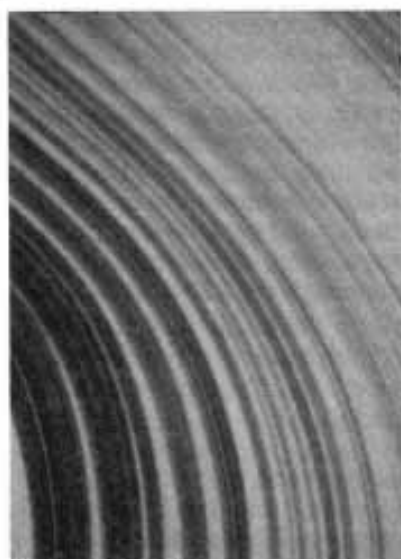




Perfecta dispersión de un polímero en un betún.

VENTAJAS DE LOS BETUNES POLIMEROS SOBRE LOS BETUNES DE DESTILACION EN MEZCLAS DRENANTES

*POR JAIME GORDILLO

Las mezclas porosas o drenantes están de moda. Raro es el Symposium, Jornada o Congreso de Pavimentos Flexibles en los que no se hable de ellas. En el Eurobitumen de La Haya, el Congreso de la EAPA de Estocolmo y más recientemente en el Mundial de la AIPCR celebrado en Bruselas, se ha hablado mucho y bien de ellas, no sólo como mezclas que pueden hacer frente a problemas de seguridad vial, o como solución al problema del hidroplaneo por falta de adherencia del neumático —pavimento por interposición de una película de agua—, sino también, y merced a su estructura porosa interna, por su capacidad de poder absorber los ruidos provocados por la rodadura de los vehículos automóviles, especialmente importante en la circulación urbana.

Soy consciente que este es un punto que se presta a la controversia, aunque en estos últimos tiempos va existiendo un mayor acuerdo entre los técnicos, consecuencia quizá de un mejor conocimiento del problema.

¿Betunes normales o betunes modificados?, esta es la cuestión.

Para su análisis, hemos de tener en cuenta dos puntos importantes.

- Lo que una mezcla drenante representa.
- El objetivo que queremos conseguir con su empleo.

Las mezclas drenantes son un tipo de mezcla asfáltica, que se diferencia de las tradicionales en la composición granulométrica de su esqueleto mineral.

Granulométricamente, son mezclas abiertas, muy ricas en árido grueso, carentes o pobres en mortero, dotadas por consiguiente de un alto contenido en huecos. Son mezclas que trabajan por rozamiento interno y que, al carecer de la fracción fina, se deja al ligante la misión de asegurar la COHESION del conjunto.

Por otra parte, al ser mezclas muy abiertas, la película de ligante se encuentra expuesta a la acción de elementos nocivos, como el airé, sol, agua..., que, incidiendo en el proceso natural de envejecimiento, pueden reducir la vida en servicio de la mezcla.

Desde el punto de vista de la adhesividad frente al agua, de la resistencia al envejecimiento y, por tanto, de la durabilidad de la mezcla, es necesario ir a GRUESA PELICULA de ligante, encontrándonos aquí con el primer problema. El trabajar con porcentajes de ligante relativamente altos, en mezclas de no elevada superficie específica, no es cosa fácil de conseguir si se emplean betunes de penetración normales. Estos suelen poseer bajas consistencias, lo que puede dar lugar a problemas de FLUENCIA del ligante en el aglomerado con él fabricado. Durante el transporte pueden producirse mezclas heterogéneas, con aglomerados subdosificados, aquellos situados en la parte superior del camión, mientras que los situados en la parte inferior se enriquecen en ligante, hecho que puede ocurrir si la

distancia de transporte, o mejor aún el tiempo entre la fabricación y el extendido se dilata.

Si esta película de ligante gruesa, necesaria por lo que hemos dicho anteriormente, es de baja consistencia, puede influir negativamente en el rozamiento interno, provocando una disminución de éste, con los riesgos que esto conlleva desde el punto de vista de estabilidad mecánica de la mezcla.

No puede pensarse en la corrección del riesgo de fluencia mediante la disminución del porcentaje de ligante. Se disminuirá el espesor de la película, aminorándose notablemente la resistencia a fatiga, facilitándose el envejecimiento.

Tampoco es solución el acudir al empleo de betunes más consistentes. Estos serán betunes más duros, de menor penetración, que pueden dar lugar a mezclas con excesiva rigidez, que por su pequeño espesor pueden dar lugar a problemas de durabilidad ante tráfico pesado.

El tema se complica aun más, o se aclara, según como contemplemos el problema, si tenemos en cuenta que uno de los objetivos a alcanzar con una mezcla drenante es que sea capaz de mantener el mayor tiempo posible sus características de drenabilidad. Esto significa

que hemos de proyectar mezclas con las más altas permeabilidades iniciales, compatibles con una buena estabilidad mecánica, para que puedan hacer frente, con éxito, a los fenómenos de colmatación que tienen lugar desde su apertura al tráfico.

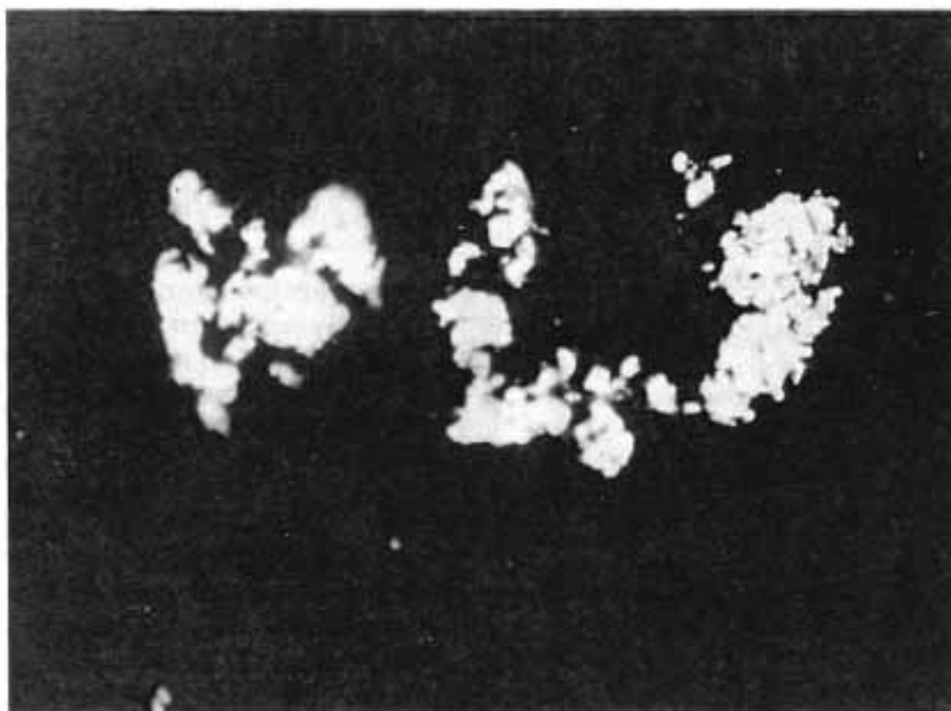
Durante el proceso de colmatación no sólo disminuye la permeabilidad, sino también la rugosidad geométrica y el poder de absorción de ruidos y agua superficial.

Pero por razones anteriormente expuestas, la dificultad de emplear betunes de destilación aumenta con el contenido en huecos de la mezcla, hasta el punto de que es difícil poder emplear betunes ordinarios en mezclas con contenido en huecos superior al 20-22%, con buen comportamiento mecánico, como luego demostraremos.

Ventajas de los betunes modificados

La resolución de toda esta problemática parece pasar por el empleo de betunes modificados con polímeros elastoméricos.

Como sabemos, la incorporación de estos aditivos a un betún se traduce



Incorrecta dispersión del polímero en el betún.

en una serie de modificaciones que se manifiestan en tres direcciones:

- Cambios inmediatos en algunas propiedades físicas y características tecnológicas.
- Mejoras en sus características funcionales.
- Cambios que actúan a más largo plazo, como es su influencia a la durabilidad de los betunes.

Entre las primeras, es decir, aquellas que afectan a las características físicas y tecnológicas, figuran:

- Disminución de la penetración, aumento del punto de reblandecimiento y del intervalo de plasticidad.
- Disminución de la fragilidad del ligante a bajas temperaturas.
- Aumento de la viscosidad y disminución de la susceptibilidad térmica.

Por lo que se refiere a la mejora de las características funcionales, podemos citar:

- Mejora de la adhesividad, especialmente pasiva.
- Incremento de la cohesividad.
- Aumento de la carga de rotura mediante ensayos de tracción a diferentes temperaturas.

En lo que concierne a la durabilidad, este aumento, aunque difícil de

evaluar, parece sea debido a una disminución de la oxidabilidad y de los riesgos de polimerización del ligante.

Parece lógico pensar que una muy buena solución puede radicar en el empleo de betunes modificados con polímeros elastoméricos, con los que se puede conseguir, por su mayor consistencia y cohesión, un mayor espesor de película, sin riesgos de fluencia, una superior flexibilidad, a la par que una mejora en la adhesividad pasiva y durabilidad.

Ahora bien, la obtención de un buen betún polímero no es operación sencilla; para conseguirlo hay que hacer frente a una serie de problemas que van desde la elección correcta del tipo de betún (porcentaje de asfaltenos, aromaticidad de la fase nafténica...), hasta el tipo y porcentaje a emplear de polímero, pasando por la optimización del proceso industrial modificador del betún en lo que respecta a las condiciones mecánicas y térmicas de proceso. El primer problema que puede presentar es el de la COMPATIBILIDAD entre el betún y el polímero, que se traduce en un proceso de exudación de aceites y/o precipitación de asfaltenos, e incluso a una decantación del polímero durante el tiempo de almacenamiento, fenómeno este últi-

mo muy ligado también al proceso mecánico empleado en la obtención del betún polímero.

La técnica moderna ha puesto en manos del fabricante del betún polímero un medio rápido y muy eficaz para conocer la marcha del proceso de solvatación del polímero en la fase malténica del betún. Se trata del método basado en la microscopía de fluorescencia por luz reflejada, técnica basada en la propiedad que poseen algunos cuerpos de transformar una radiación recibida en radiación de mayor longitud de onda.

De esta manera, por ejemplo, una lámina de betún SBS excitada por una luz intensa hace que el SBS disuelto reemita una fluorescencia de color amarillo, mientras que el betún no emite fluorescencia, y el SBS puro emite una fluorescencia verde.

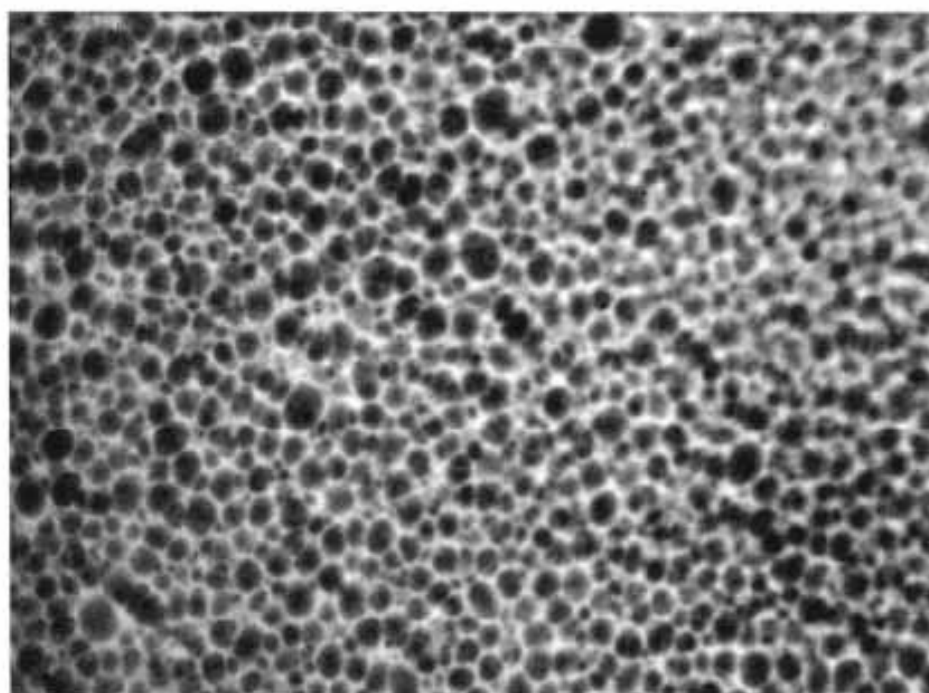
Completando este ensayo con otros que tengan la resistencia al almacenamiento (riesgos de remontar el polímero a la parte superior del tanque por defectos de compatibilidad o deficiente energía mecánica y/o térmica empleada), unido a otros de caracterización de sus propiedades, entre los que destacaría el ensayo de tracción a diferentes temperaturas, o el método de medir la cohesión del ligante, mediante el ensayo resistencia-tenacidad (Toughness-Tenacity), nos permitirá saber si el producto en cuestión es un buen betún polímero.

Para confirmar todo cuanto estamos diciendo, nuestro Centro de Investigación ESM, en colaboración con el Laboratorio de Caminos de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Santander, utilizando como método de trabajo el método Cántabro, desarrolló un trabajo tratando de demostrar los beneficios de emplear un betún polímero (Telco B-65), frente a un betún de destilación directa, en el comportamiento de una mezcla drenante, desde el punto de vista de su porosidad, permeabilidad, resistencia al desgaste, adhesividad y resistencia a la deformación plástica.

MATERIALES EMPLEADOS

Aridos

Se han utilizado tres tipos de áridos, los más gruesos de naturaleza



Excelente compatibilidad y homogeneidad de un betún polímero.

ofítica, y la arena de naturaleza caliza.

Sus granulometrías son las siguientes:

Tamiz UNE (mm.)	Grava	Gravilla	Arena
12,5	100	100	100
10	77	100	100
5	1	80	100
2,5		2	71
0,63			31
0,32			23
0,16			16
0,08			13

Dureza Los Angeles: 16%
 Equivalente de arena: 80%

Ligantes

Se han empleado dos tipos de ligantes para conocer la influencia de los mismos en el comportamiento de la mezcla; uno convencional, procedente de destilación directa, de penetración 60/70, y el otro de betún modificado con polímeros termoplásticos, denominado comercialmente con el nombre de Telco B-65, fabricado por COMPOSAN, S.A.

Características	B-60/70	TELCO B-65
Penetración (0,1 mm.)	61	70
Punto de reblandecimiento °C	50,3	68
Índice de penetración	-0,6	+1,9
Intervalo de plasticidad °C	59	83
Resistencia kg/cm.	95	229
Tenacidad kg/cm.	4	157
Fragilidad Fraas °C	-9	-15
Viscosidad Centistokes 135° C	320	800
150° C	170	400
165° C	90	250

COMPOSICION GRANULOMETRICA DE LA MEZCLA

Uno de los factores fundamentales de una mezcla drenante es la permeabilidad que se consigue en la práctica, mediante la formulación de granulometrías con la menor proporción de árido fino posible, compatible con una suficiente estabilidad mecánica. Para ello, es necesario llegar a una solución de compromiso en las propiedades que garanticen una drenabilidad mínima,

para que la mezcla admita el drenaje del agua a través de sus huecos intersticiales y que, al mismo tiempo, tenga una buena estabilidad o resistencia mecánica, sin riesgo de deformaciones, aspectos éstos muy importantes, ya que, para evitar problemas de durabilidad y envejecimiento, estas granulometrías puestas en capas de rodadura necesitan altos contenidos en ligante capaces de formar, alrededor de las partículas del árido, una película gruesa, que al mismo tiempo puede influir en el rozamiento interno, provocando una disminución de éste.

En la primera fase del trabajo se estudiaron diferentes composiciones granulométricas. Con los ensayos realizados se procedió a comparar las características fundamentales que deben exigirse a estos tipos de mezclas. Por una parte, unos mínimos valores de permeabilidad y huecos (5×10^{-2} cm/seg. y huecos superiores al 18%, respectivamente), y por otro, unas resistencias adecuadas a las pérdidas por desgaste mediante el ensayo Cántabro.

Como consecuencia de este trabajo preliminar, se seleccionó la siguiente composición granulométrica para utilizar en la parte básica del trabajo:

Grava - G = 68%
 Gravilla - g = 20%
 Arena - a = 10%
 Cemento - c = 2%

y cuya curva granulométrica es la siguiente:

Tamiz UNE (mm.)	% Pasa
12,5	100
10	82
5	15
2,5	15
1,25	11
0,63	8
0,08	4

Empleando estas granulometrías, la variación del contenido en huecos en función del porcentaje de ligante se representa en la Figura 1.

Se trata, pues, de una mezcla altamente porosa, con un porcentaje mínimo en huecos del 20%, superior al límite mínimo exigido (18%) y que nos va a permitir estudiar los efectos del ligante.

Empleando betún 60/70 y contenidos del 5,5% aparecen, en las probetas fabricadas, ligeros escurrimientos de ligante, consecuencia de su baja consistencia, no apta para mezclas con tan bajo contenido en finos y tan abiertas.

INFLUENCIA DEL TIPO DE BETUN

En las pérdidas por desgaste

Seleccionada la granulometría, se estudió la influencia que el tipo de ligante tiene sobre las pérdidas por desgaste de la mezcla en seco y después de cuatro días de inmersión en agua a 49° C.

El estudio de la pérdida por des-

TABLA 1				
Composición Granulométrica	Tipo de Betún	% Betún/Arido	Pérdidas (%)	
			Seco	Húmedo
G=68%	60/70	3,5	46	86
g=20%		4,5	40	68
a=10%		5,5	33	60
c=2%	TECLCO B-65	3,5	30	52
		4,5	20	32
		5,5	15	24

Siendo: G. Grava. p. Gravilla. a. Arena. c. Cemento.

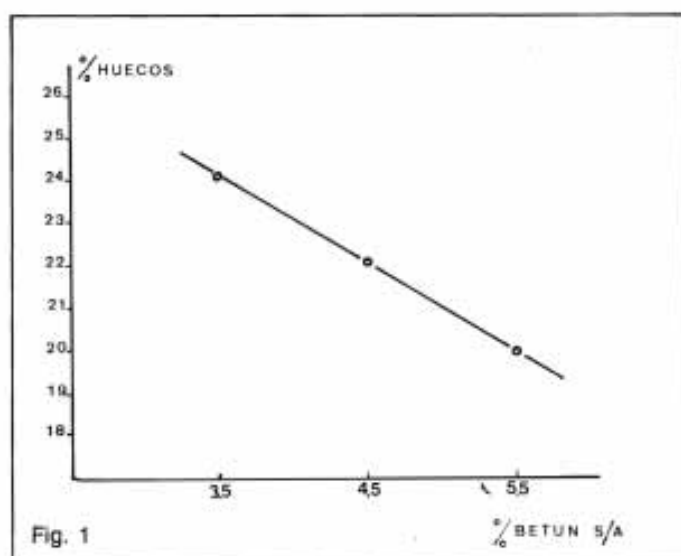


Fig. 1

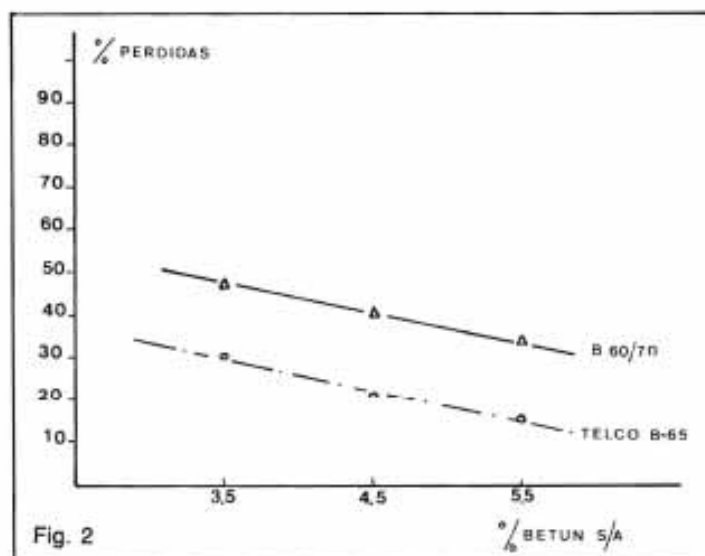


Fig. 2

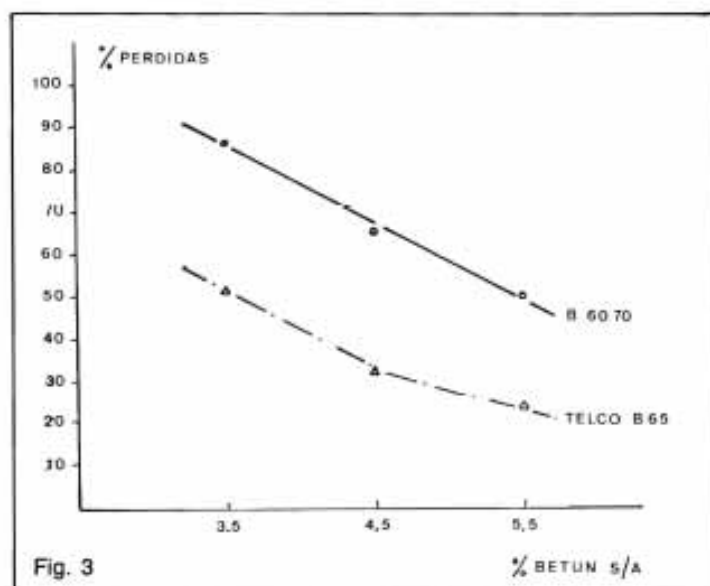


Fig. 3

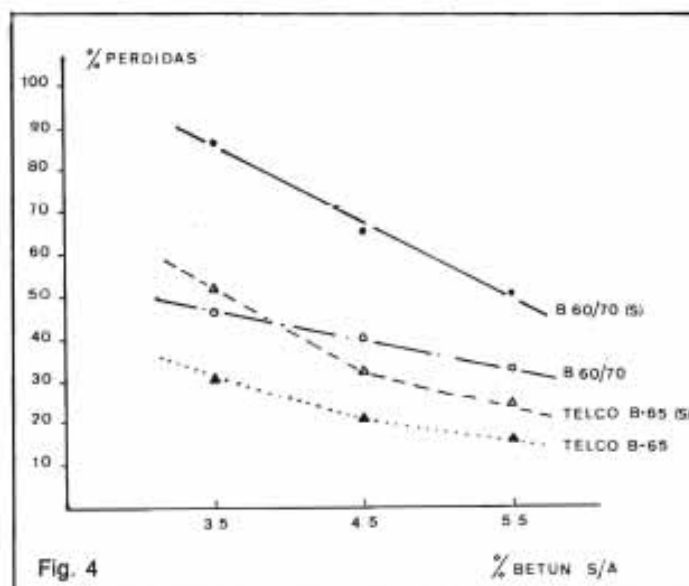


Fig. 4

gaste en seco tiene por finalidad *comparar la cohesión y trabazón que proporcionan a las mezclas los dos tipos de ligantes empleados: B-60/70 de destilación directa y betún elastómero Telco B-65.*

La determinación de la pérdida por desgaste tras inmersión en agua a 49° C tiene como finalidad estudiar la adhesividad pasiva de las mezclas, tema éste de extraordinaria importancia, habida cuenta del contacto directo del agua en este tipo de aglomerados.

Los valores obtenidos están representados en la Tabla I.

Como puede verse en la Figura 2, las pérdidas a la abrasión en seco, independientemente del tipo de betún utilizado, disminuyen al aumentar el porcentaje en ligante, pero si

se emplea betún polímero Telco B-65 las pérdidas a la abrasión presentan unos valores que pueden evaluarse entre 15 y 20 puntos por debajo de los obtenidos con betún de destilación directa.

En la Figura 3 se representan los valores obtenidos en las pérdidas a la abrasión en función del porcentaje de ligante y del tipo de ligante, en probetas sumergidas durante 4 días a 49 °C.

Si comparamos los resultados de pérdidas por desgaste en seco con los obtenidos tras inmersión, se observa, en este caso, un aumento de las pérdidas por desgaste (Fig. 4).

Siendo esta diferencia más importante cuanto más pequeño es el contenido en betún. Siendo este fenómeno común para ambos tipos de

ligante, llama la atención el diferente comportamiento de ambos; en efecto, mientras que al emplear betún normal 60/70 se produce una diferencia variable entre 30 y 40 puntos entre las pérdidas al desgaste en seco y después de inmersión, en el caso de las mezclas con betunes polímero Telco B-65, esa diferencia disminuye extraordinariamente, quedando reducida a 9-20 puntos. Se ve igualmente que al emplear betunes modificados, y con porcentajes de ligante superiores al 4%, las pérdidas al desgaste en probetas sumergidas son incluso inferiores a los valores obtenidos en seco con betunes de destilación directa, lo que da la idea del excelente comportamiento bajo agua del Telco B-65, características éstas de enorme interés en este ti-

po de mezclas, diseñadas especialmente para trabajar en presencia de agua, y proyectadas para poder evacuar este agua a través de sus huecos, para favorecer al máximo el agarre neumático-pavimento.

En la permeabilidad

En la Tabla II se recogen las variaciones del porcentaje en huecos y la permeabilidad de las mezclas con distintos porcentajes de ligante.

De la inspección de la Tabla puede verse, como era de esperar, que al aumentar el porcentaje de ligante se produce una disminución del contenido en huecos, manteniéndose en todos los casos en valores iguales o superiores al 20%, deduciéndose la nula influencia que el tipo de ligante ejerce en dicho contenido en huecos.

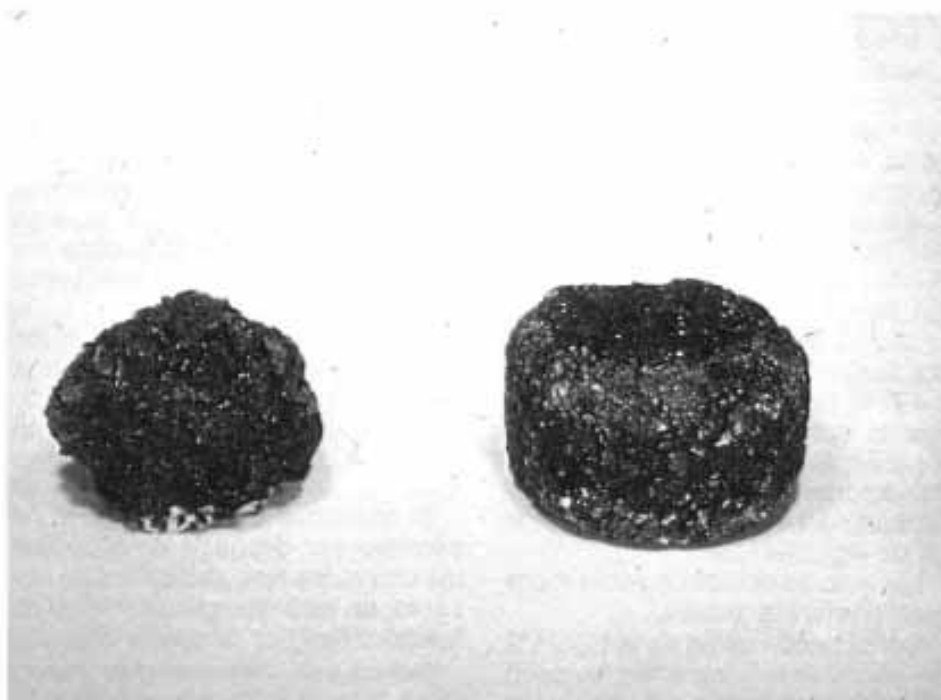
Sin embargo, al fabricar las probetas pudo observarse, empleando betún 60/70, y con contenidos en ligante del 5,5%, ligeros escurrimientos de ligante, consecuencia lógica de su baja viscosidad, no apta para mezclas tan abiertas y con tan pocos contenidos en finos. Si esto lo trasladásemos a obra se produciría una heterogeneidad en el contenido en ligante de la mezcla, producida durante su transporte de planta a extendido. En el camión, la parte superior del aglomerado quedará subdosificada por escurrimiento del ligante hacia la parte inferior.

Por lo que respecta a la permeabilidad, se produce, igualmente, una disminución del valor del coeficiente de permeabilidad al aumentar el contenido en ligante, pero en todos los casos el valor de dicho coeficiente se mantiene superior al valor aconsejable para este tipo de mezcla: 10^{-2} cm/seg.

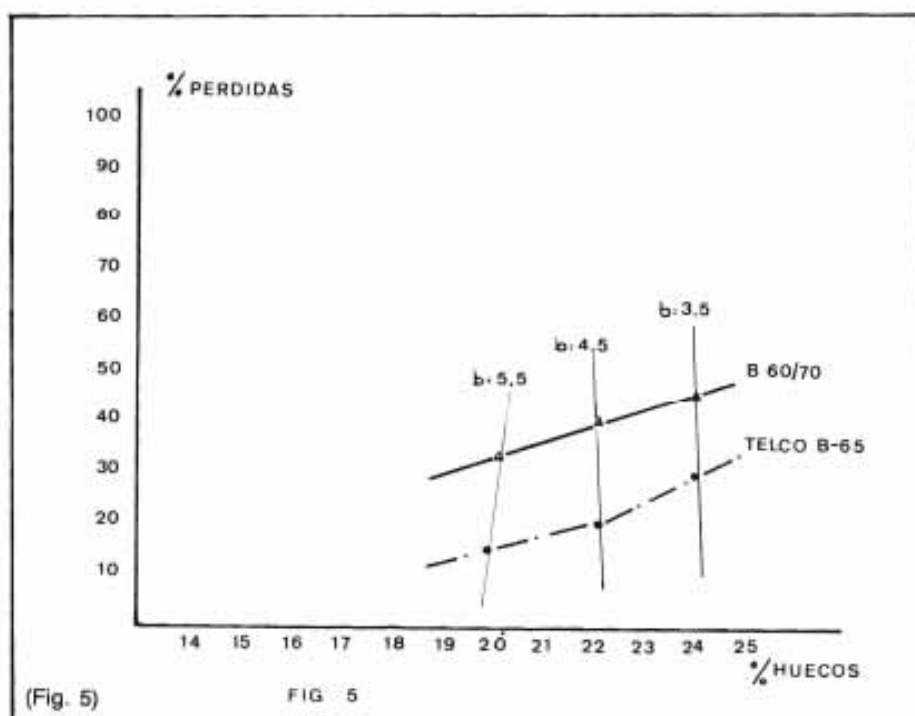
En la Figura 5 se representan la relación entre huecos en mezcla y pérdida al desgaste en función de los distintos contenidos en ligante de las mezclas, deduciéndose que, manteniendo un porcentaje fijo de huecos en mezcla, la composición que presenta un mejor comportamiento frente a las pérdidas al desgaste corresponde a aquellas en las

TABLA 2				
Composición Granulométrica	Tipo de Betún	% Betún/Arido	% Huecos	Permeabilidad $\times 10^{-2}$ cm/s.
G=68% g=20%	60/70	3,5	24,1	30
		4,5	22,2	19
		5,5	20,2	9
a=10% c=2%	TELCOB-65	3,5	24,1	28
		4,5	22,1	17
		5,5	19,9	10
Siendo: G=grava; g=gravilla; a=arena; c=cemento.				

TABLA 3						
Composición Granulométrica	Tipo de Betún	% Betún	Pérdidas		% Huecos	Permeabilidad $\times 10^{-2}$ cm/s
			Seco	Húmedo		
G=68 g=20 a=12 c=10	B 60 70	3,5	46	86	24,1	30
		4,5	40	65	22,2	19
		5,5	33	50	20,2	9
G=68 g=20 a=12 c=10	TELCO B 65	3,5	30	52	24,1	28
		4,5	20	32	22,1	17
		5,5	15	24	19,9	10



Probeta después de efectuado un ensayo. A la izquierda, con betún normal. A la derecha, con Telco B-65.



(Fig. 5)

FIG. 5

que se ha empleado como ligante betún modificado Telco B-65.

Estos resultados tienen un gran interés, pues si en un proyecto se exigiese a la mezcla un porcentaje en huecos superior al 20% y unas pérdidas por desgaste inferiores al 25-30%, exigencias por otra parte deseables de alcanzar en este tipo de mezclas porosas, sería prácticamente imposible emplear en la fabricación betunes ordinarios. Por el contrario, conseguir ambas características sería posible utilizando betunes modificados, en porcentajes comprendidos entre el 4 y el 5% sobre áridos.

En la Tabla III se resumen los resultados obtenidos en los diferentes ensayos realizados.

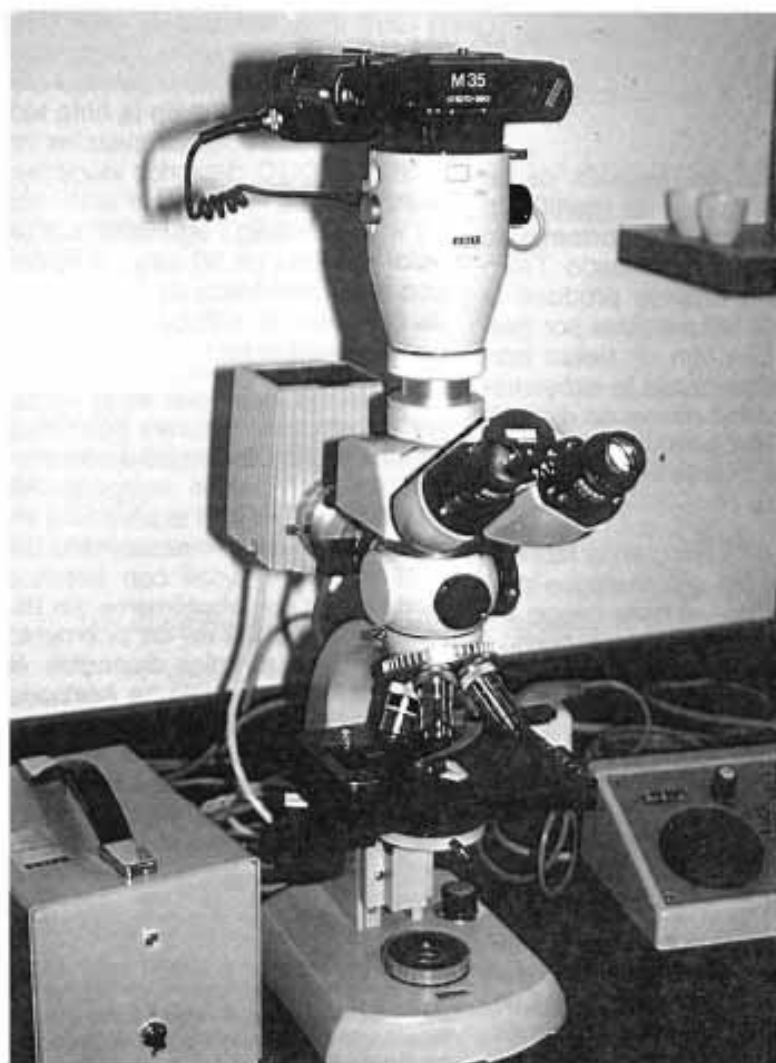
COMPORTAMIENTO FRENTE A LA DEFORMACION PLASTICA

Para estudiar el comportamiento de ambos ligantes frente a la deformación plástica se ha seguido la normativa existente en España, empleando el ensayo en pista, descrito en la Norma NLT 173/84, con las siguientes condiciones de ensayo.

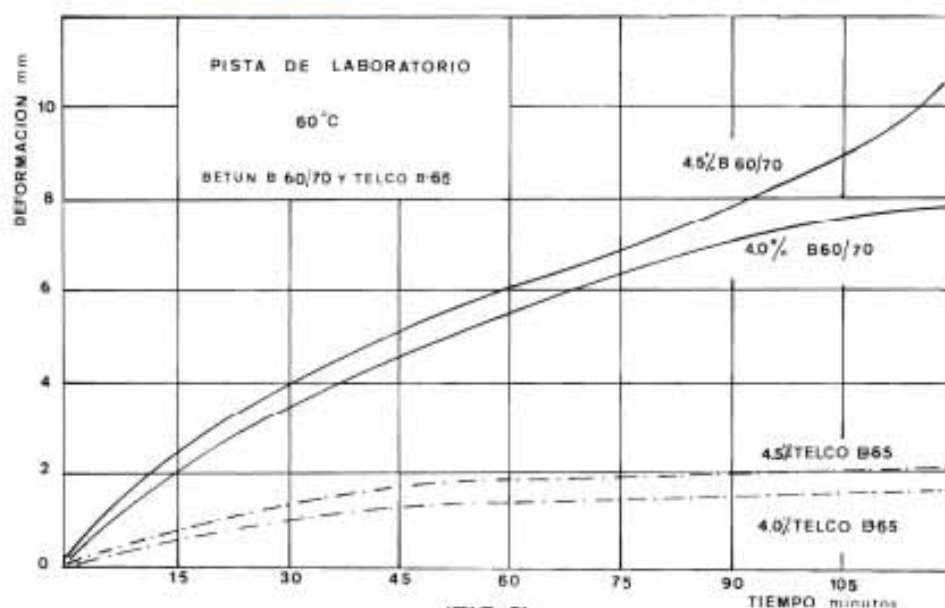
Carga aplicada .	90 kgf.
Presión de contacto	9 kgf/cm ²
Frecuencia de aplicación	42 pasos/min.
Duración del ensayo	120 min.
Temperatura de ensayo	60° C

En la realización del mismo se ha empleado la misma granulometría, jugando únicamente con el porcentaje y tipo de ligante empleado.

Como puede verse en la Figura 6, se observa una notable diferencia en el comportamiento de las mezclas obtenidas con uno y otro ligante, consecuencia lógica de sus distintas reologías y susceptibilidades térmicas, aunque hemos de decir que en este aspecto el comportamiento de las mezclas drenantes, fabricadas con betún ordinario, han tenido, hasta el presente, un correcto comportamiento.



Equipo para medida de fluorescencia por luz reflejada.



(FIG.6)

CONCLUSIONES

Los resultados de los ensayos ponen de manifiesto las grandes ventajas de emplear betún modificado con elastómeros Telco B-65 en las propiedades y características de las mezclas porosas. Estas ventajas podemos resumirlas así:

- El empleo de betún polímero Telco B-65 permite obtener con mayor facilidad un mayor espesor de película de ligante, lo que da lugar a una mejora de la cohesión, resistencia al envejecimiento y durabilidad de la mezcla.
- Para un mismo valor del contenido en huecos, las pérdidas por desgaste en el ensayo Cántabro son espectacularmente menores al emplear betún polímero Telco B-65, frente a ligantes puros de la misma penetración.
- Permiten obtener mezclas con un mayor contenido en huecos sin que se vea afectada su resistencia a la abrasión y al desgaste. La obtención de mezclas con contenido en huecos igual o superior al 20% y con pérdidas por desgaste inferiores al 30% exige el empleo de ligantes modificados.

- Esta facilidad de permitir obtener mezclas más abiertas se traduce en una mayor durabilidad de la permeabilidad inicial.
- Los ensayos después de inmersión ponen de manifiesto el excelente comportamiento del ligante modificado Telco B-65. Su empleo produce la mitad de las pérdidas por desgaste que con un betún normal, lo que avala la excelente adhesividad pasiva de dicho ligante, propiedades éstas de enorme interés en este tipo de mezclas.
- Menor criticismo en la fabricación de los aglomerados drenantes, por el nulo riesgo de subdosificación por escurrido del ligante en los procesos de fabricación y/o extendido.
- Los resultados del ensayo en pista confirman la menor susceptibilidad térmica del betún polímero y su mejor comportamiento frente a la deformación plástica.
- Los ensayos confirman la sensibilidad del método a las variaciones en los parámetros de la formulación, informándonos sobre la importancia que tiene

el porcentaje de ligante sobre la resistencia al desgaste, tanto en seco como en inmersión.

- Tras los ensayos realizados y los resultados obtenidos, se deduce que la fabricación de mezclas drenantes o porosas, que respondan a las siguientes exigencias:

Contenido en huecos en mezcla	20%
Drenabilidad	5 10^{-2} cm/seg.
Pérdidas a la abrasión	25-30%

Exigen el empleo de betunes modificados como el Telco B-65, ligante puesto a punto por COMPOSAN, S.A. para la fabricación de este tipo de mezclas, con el que es relativamente sencillo alcanzar estas exigencias.

Sería muy interesante, a la vista de las obras ya realizadas con betunes polímeros, modificar las drenabilidades exigidas en la nota técnica, que sobre estas mezclas ha emitido la DGC, debiendo exigir permeabilidades iniciales de al menos 15×10^{-2} cm/seg., equivalente a un valor máximo de 30 seg., medidas con el permeámetro del Laboratorio de Caminos de la Escuela de Caminos de Santander.

Por último, decir que estas ventajas de emplear betunes polímeros en las mezclas drenantes es reconocida en otros países europeos. Así en Bélgica, país con experiencia en el empleo de estas mezclas, más del 80% son fabricadas con betunes modificados con elastómeros. En España de 1.200.000 m² de pavimento revestido con mezclas drenantes, el 85% de los mismos se ha fabricado con Telco B-65, teniendo hasta el presente un excelente comportamiento, manteniendo una drenabilidad superior a la obtenida con aquellas mezclas en las que se empleó betún normal.

• JAIME GORDILLO es Director General de Tecnología del Centro de Investigación del Grupo E.S.M.