

AVANCES EN EL DISEÑO DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Ing. Cecilia J. SOENGAS⁽¹⁾, Mgt. Ing. H. Gerardo BOTASSO⁽¹⁾, Sr. Oscar R. REBOLLO⁽¹⁾, Sr. Christian PIERMARIA⁽¹⁾; Lic. Carlos Del Pozo⁽²⁾

⁽¹⁾LEMaC

Centro de Investigaciones Viales Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata Av. 60 y 124 (1900), La Plata, Buenos Aires, Argentina.
Tel./Fax: 0054 – 0221 - 4890413 lemac@frlp.utn.edu.ar

⁽²⁾PROBIAR

Productos Bituminosos de Argentina S.A. Ruta Nacional 205 Km 69,200 (1814), Cañuelas, Buenos Aires, Argentina. Tel./Fax: 0054 – 02226 – 430400
carlos.delpozo@probiar.com.ar

Eje Temático: Materiales bituminosos

1. RESUMEN

El diseño de los tratamientos superficiales bituminosos, cualquiera sea el tipo, no es una consideración científica sino es la experiencia la que gobierna.

El método de diseño utilizado en la Argentina es el propuesto por el Ing. E. F. Tagle, denominado comúnmente como la Regla del 9 – 5 – 3 o simplemente la Regla de Tagle.

En estudios anteriores se ha focalizado el análisis en la verificación del ensayo de Raspado de Superficie Bituminosa, extraído del MISSOURI DEPARTMENT OF TRANSPORTATION CONSTRUCTION – MATERIALS – Test Método MoDOT T 72, para evaluar y controlar los tratamientos superficiales en cuanto al contenido mínimo de emulsión. Además se ha desarrollado el estudio de la Sección 409 del MoDOT, la cual evalúa en función de la granulometría elegida, el porcentaje de pérdida admitido luego del ensayo de Raspado.

Para la determinación del contenido máximo o valorar la exudación en el diseño, se enfocó la tarea en el Ensayo de Wheel Tracking Test, teniendo en cuenta estudios desarrollados por el Ing. Ju Sang Lee con el método SCMM3.

El presente trabajo muestra los avances y conclusiones de estos métodos, ajustándolos al instrumental propio y a consideraciones conceptuales de la experiencia adquirida, procurando expresar posibles límites en cada uno.

2. INTRODUCCIÓN

Existen distintas definiciones a nivel mundial para referirse a tratamientos superficiales bituminosos. La más universal y la que hemos adoptado es “Los tratamientos superficiales bituminosos son una sucesión de riegos de emulsión asfáltica seguida por uno o más riegos de agregado pétreo”.

Se cuenta a nivel mundial, con varios métodos de dosificación para los tratamientos superficiales, los cuales poseen particularidades dependientes del tipo de material disponible en obra, la conformación del tránsito, el clima del lugar y el tipo de base a ser protegida.

Los distintos métodos de dosificación se pueden dividir en teórico, práctico y empíricos, dentro de estos últimos se desprenden distintas propuestas como el Método del Centro de Investigación de Carreteras de Bélgica; La Regla de Linckenhoyl o simplemente la Regla del Décimo; el método de Mac Leod (el más difundido en los Estados Unidos) y finalmente y el adoptado en la mayoría de las obras realizadas en Argentina, la Regla del 9 – 5 – 3 o Regla de Tagle.

Luego de analizar cada componente en las distintas dosificaciones propuestas, se elige el método propuesto por el Ing. Tagle que relaciona parte del método práctico y postula una parte empírica teniendo en cuenta la cantidad de agregado a utilizar con la cantidad de residuo asfáltico de una emulsión para los distintos tipos de tratamientos.

En general un tratamiento superficial está concebido en la protección de la capa de base y en la restitución de la superficie de rodamiento de carpetas en caminos de bajo tránsito. Dependiendo del tránsito que soportará en su vida útil se pueden distinguir tratamientos simples, dobles o triples.

La estructura de los tratamientos superficiales no es el resultado de consideraciones científicas sino de la experiencia práctica y observaciones de obra.

Debido al paso del tránsito y las condiciones climáticas del lugar, las capas superiores de los tratamientos sufren un desgaste superior pudiendo en algunos casos, existir desprendimiento de material pétreo que conforma el tratamiento superficial propiamente dicho. Es por ello que, de acuerdo a la bibliografía consultada y a la experiencia de obra, se recomienda colocar una capa denominada de sellado, con granulometría definida dependiendo del tipo de agregado del tratamiento superficial. Por lo tanto la capa de sello es una protección adicional al mismo.

Para la dosificación de los tratamientos superficiales, existen restricciones principalmente climáticas y del tipo de base a tratar.

En clima húmedo, lluvioso y/o con heladas, es recomendable hacer tratamientos superficiales simples por su función impermeabilizante, ejecutados preferentemente en épocas de primavera – verano. Los tratamientos dobles y triples, son utilizados principalmente para soportar tránsito elevado. Como ejemplo para un tratamiento superficial simple, la cantidad de vehículos (compuesto primordialmente por vehículos de pasajeros) es de 300 vehículos/día; para un tratamiento superficial triple 700 vehículos/día [6]

Cuanto más tránsito, mayor será el tamaño del agregado, más fluido el ligante asfáltico utilizado y la cantidad de éste será inferior comparándolo con un tránsito más débil.

Según su función se pueden distinguir tratamientos superficiales con y sin agregado pétreo. Sin agregado pétreo podemos citar a los paliativos de polvo, imprimación, liga, sellado, todos ellos comúnmente llamados riegos; con incorporación de agregado pétreo se tienen los tipos conservativos, secativos, antideslizantes, protección de banquetas, simples, dobles y triples. [6]

En el presente trabajo solo nos centraremos en los tratamientos superficiales con incorporación de agregado pétreo.

Se puede decir además que para un correcto funcionamiento de los tratamientos superficiales, éstos deberán ejecutarse siguiendo los siguientes criterios de diseño y formulación:

Si el tratamiento superficial se coloca sobre una base, llevará dos tipos de riegos iniciales. Por un lado el riego de imprimación y por otro el riego propio del tratamiento. El riego de imprimación se colocará una vez y dependerá su dotación de lo especificado en el Pliego Particular, mientras que el riego del tratamiento se podrá colocar una vez para el caso de tratamientos superficiales simples y más veces dependiendo si es doble o triple y su dotación se calculará por cualquiera de los métodos de dosificación antes mencionados. Este riego se puede colocar en una sola etapa o bien en dos etapas, el 60 por ciento aproximadamente antes de esparcir el agregado pétreo y el otro 40 por ciento después de esparcida la capa de árido respectiva. [6]

Si el tratamiento superficial se coloca sobre una capa asfáltica existente, llevará solo el riego del tratamiento propiamente dicho y su dotación dependerá del método de dosificación adoptado. [7]

3. MODELO UTILIZADO

En base a la lectura detallada del Pliego de Especificaciones Técnicas Generales de la Dirección Nacional de Vialidad, trabajos anteriores y a la consulta de varias empresas constructoras en la verificación de sus fórmulas de obra en la realización de tratamientos superficiales simples y dobles, desde el LEMAC Centro de Investigaciones Viales se planteó la necesidad de validar el método de dosificación utilizado, la Regla de Tagle, por medio de ensayos de desempeño en laboratorio.

Es así como nos basamos en el ensayo propuesto por el Departamento de Transporte de Materiales de Construcción del Estado de Missouri, Estados Unidos "Método de Ensayo de Muestras de Tratamientos Superficiales Bituminosos" el cual designaremos MoDOT T 72 para la verificación del contenido mínimo de ligante a utilizar en la formulación de tratamientos superficiales. A su vez este ensayo sigue los lineamientos generales basados en la norma ASTM D 7000 "Método de Ensayo Normalizado para el Test de Barrido de Tratamientos Superficiales de Emulsiones Bituminosas" el cual especifica el efectivo corte de la emulsión, simulando un barrido en su superficie, calculando luego la pérdida de agregado en gramos del tratamiento. La Sección 409 del MoDOT, estipula entre otros ítems, la cantidad en gramos de pérdida de agregado de la capa de sello, dependiendo del tipo de granulometría utilizada en el tratamiento. A pesar de que el ensayo MoDOT T

72 no es para verificar la pérdida de agregado, se vio conveniente tomar la metodología para valorar la dosificación.

Para poder valorar el exceso de ligante en tratamientos superficiales, nos basamos en el artículo “Entendimiento de los Efectos de las Proporciones de Aplicación de Agregados y Emulsión en el Desempeño de los Tratamientos Superficiales Asfálticos” presentado por el Dr. en Ing. Ju Sang Lee del Departamento de Transporte de Indiana y Richard Kim, profesor de la Universidad de Carolina del Norte, en la Reunión Anual de la Transportation Research Board (TRB) del 2008 en la Jornada de la Junta Directiva de la Investigación del Transporte. En dicho artículo se plantea la posibilidad de valorar la exudación de los tratamientos superficiales por medio de fotografías obtenidas antes y después de someter a los especímenes a pruebas en el Wheel Tracking Test.

Por lo expuesto se decidió dosificar por la Regla de Tagle, utilizando como base un estabilizado granular, confeccionar un tratamiento superficial simple con una capa de sello y valorar dicha propuesta por medio de los ensayos del MoDOT T 72, verificar las pérdidas obtenidas con la Sección 409 del MoDOT, ensayar las probetas en el Wheel Tracking Test y valorar la exudación producida luego de los ciclos de ensayos especificados en la norma BS EN 12697 – 22.

A continuación se describen los materiales que intervienen en el análisis.

Los ensayos para caracterizar al agregado grueso que compone el estabilizado, están volcados en la Tabla N° 1.

Ensayo	Norma
Índice de Elongación	IRAM 1687 – parte 2
Índice de lajosidad	IRAM 1687 – parte 1
Resistencia al Desgaste con la máquina Los Angeles	IRAM 1532
Determinación del material fino que pasa por el tamiz IRAM 75 µm por lavado	IRAM 1540
Análisis mecánico de materiales granulares	VN – E – 7 - 65
Determinación del polvo adherido	VN – E – 68 - 75
Determinación de la densidad relativa real, densidad relativa aparente y de la absorción de agua	IRAM 1533
Determinación de la densidad a granel y de los espacios vacíos	IRAM 1548

Tabla N° 1: Caracterización de los agregados pétreos gruesos que componen el estabilizado granular

En referencia al estabilizado granular utilizado, fue estudiado según lo estipulado por la Sección C.II “Bases o Sub – Bases de Agregados Pétreos y Suelo” del Pliego de Especificaciones Técnicas Generales de la Dirección

Nacional de Vialidad. En la Tabla N° 2 se pueden observar los resultados de los ensayos y las exigencias del Pliego, en la Figura N° 1, la curva granulométrica del mismo.

Tamices IRAM	Porcentajes que pasan	
	Estabilizado Granular	
	Pliego	Material Utilizado
38 mm (1 ½")	100	100
25 mm (1")	70 – 100	100
19 mm (¾")	60 – 90	99
9.5 mm (3/8")	45 – 75	63
4.8 mm (N° 4)	30 – 60	52
2 mm (N° 10)	20 – 50	38
420 µm (N° 40)	10 – 30	22
74 µm (N° 200)	3 – 10	11
Límite Líquido (%)	< de 25	20
Índice Plástico	< de 4	3
Valor Soporte (%)	> de 80	92
Sales Totales	< de 1.5	0.2
Sulfatos	< de 0.5	0.1
Ensayo Próctor	Densidad Seca Máxima (gr/cm ³)	2.236
	Humedad Óptima (%)	6.6

Tabla N° 2: Caracterización del Estabilizado Granular de la Base

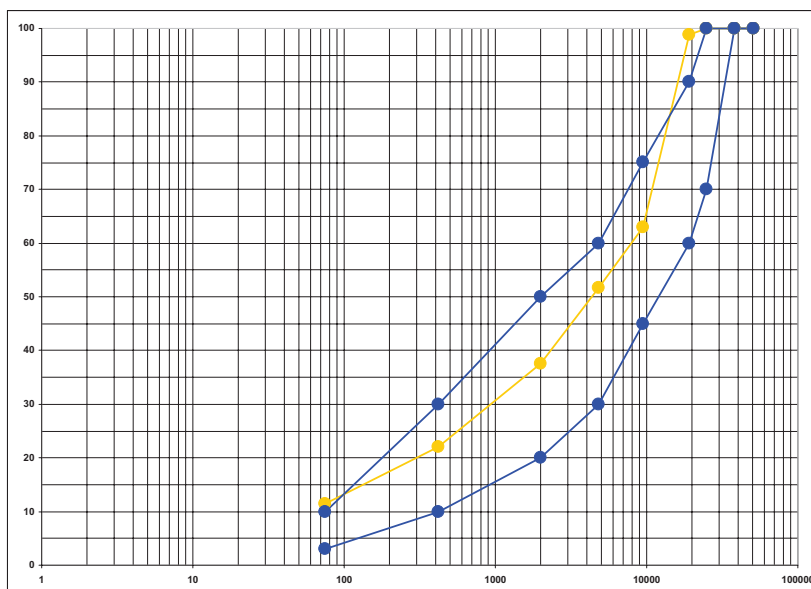


Figura N° 1: Granulometría del agregado grueso que compone el estabilizado granular. El suelo seleccionado utilizado corresponde en la clasificación HRB a un A – 4 y los agregados gruesos a una piedra granítica partida 6:20.

Como se comentara anteriormente, de los distintos métodos para dosificar tratamientos superficiales optamos por la Regla de Tagle el cual determina la cantidad de ligante, en función de las cantidades y características granulométricas de los agregados pétreos a emplear. Las premisas a tener en cuenta son:

- No se contempla la dosificación de sellado y retratamientos.
- La base es suficientemente estable y sin exceso de material imprimado.
- Los agregados pétreos son de una cubicidad aceptable.
- La cantidad de agregado pétreo en tratamientos tipo simple no excede en más de un 20 % de la necesaria para cubrir la superficie a tratar.
- Sobre los tratamientos tipo doble y triple se aplicará un riego de sellado a razón de 0.7 l/m² de emulsión bituminosa.

A su vez, el método se basa en los siguientes lineamientos:

- La cantidad de agregado pétreo, tiene en cuenta el método práctico pero en vez de utilizar 1 m² usa un ¼ de m², de un tablero o tela.
- La cantidad de material bituminoso, expresada en volumen de cemento asfáltico, reducido a 15.5 °C de temperatura, está relacionada con el volumen del agregado pétreo suelto, por los porcentajes expresados en la Tabla N° 3.
- Cuando en vez de cemento asfáltico se emplean emulsiones bituminosas, será necesario aumentar las cantidades de las mismas (según el porcentaje de residuo asfáltico) de forma tal de igualar el contenido de cemento asfáltico calculado.

Tipo de Tratamiento	Aplicación Bituminosa	Relaciones	Porcentaje
Simple, Doble y Triple	Total	Betún – Árido (en volumen de agregado suelto)	9
Doble y Triple	1° Riego	Betún – Tamaño Máximo Efectivo ⁽¹⁾ (del agregado grueso)	5
Triple	2° Riego	Betún – Agregado Grueso (en volumen de agregado grueso)	3

Tabla N° 3: Descripción de la Regla de Tagle

(1) Se entiende por tamaño máximo efectivo de un agregado, el número de milímetros correspondientes al valor del 80 % en su curva granulométrica de porcentaje en peso que pasan.

4. ANÁLISIS DEL PLIEGO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICA GENERALES DE LA DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD. EDICIÓN 1998.

La sección D.I “Disposiciones Generales para la Ejecución de Imprimación, Tratamientos Superficiales, Bases, Carpetas y Bacheos Bituminosos”, detalla las características constructivas; características físicas de cada uno de los materiales que intervienen; cómo deberán ser tomadas las muestras de dichos materiales para que sean representativos para su evaluación y cuáles serán las condiciones para la recepción; equipos a ser utilizados y fallas del tratamiento superficial.

En el apartado D.I 3 “Fórmulas para las Mezclas Asfálticas y Tratamientos Bituminosos Superficiales” solo se acota que: *“dicha fórmula debería ser verificada por la supervisión con las características de calidad de los agregados y del ligante asfáltico, así como las proporciones de los mismos para los distintos tipos de riegos, incluyendo posible incorporación de aditivos”*. Pág. 129 del citado Pliego.

En el apartado D.I 5.8 “Banquinas” cita: *“antes de certificarse cada sección de tratamiento, base o carpeta, las banquetas deberán encontrarse construidas y compactadas hasta el nivel superior del pavimento.....”* Pág. 143 del Pliego.

En el apartado D.I 5.9 “Composición del Tratamiento Superficial” cita: *“estos controles se realizarán directamente en cancha durante la ejecución de los riegos asfálticos y distribución de agregados, salvo que en el Pliego Particular se prevean otros ensayos.....”* Pag. 143 del Pliego citado.

Por todo lo expuesto, se ve conveniente que la aprobación de la fórmula de obra sea realizada antes y fuera de la cancha de trabajo.

En la Sección D.III “Tratamientos Superficiales de Sellado” en el apartado D.III 2.1 “Materiales Bituminosos”, en la página 149 se cita: *“El riego de material bituminoso se hará con emulsión catiónica de rotura rápida o media, a razón de 0.4 a 0.9 litros por metro cuadrado de residuo asfáltico. Como valor orientativo debe utilizarse el valor de 0.10 para la relación betún – agregado en volumen, a partir de la cual el contratista en una sección de prueba de longitud aproximada de 200 m, verificará tras el librado al tránsito no menor de 15 días....”*

En las pag. 149 y 150 del apartado D.III 2.2. “Agregados” cita:*“El agregado pétreo se distribuirá a razón de 3 a 7 litros por metro cuadrado, y su granulometría estará comprendida dentro de los límites que se expresan en la Tabla N°4.*

Tipo	% que pasa por tamices					
	12.7 mm (½ “)	9.5 mm (3/8”)	6.4 mm (1/4”)	2 mm (N° 10)	0.42 mm (N° 40)	0.15 mm (N° 100)
A	100	95 – 100	60 – 85	5 – 20	0 – 3	---
B	---	100	90 - 100	20 – 50	0 – 10	0 – 2
C	---	---	100	80 - 100	5 - 15	0 – 4

Tabla N° 4: Granulometrías propuestas para la utilización de la capa de sellado en tratamientos bituminosos superficiales

Fuente: Pliego de Especificaciones Técnicas Generales de la Dirección Nacional de Vialidad.

Continuando con lo citado por el Pliego:... “Los agregados pétreos y tipo de granulometría a emplear en la obra se indicará en al Especificación Particular. Como dato ilustrativo pueden admitirse los siguientes valores por metro cuadrado:

Tipo A: 5 a 7 litros
Tipo B: 3 a 4.5 litros
Tico C: 3 litros

La Supervisión podrá verificar en cualquier momento las cantidades fijadas por el Contratista, mediante el Ensayo manual de “cubrimiento” directamente sobre la superficie tratada.....”

5. ANÁLISIS DEL PROCEDIMIENTO MoDOT T 72 Y DEL ENSAYO DE WHELL TRACKING TEST

El ensayo MoDOT T 72 mide las características del rendimiento del material bituminoso mediante la simulación de un tratamiento superficial durante la operación de barrido.

Para realizar el barrido, se utiliza la máquina Hobbart modelo A 120 la cual permite la abrasión por medio de un cepillo con determinadas características, peso y material.

La confección de la pastilla de tratamientos superficial se realiza con material bituminoso, agregados de determinada granulometría y una base de fieltro asfáltico de características especificadas. El cálculo de las pérdidas obtenidas antes y luego del barrido tiene en cuenta la superficie barrida, la diferencia de pesadas antes y luego de la abrasión.

Para la confección de las muestras se utilizó el molde del ensayo de Wheel Tracking Test, el cual tiene 5 cm de alto y 30 cm de lado. Se eligió esto en vez de realizar las pastillas circulares propuestas por el MoDOT debido a que se pretendió colocar el estabilizado granular de forma similar a la obra.

Con el mismo criterio se confeccionaron las pastillas para el ensayo de Wheel Tracking Test obteniendo fotografías previa y posteriormente al ensayo con el fin de valorar la existencia de exudación en la zona afectada por el pasaje de la rueda de carga.

En el análisis fotográfico se debió previamente confeccionar un histograma que indicara el nivel crítico de exudación. Para ello las fotografías se realizaron en forma digital en escala de grises con 8 bit que consiste en un solo plano de píxeles de 0 a 225.

El número de píxeles que tiene el histograma de valores de intensidad de la escala de grises más pequeños que la exudación crítica en este histograma, es usado para cuantificar la exudación de la muestra analizada del tratamiento superficial.

6. EXPERIENCIA DE LABORATORIO

Los elementos que componen la ejecución del tratamiento superficial simple, se pueden apreciar en la Figura N° 2

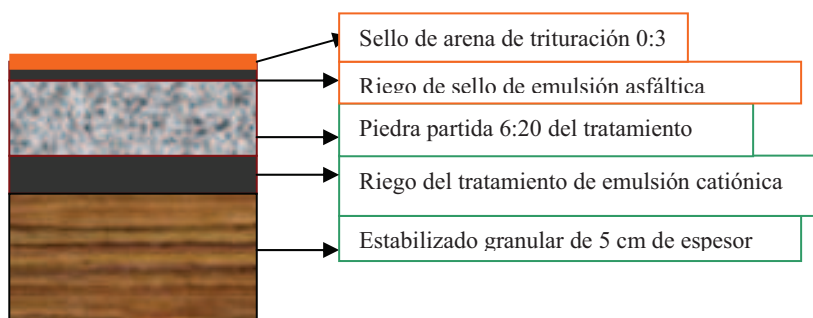


Figura N° 2: Conformación del tratamiento superficial simple

Las características de los materiales componentes, se detallan a continuación:

AGREGADO.

El mismo proviene del sur de la provincia de Córdoba siendo comercialmente denominada piedra partida 6:20. Los análisis que a continuación se detallan fueron realizados por exigencias de Pliego y algunos otros por contribuir un gran aporte para su selección, como por ejemplo el análisis petrográfico. Del mismo se desprende que el agregado utilizado corresponde a una Arenita Feldespática, en la Tabla 5 y en la Figura 3, se pueden visualizar la composición mineralógica.

Cuarzo	Feldespato Potásico	Plagioclasa	Piroxeno	Otros
%	%	%	%	%
11	31	45	9	4

Tabla 5. Composición del agregado



Figura 3. Minerales de Roca

Peso Específico y Absorción: Peso Específico: 2.719 gr/ cm³ y Absorción: 0.524 %

Pasa Tamiz N° 200: La exigencia, en el apartado D.I 2 Materiales en el Pliego de Especificaciones Técnicas Generales de la Dirección Nacional de Vialidad, dice que si el material que pasa el tamiz 75 µm (N° 200) por vía húmeda es mayor del 5 por ciento respecto al peso total de la muestra, la cantidad de material librado por el tamiz de 75 µm (N° 200) en seco, deberá ser igual o mayor que el 50 por ciento de la cantidad librada por lavado. Los resultados obtenidos fueron: Vía Húmeda: 3.9 % y Vía Seca: 4.2 % por lo cual, cumple con lo antes mencionado y no es necesaria la utilización de emulsión asfáltica de corte medio.

Polvo Adherido: Este ensayo está referido a la cantidad de material inerte que contiene el agregado mineral, el resultado fue de 1.1 ml siendo aceptable el

valor ya que para piedra partida o pedregullo, el máximo admisible, según la norma de ensayo VN – E68 – 75 de la Dirección Nacional de Vialidad, es de 2,0 ml.

Granulometría: La elegida para confeccionar la curva granulométrica, fue la estipulada por la Norma IRAM 1684/74 Agregados para Tratamientos Superficiales Bituminosos, Simples y Múltiples, denominada como D (19 a 9.5). En la Figura 4 se puede visualizar.

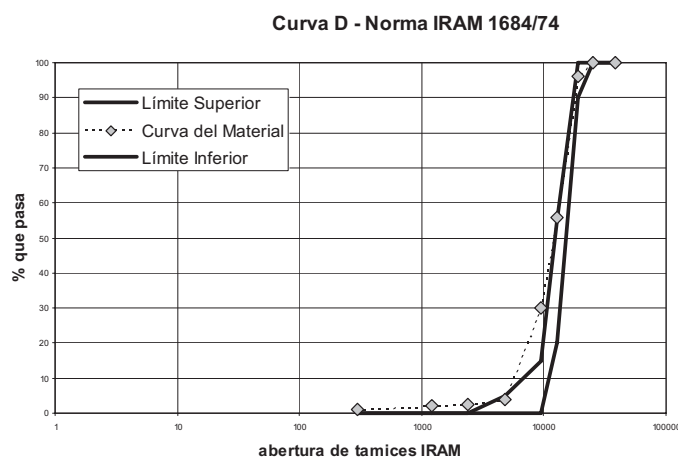


Figura 4. Granulometría del agregado grueso

MATERIAL BITUMINOSO

Como se mencionara en trabajos anteriores, se trabajó con dos tipos de emulsiones asfálticas, eligiéndose una modificada de corte rápido, denominada CR – 65M. En la Tabla N° 6 se pueden apreciar las características de la misma. Para la realización del riego de sellado, se utilizó la misma emulsión.

Ensayos	Unidad	Resultado	Norma
De la emulsión			
Residuo Asfáltico	(%) en peso	65	IRAM 6719
Hidrocarburos Destilables	(%) en volumen	0	IRAM 6719
pH de la emulsión	----	2.2	NLT 195/92
Viscosidad SSF	SSF	18	IRAM 6721
Asentamiento	(%) en peso	1.2	IRAM 6716
Residuo tamiz 850 µm (N° 20)	(%) en peso	0.042	IRAM 6717
Sup. Recubierta y R. al agua	----	100	IRAM 6679
Al residuo asfáltico			
Penetración	0.1 mm	70	IRAM 6576
Viscosidad Brookfield a 60 °C	Poise	2180	IRAM 6837
Punto de Ablandamiento	°C	48.9	IRAM 6841
Recuperación Elástica por Torsión	%	20	IRAM 6830

Tabla 6. Caracterización de la Emulsión modificada

AGREGADO DE SELLADO

El mismo proviene de la provincia de Buenos Aires de canteras de la zona de Olavaria. Comercialmente se denomina arena de trituración 0:3 y la fracción elegida corresponde a la más fina, Curva C del Pliego de Especificaciones Técnicas Generales de la Dirección Nacional de Vialidad. En la Figura N° 5 se visualiza la granulometría.

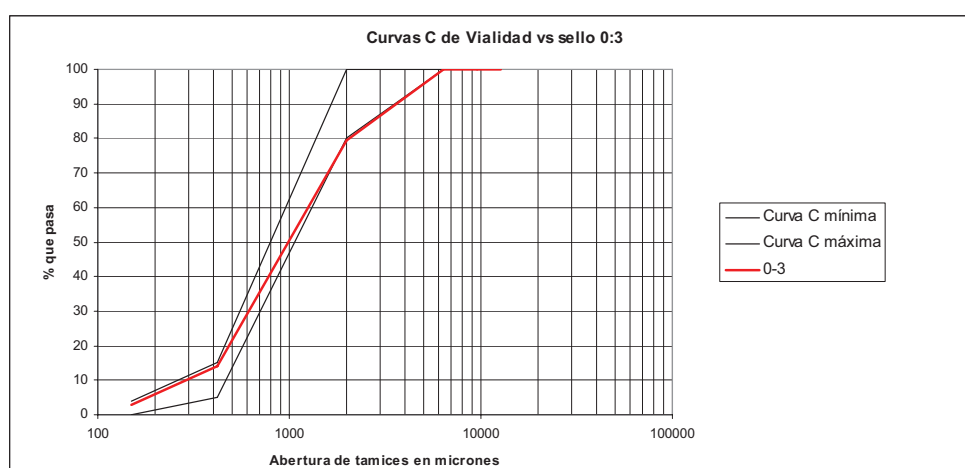


Figura N° 5: Granulometría del agregado de sello

PREPARACIÓN DE LAS PASTILLAS

Como se mencionara anteriormente se utilizó para la confección de las pastillas, el molde del ensayo de Wheel Tracking Test con dimensiones de 30 cm de lado por 5 cm de espesor. Primero se colocó el estabilizado granular a la humedad y densidad óptima, compactándolo con un martillo neumático de 10 cm de lado.

La dosificación del tratamiento superficial se realiza siguiendo la metodología propuesta por el Ing. Tagle. En la Tabla N° 7 se muestra la dosificación obtenida teniendo en cuenta el peso por unidad de volumen del agregado grueso y sin tener en cuenta las pérdidas ya que éstas son valoradas más para obra que para laboratorio.

Agregado (para un m ²)		Ligante (9 % del volumen de agregado)
Kilogramos	Litros	
16,464	10,728	1,1 litros/ m ²
PUV = 1,535		

Tabla 7. Dosificación del tratamiento

La cantidad de ligante lograda, debe ser afectada por el residuo asfáltico de la emulsión. La experiencia de trabajo en obras de la región bonaerense, lleva a considerar que ejecutando el riego de tratamiento propiamente dicho en una sola aplicación, resulta suficiente para actuar como riego de imprimación y riego de tratamiento.

Ejecutar tratamientos superficiales con estos dos riegos, forma exudaciones de ligante en los mismos. Además, como se indica en la Figura N° 2, se dota a

todo tratamiento con un sello asfáltico, el cual cumple la función de cubrir superficialmente al árido y completar la dotación de ligante requerido como así también rellenar los intersticios y formar el correspondiente mástic asfáltico.

La dosificación de la capa de sellado, se efectúa teniendo en cuenta la relación especificada en la Sección D.III del Pliego de Especificaciones Técnicas Generales de la Dirección Nacional de Vialidad. En la Tabla N° 8 se muestra la dosificación de la capa de sello de acuerdo a la curva granulométrica adoptada y teniendo en cuenta la relación betún agregado estipulada.

Agregado (para un m ²)	Ligante (0,10 litros/ m ²)
Litros	
3	
PUV = 1,607	0.48

Tabla 8. Dosificación de la capa de sello

La secuencia de preparación de las muestras es la siguiente:

Colocación y compactación del estabilizado granular. Colocación del riego de emulsión del tratamiento. Distribución del agregado antes del corte de la emulsión. Colocación del riego de sellado asfáltico y distribución del agregado de sello antes del corte de la emulsión. Compactación hasta un rechazo de 23 tn en una prensa universal, simulando la compactación en obra con la salvedad que en obra es en forma dinámica y en laboratorio se realiza en forma estática. Las pastillas así realizadas se dejan en ambiente de laboratorio 24 horas para luego someterlas a los ensayos de barrido y Wheel Tracking Test. La Figura N° 6, muestra la secuencia antes descrita.



Figura 6. Secuencia de preparación de las muestras

7. EVALUACIÓN DEL ENSAYO DE BARRIDO

El ensayo se realiza sobre distintas pastillas con las siguientes características:

- Se mantuvo constante la dotación de agregado grueso del tratamiento superficial.
- Se conservó la dosificación de la capa de sello siempre con el mismo contenido de emulsión y agregado.
- La emulsión utilizada para el riego del tratamiento y la capa de sello fue la misma.
- El porcentaje óptimo de emulsión se determinó por la Regla de Tagle.
- Se realizaron sobre el riego del tratamiento, variaciones en la dotación de emulsión de +/- 15 % en peso, respecto del óptimo calculado a fin de valorar exudaciones y desprendimientos mediante el ensayo de Wheel Tracking Test y el ensayo de barrido respectivamente.

La máquina utilizada para el ensayo de barrido es una Hobbart N – 50 modificada y el cepillo utilizado es el estipulado por el Procedimiento MoDOT T 72. Se realizaron 5 probetas con cada porcentaje de emulsión obteniéndose luego el promedio de cada uno de ellos. En la Figura N° 7 se aprecian muestras antes y después del ensayo de barrido.

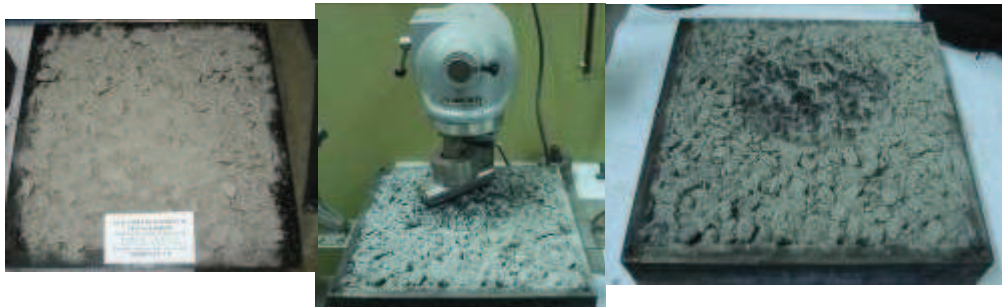


Figura 7. Barrido de las muestras

Para poder calcular el porcentaje de pérdida en peso de las pastillas, se utilizó la fórmula N° 1:

$$P (\%) = (P_i - P_f) / (P_i - P_{me}) * 100 * 1,7034 \quad (1)$$

Donde:

P_i es el peso del molde más el estabilizado mas el tratamiento superficial antes del barrido.

P_f es el peso del molde más el estabilizado mas el tratamiento superficial después del barrido.

P_{me} es el peso del molde más el estabilizado.

El coeficiente 1,7034 corresponde al área no afectada por el barrido del cepillo, teniendo en cuenta el tipo de máquina de ensayo utilizada.

Los resultados promedios obtenidos de los ensayos, están volcados en la Figura N° 8.

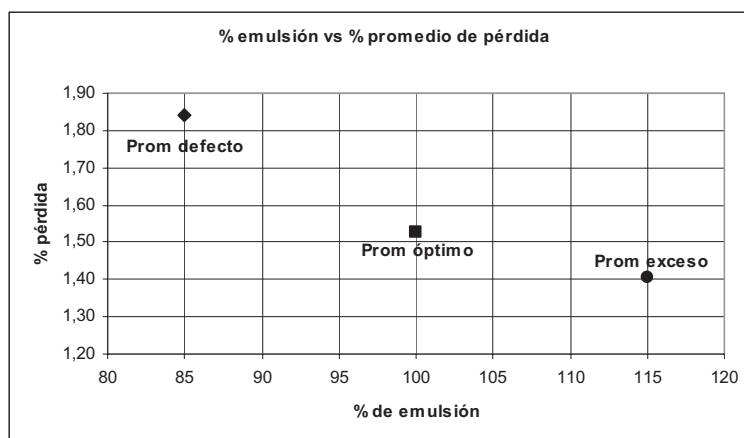


Figura N° 8. Promedio de pérdidas

Como puede apreciarse, la metodología adoptada por lo autores para valorar la eficiencia del Ensayo de barrido, arriba a conclusiones razonables teniendo en cuenta las especificaciones de la Sección 409.

8. EVALUACIÓN DEL ENSAYO DE WHEEL TRACKING TEST

Las pastillas fueron confeccionadas de igual manera que para el ensayo de barrido. Se tomaron fotografías antes de cada ensayo para luego verificar, de existir, exudación. El programa para capturar las fotos, modificarlas y obtener los histograma corresponde al comercialmente conocido como Picasa 3.6.0. Para poder comparar la exudación se tomó como base una fotografía con un exceso de riego de emulsión del 30 por ciento del óptimo para luego llevarla a escala de grises y obtener la exudación crítica o máxima en un histograma. En base a este histograma crítico se evaluaron las exudaciones producidas en las pastillas de prueba con los ciclos exigidos en el ensayo de Wheel Tracking Test. En la Foto N° 1 se aprecia la foto original, en la Foto N° 2 la misma foto luego de convertirla en escala de grises, Foto N° 3 y la Figura N° 9 el histograma crítico de la foto N° 2.

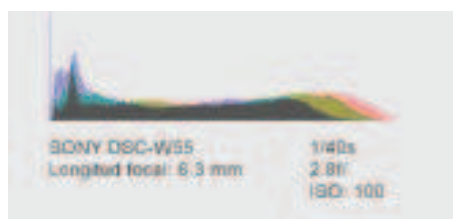
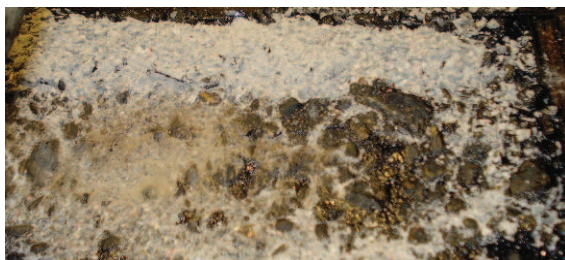


Foto N° 1. Pastilla original con el 30 por ciento de exceso de emulsión y su correspondiente histograma



Foto N° 2. Pastilla original con el 30 por ciento de exceso de emulsión llevada a escala de grises

Número de Píxeles

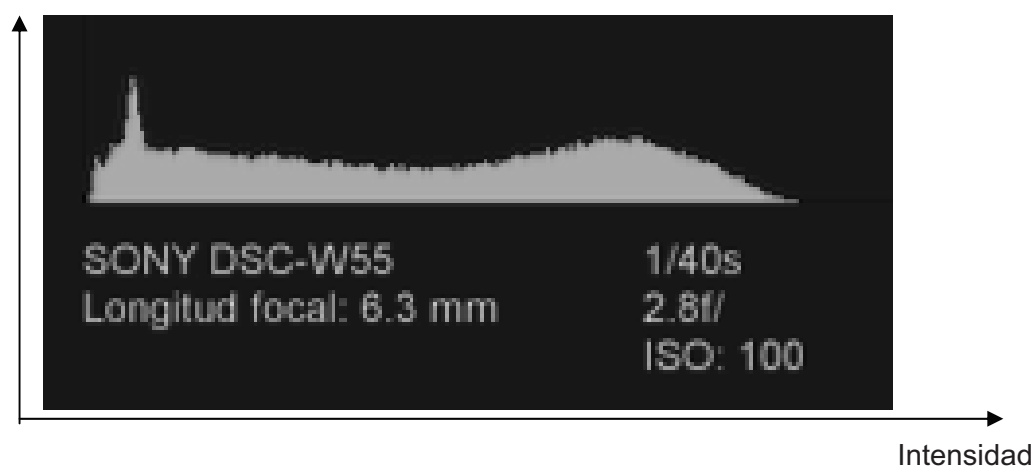


Figura N° 9. Histograma correspondiente a la Foto N° 2

En la Figura N° 9, la intensidad representa la cantidad de negro y blanco de la foto de izquierda a derecha. Es decir en la intersección de los ejes se representa el negro “puro”.

Realizamos los ensayos de las distintas pastillas con el mismo procedimiento utilizado en el ensayo de barrido, en porcentajes variables de riego de emulsión del tratamiento superficial a fin de minimizar parámetros. Es así que ensayamos pastillas con el porcentaje óptimo (obtenido con la Regla de Tagle) incrementando y disminuyendo ese porcentaje en un +/- 15 por ciento.

Se realizaron 5 pastillas con cada porcentaje no pudiéndose obtener un promedio en los histogramas de las mismas ya que ninguno representaba fehacientemente una correlación con el histograma crítico.

9. CONCLUSIONES

- La dosificación de tratamientos superficiales se puede realizar por cualquiera de los métodos propuesto siempre que se tengan en cuenta las características de los materiales disponibles en el lugar, las condiciones climáticas y el tipo de base a tratar. La Regla de Tagle adoptada cumple perfectamente con lo propuesto.

- La idea de confeccionar las pastillas con el molde empleado en el ensayo de Wheel Tracking Test, hace que utilizando un estabilizado granular, el tratamiento sea más representativo de las condiciones de obra. En una etapa futura se plantea evaluar otro tipo de base ya que los materiales con los que contamos en la Argentina son tan variados como el clima no pudiendo asegurar que para toda base sea efectivo lo planteado.
- La utilización de la capa de sello es imprescindible para proteger al tratamiento superficial propiamente dicho.
- El ensayo de barrido, MoDOT T 72 es válido para valorar el contenido de ligante mínimo en un tratamiento superficial como lo reflejan los resultados de los ensayos vistos.
- La evaluación de la Sección 409 del MoDOT es propicia para verificar la dosificación de la capa de sello siendo oportuno continuar con la valoración de las distintas granulometrías propuestas.
- En referencia a la valoración de la exudación por medio del ensayo de Wheel Tracking Test se obtuvieron resultados que no reflejan de una manera evidente lo esperado. Se continuará trabajando en el tema, tratando de relacionar el histograma crítico con el área exudada y área sin exudar para luego correlacionarlo con los resultados de los ensayos.

Han participado y agradecemos la colaboración de la Dra. María José Correa y los becarios de investigación Juan Pablo Nieto, Gisela Catriel y Luciana Gacía Eiler.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Pliego de Especificaciones Técnicas Generales de la Dirección Nacional de Vialidad

[2] Norma IRAM 1684/74 “Agregados para Tratamientos Superficiales Bituminosos, Simples y Múltiples”

[3] Entendimiento de los Efectos de las Proporciones de Aplicación de Agregados y Emulsión en el Desempeño de los Tratamientos Superficiales Asfálticos. Autores: Ju Sang Lee y Richard Kim (2007). Presentado en la Reunión Anual de la Transportation Research Board (TRB).

[4] MoDOT T 72 – Ensayo de Raspado de Superficies Bituminosas del Missouri Departamento f Transportation Construcción – Materials.

[5] Tratamientos Superficiales, Avances con las Determinaciones en el Método MoDOT T 72. Autores: Cecilia J. Soengas, H. Gerardo Botasso, Christian Piermaría, Oscar R. Rebollo y Carlos Del Pozo. CILA, Lisboa Nov – Dic. 2009

[6] Publicaciones Técnicas de la Dirección Nacional de Vialidad, Volumen N°1. Construcciones de caminos de asfalto. Manual N° 2 “Tipos de Tratamientos Superficiales”.

[7] Las Emulsiones Asfálticas en las Construcciones Viales. Autoras: Eleonora A. Musuruana y Susana Sanchez de Rosasco, Noviembre de 1988.

[8] Los Tratamientos Superficiales y las Rutas Económicas del Laboratorio Central Des Ponts et Chaussées, Ministerio del Equipamiento, Vivienda, Transporte y del Mar de la República Francesa.