferencia entre el mayor y el menor tamaño de partícula, la película de asfalto puede cubrir completamente los tamaños menores y evitar el empotramiento apropiado de las partículas más grandes.

Sucede que el agregado más grueso puede ser desprendido fácilmente por el tránsito de alta velocidad. Para TSB múltiples, debe usarse en la primera capa el tamaño más grande, empleando de manera progresiva tamaños más pequeños.

La forma de la partícula del agregado también es importante. Es deseable que el agregado sea lo más cercanamente posible a la forma cúbica. Las partículas planas o elongadas causan problemas particulares, tendiendo a alinearse con el eje longitudinal y a estar totalmente inmersas en la membrana de asfalto.

Cuando esto ocurre, se produce una superficie de rodamiento altamente propensa a exudaciones de asfalto. Es también importante que el agregado esté limpio. Los mejores resultados se obtienen si es lavado. Si el agregado contiene una película de polvo, arcilla o limo, no propicia una buena adhesión con el asfalto.

La secuencia de operaciones es básicamente igual para la construcción de todos los tipos de TSB. El orden usual es el siguiente:

1. Cuando sea necesario, debe mejorarse el drenaje,
2. Deben repararse los baches y las áreas dañadas del pavimento existente,
3. Es primordial limpiar la superficie a cubrir con una escoba mecánica u otros medios aprobados, según se requiera,
4. Debe rociarse el asfalto en la cantidad y temperatura especificadas,
5. Debe regarse el agregado de cobertura en la proporción especificada, de forma inmediata detrás del riego de asfalto (la emulsión debe mantener todavía el color café) para lograr la impregnación máxima y
6. Es menester pasar la llanta de hule sobre el agregado para incrustar las partículas en la membrana de asfalto.

Si se va a construir un TSB doble o triple, deben repetirse los pasos 4, 5 y 6 una o dos veces, según sea el caso. Cuando se usen emulsiones, cada aplicación de asfalto y agregado debe dejarse curar antes de la siguiente.

Deben realizarse de previo todas las reparaciones necesarias del pavimento existente. Se enfatiza de nuevo que los TSB no corrigen irregularidades o deficiencias estructurales de la carretera existente. Una vez efectuadas éstas, se está listo para iniciar la construcción del TSB.

La primera tarea para colocar un TSB debe ser la remoción de toda suciedad, polvo, arcilla y material extraño en la superficie del pavimento existente. En la mayoría de los casos basta el barrido con una escoba mecánica. Si hay arcilla endurecida en el pavimento viejo, puede ser necesario el lavado con un chorro de agua.

Cuando el TSB va a ser construido directamente sobre una base granular, la superficie debe ser conformada a la sección transversal deseada y compactada. Debe ser imprimada con un asfalto de baja viscosidad, con una dosificación de 0,9 a 1,5 lts/m<sup>2</sup>.

La imprimación debe ser terminada con suficiente antelación previo a la colocación del TSB, de manera que el asfalto esté completamente penetrado en la base y propiamente curado. La falla en dar suficiente tiempo de curado puede resultar en el levantamiento del material asfáltico por las vagonetas usadas en la construcción.

En TSB múltiples, cada capa es considerada como si fuera un tratamiento simple y las cantidades de asfalto y agregado se determinan independientemente. Para la capa siguiente, el tamaño nominal mayor de la piedra de cobertura no deberá ser superior a la mitad del usado en la capa anterior. No se considera desperdicio, ni se hace corrección relativa a la capa inferior.

En un TSB doble las cantidades de asfalto para cada capa se acumulan, y el 40% del total debe ser aplicado en la primera capa y el 60% en la segunda capa. En un TSB triple el 30% del total se aplica en la primera capa, el 40% en la segunda y el 30% en la tercera.