

Tendencias modernas en los procedimientos de conservación de carreteras

Siempre ocuparon lugar destacado entre todas las obras públicas las vías de comunicación, y de éstas, las carreteras ofrecen un interés peculiar por sí mismas, como medio de transporte generalizado y por su relación con los demás medios de transporte: ferrocarriles, navegación marítima y aérea, y justamente son consideradas como uno de los principales instrumentos del utillaje económico nacional, y todo lo que a su perfeccionamiento y mejora se refiere es siempre interesante. En la época actual, el motor de explosión, facilitando el enorme desarrollo del transporte automóvil, hizo aparecer bajo un nuevo aspecto el problema de la carretera, que no estaba creada ni preparada para esta clase de circulación, y presentó de un modo angustioso la necesidad de disponer de vías adecuadas a este tráfico moderno, y la solución inmediata consistió, no en crear vías nuevas, sino en adaptar las existentes, dotándolas de una superficie lisa y unida y más resistente, capaz de soportar el paso de los nuevos vehículos sin sufrir la rápida desagregación que en los firmes de macadam produce la circulación automóvil.

Técnicamente este problema puede considerarse resuelto; las diversas clases de firmes especiales, con una experiencia de varios años, representan la solución en la casi totalidad de los casos que pueden presentarse; pero no sucede lo mismo en el aspecto financiero, y aun cuando la construcción de estos firmes se generaliza en todas partes, su aplicación se hace paulatinamente y no permite la mejora rápida e inmediata que se necesita en la vialidad de las carreteras para la rapidez de los transportes; para vencer esta dificultad se recurrió a diversos procedimientos, y de todos los actualmente en uso, el de mayor éxito y aceptado universalmente es el de los riegos superficiales con ligantes hidrocarbonados, alquitrán y betún.

Si observamos la amplitud y extensión de este procedimiento de conservación de carreteras en el extranjero, en el que se emplean cantidades enormes de alquitrán y betún, en el año 1931, en Inglaterra, la cantidad de alquitrán usado en riegos de carreteras pasó de ochocientas mil toneladas, y en ese mismo año, en Francia, se consumieron, exclusivamente en estas aplicaciones, cuatrocientas setenta mil toneladas de alquitrán y unas cien mil toneladas de betún, y comparamos, aun de un modo relativo, con lo que sucede en España, es preciso reconocer que, excepto algunas regiones, en las que desde hace años se utilizan estos procedimientos de conservación con excelente resultado, en el resto no se le ha dado la importancia debida, y como en estos últimos tiempos se nota una mayor preocupación y deseo de aplicarlos, creemos oportuno señalar sucintamente el estado actual de la técnica de estos procedimientos de conservación y los diferentes ensayos e investigaciones hechos últimamente, ya que el utilizar la experiencia ajena es siempre conveniente y puede ser muy interesante, evitando en ocasiones algún fracaso que retrase el uso de estos sistemas de conservación.

* * *

Los productos utilizados son el alquitrán y el betún en riegos en caliente, y estos mismos materiales, en forma de emulsiones, para emplearlos en frío, y recientemente, en la técnica de los riegos superficiales, aparecieron dos nuevos productos, las mezclas de alquitrán-betún y el "alquitrán-fillerizado", alquitrán mejorado por la incorporación de un "filler", cuerpo pulverulento, finamente cernido.

Riegos de alquitrán.—Desde su consagración oficial, en el primer Congreso de Carreteras de 1908, como sistema de conservación de carreteras, el alquitranado evolucionó profundamente en su técnica de aplicación. Primitivamente se utilizó, desde el punto de vista higiénico, para luchar contra las nubes de polvo, y al observar que reducía el desgaste del firme, se intensificó su aplicación, si bien ésta se reducía a regar el firme y formar una ligera película que lo impermeabilizaba y hacía más duradero; sobre esta película se echaba una ligera capa de arena, que servía para que secase más rápidamente, barriéndola cuidadosamente al cabo de pocos días. La experiencia de las obras y las investigaciones de laboratorio llevaron, dentro de la complejidad química de este producto, a un conocimiento más exacto de sus propiedades en relación con su utilidad en los firmes, y a perfeccionar la técnica de su empleo; hoy el alquitranado se hace para formar sobre el firme de la carretera un verdadero tapiz de alquitrán y de arena y gravilla, que forma una capa de desgaste que se renueva por riegos sucesivos en el momento oportuno.

Este nuevo método de empleo obliga a considerar los materiales utilizados desde un punto de vista diferente a como se les venía considerando: la arena o gravilla, que en el procedimiento primitivo era un sencillo material para cubrir el riego, ahora, en la nueva técnica, es un elemento principal, y hay que considerarlo como "agregado", y el alquitrán es el aglutinante de la superficie de la carretera, de una parte, y de otra este agregado, y para que el alquitrán cumpla esta misión es necesario que sea capaz de "mojar" las dos superficies que se ponen en contacto con él, la del firme y la del agregado; esto exige un estado fluido en el alquitrán en el momento de extenderlo, y después se necesita que este alquitrán fluido pueda transformarse de un modo duradero, por enfriamiento o evaporación, en un cuerpo sólido. Se ha llegado así a caracterizar el alquitrán de carreteras por ciertas de sus propiedades físicas: densidad, consistencia, viscosidad, y en su naturaleza química, como es tan compleja y las investigaciones realizadas en el laboratorio para determinarla dan origen a teorías diferentes, no demostradas prácticamente hasta ahora, y en estas investigaciones se utilizan aparatos complicados y costosos, imposibles de emplear para los productos de carreteras, cuya recepción y análisis tienen que ser rápidos y sencillos, se señalan solamente algunas propiedades químicas sencillas, necesarias para definirlo desde el punto de vista de su empleo práctico, como son el estudio del fraccionamiento en la destilación, caracterizándose el alquitrán por su cantidad de agua, aceites ligeros,

medios y pesados, el residuo de brea y también por los fenoles, naftalina y carbono libre.

Como resultado de estas investigaciones, están ya fijadas oficialmente las características que ha de tener el alquitrán que se use en carreteras, y estas características difieren muy poco en unos y otros países.

El agregado, arena y gravilla, se caracteriza por su naturaleza, por sus condiciones de dureza y por las dimensiones de sus elementos.

La formación del tapiz se hace, según dijimos, por medio de riegos sucesivos; el primer riego debe darse cuando el firme de la carretera esté en perfecto estado de rodadura y consolidado definitivamente; conviene, pues, hacerlo después de una reparación general de la carretera; a continuación de este riego debe darse el segundo, transcurrido que sea uno o dos meses; estos dos primeros riegos son indispensables para llegar a tener un buen revestimiento superficial; después de ellos, el tercer riego, al cabo de un año o más tiempo, según las condiciones y especialmente el tráfico de la carretera, y de estas características dependen los riegos sucesivos, que podrán espaciarse dos, tres o más años. Las cantidades medias de alquitrán que se emplean corrientemente por metro cuadrado son de 1,50 a 2 kilogramos en el primer riego, de 1 a 1,50 en el segundo riego y de 0,800 a 1 kilogramo en el tercero; los riegos siguientes no pasan nunca de los 0,800 kilogramos. Cada riego debe cubrirse de arena y gravilla, y las dimensiones de los granos varían de 0,5 a 15 milímetros, y la proporción de granos de dimensiones inferiores no debe pasar del 5 por 100; la que se extiende sobre el primer riego puede ser de dimensiones más pequeñas; en cambio, en los siguientes riegos conviene utilizarla de tamaño mayor, hasta de 20 milímetros. Esta incorporación debe hacerse en cantidades suficientes, y a partir del primer riego se apisonará mecánicamente. La cantidad de gravilla que se extiende varía de 10 a 12 litros por metro cuadrado, incorporándose al alquitrán de 6 a 8 litros. Después del primer extendido debe tenerse preparada sobre los paseos una cierta cantidad de gravilla para cubrir rápidamente de nuevo el alquitrán en el momento en que se reblandezca por el calor. Cuando se consigue que toda la superficie regada esté perfectamente cubierta con la arena y gravilla, desaparecen estos fenómenos de reblandecimiento. Con este sistema de riego se consigue obtener una capa de desgaste fácil de conservar y de perfectas condiciones para el tráfico.

Riegos de betún.—Comparte con el alquitrán el dominio de los productos utilizados en los riegos de carreteras; hizo su aparición en estos usos en Inglaterra en el año 1920; en Francia algún tiempo después, y actualmente se generalizó su empleo en todas partes. Se utiliza para los riegos en caliente a temperaturas de 160° a 180°, y su técnica de empleo es análoga a la de los riegos de alquitrán. El número de riegos suele ser menor y las cantidades por metro cuadrado son algo más pequeñas que las de alquitrán. A nuestro juicio, el betún no debe emplearse nunca en primer riego, que debe hacerse siempre con alquitrán.

Riegos de emulsión.—El alquitrán y el betún se emplean en los riegos de carretera en caliente por la fluidez indispensable que necesitan estos productos en el momento de su extensión, y para salvar los inconvenientes de este modo de empleo se hicieron

estudios para poder hacerlos en frío, llegándose a la solución interesante de las emulsiones de alquitrán y betún; las primeras, de las que se hacen aplicaciones en Suiza y en Inglaterra, no tienen todavía un interés práctico, pero sí lo tienen muy acusado las de betún cuyo uso se ha extendido en todos los países. Estas emulsiones están constituidas por suspensión de partículas de betún en el agua a razón de 50 por 100 en los casos corrientes, y aun del 60 a 65 por 100. Se preparan con agua caliente y una sustancia auxiliar, el emulsionante, que tiene por objeto activar la división de los glóbulos de betún, que se hace por medios mecánicos, y asegurar la permanencia en el tiempo de esta división, es decir, estabilizar la emulsión. Los principales emulsionantes son los jabones, y la fabricación de emulsiones es sencilla, si bien hay que señalar las cualidades del betún y las del emulsionante, y las proporciones de éste pueden causar cambios de importancia en la clase de producto obtenido. Una buena emulsión, además de las cualidades que como ligante ha de tener, debe ser lo suficientemente estable para que se pueda guardar un cierto tiempo y ser transportada sin coagulación, y que, al extenderla sobre la carretera, se verifique su ruptura lo más rápidamente posible. La ventaja de las emulsiones está en su empleo en frío y en poderlas usar con el suelo ligeramente húmedo. Aun cuando se suele decir que se pueden utilizar en las carreteras con toda clase de tiempo, incluso con lluvias abundantes, creemos que esto no debe hacerse nunca, como no se empleen emulsiones preparadas especialmente para estos casos.

Una cualidad inapreciable de las emulsiones de betún es su aplicación a la conservación ordinaria de toda clase de riegos superficiales; los pequeños baches que en éstos pueden iniciarse, los desconchados, las calvas, son rápidamente corregidos por pequeñas aplicaciones de emulsión y gravilla.

La técnica del empleo de las emulsiones es muy sencilla: su aplicación se hace a mano, con regaderas o con aparatos mecánicos, y se forma la capa de desgaste con emulsión y gravilla. Las cantidades de emulsión y gravilla por metro cuadrado suelen ser iguales a las de los riegos de alquitrán.

Mezclas de alquitrán-betún.—Como consecuencia de la generalización de los riegos de alquitrán y betún se intensificaron los estudios e investigaciones científicas de sus propiedades, en relación con el papel que desempeñan en obra, y los ensayos prácticos para mejorar sus cualidades y obtener productos que permitan, a base de ellos, hacer revestimientos superficiales, duraderos y económicos.

El alquitrán, por su fluidez, tiene un poder de penetración en el firme mayor que el del betún; es menos deslizante; su temperatura de empleo es menor, con la consiguiente economía de combustible y de material; toma mejor la arena y gravilla, y tiene un mayor rendimiento de extensión; en cambio es menos resistente al desgaste que el betún; es muy sensible a las temperaturas elevadas, presentando, en el verano, fenómenos de exudación; por la acción de los agentes atmosféricos se oxida superficialmente y se resinifica, volviéndose quebradizo y perdiendo poder aglomerante; tarda mucho en secar después de extendido.

El betún es casi inalterable por los agentes atmosféricos; resiste mejor la humedad que el alquitrán,

es más duradero y permanente y seca más pronto; pero su empleo es más difícil: exige condiciones de limpieza y sequedad de la carretera extraordinarias, temperatura de empleo más elevada; su poder penetrante es débil, por consecuencia de la coagulación que se produce inmediatamente de su contacto con la superficie fría de la carretera; se agarra menos fácilmente a ésta, es más deslizante que el alquitrán y toma con más dificultad la arena y gravilla.

Algunos de estos inconvenientes, en uno y otro producto, se corrigen sencillamente mejorando la técnica de su empleo; el reblandecimiento del alquitrán, en el verano, desaparece casi por completo mediante la incorporación cuidadosa de la arena y gravilla; la dificultad de extensión con tiempo húmedo se salva utilizando alquitranes reconstituídos que permitan extenderlos a temperaturas de 200°; el carácter deslizante del betún se disminuye evitando el exceso de éste en la superficie y mejorando la incorporación de arena y gravilla, recurriendo a métodos más o menos eficaces, como el calentar la arena y gravilla a elevada temperatura antes de extenderla, y apisonarla o regarla ligeramente con gas-oil veinticuatro horas antes de su extendido, procedimiento empleado con éxito en Bélgica por M. G. Denil.

Los inconvenientes de la falta de penetración del betún y la sequedad del firme necesaria se corrigen usando el alquitrán en primer riego; todo esto no cabe duda que supone una mejora en el uso y resultado de estos riegos; pero al observar las cualidades del alquitrán y del betún, que parecen completarse, surgió la idea de hacer la mezcla de ambos para conseguir un producto que reuniese las buenas condiciones de los dos y que los defectos estuviesen disminuídos.

Lo sugestivo de la idea hizo que se estudiase con verdadero interés, y en Alemania y Holanda, especialmente, se desarrollaron las investigaciones científicas, y en Suiza y Francia se hicieron ensayos prácticos con excelente resultado. Al mezclar el alquitrán y betún se busca combinar las cualidades particulares de cada uno, es decir, mejorar el alquitrán en su duración, resistencia al tráfico e inalterabilidad, conservar su plasticidad, obtener un secado más rápido y mantener la penetración y facilidad de toma de la arena y gravilla.

Los estudios teóricos no dieron siempre resultados completos; adiciones pequeñas de betún no obran en la medida necesaria; con adiciones más fuertes el producto obtenido no es homogéneo. Monsieur Mallison, de sus trabajos de laboratorio y de numerosas microfotografías, deduce que mezclas con el 20 por 100 de betún ya no son homogéneas, y que la mezcla óptima es con un 15 por 100, pues con una adición más fuerte de betún hay ruptura de equilibrio de las fases del medio coloidal alquitrán por los constituyentes coloidales del betún; comprobó también que la ductilidad disminuye con el aumento de betún, y que la cohesividad de la mezcla es más débil como consecuencia de la heterogeneidad.

El Dr. Lüer, como resultado de sus ensayos, deduce que la heterogeneidad de la mezcla es máxima cuando el betún oscila del 25 al 75 por 100. El doctor Schlapfer señala que es necesario una caracterización completa de los materiales usados, e indica que la calidad de la mezcla varía si se tiene una

tolerancia demasiado grande en los índices de viscosidad del alquitrán, y expresa, a su vez, que la variación de la viscosidad en función de la temperatura es casi análoga en todas las mezclas; que el crecimiento de la viscosidad para adiciones crecientes de betún es una función sensiblemente lineal, que depende de varios factores, entre ellos de la cantidad de carbono libre que tenga el alquitrán, y admite que, hasta un 80 por 100 de betún, la influencia del alquitrán predomina en las curvas de penetración. Klinkmann obtuvo como conclusión que el poder adhesivo del alquitrán aumenta con una adición del 15 por 100 de betún, y, por encima de ésta, que no se obtiene ninguna mejora; y, por último, una conclusión que se puede deducir de diferentes investigaciones es que, para adiciones débiles de betún, hay disolución de éste en el alquitrán, y para adiciones fuertes, hay disolución del alquitrán en el betún, y la zona de perturbación está alrededor de adiciones del 40 por 100 de betún. Hasta la fecha, los trabajos de laboratorio hechos sobre mezclas de proporciones elevadas de betún no permiten prever cómo se portarán en la carretera, y tampoco se hicieron ensayos de ellas en obra.

De los estudios que acabamos de reseñar ligeramente sobre las mezclas alquitrán-betún, vemos que no se deduce claramente el valor práctico de las mismas; pero, al lado de ellos, se hicieron realizaciones prácticas en la carretera, con resultado completamente satisfactorio, y esto tiene tal valor, que dió lugar a que el uso de estas mezclas se extendiese rápidamente, y hoy se emplean con éxito creciente en Suiza, Alemania, Inglaterra y Francia, y los técnicos de estos países están de acuerdo en que la mezcla alquitrán-betún representa una mejora de las condiciones del alquitrán, pues con ella se obtiene gran rapidez en la toma y secado del riego, la facilidad del riego es igual a la del alquitrán y admite gran cantidad de arena y gravilla, que se incorpora fácilmente, resultando un pavimento antiderrapante. La mezcla corrientemente usada es la de una proporción de betún del 20 por 100.

Como indicación daremos los datos de una de las aplicaciones de esta clase que hizo en Francia el ingeniero M. Bressot. Utilizó alquitrán deshidratado de la fábrica de Gas, de París, y, como betún, Spramex; la mezcla se hizo en caliente, a razón de 200 kilogramos de betún por metro cúbico de alquitrán; el riego se dió en segunda capa; la temperatura de extensión, 140°, y la cantidad de mezcla por metro cuadrado, 0,800 kilogramos. La gravilla, de 5 a 15 milímetros, se incorporó a razón de 8 litros por metro cuadrado. El resultado fué excelente.

La mezcla de alquitrán-betún no debe emplearse en primer riego, y las cantidades por metro cuadrado de superficie y las de gravilla incorporada varían según el estado de la superficie, clase y dimensiones de la gravilla y circunstancias en que se haga el riego.

Su fabricación se hace con bastante facilidad; debe usarse alquitrán de carreteras con las características reglamentarias, por lo menos deshidratado, y como betún sirven la mayor parte de los del comercio que se usan para carreteras. La mezcla se hace en caliente, a temperatura superior a 100°, aproximadamente a 120°, a la que el betún tiene fluidez suficiente, y es indispensable una agitación mecáni-

ca, pues por simple contacto no se obtendría la mezcla homogénea de estas dos sustancias, de densidad diferente, y para dispersar un producto en otro debe operarse esta agitación en toda la masa. Si la proporción de betún oscila alrededor del 10 por 100 y la mezcla se va a aplicar inmediatamente, se puede preparar en cubas provistas de un árbol con paletas, accionado a mano o con motor, con una velocidad de 30 a 60 vueltas por minuto. Si la proporción es del 20 por 100 de betún, se necesita una agitación más intensa, con velocidad de rotación mayor, mantenida durante una media hora, y si se quiere una mezcla estable durante algunos meses, y que sea transportable a distancia, la velocidad de rotación tiene que ser más grande, unas 150 vueltas por minuto, y la duración del mezclado es mayor; la temperatura alta favorece el mezclado, y debe mantenerse y aun elevarse durante la operación.

La preparación se hace, unas veces, introduciendo en el mezclador, que ya contiene el alquitrán, la totalidad del betún en la proporción deseada, y se agita, primero, lentamente, y luego, más de prisa; otras veces se introducen en el mezclador los dos productos, en partes iguales, y se hace la agitación a la velocidad máxima desde el principio al fin de la operación, y se completa después la carga con el alquitrán que falta, y también se hace admitiendo en el mezclador, alternativamente, cantidades proporcionales de cada producto.

Como vemos, las mezclas pueden hacerse en la carretera; pero es mucho más conveniente hacer la preparación industrial del producto y utilizar para el extendido aparatos adecuados, pues en los que se dispone corrientemente hay que hacer determinadas modificaciones para que la operación de extendido no sufra dificultades ni retrasos. El número de toneladas de alquitrán-betún que se empleó en Francia en riego superficial fué, en 1931, de 24 000.

"Fillerización" de alquitranes.—En la evolución que de los riegos superficiales venimos señalando, un nuevo método aparece para mejorar el alquitrán de carreteras, que ofrece aspectos muy interesantes; consiste, sencillamente, en incorporar al alquitrán un "filler", proponiéndose con esto un doble objeto, que muy claramente expresa así M. P. Le Gavrian:

1.º Corregir la excesiva sensibilidad de los alquitranes a las variaciones de temperatura, formando un producto de viscosidad elevado a la temperatura ordinaria, y que, al calentarlo fuertemente, ofrezca la suficiente fluidez para permitir su manipulación y fácil extensión sobre la carretera; que seque rápidamente, no se reblandezca en el verano y sujete convenientemente la gravilla con que en abundancia hay que cubrir los riegos superficiales.

2.º Economizar la cantidad de alquitrán efectivamente consumida por unidad de superficie, reemplazando una fracción importante de este alquitrán por una sustancia más barata, con lo que resulta una economía de dinero y, por consecuencia, un aumento de la superficie de carreteras regadas, sin aumento de gasto.

Este método de la "fillerización" se empezó a estudiar en Inglaterra y Francia en estos últimos años, y, según el mismo Le Gavrian, la prioridad de estos estudios pertenece a Francia; en uno y otro país se hicieron trabajos interesantes, entre los que destacan los realizados por los químicos ingleses E. V.

Evans y H. Pickard, y en Francia, los de M. Leauté, los del ingeniero jefe M. Boutet y los ensayos en obra del ingeniero M. Bedaux.

Las primeras experiencias prácticas de M. Leauté consistieron en formar un complejo binario de alquitrán y carbón, obtenido por un batido conveniente del carbón finamente pulverizado con agua y luego con el alquitrán; este complejo, mezclado a partes iguales con alquitrán, daba, en caliente, un fluido con todas las apariencias del alquitrán. En los ensayos hechos en la carretera el riego resultó satisfactorio, pero la operación con los medios usados dejaba mucho que desear. La continuación de las investigaciones formó una nueva técnica, cuyo estado actual resumimos a continuación.

El problema estudiado es incorporar un "filler" a un ligante, alquitrán, cuya cantidad se mantiene en exceso de manera a realizar una mezcla estable y suficientemente fluida, obteniendo un producto de mejores condiciones para el riego de carreteras. Los obteniéndose las mezclas alquitrán-fillerizado y alcaliza, finamente pulverizados, incorporados al alquitrán puro, o con una pequeña proporción de betún, obteniéndose las mezclas alquitrán-fillerizado y alquitrán-betún-fillerizado. Con cantidades de "filler" hasta de un 44 por 100 del peso total de ligante y "filler", las mezclas se extienden con facilidad, y la estabilidad de ellas es mayor cuando se usa el carbón que cuando se utiliza el "filler" calizo.

Los trabajos metódicos de M. Boutet, en los años 1930 a 1932, son muy curiosos y dignos de ser conocidos. Estudió principalmente las curvas de la viscosidad en función de la temperatura para una cantidad de "filler" determinada, y de la viscosidad en función de la cantidad de "filler" para una temperatura determinada, y llegó a definir las proporciones óptimas para realizar mezclas que en caliente tienen la fluidez del alquitrán y en frío una viscosidad cuarenta o cincuenta veces mayor. Los "fillers" tienen que reunir cualidades especiales: cierto grado de finura del molido, tanto más elevado cuanto el mineral es más denso; los "fillers" ligeros (carbón), de densidad 1,20 a 1,60, deben pasar por el tamiz número 100 (tamiz americano de 100 hilos por pulgada lineal), y los "fillers" pesados (calizos), de 2,40 a 2,70 de densidad, por el tamiz núm. 300; siendo estos grados de cernido los que se estiman de mejor resultado, teniendo en cuenta que el grado de finura influye en la estabilidad del "filler" en el ligante, ya que dicha estabilidad supone que la fuerza de frotamiento proporcional a la superficie de los granos hace equilibrio a la fuerza de la gravedad para una velocidad de decantación muy pequeña; por otra parte, el grado de finura no parece necesario aumentarlo para evitar las dificultades que surgirían para una dispersión homogénea del "filler" en el ligante, por las fuerzas de atracción, que harían que se soldasen, unos con otros, los granos del "filler"; otras condiciones más necesitan los "fillers": la regularidad de los granos y que éstos sean no excesivamente porosos; que no tengan reacción química en el alquitrán; que el grado de humedad no pase de cierto valor; que no contenga impurezas más densas, ya que éstas decantan rápidamente; en el carbón este problema de las impurezas tiene importancia, y debe procurarse siempre utilizar carbón puro o hacer, en ca-

so contrario, una previa eliminación de las cenizas y demás impurezas que pueda contener.

Las proporciones de "filler" más usadas suelen oscilar alrededor del 40 por 100 del peso total de la mezcla. M. Boutet, para expresar la cantidad de "filler", emplea una nueva notación: las proporciones las fija todas en peso, y la cantidad de "filler" de una mezcla la define por el peso de "filler" añadido a cien partes del ligante, y es lo que llama "fillerización"; es decir, que una "fillerización" de 50 indica que la mezcla tiene cien partes de ligante y 50 de "filler". Según Le Gavrian, es más claro aplicar la noción corriente del tanto por ciento expresando la fracción del componente que se encuentra en cien partes del todo, y estima también que este tanto por ciento y demás proporciones debían señalarse en volumen y no en peso, por tratarse de productos utilizados para cubrir cierta superficie con una cantidad determinada de ellos.

Entre las conclusiones más interesantes sacadas de sus trabajos por M. Boutet, figuran las de que, en una mezcla de alquitrán-"filler", la viscosidad crece sensiblemente, como la de una mezcla de alquitrán-betún cuando se hace variar la proporción, sea de "filler" por una parte o de betún por la otra, y la cantidad de "filler" necesaria para espesar el alquitrán hasta cierto grado es menor que la necesaria de betún para el mismo resultado. La semejanza con el alquitrán-betún parece ser más grande usando "filler" carbonoso que "filler" calizo; la susceptibilidad de una mezcla es más grande cuando la viscosidad se obtuvo mediante la adición de brea y no con "filler"; cuando la "fillerización" de los alquitranes se hace con "fillers" calizos, M. Boutet es partidario de mezclar al alquitrán una pequeña proporción de betún. Por último, la mezcla que estima de mejores resultados es: con "filler" carbón, cien partes de alquitrán y 70 de "filler", y con "filler" calizo, 90 partes de alquitrán, 10 partes de betún y 50 de "filler".

En los mismos años M. G. Bedaux hizo ensayos de estas mezclas en la carretera utilizando "filler" de carbón, y, después de varias experiencias y de

vencer dificultades surgidas, llegó a resultados interesantes, primero con mezclas de 350 kilogramos de "filler" por tonelada de mezcla y, últimamente, con mezclas del 44 por 100 de carbón; las densidades del carbón y del alquitrán empleados eran sensiblemente las mismas, y estas proporciones resultaban lo mismo en peso y en volumen.

La operación de la mezcla se hace utilizando aparatos mezcladores y de extensión sobre el firme; se vierte el alquitrán en el mezclador en la cantidad necesaria; se calienta a unos 70°; se empieza a mover el agitador y se añade el "filler" regular y lentamente, evitando la formación de grumos; la temperatura se va aumentando hasta 100 o más grados; la duración de la mezcla depende del tipo del mezclador y de que éste obre sobre toda la masa, por lo que conviene tenga las dimensiones suficientes para ello; el mezclado debe ser continuo, desde que se echa "filler" por primera vez hasta que se termina el riego.

Hasta la fecha la cantidad de estas mezclas que se aplicaron en Francia al riego de carreteras es del orden de 4 000 toneladas, y se utilizaron en riegos de segunda capa. Los estudios y aplicaciones prácticas de este nuevo método permiten estimarlo como un progreso importante en los riegos superficiales, y demuestran que con él se pueden obtener productos que secan muy pronto y cuya consistencia es mucho más estable a las variaciones de temperatura, que absorben con mucha más facilidad la gravilla, son menos deslizantes, y su empleo representa una economía, sobre el de los alquitranes, de un 10 por 100.

Aunque a estos resultados y conclusiones no puede dárseles un carácter decisivo, como es tan racional el principio en que se basa este procedimiento, es digno de que se le dedique la mayor atención.

En definitiva, los riegos superficiales son actualmente un sistema de conservación de carreteras tan ampliamente extendido, que sería muy conveniente que aquí en España se metodizase para que adquiriese su desarrollo completo, con lo que se beneficiaría, en alto grado, el estado de un gran número de carreteras.

Luciano YORDY
Ingeniero de Caminos

El puente de George Westinghouse

En septiembre último fué inaugurado en Pittsburgh el puente de George Westinghouse, que, con su arco central de 140 m de luz, constituye el *record* de América en arcos de hormigón armado.

Con motivo de una visita a esta obra pude recoger algunos datos interesantes, que amablemente me fueron facilitados por Mr. M. R. Covell, ingeniero jefe del Departamento de Puentes de Allegheny County, en Pittsburgh, a cuyo cargo estaba el proyecto y dirección de las obras.

Lleva el nombre del fundador de la Westinghouse and Manufacturing Electric Company, estando emplazado en las proximidades de sus fábricas.

Consta de cinco arcos: uno, central, de 140 m de luz; dos, simétricos, de 90 m, y dos, extremos, de

59,50 y 84,50 m, no simétricos por dificultades de cimentación. La longitud total es 485 m.

En el centro, la altura de rasante es de 60 m. El tablero, con una pendiente de 4 por 100, está proyectado para cuatro vías, con un ancho de 12,80 metros y dos aceras de 2 m en voladizo.

Los arcos son de bóvedas gemelas, sin arriostramiento, de 4,30 m de ancho y espesor variable entre 1,52 m en clave a 3 m en arranque, presentando esta sección transversal, respecto a las de mayor canto y ancho reducido, además de su mejor aspecto, una mayor estabilidad lateral para la estructura y cimbras y una disminución de las tensiones debidas a los efectos de temperatura y retracción de fraguado.