



**TRATAMIENTO SUPERFICIAL CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y ANÁLISIS DE
COSTOS RESPECTO A PLACA HUELLA.**

**SURFACE TREATMENT WITH ASPHALT EMULSION AND COST ANALYSIS
RESPECT TO CONCRETE SLAB.**

Edween Mauricio Guerrero Veloza

Especialización en Ingeniería de Pavimentos

2014

TRATAMIENTO SUPERFICIAL CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y ANÁLISIS DE COSTOS RESPECTO A PLACA HUELLA.

SURFACE TREATMENT WITH ASPHALT EMULSION AND COST ANALYSIS RESPECT TO CONCRETE SLAB.

Edween Mauricio Guerrero Veloza.
Ing. Civil, Esp. Pavimentos, Facultad de Ingeniería.
Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.
maugue01@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo del presente documento fue realizar una descripción detallada de los tratamientos superficiales con emulsión asfáltica aplicados a la red terciaria del territorio nacional y a su vez hacer un análisis de costos respecto a la construcción de una estructura de placa huella, técnica que se viene implementando por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) en la actualidad. Para desarrollar este tema se remitió a diferentes medios de consulta, mediante la recopilación de información y el análisis de la misma. Entre los medios consultados está la base de datos del INVIAS como las especificaciones técnicas, normas para ensayos y precios unitarios de los ítem que involucran el presente análisis, entre otros documentos y libros que contienen el tema tratado. Se describen las ventajas que presenta la aplicación de tratamientos superficiales con emulsión asfáltica, la composición de estos, el procedimiento constructivo y el equipo requerido para su construcción, definiendo específicamente cada uno de los que intervienen en el proceso. En cuanto al análisis de costos tanto de la placa huella y del tratamiento superficial con emulsión asfáltica para un kilómetro de construcción se concluye que la relación es casi de 5 veces mayor el costo de placa huella en comparación con el tratamiento superficial, de tal manera de que mientras se construye 1 kilómetro de placa huella se construirían 5 kilómetros de tratamiento superficial. Por otro lado se puede decir que mediante la ejecución de mantenimientos rutinarios y periódicos se puede incrementar considerablemente la durabilidad de estos tratamientos con emulsión conservando las características principales de impermeabilidad y rugosidad, cuyos costos de cuantía mínima serían obtenidos con recursos de las administraciones municipales.

ABSTRACT

The objective of this paper was to conduct a detailed description of surface treatments to asphalt emulsion applied to rural road of the country and do a cost analysis respect to construction of a structure concrete slab, technique that is being implemented by the Instituto Nacional de Vías (INVIAS) in the present. To develop this topic was refered to different means of consultation, by compilation of information and the analysis of this. The means consulted is the database to INVIAS as technical specifications, standards laboratory test and unitary cost of the activities that implicate this analysis and other papers and books that implicate this topic. The advantages of the implementation described the surface treatment with asphalt emulsion, the composition of these, the construction process and

equipment required for construction, specifically defining each involved in the process. As for the cost analysis of both the concrete slab and the surface treatment with asphalt emulsion for building a kilometer it is concluded that the relation is almost 5 times higher the cost of concrete slab compared to surface treatment so that while building 1 kilometer of concrete slab be built 5 kilometers of surface treatment. On the other hand it can be said that by running maintenance routine and periodic can significantly increase the durability of the treatment with asphalt emulsion retaining the main features of impermeability and roughness small claims costs would be obtained with resources of municipal administrations.

Palabras clave: emulsión asfáltica, tratamiento superficial, costos.

Keywords: asphalt emulsion, surface treatment, costs.

1. INTRODUCCIÓN

Los tratamientos superficiales se podrían comprender como la ejecución de un trabajo desarrollado con un ligante bituminoso que puede ser aplicado solo, o acompañado con agregado pétreo. Esta técnica consiste en la extensión de un ligante bituminoso en una o varias aplicaciones solo o con la extensión de igual manera de una o varias aplicaciones de agregado pétreo, siendo el ligante bituminoso una emulsión asfáltica catiónica que cumpla con las especificaciones técnicas requeridas.

El objetivo de los tratamientos superficiales simples y dobles es darle al pavimento de las carreteras propiedades de rugosidad e impermeabilidad. Estos tratamientos se pueden considerar como la técnica más utilizada en la conservación de las redes de carreteras. Esta técnica de igual manera se ha empleado y se ha obtenido importantes soluciones técnicas en carreteras de tráfico pesado o de alta velocidad, incluso puede ser una alternativa de cobertura de pavimentos rígidos con buenos resultados [2].

La alternativa aplicada en la actualidad por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) en todo el territorio nacional para el mantenimiento y mejoramiento de vías terciarias es la construcción de placa huella [1]. Por tal motivo en este trabajo se analizaron los tratamientos superficiales con emulsión asfáltica para garantizar la durabilidad y transitabilidad en esta clase de vías como una alternativa de capa de rodadura para bajos volúmenes de tránsito, realizando un comparativo de costos entre estas dos alternativas.

2. ESTADO DEL ARTE

En el presente capítulo se describe el tratamiento superficial con emulsión asfáltica, sus componentes, los ensayos a realizar para controlar la calidad de los materiales y su aplicabilidad a las vías.

2.1 DEFINICIONES

2.1.1 TRATAMIENTO SUPERFICIAL

Un tratamiento superficial consiste en un pavimento asfáltico construido en forma estratificada y compactada, conformado por un producto bituminoso y un agregado pétreo [2], que se ubican por separado, el cual dependiendo del número de capas se conocen como de un solo riego, doble riego y triple riego.

Los principales objetivos que se buscan con los tratamientos superficiales son los siguientes:

- Obtener una carpeta asfáltica que proteja el pavimento contra el efecto abrasivo de los neumáticos, conservando así durante varios años la capacidad portante del pavimento, transmitiéndola a la estructura.
- Proteger la estructura vial contra las acciones climáticas, especialmente el agua.
- Proporcionar a la superficie de rodadura cierta rugosidad para evitar el deslizamiento tanto longitudinal como transversal de los vehículos.

Para lograr buenos resultados en los tratamientos superficiales, es necesario que la superficie que se va a intervenir tenga adecuadas condiciones de textura y posea en toda su longitud una estructura suficiente que disipe todos los esfuerzos producidos por el tránsito.

La emulsión asfáltica tiene las siguientes ventajas:

- Es un ligante frío, que evita altos costos y consecuencias que produce la utilización de ligantes que deben almacenarse y distribuirse en caliente.
- Con emulsión, los riesgos que se corren en el trabajo por tiempo frío y lluvioso disminuyen notoriamente, esto es evidente por cuanto dicho ligante no necesita para estabilizarse una lenta evaporación de solventes.
- La adherencia es en general mejor, gracias al recubrimiento de los agregados pétreos por la base acuosa, cualquier otro ligante por el contrario tiene tendencia a coagularse al hacer contacto con los agregados.
- Con emulsiones catiónicas la adherencia es mucho mejor si los materiales pétreos que se van a utilizar son de naturaleza ácida como cuarcitas o sílices.
- Los tratamientos superficiales ejecutados con emulsiones catiónicas permiten dar al servicio casi de inmediato el tráfico de vehículos.

- Los riesgos de exudación se disminuyen notablemente, por cuanto la emulsión está constituida con base en asfalto puro o muy poco fluido.

2.1.2 EMULSIONES ASFÁLTICAS

Dentro de los elementos que integra el tratamiento superficial, figuran como producto bituminoso las emulsiones asfálticas.

En general, se llama emulsión la dispersión de un sólido o un líquido (fase dispersa) en forma de glóbulos minúsculos, en un líquido no miscible con el elemento disperso (fase continua). Cuando las dos fases permanecen en equilibrio sin que las partículas en suspensión se aglomeren o sedimenten, se dice que la emulsión es estable. Ciertas emulsiones exigen la presencia de un agente emulsificador para conservar la estabilidad.

Las emulsiones asfálticas son dispersiones en agua de los glóbulos asfálticos de entre 2 y 5 micrones de diámetro (1 micrón = 1 milésima de milímetro), que se mantienen estables en presencia de un agente emulsificante que puede ser arcilla coloidal, silicatos solubles o insolubles, jabón o aceites vegetales sulfatados [3]. Estas emulsiones se denominan directas, en contraposición con las inversas en las que la fase dispersa son gotas de agua y la fase continua la constituye un asfalto líquido; aunque estas últimas emulsiones se fabrican con facilidad, su empleo en pavimentación es muy restringido por su gran viscosidad. El contenido de asfalto de las emulsiones bituminosas para pavimentación varía normalmente entre el 50 y 60% del peso total.

Los glóbulos de asfalto contenidos en una emulsión asfáltica están cargados superficialmente con electricidad que puede ser positiva o negativa, dando origen a las emulsiones catiónicas o aniónicas respectivamente. Las emulsiones aniónicas contienen glóbulos cargados negativamente y tienen afinidad especial con las superficies iónicas positivas, como son las de los materiales con superficie electropositiva, como resultado de un fenómeno electroquímico en el que intervienen la fase acuosa de la emulsión y el agente emulsificante, cambiando la polaridad de la superficie.

Cuando las dos fases de la emulsión asfáltica se disocian completamente, es decir, cuando los glóbulos de asfalto se aglomeran sobre una superficie o los unos contra los otros, separándose de la fase acuosa, se dice que ocurre el rompimiento de la emulsión.

El rompimiento de una emulsión asfáltica es provocado por una modificación en el equilibrio electrostático que mantiene los glóbulos de asfalto en suspensión en la fase acuosa y que puede deberse a la evaporación de esta última, a cambios notables de su pH o a reacción de la fase acuosa y el material pétreo. En la práctica, el rompimiento de las emulsiones asfálticas es el resultado de la acción conjugada de estos tres fenómenos.

2.1.2.1 ENSAYOS DE LABORATORIO

Se deben realizar los ensayos a los que se deben someter las emulsiones asfálticas para control de calidad [3], los cuales se enunciarán a continuación:

- Punto de inflamación (Copa abierta de Tag.) INV. E-710
- Viscosidad cinemática (60° C) INV. E-715
- Viscosidad Saybolt Furol (25° C) INV. E-714
- Destilación INV. E-723
- Residuo de destilación a 360° C INV. E-723
- Ensayo sobre el residuo de la destilación
- Penetración (25° C, 100 g, 5 s) INV. E-706
- Ductilidad (25° C, 5 cm/minuto) INV. E-702
- Solubilidad en tricloroetileno INV. E-713

2.1.3 AGREGADOS PÉTREOS

Los agregados gruesos en la construcción de tratamientos superficiales bituminosos consistirán de piedras o gravas trituradas o escoria de calidad uniforme, dura, limpias, libres de terrones de arcilla, recubrimiento de polvo, material vegetal, sustancias nocivas y exceso de partículas planas o alargadas. La escoria debe ser producida en altos hornos y enfriada al aire, de calidad y uniformidad razonables.

Los agregados pétreos deberán cumplir con las especificaciones técnicas del Instituto Nacional de Vías del año 2007:

2.1.3.1 ENSAYOS

Los ensayos de laboratorio para control de calidad deberán realizarse con las siguientes especificaciones técnicas:

- Toma de muestras INV E-201-07
- Desgaste de la máquina de los Ángeles INV E-218-07
- Peso unitario INV E-217-07
- Ensayo de Stripping para agregados INV E-737-07
- Granulometría INV E-213-07

2.2 EQUIPOS UTILIZADOS

Es equipo necesario para la ejecución de tratamientos superficiales es el siguiente:

Equipo de limpieza

- **Barredoras mecánicas.** Para limpiar la superficie de la calzada, antes de iniciar la ejecución del riego. Es un equipo muy útil, ya que barrer la calzada a mano es lento y costoso.
- **Rastra de cepillos.** Constituida por un bastidor de madera o metálico y cepillos. Se emplea para corregir las imperfecciones que pueden producirse al distribuir los agregados. Si se logra aplicar las gravillas de manera bien controlada y uniforme, el uso de este equipo es innecesario.
- **Equipos menores.** Tales como palas, cepillos, rastrillos, regaderas, etc..., necesarios para lograr la mayor eficacia en el trabajo.

Distribuidor de asfalto

Es quizás el equipo más importante. Se deben tener especiales precauciones para lograr una aplicación constante y uniforme.

La bomba de asfalto y los indicadores de presión en perfecto estado.

El tacómetro y el velocímetro bien calibrados.

La flauta de distribución y las boquillas de salida bien limpios.

La apertura y cierre de las boquillas deben ser instantáneos para evitar demasiado desperdicio que afecten el buen acabado.

Los conos que forman las boquillas deben ser iguales e independientes. Es necesario verificar que los orificios de salida estén paralelos y formando un ángulo de 20° con el eje de la flauta.

La altura de la flauta con relación a la calzada, está relacionada con la distancia entre ejes de las boquillas, generalmente 10 cm. Es por tanto fijar la altura de la flauta a 20 o 30 cm, para obtener la superposición requerida de los conos de distribución. Se considera como altura óptima 20 cm.

Esparcidores de gravillas

Existen tres tipos:

- **Fijos.** Que se montan sobre las volquetas, removiendo la tapa trasera de estas. Al marchar hacia atrás la volqueta descarga la gravilla directamente sobre el piso.
- **Mecánicos.** Consisten en esencia, en una caja metálica con una abertura inferior ajustable, montada sobre llantas y que se acopla a la volqueta. Este al marchar hacia atrás descarga la gravilla en la caja, que a su vez efectúa la distribución sobre el piso.

- **Autopropulsados.** Eliminan los inconvenientes derivados de los acoplamientos y desacoplamientos de las volquetas y permiten una distribución continua y uniforme con gran rendimiento.

Equipo de transporte: se emplean volquetas de la capacidad requerida.

Equipo de cargue: por lo general se utiliza un cargador frontal de llantas.

Equipo de compactación: generalmente se utilizan dos tipos de compactadores.

- De rodillos neumáticos o compactadores de llanta.
- De rodillos metálicos o cilindros.

La compactación de un tratamiento superficial corresponde nada más que a un acomodamiento de la gravilla. Los mejores resultados se obtienen por el empleo de compactadores de llanta, preferiblemente autopropulsados. Con estos se logra una distribución uniforme de la presión aplicada, aun en el caso de que la superficie sea ligeramente irregular. Además no producen trituración de los agregados pétreos.

Los cilindros metálicos tienen la desventaja de triturar la gravilla de menor dureza. La presión aplicada no es uniforme porque el rodillo metálico se apoya sobre la gravilla de mayor tamaño, sin lograr compactar zonas con pequeñas depresiones y partículas de menor tamaño. En consecuencia, si no es posible disponer de un compactador de llantas, debería recurrirse a un pequeño cilindro tándem de 5 o 6 toneladas, evitando los cilindros de tres ruedas, las cuales afectan considerablemente los agregados y dejan huellas lineales sobre los riegos [4].

Equipo auxiliar: carrotanque con sistema de calentamiento para alimentar al carrotanque irrigador.

Organización de las obras

La ejecución de los tratamientos superficiales necesita de un equipo por de mas importante y complejo que requiere siempre establecer un plan bien estudiado antes de iniciar los trabajos.

Es así como se debe determinar cuidadosamente los siguientes puntos:

- El orden de ejecución de las diferentes secciones para limitar al máximo los desplazamientos del equipo de compactación.

- El momento de la limpieza de cada sección a fin de que ésta operación no preceda demasiado de la distribución del ligante, ni tampoco demasiado corto para que retrase los avances.
- El número y volumen de volquetas en función de la dosificación del material pétreo.
- La capacidad del carrotanque irrigador.
- La longitud de las secciones que deben recubrirse de tal forma que se pueda desocupar totalmente en lo posible el contenido de la volqueta, sin dejar parte de la sección cubierta con ligante desprovista de agregado.
- La importancia del cargador de gravilla que no retrase el suministro de las mismas.
- La alimentación oportuna del equipo distribuidor de emulsiones, por parte del carrotanque auxiliar.

Preparación de la calzada

Se comprueba previamente mediante ensayos de laboratorio que la superficie sobre la cual se va a efectuar el tratamiento superficial cumpla con las condiciones de calidad y compactación especificadas y que no contenga exceso de humedad.

En caso contrario debe procederse a escarificar y recompactar la superficie hasta lograr las condiciones exigidas. Cuando se considere aceptable se procede a la limpieza, utilizando barredoras mecánicas, cepillos de mano y un compresor para retirar el polvo, desechos y materiales sueltos o adheridos que puedan perjudicar la calidad del riego. Aunque la emulsión es menos frágil al polvo es aconsejable insistir en la necesidad de una perfecta limpieza de calzada, condición indispensable para lograr una buena fijación y una buena adherencia con los agregados ya que se ha comprobado efectivamente que el polvo absorbe una cantidad considerable de ligantes.

Distribución de la emulsión

La emulsión catiónica es de rompimiento rápido aproximadamente entre 5 y 10 min según las condiciones climáticas. Es de notable importancia que en climas calientes y secos se debe humedecer ligeramente la superficie para evitar el rompimiento prematuro de la emulsión.

La distribución propiamente dicha, que consiste en recubrir la calzada según la dosificación prevista, se ejecuta con un carrotanque provisto de su correspondiente equipo de irrigación y como el que se utiliza comúnmente para distribución de asfalto líquido.

En la operación de distribución de la emulsión se debe buscar preferencialmente:

- Una regularidad de riego tanto longitudinal como transversal.
- Iniciación y terminación correctas de la longitud de riego para lograr un perfecto acabado. Esto se puede lograr colocando papel común tanto al inicio como al final de la longitud de riego.

Para lograr una distribución correcta y que el valor de la dosificación regular, en el sentido longitudinal se debe tener especial cuidado en controlar la presión de la bomba y la velocidad del carro tanque mediante el tacómetro.

La regularidad en el sentido transversal se asegura mediante la correcta utilización de la rampa de distribución, la colocación de las boquillas y la altura sobre la superficie como se muestra en la figura 1.

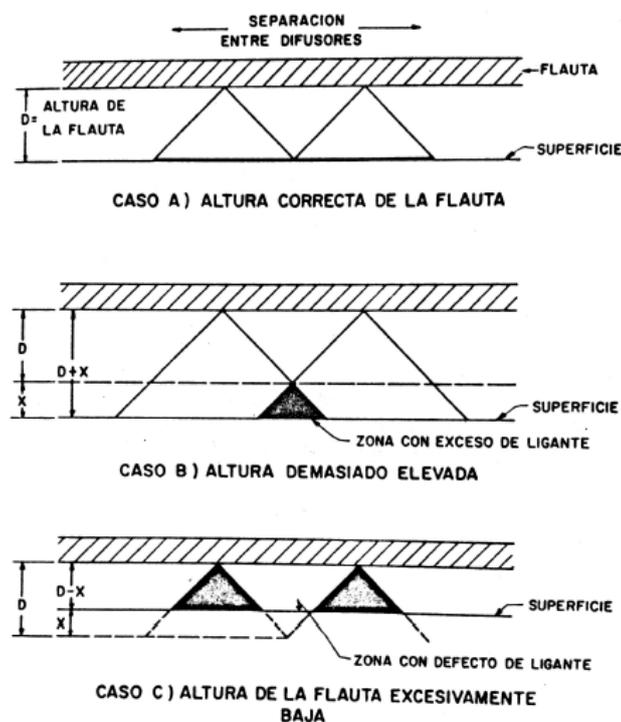


Figura 1. Descripción altura flauta.

Fuente: Manual de utilización de emulsiones asfálticas en carreteras, 1992.

Distribución de agregados pétreos

La gravilla se debe distribuir inmediatamente después del riego de emulsión con los esparcidores mecánicos o autopropulsados a fin de que se logre una buena adherencia de los granos y la emulsión antes del rompimiento de esta. Cuando sea necesario se complementara la extensión de los agregados con el paso de una rastra de cepillos. Los esparcidores de gravilla deben avanzar marcha atrás a fin de evitar el contacto de las llantas con el material bituminoso sin recubrir.

Inmediatamente después de la extensión del agregado se procederá a su compactación.

Compactación

Experimentalmente se ha comprobado que el proceso de compactación debe iniciarse con un compactador neumático autopropulsado, para conseguir que la gravilla se acomode y logre una mejor distribución de esfuerzos sobre los agregados, además de evitar que el material falle y forme una película de finos que puede influir negativamente en la aplicación del siguiente riego bituminoso.

La compactación debe empezarse del borde exterior hacia adentro traslapando cuando menos la tercera parte de la franja anterior. Luego la compactación se continuara con un compactador tándem de rueda lisa de 5 a 6 toneladas.

En tratamientos superficiales de más de un riego no es aconsejable dejar el tráfico sobre la primera capa ya que puede sufrir daños de consideración por acción de las frenadas o arrancadas de los vehículos. Es conveniente por consiguiente ejecutar el segundo riego lo más pronto posible.

El objeto de la compactación es asegurar un estrecho contacto entre el ligante y el agregado pétreo que permita una buena adhesividad. No está por demás advertir que esta operación debe ejecutarse antes del rompimiento de la emulsión [5].

La primera capa de gravilla debe compactarse ligeramente, no más que dos pasadas, para evitar que se triture la gravilla. Hay que tener en cuenta que no se trata de una verdadera compactación sino de un acomodamiento de los agregados. La segunda capa debe ser compactada con un máximo de tres o cuatro pasadas del cilindro tándem para evitar la trituración de los agregados.

El riego de arena permite compactar más fuertemente con el cilindro tándem (de 6 a 8 pasadas), sin provocar desgaste de la gravilla, lográndose un mejor acomodamiento de éstas y por lo tanto una mayor compactación de la carpeta asfáltica.

Retiro de sobrantes

El retiro de residuos de agregados debe efectuarse lo más pronto posible para evitar:

- Que ejerzan una acción de desgaste con los materiales que quedaron adheridos por acción misma del tráfico.
- Peligrosos para la circulación de los vehículos.
- Que se opongan al escurrimiento o libre flujo de aguas lluvias hacia las obras de drenaje.

Mediante los siguientes esquemas se describe la ejecución del tratamiento simple (Figura 2) y el tratamiento doble (Figura 3).

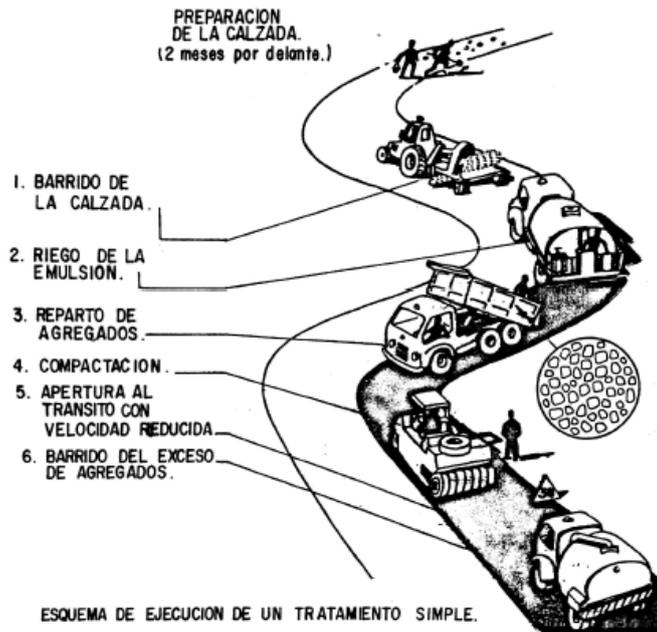


Figura 2. Tratamiento superficial simple.
Fuente: Manual de utilización de emulsiones asfálticas en carreteras, 1992.

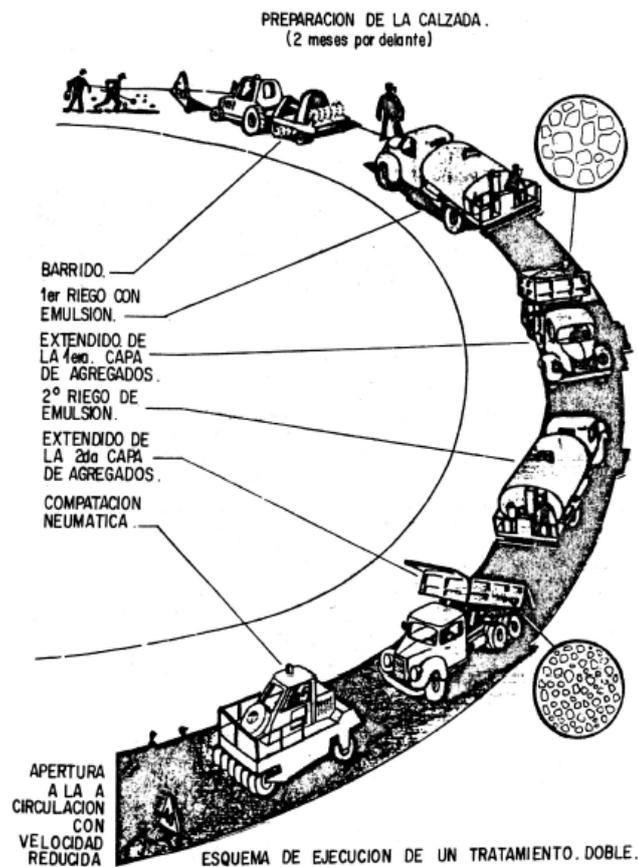


Figura 3. Tratamiento superficial doble.
Fuente: Manual de utilización de emulsiones asfálticas en carreteras, 1992.

3. ANÁLISIS DE COSTOS

La placa huella es una estructura aplicada a vías terciarias actualmente por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) a lo largo de todo el territorio nacional y sus características son las siguientes:

Concreto de la placa huella de las siguientes dimensiones: noventa (90) centímetros de ancho, quince (15) centímetros de espesor y una longitud máxima de cinco (5) metros, separadas entre sí por piedra pegada en una longitud de noventa (90) centímetros, las placas de concreto están arriostradas por unas viguetas de trece (13) centímetros de ancho por veinticinco (25) centímetros de alto [6], localizadas en los extremos y en el medio de las placas como se ve en la (Figura 7).

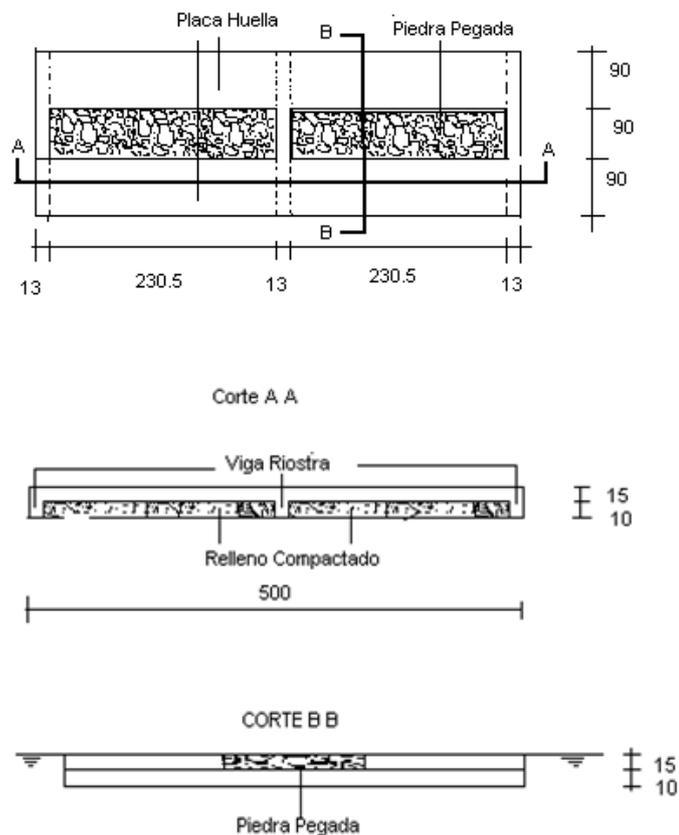


Figura 7. .Diseño Placa huella.
Fuente: Especificaciones técnicas INVIAS, 2007.

Si bien esta estructura en general mejora la durabilidad de la vía y a su vez disminuye significativamente los costos de operación de los vehículos, mejora la transitabilidad para los vehículos y los usuarios de la vía, aminora las fallas vehiculares y los incidentes que se puedan presentar por el mas estado de una vía, facilita el comercio del sector, en general se puede decir que los costos constructivos en comparación con los tratamientos superficiales con emulsión asfáltica son significativamente superiores.

Vale la pena analizar los aspectos costo-beneficio de la construcción de placa huella contra los tratamientos superficiales con emulsión asfáltica con el fin de saber cuál de estos es el más recomendable aplicar en las vías terciarias. Es por esto que se realizará a continuación el análisis del costo de construcción de un tratamiento superficial de doble riego y de la construcción de placa huella, ambos para una longitud de 1 kilómetro, teniendo en cuenta los precios del año 2013.

3.1 ANÁLISIS DEL COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLA POR KILÓMETRO

Tabla 1. Costos Placa huella

	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
Concreto Clase D.- Placa Huella	m ³	0,30	609.802,00	182.940,60
Concreto Clase G.- Piedra Pegada	m ³	0,13	533.487,00	66.685,88
Relleno en afirmado mínimo e = 0,15 m.	m ³	0,41	67.855,04	27.481,29
Excavación en material común a mano	m ³	0,59	32.628,00	19.250,52
Acero de refuerzo	kg.	18,50	5.514,00	102.009,00
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL				398.367,29
COSTO TOTAL POR KILÓMETRO				398.367.287,72

Fuente: Especificaciones técnicas INVIAS, 2007.

Este costo por kilómetro (tabla 1) no incluye actividades de sobre anchos en concreto clase G ya que son decisiones en el sitio de la obra y en algunos casos recuperación de la banca, lo que implicaría un aumento considerable en los costos de construcción.

3.2 ANALISIS DEL COSTO DE CONSTRUCCION DE UN TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE RIEGO (Und=m²)

Tabla 2. Costos tratamiento superficial doble.

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	
CARROTANQUE IRRIGADOR DE ASFALTO		80.000,00	150,00	533,33	
ESPARCIDOR DE GRAVILLA (incluye volqueta)		100.000,00	150,00	666,67	
COMPACTADOR NEUMATICO		100.000,00	150,00	666,67	
COMPRESOR (Barrido y/o Soplado de la Superficie Pavimento)		39.500	150,00	263,33	
				Sub-Total	2.130,00

II. MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	
AGREGADO PETREO PARA TSD PRIMER RIEGO	m ³	75.000	0,019	1.425,00	
AGREGADO PETREO PARA TSD SEGUNDO RIEGO	m ³	75.000	0,0127	952,50	
EMULSION (CRR-2)	lt	1.800	3,00	5.400,00	
SEÑAL PREVENTIVA					
				Sub-Total	7.777,50

III. TRANSPORTES

Material	Vol-peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	
AGREGADO PETREO	0,032	20,00	0,64	1.100,00	704,00	
					Sub-Total	704,00

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	
OBREROS (8)	\$ 176.000,00	185%	325.600,00	1.200,00	271,33	
OFICIAL	\$ 38.000,00	185%	70.300,00	1.200,00	58,58	
					Sub-Total	329,91

Total Costo Directo

10.941,11

V. COSTOS INDIRECTOS

Descripción	Porcentaje	Valor Total	
ADMINISTRACION	20%	2.188,28	
IMPREVISTOS	5%	547,07	
UTILIDAD	5%	547,07	
		Sub-Total	3.282,42

Precio unitario total aproximado al peso

14.224,00

Fuente: Precios unitarios INVIAS, 2013.

Teniendo en cuenta el anterior análisis (tabla 2), incluyendo los costos indirectos propios de la contratación en el país y asumiendo un ancho de calzada de 6,00 m, el costo por kilometro de tratamiento superficial con emulsión asfáltica sería del

orden de \$85.344.000, sin tener en cuenta el costo de mantenimiento para garantizar la estabilidad de la estructura, siendo estos de una cuantía mínima.

CONCLUSIONES

1. Por la investigación realizada de los tratamientos superficiales con emulsión asfáltica se puede decir que es una alternativa válida técnica y económicamente para su aplicación en las vías terciarias del territorio nacional. Es importante resaltar que en el caso de los agregados pétreos varían según la región donde se proyecte aplicar esta técnica por lo que es recomendable cumplir con las especificaciones técnicas mediante la realización de ensayos de laboratorio.
2. Comparando costos en la construcción de la estructura aplicada en la actualidad en las vías terciarias que es el caso de placa huella y el tratamiento superficial con emulsión asfáltica se observa que la relación es casi de 5 veces mayor el costo de placa huella en comparación con el tratamiento superficial, de tal manera de que mientras se construye 1 km de placa huella se construirían 5 km de tratamiento superficial.
3. Si bien las estructuras de concreto, material utilizado para placa huella poseen un periodo de vida útil mayor que los tratamientos superficiales con emulsión asfáltica se puede decir que mediante la ejecución de mantenimientos rutinarios y periódicos se puede incrementar considerablemente la durabilidad de esta técnica conservando las características principales de impermeabilidad y rugosidad.
4. Como ventaja principal en la construcción de tratamientos superficiales con emulsiones catiónicas se puede decir que el uso de materiales con humedad hasta de un 7% es aceptable, suprimiéndose así el problema de secado del material pétreo que trae como consecuencia retraso en los avances de obra en climas fríos y lluviosos y por ende no permanecen equipos y personal inactivos.
5. Gracias a la investigación realizada se pudo describir detalladamente el proceso constructivo que se debe utilizar en la construcción de tratamientos superficiales con emulsión asfáltica para optimizar rendimientos y calidad de obra.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Instituto Nacional de Vías. Especificaciones Técnicas. (2007).
- [2] Shell Colombia S.A. Manual de utilización de emulsiones asfálticas en carreteras. Ministerio de Obras y Transporte. (1992).
- [3] Emulsiones asfálticas. Petroquímica Andina BEG Ltda.
- [4] Tratamientos superficiales. Publicación del Ministerio de Obras Públicas. Distrito No. 4, Agosto 1969.
- [5] Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Ingeniería de Pavimentos. Escuela Colombiana de Ingeniería, (1997).
- [6] Claudia María Garcés Cárdenas et al (1). Pavimentos. Universidad de Medellín.
- [7] Carlos Hernando Higuera Sandoval. Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras. Principios fundamentales. Teoría, métodos de diseño y ejemplos de aplicación. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) Volumen II. (2011).