

# Las mezclas asfálticas con caucho en carreteras

Por LUIS VALERO y J. A. FERNANDEZ DEL CAMPO  
Licenciado en Ciencias Químicas      Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

*Los autores del presente artículo han intentado resumir los criterios y experiencias existentes en varios países de técnica avanzada, en los que desde hace varios años se viene empleando el caucho como aditivo del betún en las mezclas asfálticas.*

*El artículo se ha dividido en dos partes fundamentales: en la primera se trata de las propiedades del caucho-betún y los problemas de su incorporación, y a continuación se indican las cuestiones relacionadas con los distintos tipos de mezclas empleadas en la construcción de carreteras.*

Durante los últimos años se ha estado ensayando la incorporación de distintos aditivos al betún asfáltico con objeto de mejorar sus cualidades y las de las mezclas con ellos fabricadas.

De todos los aditivos son, sin duda, los cauchos, los que ofrecen hoy día mejores posibilidades desde un punto de vista técnico, y su influencia se manifiesta fundamentalmente en la mejora de las propiedades reológicas.

La investigación ha realizado el suficiente trabajo para conocer las características, proporciones, mutua influencia, valoración del comportamiento, etc., de la mezcla caucho betún. Por otra parte, los tramos de ensayo, las pruebas en obra y los productos comerciales, permiten al técnico juzgar las posibilidades del producto desde un punto de vista práctico. De hecho, en ciertas ramas de su aplicación tales como la de los impermeabilizantes, sellados de juntas, etc., el empleo del caucho como aditivo del betún se considera imprescindible para una buena ejecución de la obra.

Se dispone en la actualidad de diversas clases de caucho para incorporar al betún, que se pueden resumir dentro de los siguientes tipos:

- a) Emulsiones de caucho o latex, bien natural o sintético.
- b) Caucho en polvo sin vulcanizar asimismo, natural o sintético.
- c) Caucho en polvo vulcanizado, natural o sintético.
- d) Caucho molido natural o sintético, vulcanizado o sin vulcanizar, procedente de residuos de fabricación.
- e) Desperdicios de caucho vulcanizado molidos, procedentes de goma vieja.

Las propiedades de los betunes engomados varían con la naturaleza del betún asfáltico.

En lo que respecta al caucho, aunque teóricamente con los distintos tipos se pueden conseguir efectos similares, en la práctica los resultados obtenidos varían considerablemente.

En la actualidad, la tendencia general es el empleo del caucho en polvo o del latex, habiéndose abando-

nado en la práctica el uso de los desperdicios de goma vieja por su falta de homogeneidad y el caucho nuevo molido por su mayor dificultad de incorporación.

## A) INCORPORACIÓN DEL CAUCHO AL BETÚN.

Unos de los problemas fundamentales para el empleo del caucho-betún, es la incorporación del caucho, puesto que para que se produzcan las modificaciones de las propiedades físico-químicas del betún, es necesario lograr la dispersión molecular o casi molecular del caucho.

Este proceso tiene tres fases: La primera, de dispersión grosera del caucho en la masa del betún; la segunda, de hinchamiento de las partículas de caucho por la absorción de aceites con el consiguiente aumento de volumen y, por último, la dispersión a escala molecular. Tan sólo en este estado final es capaz el caucho de manifestar todo su efecto, actuando en las etapas intermedias más o menos como un simple filler.

Para lograr esta dispersión con cauchos vulcanizados, es necesario calentar el betún a las más altas temperaturas compatibles con su estabilidad, del orden de los 150° C. y adicionar el caucho más o menos lentamente mientras se mantiene la masa en agitación, prolongando este período de calentamiento hasta lograr la verdadera disolución durante un tiempo que varía de una a cuatro horas, según la naturaleza del caucho que se incorpora.

En el caso del empleo del latex, es necesario además la adición previa al betún de un agente antiespumante para evitar la enorme formación de espuma.

Con polvo de caucho natural sin vulcanizar, los tiempos se reducen considerablemente (diez o quince minutos).

## B) EFECTOS PRODUCIDOS EN EL BETÚN POR LA ADICIÓN DE CAUCHO.

En general, la adición del caucho al betún mejora fundamentalmente sus propiedades reológicas. Hay un aumento simultáneo de su consistencia a tempe-

raturas elevadas y una disminución de su fragilidad a bajas temperaturas, es decir, una mejora de su susceptibilidad a los cambios de temperatura, junto con un aumento de la viscosidad y una mejora de sus propiedades elásticas.

Para un determinado tipo de caucho y de betún, estas modificaciones dependen de la proporción y del estado molecular del caucho incorporado.

La dispersión del caucho exige, como ya se ha indicado, un período de calentamiento y agitación, pero un período de calentamiento excesivo o una temperatura demasiado alta pueden degradar el caucho, y esta mayor o menor degradación puede afectar a lo que se llama caucho efectivo, es decir, caucho en estado de dispersión molecular, independientemente de la cantidad añadida o presente en la mezcla.

El tipo de caucho añadido tiene influencia, sobre todo, por su distinto comportamiento durante el proceso de incorporación y disolución, y por el efecto de la temperatura o del período de calentamiento sobre su degradación.

Los cauchos en forma de fino polvo son los que presentan una mejor dispersión inicial. Casi todos los productos comerciales (Pulvatex, Rubarita, Rodorub, etcétera), están constituidos por una mezcla íntima de caucho y materia mineral inerte obtenida por diversos procedimientos.

La presencia de azufre en los cauchos vulcanizados, hace que una vez incorporado el producto, se favorezca su hinchamiento por las propiedades pectizantes de aquél, pero esta misma cualidad es la que hace que se tenga que emplear un período de calentamiento más prolongado para lograr la dispersión molecular final.

La presencia de oxígeno en los cauchos oxidados (desperdicios de goma vieja) y de azufre (en los cauchos vulcanizados), hace que sean mucho más afectados por las altas temperaturas o por los períodos de calentamiento más prolongados, debido a que la degradación del caucho por rotura de la molécula del polímero quede facilitada por la presencia del oxígeno y del azufre en la misma.

Puede, por tanto, decirse que, como resumen de lo anteriormente indicado, para conseguir las cualidades deseadas de la mezcla caucho-betún, es fundamental el realizar el proceso de incorporación de la forma más correcta posible dentro de las normas prescritas para cada producto.

Una comparación entre los efectos del caucho natural y el vulcanizado se ofrece en la figura 1.<sup>a</sup>, que indica, según Nijveld, Decker y Geesink, los tiempos necesarios para la incorporación de distintos tipos de caucho a un betún 50-60. En ella se ha considerado el aumento del índice de penetración como determinante del efecto del caucho. De esta figura sus autores deducen:

a) Con caucho sin vulcanizar se obtiene el mismo resultado a partir de quince minutos.

b) El caucho vulcanizado produce un aumento

gradual del I. P. con el tiempo (a las tres horas es máximo).

c) Los betunes modificados por el caucho pueden ser calentados sin peligro durante varias horas a 170° C.

Otro aspecto interesante de la cuestión es el aumen-

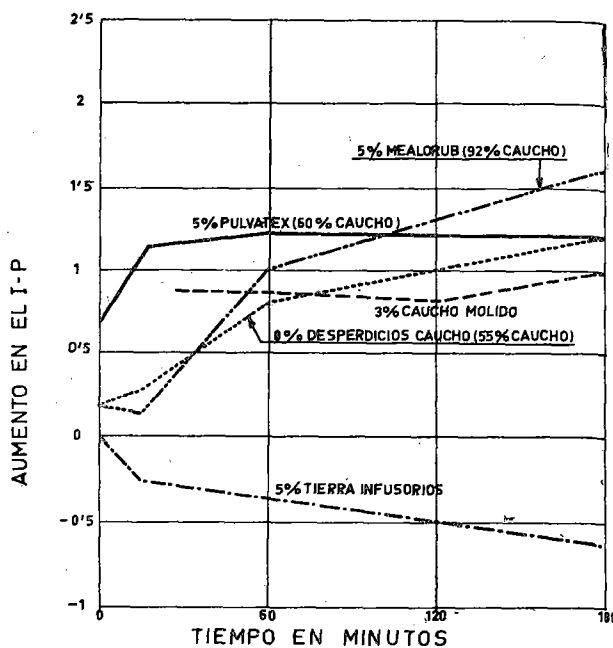


Fig. 1.<sup>a</sup> — Variaciones del índice de penetración de un betún de destilación 50/60 al que se le ha añadido distintos tipos de caucho durante tres horas de calentamiento continuado.

to de la resistencia al impacto a bajas temperaturas (Nijveld y Duriez). En unas pruebas realizadas en Holanda por el primero, se demostró que el amortiguamiento mecánico a  $-30^{\circ}$  C. para una mezcla de asfalto oxidado 85-25 y betún 80-100 con caucho, fué del 10 al 15 por 100 mayor que una análoga sin caucho.

Una vez conseguida su incorporación, la mezcla caucho-betún presenta las siguientes variaciones respecto al betún original:

- Disminución de la penetración.
- Aumento del punto de reblandecimiento.
- Disminución del punto de fragilidad.
- Aumento del índice de penetración.
- Mejora de la susceptibilidad a la temperatura.
- Aumento de la viscosidad.
- Mejora de las propiedades elásticas.
- Mejora de las propiedades elásticas a bajas temperaturas y, como consecuencia, de la resistencia al impacto.
- Mejora de la cohesión.
- Mejora de la adhesividad.
- Disminución del endurecimiento con el tiempo.

Estas características son apreciables con la adición de caucho en proporciones del 1 al 5 por 100 en peso

respecto al betún, lo que representa un aumento del precio del ligante sólo compatible con una mejora de las cualidades y de la durabilidad de las mezclas asfálticas conseguidas.

Efectivamente, aunque el ligante no es, en general, el único que determina el comportamiento de una capa de rodadura bituminosa, los ensayos realizados en diversos países han demostrado que las mejoras conseguidas, sobre todo en el comportamiento a temperaturas extremas, con la disminución de la fragilidad y el aumento de la consistencia y la disminución consiguiente de la formación de grietas en invierno y los arrollamientos y exudaciones en verano, parecen indicar que el empleo del caucho es interesante.

Vamos a considerar los distintos tipos de capas de rodadura bituminosa y los problemas que plantea la adición del caucho a los mismos.

### Riegos de caucho-asfalto.

Los tratamientos superficiales a tener en cuenta son los riegos de sellado, los riegos antideslizantes y, en general, los uni o multicapa, así como también, y de manera muy interesante, las lechadas asfálticas en frío. Refiriéndonos al primer tipo de pavimento, los dos problemas a considerar son: la facilidad de incorporación del caucho a los betunes o *cut-back* (las emulsiones son estudiadas aparte) y los problemas de puesta en obra, o sea la pulverización de los mismos.

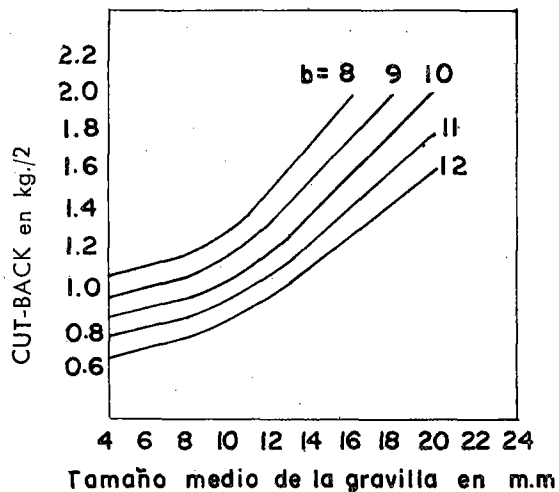
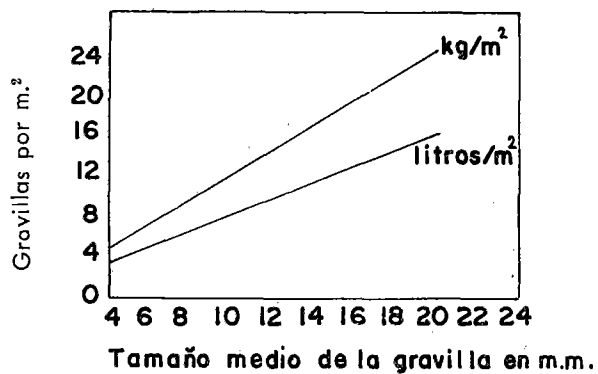
El polvo de caucho (sin vulcanizar) puede incorporarse fácilmente en las calderas agitando energicamente durante su incorporación, ya sea a un betún 200-300 o a un betún fluidificado. Las temperaturas convenientes son, respectivamente, 170° a 130° C. Según A. F. W. Wildeboer, en los riegos con Pulvatex, en varios países de Europa, se ha utilizado siempre *cut-back*, al que en el tanque regador o caldera se le ha incorporado el polvo de caucho en una proporción que ha oscilado de 1 por 100 al 2 por 100, teniendo esta proporción una barrera clara: la excesiva viscosidad que dificulta la pulverización. Del 2 por 100, por esta razón, es difícil pasar, no siendo además muy necesario, pues con esta cantidad los resultados son excelentes. De todas formas la pulverización es difícil con una viscosidad del producto superior a 5° Engler.

En España tenemos la experiencia de la variante de Getafe en la carretera Madrid-Toledo. En tres kilómetros se hizo, en agosto de 1962, un riego con betún 180/200 y Pulvatex. A la caldera se le iban añadiendo bidones según trabajaba, por lo que la temperatura del betún engomado descendía, teniendo serios inconvenientes de pulverización, que se paliaron en parte añadiendo el 3 por 100 de aceite de antraceno, que además de disminuir la viscosidad era muy útil para el antiguo pavimento algo agrietado. De to-

das formas la adherencia de la gravilla porfídica resultó excelente.

La figura 2.<sup>a</sup> da las dosificaciones precisas, según la Rubber-Latex-Poeder, Cia. de Amsterdam, para un riego asfáltico con *cut-back* RC-4 y 2 por 100 de caucho. Los parámetros *b* dependen de la mayor o menor riqueza en betún de la superficie a tratar. La misma casa ha sacado muestras de un pavimento regado con un ligante engomado y de un tramo de control con ligante normal, en las que es apreciaban mayor pérdida de gravilla y finos en el segundo.

Según esto, tienen especial interés los riegos de



Dosificaciones para tratamientos superficiales.

Fig. 2.<sup>a</sup> — Dosificaciones para el proyecto de un tratamiento superficial empleado como ligante cutback RC-4 con el 2 por 100 de caucho natural sin vulcanizar.

sellado con materiales finos, propensos a perderse con el tráfico. En la ciudad de Amsterdam existen varias calles que tienen pavimentos del tipo indicado.

Otro factor interesante de los tratamientos superficiales es el de la exudación y el deslizamiento. Es lógico que un ligante con menos susceptibilidad tér-



100 la proporción de caucho. Si se aumenta esta cantidad el equilibrio de tensiones superficiales de la emulsión corre grave peligro. En nuestros ensayos de laboratorio, que con carácter provisional indicamos, aclarando antes que como emulsionador se emplea un agitador eléctrico a 1.500 r.p.m. y que el tiempo de mezcla para un litro fué de cinco minutos, se engomaron sucesivamente muestras de betún 80-100 con el 1,25, 1,50, 1,75, 2 y 2,25 por 100 de caucho natural. Una vez hechas las emulsiones y controlada

sobre estas pruebas, procedencia del caucho, proporciones, etc., nos ha sido imposible recogerlas aquí.

#### Lechadas asfálticas con caucho.

Los *slurries* o lechadas asfálticas se han empleado en los últimos años con diversos fines: dar rugosidad a los pavimentos deslizantes, rellenar fisuras en firmes ligeramente agrietados, impermeabilizar super-

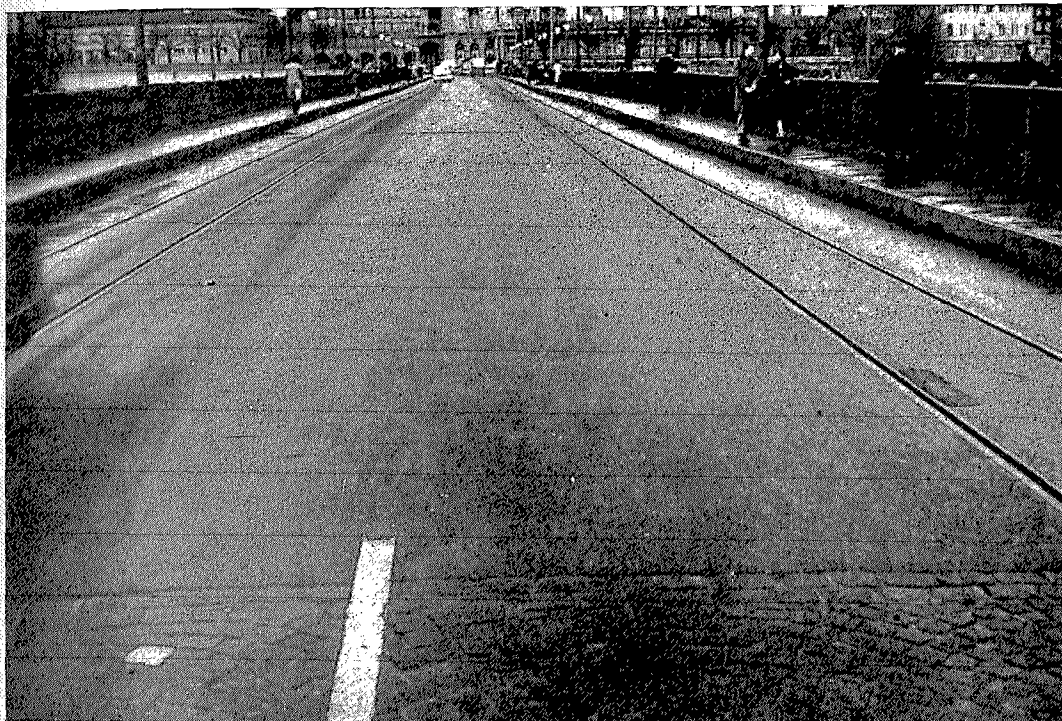


Fig. 4.<sup>a</sup> — Capa de rodadura sobre el puente de Kirchemfeld, Berna, ejecutada hace siete años, y que se conserva en perfecto estado a pesar del escasisimo espesor que lleva de mortero asfáltico engomado (2 cm.) y a pesar de las vibraciones de la estructura del puente y de los tranvías. Capas de este tipo son empleadas con frecuencia sobre adoquinados antiguos.

diariamente la sedimentación de las mismas, se apreció que existía una clara relación entre ésta y la cantidad de caucho. De hecho, el cabo de quince días, mientras que las tres primeras muestras se conservaban bien, la última estaba prácticamente inutilizable.

En Suiza se ha hecho una mezcla asfáltica tipo "Compomac" en unos tramos de prueba utilizando emulsiones de betún 300 con el 1,5 por 100 de Pulvatex. Las emulsiones eran del tipo SS y pudieron ser almacenadas perfectamente durante tres meses antes de ser empleadas. El resultado final del aglomerado fué satisfactorio.

Conviene aclarar antes de seguir adelante, que en España se han hecho algunas pruebas de riegos asfálticos, ya con emulsiones engomadas o con betúnes, si bien por no haberse hecho público nada

ficies, e incluso en espesores ya considerables, constituyendo auténticas capas de rodadura. En general, a un tratamiento con lechada asfáltica de espesor mínimo no puede, según nuestra experiencia, atribuirse otras propiedades que la de una ligera impermeabilización y un temporal aumento de la rugosidad del pavimento, sin que el tratamiento de por sí sea resistente mecánicamente por no tener las condiciones de estabilidad y reológicas precisas para ello. Dos aditivos importantes pueden señalarse a los contenidos en un *slurry* normal: Un aceite que pudiera actuar de regenerador sobre el firme antiguo y una cierta proporción de caucho que le diera plasticidad y resistencia. Los problemas que estas dos adiciones pueden presentar son: por parte del aceite que se llegue a un ligante demasiado blando (esto puede corregirse

en parte al añadir caucho) y por parte del caucho el modo de incorporarlo.

La posibilidad de añadir latex a una emulsión sobrestabilizada, a partir de la cual se prepararía el *slurry*, presenta los inconvenientes y problemas a los que nos hemos referido anteriormente. La difícil estabilidad de una emulsión con caucho incorporado en el ligante entorpece también las posibilidades de mezcla con finos. Queda un último procedimiento que, a nuestro juicio, podía dar buenos resultados, y consiste en la fabricación de la lechada como dispersión de un ligante en una mezcla de finos, agua y arena. Este ligante, a pesar de su mayor viscosidad y dureza al contener caucho, puede dispersarse perfectamente en masas como la indicada anteriormente, a la que después se le añadiría agua según se deseara.

Sobre este tema existe escasa experiencia, tanto en España como en el extranjero. No conociendo nosotros en este momento ninguna prueba que se haya realizado con control y rigor científicos. Ello no quita para que nos parezca que este tipo de productos pueda resultar francamente interesante.

#### Mezclas en caliente con caucho.

Dentro de este grupo de productos están los de mayor calidad y duración entre todos los tipos de pavimentos asfálticos. También, lógicamente, son los que están sometidos a trabajos más duros y por esta razón el caucho puede ser, en algunos casos, un buen componente en los aglomerados asfálticos. Tres factores importantes intervienen en la calidad de un hormigón asfáltico: su estabilidad, su fluencia y el contenido de huecos. La fluencia suele tener un valor óptimo, dentro del cual nos debemos mover; ahora bien, normalmente este valor está relacionado con el de la resistencia o estabilidad. Es difícil conseguir una gran estabilidad en un pavimento sin que disminuya su plasticidad; naturalmente ambos factores tienen una relación directa con la cantidad de ligante y de filler. El caucho, por sus propiedades al modificar los betunes, puede hacer que el espesor de la película del ligante sea mayor, sin que a altas temperaturas la estabilidad de la mezcla corra un mayor peligro; dicho de otra manera, parece posible obtener un pavimento que sea a la vez plástico y estable y con un contenido de huecos apropiado.

A título informativo vamos a dar algunas dosificaciones de aglomerado asfáltico que se han empleado con éxito en algunos países de Europa:

Gravilla 10- 8 mm. ....	30,0 %
» 6-10 » .....	21,0 %
» 3- 6 » .....	15,0 %
Arena 1-3 mm. ....	13,0 %
» 0-1 » .....	9,0 %
Filler .....	6,5 %
Betún 180-200, con 5 % caucho natural .....	5,5 %

Gravilla 6-9 mm. ....	30,0 %
» 3-5 » .....	19,0 %
Arena 1-3 mm. ....	19,0 %
» 0-1 » .....	18,0 %
Filler .....	7,0 %
Betún 180/200 y 5 % de caucho natural .....	7,0 %

En cuanto al modo de añadir el caucho a un aglomerado asfáltico hecho en caliente, resultará cómodo y práctico, como es lógico, que el caucho en polvo pueda añadirse como un filler normal en los mezcladores sin ningún tipo de operaciones previas, y de tal manera que no presente más dificultades de las que presenta el cemento o el polvo calizo al incorporarse en un aglomerado. Otro procedimiento será el de tener engomado previamente el ligante, pero esto resulta, naturalmente, más costoso a causa de la doble operación que se necesitará hacer. Hoy día existen, como ya hemos indicado, tipos de polvo de caucho procedentes del latex, que por no necesitar tiempos prolongados para su incorporación ni temperaturas excepcionales se puede añadir en las plantas asfálticas al mismo tiempo que el filler.

En los aglomerados abiertos hechos con betunes fluidificados podrían emplearse cualquier tipo de caucho; ahora bien, este tipo de mezclas, más económicas que las densas, son las que menos necesitan la adición de caucho, excepto para obtener una película de ligante más gruesa que resista mejor la acción desplazante del agua. En el caso de emplear en una obra aglomerados abiertos, lo que sí resulta interesante es la utilización de morteros engomados para el sellado de aquellos aglomerados. Citemos algunos ejemplos de los morteros de sellado que normalmente se emplean en la ciudad de Amsterdam.

La cantidad por m.<sup>2</sup> suele ser de 15 a 35 Kg., con lo que resultan económicos respecto a los morteros sin caucho, de los que habría que utilizar una mayor cantidad. En la calle de Rivierenlaan de Amsterdam se extendió, en 1954, sobre un aglomerado abierto la siguiente mezcla:

Finos de machaqueo .....	50,0 %
Arena de duna .....	34,0 %
Filler activo .....	4,5 %
Cut-back 150/200 .....	11,0 %
Polvo de caucho natural .....	0,5 %

La temperatura de mezcla fué de 130°.

Otros ejemplos análogos se han hecho en Frankfurt y en Hamburgo, y, en general, tanto en estos últimos como los de la ciudad de Amsterdam, después de transcurrido varios años, estas capas engomadas están clasificadas como las mejores superficies antideslizantes de estas ciudades.

En 1960 el coste generalizado (incluyendo reparaciones, etc.) de las capas de sellado con caucho era de un 10 a un 20 por 100 más económico que el de las capas de sellado con morteros asfálticos no engomados.

Otro aspecto interesantísimo de la cuestión es el de los aglomerados asfálticos y morteros para recubrir firmes rígidos, especialmente en zonas urbanas, bien adoquinadas o bien de otro tipo. Sobre esto podemos indicar algunos ejemplos, tales como el de "Darmstädter Landstrasse" en Francfort:

Arena .....	15,0 %
Gravilla .....	35,0 %
Filler calizo .....	24,8 %
Betún .....	24,0 %
Polvo de caucho natural .....	1,2 %

La goma hizo que el coste subiera en un 25 por 100, pero al cabo de cinco años el tramo engomado no había tenido ni grietas ni pérdida de gravilla, mientras que un tramo no engomado sí.

Desde luego, está claro que una mezcla de este tipo sin caucho no suele soportar el trabajo durísimo a que está sometida.

Para cubrir pavimentos de adoquinado, blindados o de hormigón, cuando no se ha utilizado caucho, se ha tenido que ir a los aglomerados asfálticos de buena calidad colocados en espesores considerables. La utilización de mezclas estables y elásticas, conteniendo caucho, puede disminuir considerablemente estos espesores. Para este tipo de pavimentación cabe destacar también la buena aplicación del asfalto fundido engomado y el asfalto fundido engomado y con gravilla dura incrustada. Capítulo aparte merecen las capas de rodaduras sobre tableros de puentes, en las que las mezclas deben ser aún de una calidad más cuidada.

### Tableros de puentes.

Es quizá en esta aplicación donde las mezclas de caucho-asfalto están teniendo mayor empleo. Dos aspectos principales puede tener la cuestión, ambos dependientes del tipo de puente: El primero se refiere a aquellos puentes antiguos o suficientemente rígidos en los que el empleo de caucho resuelve los mismos problemas que en el caso de su empleo para revestir firme rígido: por ejemplo, hormigón en zonas urbanas o firmes adoquinados, sin presentar, en general, otras particularidades.

El segundo aspecto y más importante es el de los puentes metálicos o pretensados modernos, muy ligeros. En ellos, por un lado, se estudian todos los problemas para disminuir las sobrecargas muertas, empleándose aleaciones ligeras en los puentes de tipo metálico o acudiendo al pretensado en los de hormigón. En este tipo de puentes, por tanto, resultaría ilógico cargar el tablero con una gruesa y pesada capa de rodadura, única que con ligantes normales podría presentar una resistencia adecuada, ya que este tipo de obras están sujetas a esfuerzos térmicos y mecánicos especiales muy considerables.

De manera explícita hay que considerar sobre el tablero de un puente:

- Flexión longitudinal y transversal del tablero.
- Vibraciones de amplitud corta y larga.
- Impacto.
- Cambios de temperatura sobre el tablero y sobre la capa de rodadura con distinto coeficiente de dilatación.
- Endurecimientos en inviernos y reblandecimientos en verano del producto asfáltico.
- Frenados y aceleraciones.
- Agua y humedad.

Hasta ahora se ha venido empleando sobre los tableros capas de asfalto fundido con gravilla incrustada. Este tipo de mezcla, desde luego, es el que reúne las condiciones óptimas para la rodadura y la resistencia. Actualmente la adición de caucho puede suponer una buena mejora para estas mezclas.

Pero la mejor solución para la pavimentación de un tablero de este tipo consiste en disponer las siguientes capas:

1.º Capa de imprimación o imprimación y protección en algunos casos.

2.º Capa aislante constituida por mástics con o sin caucho, chapa ondulada de aluminio o cobre, mezclas de polvo de cinc y resinas sintéticas o fieltros bituminosos.

3.º Capa intermedia para nivelar y unir la capa de rodadura al aislamiento.

4.º Capa de rodadura.

A continuación damos una idea general de las capas a emplear con distintas variantes:

1.º Imprimación con 1-1,5 Kg. betunes fluidificados con aceites.

2.º a) Mástic asfáltico en espesor mayor de 1 centímetro, bien dosificado con una proporción de betún duro del 14 al 18 por 100 con un 5 por 100 de caucho.

b) Mezcla de betún filler y polvo de caucho con R & B 90-100 y espesor de 3 a 5 mm.

c) Chapa de aluminio o cobre embebidos en láminas asfálticas.

d) Fieltros bituminosos.

3.º Capa intermedia con:

8-12 mm. ....	27,00 %
5- 8 » .....	19,00 %
2- 5 » .....	14,00 %
0- 3 - .....	15,00 %
0- 1 » .....	15,00 %
Filler .....	5,00 %
B/200 .....	4,75 %
P. caucho .....	0,25 %

4.º a) Asfalto fundido con gravilla incrustada.

b) Hormigón asfáltico con caucho.

En las anteriores indicaciones se ha seguido la teoría de impermeabilizar perfectamente el tablero del puente y aislarlo mecánicamente de la capa de rodadura creando un, a modo, de colchón entre ambos.

A veces puede ser indicado aplicar, para la capa de rodadura, una teoría distinta, que consiste en la colocación de un aglomerado abierto que absorba los movimientos previstos y que se compacta juntamente con una fina capa de sellado con caucho.

Citemos a continuación la capa de rodadura empleada en el puente de Almazán (Soria) en el año 1962.

Presentaba este puente un tablero en lomo de asno pavimentado con unos adoquines de gran tamaño, completamente pulidos, lo que creaba un problema de adherencia considerable. Se proyectó entonces una primera capa de lechada asfáltica en caliente con caucho que fuese muy adherente. Sobre ella, y adaptándose a la maquinaria existente, se colocó una capa de aglomerado asfáltico abierto en caliente que se compactó conjuntamente con una capa de mortero asfáltico de arena con el 4 por 100 de caucho; el mortero sirvió para sellar y para penetrar en el aglomerado abierto.

#### Másticos blancos.

El problema de los pasos cebra de peatones y de las señalizaciones, en las grandes ciudades, ha ido tomando progresivamente importancia en los últimos años.

Trataremos brevemente el tema, dando algunas reglas generales: los tres componentes fundamentales son los áridos, el ligante (una resina en general o una resina con caucho incorporado) y el pigmento blanco.

Los áridos deberán ser duros, no porosos y blancos.

El ligante suele estar constituido a base de resinas naturales o artificiales, tales como Colofonia, Resina del Camerum, diversos tipos de poliésteres, etcétera y un aceite plastificante (aceite de colza, acei-

tes minerales, etc.). La adición del caucho mejora las propiedades de este medio ligante y permite trabajar en un mejor intervalo de temperatura.

El pigmento blanco suele ser bióxido de titanio o litopón.

Damos a continuación algunas dosificaciones empleadas con pleno éxito en Inglaterra, Holanda y Alemania desde hace quince años:

	MINIMO	MAXIMO
Pasando tamiz 3 mm. ....	100,0 %	
» » 1 » .....	75,0 %	100,0 %
» » 0,3 mm. ....	35,0 %	65,0 %
» » 0,075 mm. ..	25,0 %	35,0 %
Caucho natural sin vulcanizar .....	0,8 %	1,0 %
Medio ligante .....	17,5 %	22,5 %
Adición de dióxido de titanio litopón ..	17,5 %	30,0 %

En Holanda se ha empleado con éxito la granulometría:

Cuarcita 4-6 mm. ....	15 %
» 2-4 » .....	33 %
Restos de porcelana o arena de cuarcita .....	26 %
Arena blanca 1-0,42 .....	5 %
» » 0,42-0,175 .....	12 %
» » 0,175-0,075 .....	9 %

En la preparación de la mezcla, por último, es preciso cuidar extraordinariamente la temperatura, por lo delicado de las resinas y conseguir una buena dispersión del caucho en las mismas.