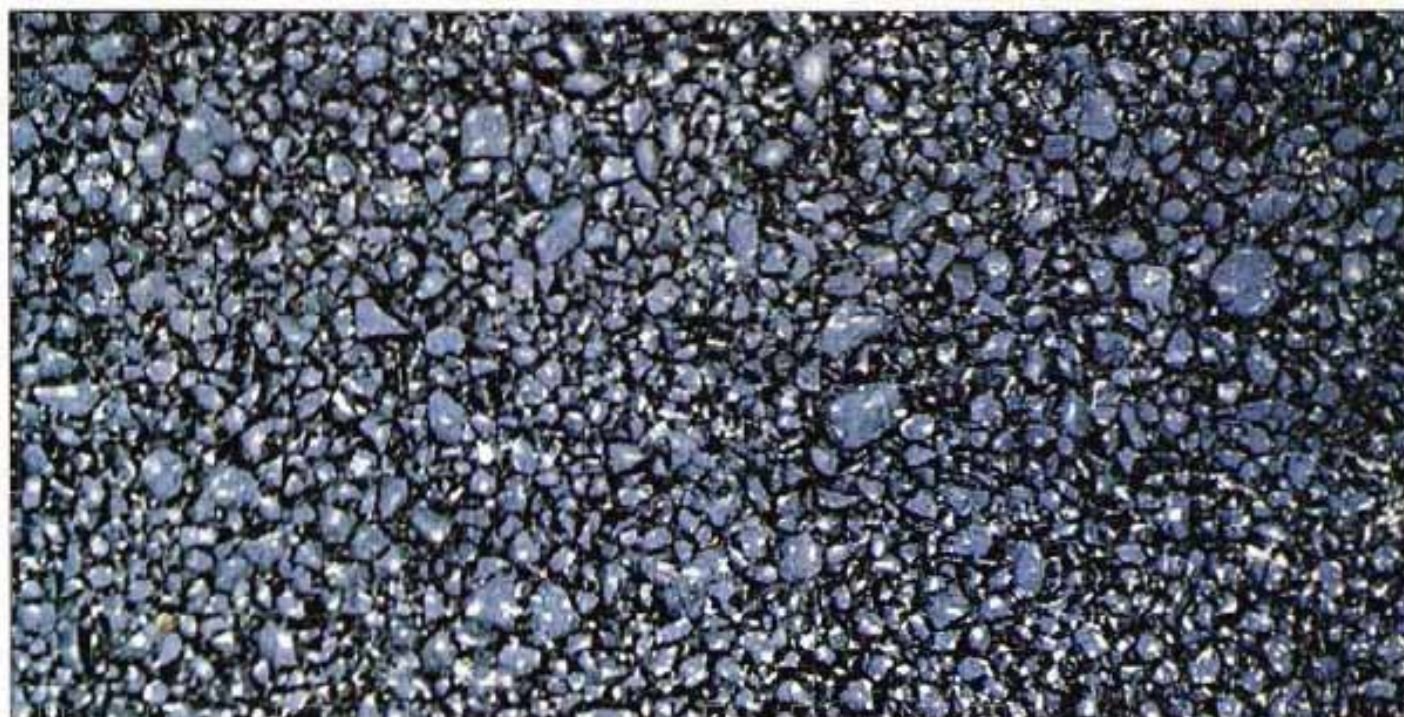


Conservación de la capacidad de desagüe en pavimentos drenantes*

Por: LUIS M. FELTRER RAMBAUD y
Ing. de Caminos, Canales y
Puertos.

RAMÓN TOMÁS
Ldo. Ciencias Químicas.



Detalle de un pavimento drenante

Introducción

Durante los quince años de vida que las mezclas bituminosas drenantes tienen en España son muchas las experiencias acumuladas, y, por tanto, también han sido bastantes las respuestas que se han encontrado a las muchas preguntas que justificadamente se hacían en los inicios de la puesta en marcha de esta capa de rodadura, en aquel entonces nueva.

Quedan atrás los temores sobre el comportamiento de estas mezclas frente a las deformaciones plásticas o a la disgregación. Igualmente, se han disipado las dudas en cuanto a la validez del Método Cántabro para su control y diseño; se han optimizado los métodos de fabricación

y puesta en obra; han quedado también demostradas las ventajas de la utilización de betunes modificados; conocemos las variables a las que hay que prestar especial atención para garantizar su efectividad. En definitiva, sabemos de forma general, dónde, cuándo y cómo aplicar una mezcla bituminosa drenante.

No obstante, como cualquier técnica que por su interés se mantiene viva, hemos de avanzar todavía, por ejemplo, en aspectos de diseño, incorporando a nuestras especificaciones el Método Cántabro después de inmersión, ya que nos proporciona una información muy valiosa sobre la calidad y compatibilidad de sus componentes y, por tanto, sobre la mezcla final; o considerar totalmente normal y conveniente la utilización de mezclas con contenidos de huecos entre un 25 - 28 %; hemos también

de avanzar en la experiencia de aplicación de estas mezclas en zonas singulares, si así se puede llamar a ciudades, zonas de montaña, etc. Pero sobre todo es una realidad ineludible la necesidad de que nos pongamos a trabajar muy seriamente en su CONSERVACIÓN.

Si no olvidamos que todo el camino andado lo ha sido fundamentalmente para conseguir unas mezclas capaces de drenar el agua de lluvia y minimizar de esta forma el problema del deslizamiento, a la vez que contribuir a mejorar otras características que afectan a la seguridad y a la comodidad, no debemos tampoco olvidar que esta capacidad drenante ha de mantenerse, o ser posible, durante todo el tiempo de la vida útil del pavimento.

Si es evidente que una mezcla drenante actúa como tal mientras su con-

(*) Para la realización de este artículo, los autores han contado con el apoyo del Comité Técnico de Conservación y Gestión de la Asociación Técnica de Carreteras, en el seno del cual se formó un grupo de trabajo, que ha colaborado con los autores en su preparación.

tenido en huecos es suficientemente elevado para permitir que a su través pase un flujo razonable de agua; lo es también que los huecos de la mezcla tienden a colmatarse con el tiempo, a menor o mayor velocidad, según una serie de factores.

Por tanto, **CONSERVAR** una mezcla drenante implica tomar, además de las medidas convencionales exigibles para cualquier mezcla bituminosa, otras específicas tendientes a ralentizar al máximo la colmatación de sus huecos, y a las que nos vamos a referir a continuación.

Medidas para conservar la permeabilidad

Como en cualquier otro pavimento, la conservación debe estar presente desde el mismo momento de su concepción, a causa de su repercusión económica, de la seguridad, de la comodidad, etc. Así, pues, como primera medida de buena conservación debemos recordar:

"No utilizar mezclas drenantes en lugares o sobre bases no adecuados".

Decidida la colocación, y durante el diseño, debemos recordar que la colmatación final tendrá lugar tanto más rápidamente cuanto menor sea el porcentaje inicial de huecos. Por tanto, debemos encontrar una solución de compromiso entre la permeabilidad de la mezcla y el grado de disgregación que ésta puede presentar bajo los efectos del tráfico. La utilización de betunes polímeros permite ir a contenidos más elevados que los mínimos exigibles en nuestra especificación (20%); por lo que recomendamos como segunda medida:

"Diseñar mezclas con contenidos de huecos entre un 25-28 %".

Durante la construcción son varias las medidas que se suelen tener presentes, como la de no cortar las juntas de trabajo, ni longitudinales ni transversales, para no crear barreras al agua filtrada, etc.; pero quizá, y debido al uso generalizado de estas mezclas, debemos incidir en que muchos de los elementos extraños que van a producir la colmatación se incorporarán al firme al desprenderse de los neumáticos de los vehículos que los llevan adheridos. Por ello, debemos tener presente, y siempre que sea posible:

"Pavimentar los metros anteriores a los accesos de vehículos a los firmes drenantes".

Con estas precauciones, y como ya antes comentábamos, habremos reducido sensiblemente la velocidad de colmatación; pero ésta se irá produciendo inexorablemente, con riesgos evidentes, si no tomamos otras medidas para evitar que se alcance de forma total antes de que se agote la vida útil del pavimento. En muchos de los países del mundo donde estas mezclas son utilizadas es habitual, como

comienza a serlo en el nuestro, devolver al menos parcialmente la porosidad, que, a pesar de las medidas preventivas tomadas, se va perdiendo, utilizando unas máquinas específicas para la realización de este tipo de trabajo, útiles, rentables y disponibles en el mercado español, que absorben parte de la suciedad depositada. Así, pues, será otra regla de oro para conservar los pavimentos drenantes:

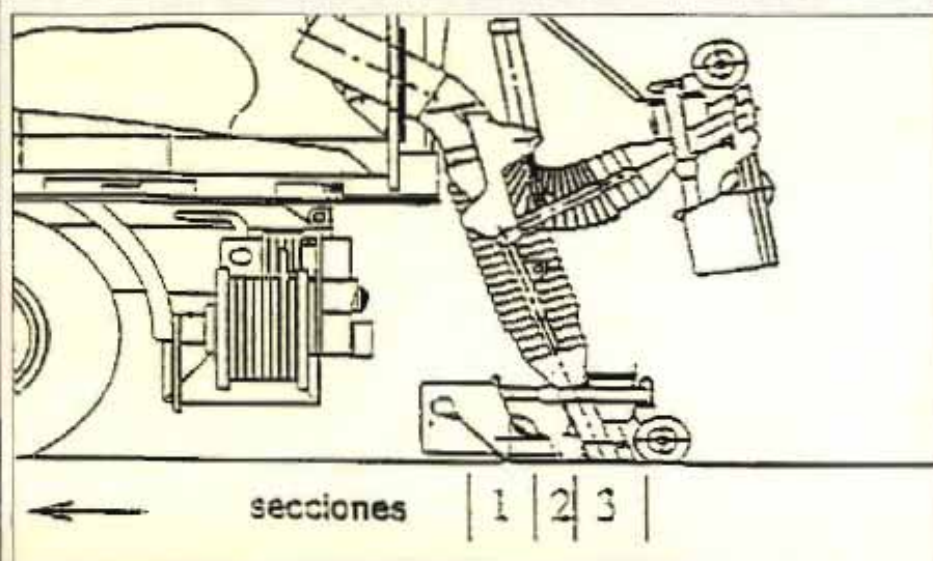
"Limpiar de forma regular los pavimentos drenantes durante su tiempo de vida útil".

Limpieza, diagnóstico y seguimiento

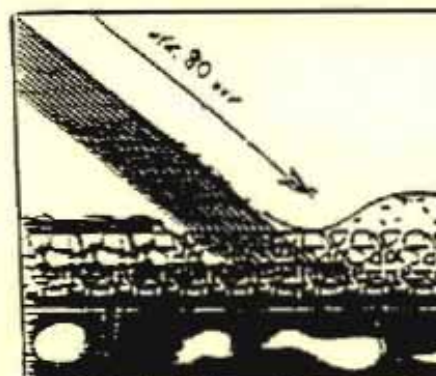
1.- Limpieza

1.1. Cómo realizarla

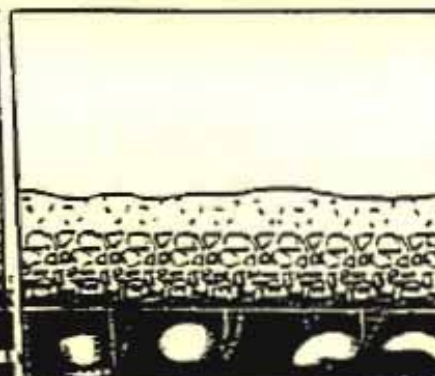
Varios son los modelos de máquinas que se utilizan para este trabajo de limpieza, si bien nuestra experiencia, como la que se indica en la mayor parte de la bibliografía con-



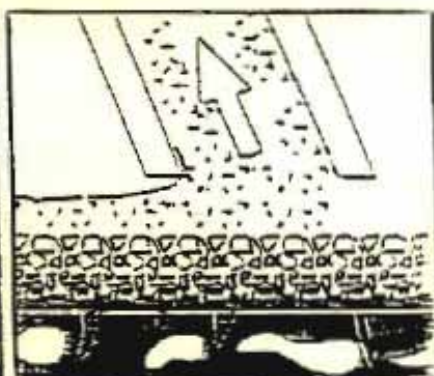
sección 1:



sección 2:



sección 3:



sultada, se centra en máquinas autopulsadas con un equipo trasero de lavado y succión de alta potencia, con una anchura de 2,5 m.

Según puede observarse en las figuras, la suciedad depositada en los huecos de la mezcla se saca con un chorro de agua a alta presión, y se aspira inmediatamente junto con el agua, almacenándola en un depósito de la máquina. El agua sucia se filtra con el fin de recuperar el agua limpia, para continuar el proceso.

El equipo trasero de lavado y succión de alta presión está cubierto de manera que, durante el trabajo, no se produzca ningún escape de polvo o agua pulverizada.

La máquina posee un sistema para adecuar la velocidad del vehículo al grado de suciedad de la mezcla, lo cual es muy importante para la efectividad final de la descolmatación.

1.2. Tipos de maquinaria

Basados en el procedimiento descrito, hay dos sistemas de limpieza.

1.2.1. Sistema lineal: consiste en una barra con unos difusores, los cuales lanzan el agua con un ángulo de incidencia de 45° sobre el pavimento, a una presión entre 80 y 200 bares (fig. 1).

Este sistema es efectivo para zonas con un contenido inicial de huecos (antes de la limpieza) superior a un 13-14%.

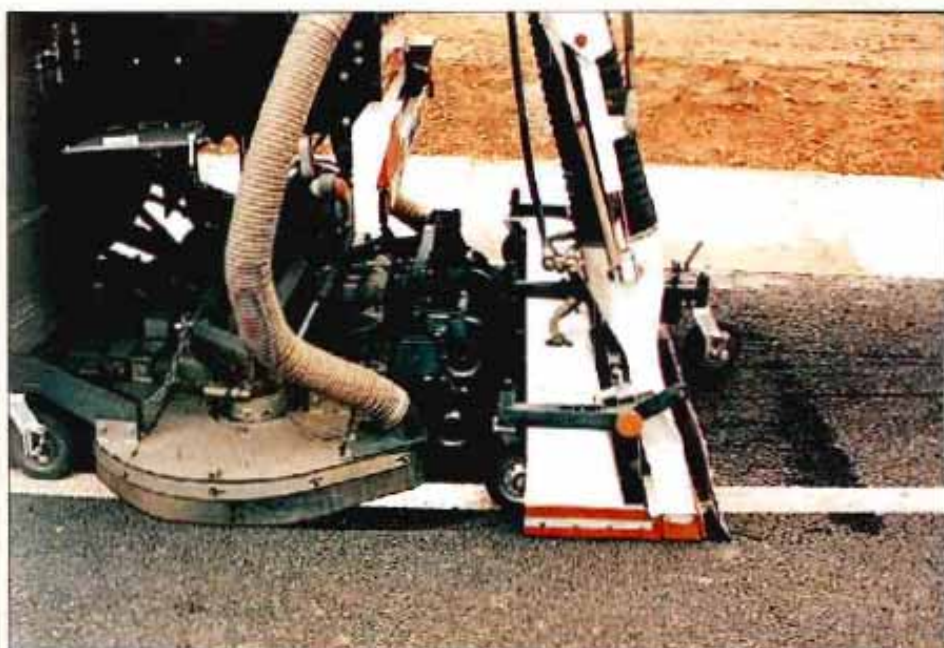


Fig. 2. Sistema rotativo de limpieza

1.2.2. Sistema rotativo: unas válvulas giran con el mismo ángulo de incidencia (45°). La presión nominal es mayor (hasta 500 bares). Al ir girando se consigue un ángulo de incidencia variable y una limpieza más efectiva.

Este sistema ha llegado a descolmatar zonas totalmente colmatadas, consiguiendo un aumento de la permeabilidad del firme en el 100% de los casos utilizados (fig. 2).

1.3. Cuándo empezarla.

Acercas de cuándo empezar la limpieza, la experiencia nos demuestra

que ha de empezarse, como tarde, al año de su construcción. En efecto, si comenzamos a limpiar transcurrido más tiempo, sólo actuaremos sobre la parte superior de la capa; mientras que la parte inferior estará ya completamente cerrada, siendo imposible su recuperación, aunque realizáramos varias pasadas de la máquina.

Los valores experimentales nos han demostrado, en algunos casos, que la pérdida de permeabilidad que se puede producir en el primer año es recuperable en un 50%; y que, manteniendo una frecuencia anual, podemos alcanzar unas recuperaciones del 70% de las pérdidas del 2º año. En el gráfico se puede ver cuál ha sido la evolución media de diversos pavimentos europeos, con y sin limpieza. (Ver gráfico en la página siguiente).

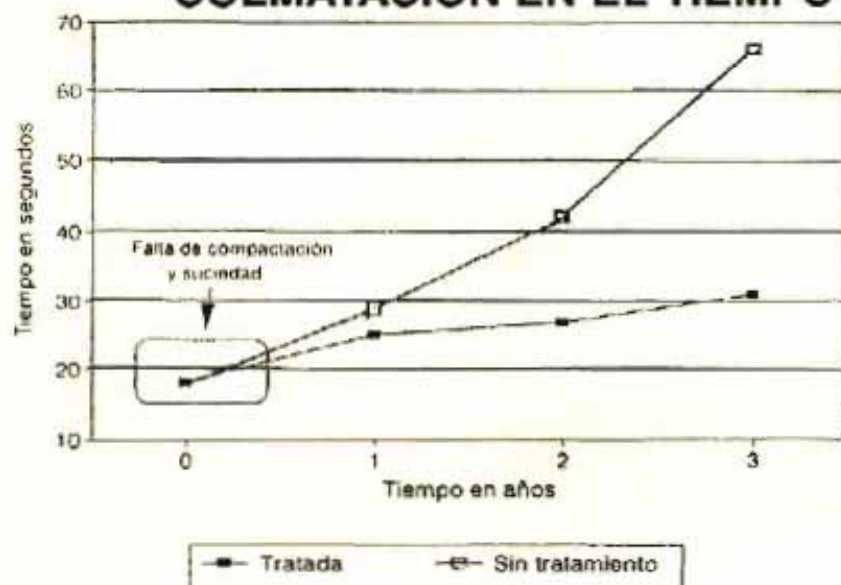
1.4. Con qué frecuencia

La frecuencia con que se debe limpiar el firme no tiene una norma fija, ya que las carreteras que se pavimentan con mezclas drenantes no son homogéneas. Es fácil entender que no es lo mismo conservar una autopista que una carretera convencional, en la que los accesos son frecuentes y los vehículos, a veces, se incorporan después de circular por caminos no pavimentados, ensuciando con barro u otros elementos extraños favorecedores de la colmatación. Cada responsable debe decidir, pues, la frecuencia necesaria de la limpieza en



Fig. 1. Sistema de barra con difusores (lineal)

COLMATACIÓN EN EL TIEMPO



función de las características específicas del firme que va a tratar. Es frecuente encontrar en la bibliografía a autores que hablan de 6 meses o de varios años: lógicamente cada uno habla de sus experiencias. La nuestra nos dice que una buena media puede ser una vez al año, que es cuando se ha completado el ciclo agrícola, calor, frío, hielo, empleo de fundentes, lluvias, etc. Lógicamente la evolución de la permeabilidad debe marcar la pauta.

2. Diagnóstico y seguimiento.

2.1. Cómo realizarlo.

Para evaluar el estado de un pavimento drenante, en cuanto a su porosidad, el método normalmente utilizado en la mayor parte de los países, incluido el nuestro, es el de medir la permeabilidad mediante un permeámetro; éstos existen con diferentes formas y dimensiones, pero con un fundamento común: conocer el tiempo en segundos que una determinada cantidad de agua tarda en pasar a través de una superficie prefijada de pavimento. En España, el permeámetro normalizado al efecto es el LCS, recogido en la norma NLT-327/88 de "Medidas de permeabilidad in situ de pavimentos drenantes".

La experiencia nos dice que sería mejor utilizar un permeámetro con una superficie de salida de agua mayor, buscando mejor representatividad del ensayo. Esto podría ser cierto si también aumentáramos la

cantidad de agua para realizar la medida; ya que, de lo contrario, los pavimentos de alta permeabilidad, el propio error del ensayo nos llevaría a interpretaciones irreales (poca agua y mucha superficie suponen muy pocos segundos). Aun suponiendo que se hiciera esto, puede haber otros inconvenientes, como es el hecho de que, al realizar medidas con más cantidad de agua, comienza a tener una importancia vital el espesor del firme drenante, la pendiente de la carretera, etc. Ello nos ha llevado a experimentar con el drenómetro de Zarauz.

Ciñéndonos al permeámetro LCS, se mide el tiempo de paso de 1,73 litros de agua a través de una superficie de $7,06 \times 10^{-4} \text{ m}^2$, lo que equivale a 2.448 l/m^2 . Esto no es realmente exacto, ya que, si construyéramos un macro-permeámetro con un orificio de salida de 1 m^2 y un volumen de agua de 2.448 l , comprobaríamos que los tiempos obtenidos con ambos permeámetros no serían iguales. No obstante, sí podríamos deducir que unas pequeñas variaciones en los tiempos medidos suponen unos cambios importantes en la capacidad de drenaje de un pavimento.

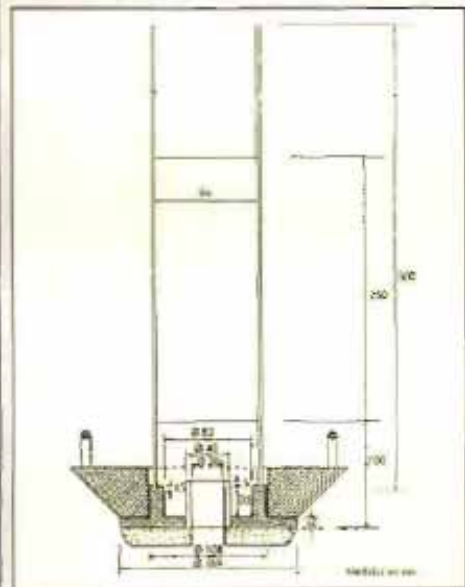
Siguiendo con nuestro razonamiento, si consideramos que una medida normal de la permeabilidad es de 25 s, esto quiere decir que por cada segundo pasarían 98 l/m^2 , lo cual, evidentemente, es una cantidad muy notable.

Cuando queremos comprobar la eficacia de las máquinas limpiadoras, seguimos el método lógico de ver las

“En España, el permeámetro normalizado al efecto es el LCS, recogido en la norma NLT-327/88 de "Medidas de permeabilidad in situ de pavimentos drenantes".”

permeabilidades antes y después de su utilización. Lo que, sin ser erróneo, sí es distorsionante, es que la eficacia la tratemos de ver por la diferencia de huecos que nos indican las permeabilidades. En efecto, si aplicamos el razonamiento anterior de que 1 s de diferencia de permeabilidad supone un cambio muy significativo en la capacidad de drenaje, no nos parece tanto cuando vemos que ese segundo, transformado en huecos, es absolutamente irrelevante. Así, pues, no nos fijemos en los huecos, sino en la capacidad real que un pavimento tiene de drenar agua; y, para ello, nada más representativo que los segundos que emplea en pasar una cantidad prefijada de agua a través de una superficie definida.

Nuestra experiencia nos dice, que sin apenas cambiar los huecos, la permeabilidad observada en un simple vertido superficial es sensiblemente superior después de efectuar una operación de limpieza. La razón es la ya explicada: los huecos, a pesar de su



Permeámetro L.C.S.

relación con la permeabilidad, no nos indican la capacidad de drenaje, y nos debemos fijar exclusivamente en la medida en segundos, como antes indicábamos.

Basado en este sistema está el drenómetro de Zarauz. Éste no se apoya directamente sobre la superficie, sino que el agua cae al firme desde una cierta altura, filtrándose o discurrendo sobre el pavimento libremente, lo cual es, posiblemente, más representativo de la realidad.

Con este método se toman dos tipos de medida:

- Tiempo total de la desaparición del agua de la superficie.
- Máxima distancia recorrida por el agua antes de su penetración.

Para comprobar este fenómeno se han llevado a cabo otras experiencias, como la toma de testigos antes y después de una operación de limpieza, observándose que, aunque la variación de huecos encontrada en la mayor parte de los casos no es perceptible, sí lo es la capacidad de drenaje real que tiene bajo la lluvia.

Otras experiencias han sido llevadas a cabo por el Centro de Investigación E.S.M., como tomar testigos y proceder en laboratorio a una limpieza exhaustiva con aire y agua a presión. En muchos casos se ha comprobado que los huecos máximos que es posible alcanzar no corresponden con los que teóricamente, y según el proyecto, debería poseer el firme.

Así pues, son muchas las consideraciones que, además, de las ya mencionadas debemos concretar y matizar para realizar un buen control, seguimiento y conservación de los pavimentos drenantes, en cuanto a su permeabilidad se refiere.

2.2. Otros criterios que se deben tener en cuenta.

2.2.1. Cuando diseñamos en laboratorio una mezcla bituminosa drenante con 25 s de permeabilidad (22 % de huecos), debemos considerar como normales unos valores "in situ" durante la construcción de 18-20 s. El efecto de la poscompactación durante los primeros meses de puesta en servicio hará que, sin añadir suciedad, la estructura del pavimento esté próxima a esos 25 s inicialmente proyectados. No debemos, pues, olvidar para cualquier comparación pos-

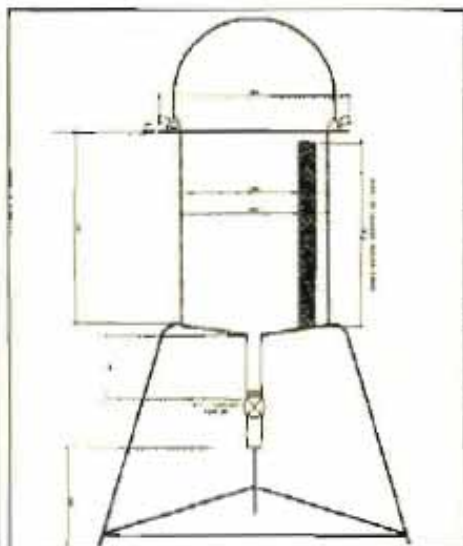


Figura 3. Drenómetro de Zarauz

terior que la estructura final del pavimento es la de 25 s de permeabilidad. **2.2.2.** Es frecuente encontrar durante la construcción, para un diseño inicial de 25 s, valores entre 17-40 s. Estas oscilaciones se deben fundamentalmente a pequeñas variaciones en la dosificación en planta o en los espesores de la capa final. Por esta razón, es recomendable realizar durante el proceso constructivo un abundante número de ensayos de permeabilidad (el ensayo es sencillo y rápido).

2.2.3. Dado que la superficie de evacuación del permeámetro es reducida, los lugares donde se realizan las medidas deben ser marcados con precisión, para que en el seguimiento posterior las nuevas medidas se rea-

licen exactamente en los mismos lugares.

2.2.4. La evolución de la permeabilidad es muy diferente, según se trate o no de una zona de rodada, arcén, carril para tráfico rápido o lento en autovías o autopistas, accesos, etc. Por tanto, las medidas durante el seguimiento han de hacerse teniendo en cuenta la representatividad de todas las zonas.

2.2.5. Para la comprobación de la susceptibilidad del firme a la limpieza y de la eficacia de la máquina que la ejecuta, deben realizarse medidas de permeabilidad antes y después de la limpieza.

La efectividad la veremos lógicamente por la diferencia, en segundos, que encontremos. No obstante, cuando se utilice el permeámetro N.I.T., no debemos alarmarnos porque algunos valores nos indiquen una permeabilidad peor después del paso de la máquina; esto es debido a que la presión y la aspiración del agua sobre firmes con un cierto nivel de colmatación remueven partículas depositadas en las zonas inferiores de la capa sin llegar a succionarlas. Otra cosa muy diferente sería que el número de medidas en que esto se produjera fuera mayoritario, lo cual nos indicaría un grado de colmatación del firme que nos obligaría a catalogarlo como irrecuperable.

Es importante señalar que las medidas de permeabilidad después del paso de la máquina, realizadas con el

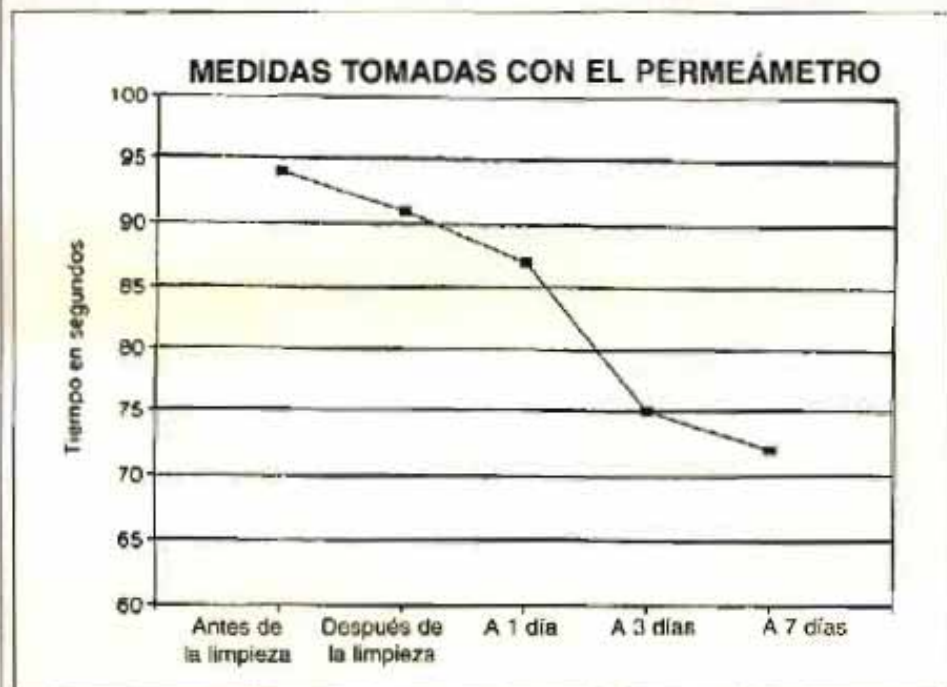


Figura 4

drenómetro de Zarauz, nos indican un aumento de la permeabilidad en el 100% de los casos realizados. Y que, en aquellos casos en los que se ha medido la permeabilidad con ambos sistemas, con el drenómetro de Zarauz se observan unos valores de aumento de permeabilidad muy superiores a los obtenidos con el permeámetro.

Además, unas experiencias realizadas en carreteras españolas nos han permitido comprobar unas variaciones sensibles de permeabilidad con el paso del tiempo, después de haber realizado una operación de limpieza, al tomar medidas con el permeámetro.

Así, pues, nuestra recomendación es un mínimo de 3 días para carreteras muy sensibles a la colmatación, y de 7 días para aquellas con menos riesgos. Si durante esos días de espera se producen lluvias, heladas, etc., debemos empezar a contar desde que hayan pasado estos fenómenos, siempre que no transcurra un tiempo excesivo.

Sin embargo, tomando datos con el drenómetro, los valores son constantes, homogéneos y, en algún caso, decrecientes según transcurre el tiempo (vuelve a empezar a ensuciarse el pavimento).

2.2.6. Para una correcta interpretación de los resultados obtenidos,

nuestra recomendación, dada la disparidad de valores que encontraremos a lo largo de un firme, es la de agrupar los valores en los diferentes intervalos de permeabilidad que obtenemos. Así, agruparemos los datos, por ejemplo, en algunos de los grupos 10-20; 20-40; 40-70; 70-100; > 100 s. El número de valores que aparezcan dentro de cada grupo nos informará del estado general del firme; el número y la medida de esos valores dentro de cada grupo debe ser una referencia posterior para ver la evolución del firme.

2.2.7. Todo esto está basado en la limpieza y los ensayos realizados en carreteras españolas de Zamora, Jaén (carreteras nacionales convencionales sin control de accesos), Valencia (autovía), Madrid y Vizcaya (autopistas de peaje), así como en otras autopistas, autovías y carreteras convencionales.

2.2.8. Como ejemplo, en la página siguiente se pueden observar los datos obtenidos en la carretera N-322, en la provincia de Jaén. Se puede observar la clara diferencia de permeabilidades obtenidas con ambos aparatos de medida, así como la mayor recuperación en las zonas con menor índice de huecos inicial.

Para ello, se tomaron medidas antes del paso de la máquina, y un mes

después por dos procedimientos diferentes:

- Permeámetro NLT.
- Drenómetro de Zarauz.

Los datos han sido agrupados en función del contenido inicial de huecos de la mezcla, al objeto de valorar mejor los efectos de la máquina, tomando como referencia el estado de partida del firme.

Permeámetro NLT

Se mide el tiempo (en segundos) que tarda en descender el nivel de agua desde una marca superior de medida hasta la inferior, evacuando el agua a través de un pequeño orificio. Este permeámetro se apoya directamente sobre el firme.

Algunas experiencias anteriores muestran que, con este método de medida, los efectos de la limpieza pueden parecer muy pequeños, nulos e incluso negativos; lo que no es representativo de la realidad, por cuanto bajo lluvia o vertido de agua sobre la superficie puede comprobarse, a simple vista, la mayor capacidad de drenaje de un pavimento después de ser limpiado.

Las explicaciones a este fenómeno se fundamentan en el hecho de que la escasa sección del orificio de salida produce unas diferencias mínimas

en las medidas que lleguen, incluso, a dar resultados negativos.

Drenómetro Zarauz

A diferencia del permeámetro NLT, este sistema no se apoya directamente sobre la superficie, sino que el agua cae al firme desde una cierta altura, filtrándose o discutiéndose sobre el pavimento libremente.

Con este método se toman dos medidas:

- Tiempo total de desaparición del agua de la superficie.
- Distancia máxima recorrida por el agua antes de su penetración total.



Drenómetro de Zarauz y Permeámetro NLT

RESUMEN DE LOS RESULTADOS (Valores medios)

Nº de datos	13	25	23	14	3
Intervalo de los huecos de la mezcla (%)	<11	11-14	14-17	17-20	>20

NLT - 327

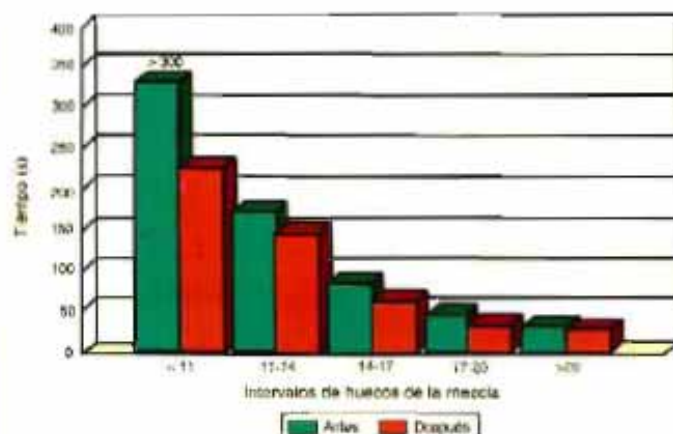
Permeabilidad (s)					
Antes	330	168	83	44	32
Después	223	146	74	43	31
Coef. permeabilidad (10^{-2} cm/s)					
Antes	0,8	2,18	5,62	12,8	19,4
Después	1,65	2,87	6,84	13,27	20,31

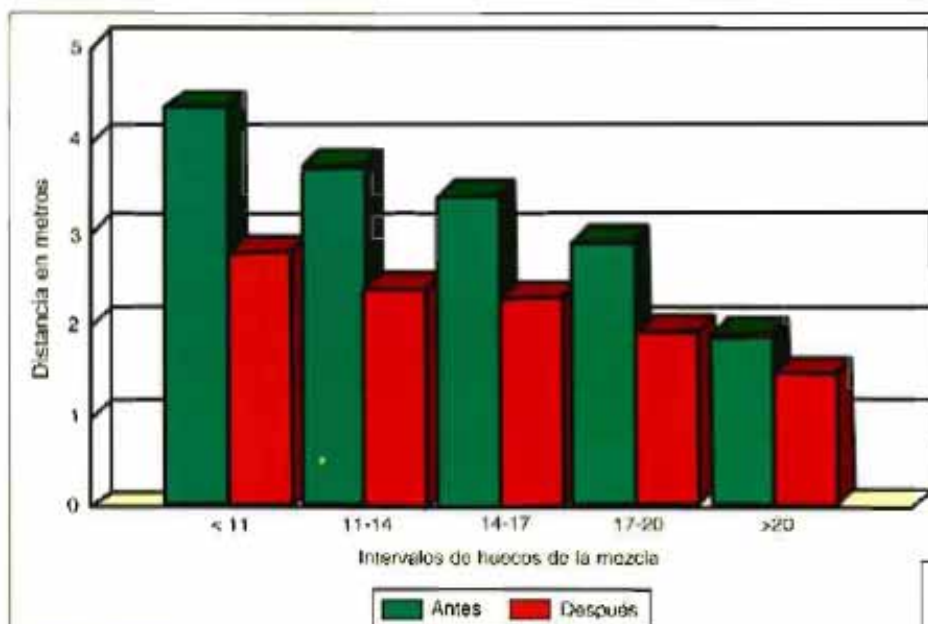
ZARAUZ

Distancia (m)					
Antes	4,3	3,7	3,3	2,8	1,9
Después	2,7	2,3	2,2	1,9	1,4
Tiempo de absorción (s)					
Antes	183	147	111	77	48,9
Después	75	65	55	46	31,7

PERMEABILIDADES NLT- 327
N-322 Linares - Úbeda

PERMEABILIDADES NLT- 327
N-322 Linares - Úbeda





ZARAUZ
N-322 Linares - Úbeda

ZARAUZ
N-322 Linares - Úbeda

Conclusiones

- Con ambos aparatos de medida se observan mejoras en la capacidad drenante del firme después del paso de la máquina.
- Las mejoras son sensiblemente superiores en las zonas más colmatadas, es decir, en las que era menor el contenido inicial de huecos.
- Con el drenómetro Zarauz se llega, en las zonas más cerradas, a reducir a la mitad el tiempo de absorción del agua.

Conclusiones generales

Basados en los resultados obtenidos, obtenemos dos tipos de conclusiones sobre la maquinaria y unas recomendaciones para la conservación.

a) Maquinaria :

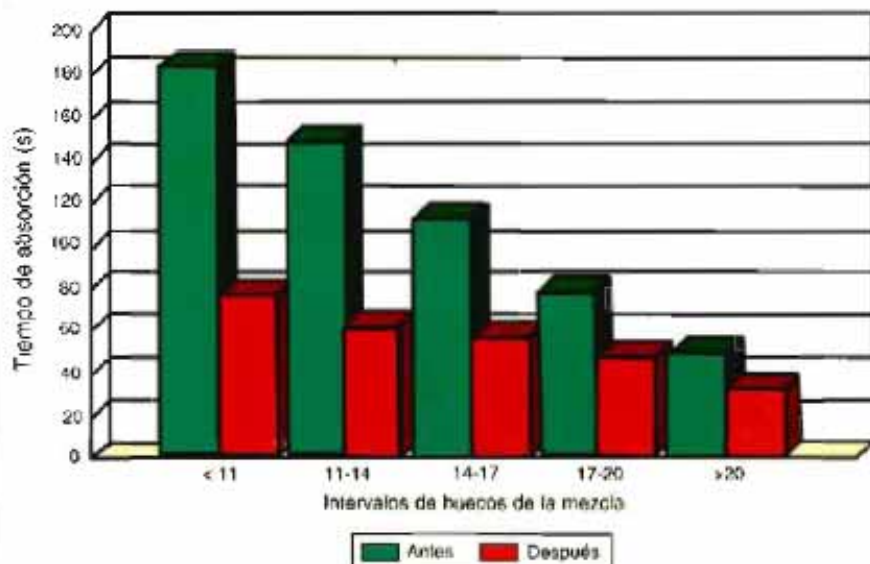
1. Este sistema de limpieza la realiza perfectamente en el centímetro y medio o dos centímetros más superficiales del pavimento. Difícilmente profundiza más.

2. El sistema rotativo a alta presión es más eficaz en zonas colmatadas o semicolmatadas (Índice de huecos inicial muy bajo).

b) Para la conservación :

1. No diseñar mezclas drenantes para lugares o sobre bases no adecuados.

2. Diseñarlas con contenidos en huecos elevados.



3. Pavimentar los accesos de vehículos inmediatos a las mezclas drenantes.

4. Limpiar las mezclas periódicamente con máquinas adecuadas.

5. La limpieza debe iniciarse como muy tarde al año de la construcción del firme.

6. El diagnóstico y seguimiento de la porosidad debe hacerse no sólo con el permeámetro LCS, como se ha venido haciendo hasta ahora, sino también con el drenómetro de Zarauz. Este último:

- Nos da valores homogéneos.
- Mide la capacidad real del firme de drenar una cierta cantidad de agua caída.

Se deben realizar suficientes medidas para poder obtener unas medias representativas.

• Conviene agrupar las medidas en intervalos.

• Hay que realizar los ensayos de seguimiento siempre en los mismos puntos, con la mayor aproximación posible. ■

Luis M. Feltre Rambaud, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos; y Ramón Tomás, Director del Centro de Investigación Elpidio Sánchez Marcos.

Suscríbase a la revista

"RUTAS"

la mejor revista para
técnicos y profesionales.

Boletín de suscripción
en pág. 75