

Mezclas bituminosas drenantes para la exigencia polifuncional de los pavimentos

Por **Clegario Llanizares**
Presidente de la Asociación Española de Carreteras



Los pavimentos asfálticos se han ido perfeccionando de acuerdo a las experiencias de comportamientos y exigencias del tráfico creciente.

LAS mezclas bituminosas drenantes, también llamadas mezclas porosas en razón a su elevado contenido de huecos, tienen una aplicación creciente en capas de rodadura.

En la pasada década el comportamiento de las mezclas drenantes se ha mostrado satisfactorio por diversas razones: inmediata evacuación del agua de lluvia, absorción del ruido del tráfico, macrorrugosidad y aumento de la seguridad por un mejor contacto neumático-superficie de rodadura a velocidades elevadas, eliminación de salpicaduras en días de lluvia y supresión, asimismo, de los reflejos de las luces de los vehículos sobre el pavimento mojado.

Existe una serie de parámetros que contribuyen al logro de las ventajas citadas; justifican estas ventajas el nombre de pavimentos polifuncionales que en algunos países se ha dado a estas capas bituminosas de uso creciente, tanto en tramos de nueva construcción como en regularizaciones o refuerzos de firmes antiguos. Entre los ejemplos de nuevas secciones estructurales cabe citar la solución que va a ensayarse en Bélgica de losas de hormigón con armadura continua y capa de rodadura de mezcla drenante, antideslizante y sonoroabsorbente, ya ensayada en Italia.

En España, uno de los países pioneros en la formulación y experimentación de estas mezclas, se ha estudiado en tramos de seguimiento la evolución de la capa de rodadura drenante en un periodo de diez años, con resultados positivos y se ha puesto a punto un ensayo mecánico de evaluación, el *Ensayo Cantabro*, que se ha adoptado en algunos países europeos.

Los pavimentos llamados indistintamente asfálticos o bituminosos, destinados a las capas superiores de los firmes de carreteras, fueron perfeccionándose progresi-

vamente de acuerdo con las experiencias de comportamiento y las exigencias de las solicitaciones de un tráfico creciente (cargas verticales, esfuerzos tangenciales, fenóme-

nos de fatiga, etc.), a lo que se sumaban las necesidades de protección contra los agentes atmosféricos y la mejora de las características de la rodadura.

En España los primeros pavimentos de calidad, constituidos por una mezcla asfáltica dosificada con rigor, datan del final de la década de los 20 y corresponden a la gran mejora en la Red del Estado que supuso el Circuito Nacional de Firms Especiales, organismo del Ministerio de Obras Públicas que se creó en 1926. Algunos tramos de aquellos itinerarios elegidos —y hay que señalar que coincidían en general con los que no tenían problemas de drenaje— se mantuvieron en buen estado durante más de treinta años, prácticamente sin ninguna reparación ni tratamiento de conservación.

La tecnología de pavimentos fue ofreciendo una amplia gama de soluciones en los países más avanzados con adecuación de áridos y ligantes, la formulación de sus mezclas y el control de laboratorio. Los aglomerados en caliente y frío de granulometría cerrada o abierta, con distintos tipos de ligantes (betunes de destilación, betunes fluidificados y emulsiones aniónicas y catiónicas, alquitrán), los hormigones asfálticos de las *Standard specifications* americanas y británicas, el *Gussasphalt* o "asfalto fundido" de las normas alemanas, los aglomerados densos en caliente de la técnica francesa, y las mezclas prescritas por los "códigos de buena práctica" de otros países europeos, fueron cubriendo diversas fases en las décadas que siguieron a la posguerra cuando un desarrollo sorprendente del transporte por carretera exigía cada vez secciones estructurales de mejor calidad.

Con algún retraso seguimos en España esta gran evolución tecnológica de los firms pero ya a principios de los años 60, principalmente en los itinerarios del Plan REDIA y poco después en las primeras autopistas, empleábamos mezclas bituminosas bien proyectadas y compactadas en las capas de rodadura e intermedia así como con carácter opativo en las bases del firme.

Los problemas de la respuesta mecánica (calidad del árido, granulometría, penetración y dosificación del betún) que se reflejaron en la aparición de *roderas* por el efecto conjugado de cargas, temperaturas y pendientes del trazado, fueron superadas por los ingenieros de carreteras y el tema ya no es preocupante si se observan las prescripciones de los Pliegos contractuales y se cuida el control de calidad.

Respecto a otras características del pavimento, las mejoras se orientaron a la seguridad y comodidad de la rodadura y respondiendo a ello se pusieron a punto las mezclas drenantes o porosas que empezaron a emplearse hace 10 años en capas de 3 a 5 centímetros de espesor. Hay que decir que si bien estas capas se proyectaron con el objetivo básico de la evacuación inmediata del agua de lluvia de la superficie de rodadura, mostraron asimismo otras cualidades favorables como la mayor seguridad (mejor contacto rueda-superficie a velocidades elevadas) (1), cualidades de insonorización, con reducción de 5 a 6 decibelios (dB-A) —y más en caso de pavimento húmedo— respecto

“**E**n España los primeros pavimentos de calidad, constituidos por una mezcla asfáltica dosificada con rigor, datan del final de la década de los 20 y corresponden a la gran mejora en la Red del Estado que supuso el Circuito Nacional de Firms Especiales.”

a las mezclas convencionales y comportamiento satisfactorio en temperaturas extremas.

España, país pionero en el proyecto y experimentación de mezclas bituminosas drenantes, cuenta hoy con más de 10 millones de metros cuadrados pavimentados en los últimos años con este tipo de mezclas en autopistas, autovías, carreteras de tráfico pesado e incluso en algunas carreteras secundarias, en zonas de clima diferente. Existe pues una experiencia importante sobre la nueva alternativa para capas de rodadura y esto fue el motivo de la convocatoria del *Seminario sobre mezclas bituminosas drenantes*, (Madrid, 23-24 de Octubre de 1990) a modo de foro para exposición y debate de ideas sobre el estado de la técnica, en el que participaron ponentes de España y de algunos países europeos. El Seminario fue organizado por la Asociación Técnica de Carreteras, (Comité Español de la A.I.P.C.R.) y la fundación "Agustín de Bethencourt" de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid.

Propiedades de los materiales y mezclas

El comportamiento de las mezclas porosas en sus aspectos funcional y durable dependen de una serie de parámetros relacionados con determinadas características de los materiales y su mezcla: porosidad, permeabilidad, macrotextura superficial, resistencia al deslizamiento, rigidez frente a la deformación plástica, resistencia a los esfuerzos tangenciales de abra-

(1) En los aeropuertos de los Estados Unidos se emplean capas porosas para evitar los peligros del hidroplaneo.



La labor de investigación ha sido fundamental en el desarrollo de las mezclas drenantes.

“**L**a adherencia entre pavimento y neumático se reduce sobre todo cuando la película de agua en la interfase es gruesa y elevada la velocidad de circulación, ya que propicia el deslizamiento al no tener tiempo suficiente para eliminar el agua a través de los alveolos del neumático.”



La extensión de una capa de rodadura casi culmina la obra de carretera.

sión y succión. Se destaca en la concepción de la mezcla su propósito de evitar el fenómeno de *aqua-planing* o hidropneumático que puede producirse en días de lluvia. Por el elevado contenido de huecos la capa ofrece una gran permeabilidad y el agua se evacúa hacia los arcones en los que no debe haber colmataciones, ni ningún obstáculo que impida la salida a la cuneta o talud.

La adherencia entre pavimento y neumático se reduce sobre todo cuando la película de agua en la interfase es gruesa y elevada la velocidad de circulación, ya que propicia el deslizamiento al no tener tiempo suficiente para eliminar el agua a través de los alveolos del neumático.

Respecto a los materiales integrantes de la mezcla, los áridos tendrán características semejantes a los que se emplean en las capas convencionales. Coeficientes de desgaste, Los Angeles inferior al 20% y coeficiente de pulimento acelerado superior a 0,45. Es importante estudiar bien la fracción de filler en el que se recomienda al menos un 50% de aportación para el mejor comportamiento del mástico.

El ligante, por su parte, exige características peculiares dada la propia índole de la mezcla que nos ocupa. Una cualidad prioritaria es la adhesividad por la mayor exposición de la mezcla —dada su porosidad o abertura— a los agentes atmosféricos y especialmente al agua.

La escasez de fracción fina del árido —o sea de mortero— hace a estas mezclas más disgregables lo que hay que compensar con un mayor espesor de la película de betún; por el mismo motivo de la porosidad hay que exigir a éste una mayor resis-

tencia al envejecimiento que en las mezclas densas. Tales circunstancias aconsejan los betunes modificados con polímeros, polvo de caucho o aditivos que mejoran la consistencia, aumentan el espesor de la película e influyen favorablemente en la cohesión, adhesividad y susceptibilidad térmica. Deben emplearse estos betunes si, por las cargas del tráfico en el tramo de proyecto, debe exigirse a la capa de rodadura resistencia a la tracción y a la deformación plástica. En caso contrario pueden emplearse betunes convencionales 60/70 u 80/100.

En España se han empleado mezclas porosas con betunes convencionales y contenido de huecos del 16-18% y con betunes modificados y contenido de huecos del 21/23%. El tamaño máximo del árido es de 10 a 12 milímetros. El Pliego de Prescripciones Técnicas Generales de la Dirección General de Carreteras del MOPU incluye las mezclas bituminosas drenantes P-10 y PA-10 (contenido de huecos del 20 al 24%) que son las más empleadas; su comportamiento ha sido francamente bueno tanto respecto al deslizamiento como a la poscompactación bajo el tráfico pesado. El elevado contenido inicial de huecos se considera cada vez más importante no sólo respecto a la permeabilidad sino también en cuanto a las características antideslizantes del pavimento.

Las mezclas drenantes como cualquier tipo de mezclas abiertas, de las que son un caso particular, trabajan por rozamiento interno del esqueleto mineral. El ligante, por el bajo contenido de finos y en consecuencia la poca densidad de la mezcla, es

quien debe prestar a esta la cohesión necesaria.

En la formulación de la mezcla se trata de llegar a un compromiso entre la porosidad y la resistencia a la disgregación. En este aspecto se destacan las ventajas del betún polímero para un mismo contenido de huecos y porcentaje de ligante.

La calidad del betún, y concretamente la de ser de destilación o modificado, está relacionada con el contenido de huecos. En todo caso se insistió en que aún tienen campo los betunes de destilación o convencionales en los tramos de la Red en que no sea de temer una agresión dura del tráfico o el clima.

El Ensayo Cántabro

Los ensayos comparativos determinantes de estabilidad y deformación considerados como clásicos en el control de fabricación (Marshall, compresión simple, Hubbard Field, método de Hveem, etc.) no son apropiados para caracterizar una mezcla porosa que va a emplearse en capa de rodadura; en consecuencia en el Laboratorio de Caminos y Aeropuertos, de la Escuela de Caminos de Santander, se desarrolló el llamado *Ensayo Cántabro de pérdida por desgaste* que mide la resistencia de las mezclas a los esfuerzos tangenciales y de abrasión producidos por el tráfico. Tal ensayo se ha acreditado en fiabilidad y exactitud y puede ser asimismo usado en el proyecto y control de las mezclas de cualquier tipo en que la función esencial del ligante sea dar una buena cohesión a la capa.

En la ponencia dedicada al diseño

y sus problemas se trató ampliamente del tema (evaluación de la cohesión y resistencia a la disgregación). Como se dijo la experiencia sobre el comportamiento de las mezclas drenantes muestra que sus fallos más frecuentes son las peladuras y las pérdidas de árido. Esto indujo a pensar que la falta de cohesión podía ponerse de manifiesto, mediante algún ensayo que forzara a la pérdida progresiva de los áridos que se hallaran mal adheridos.

Se consideró la posibilidad de someter probetas fabricadas en el compactador del Marshall a un ensayo como el de desgaste de Los Angeles. El Ensayo Cántabro consiste en meter estas probetas en la máquina que se emplea para la determinación normalizada de la calidad del árido a una temperatura entre 18 y 25 grados C. Después de 300 revoluciones sin carga abrasiva (bolas) se saca la probeta y se pesa para conocer la pérdida expresada en tanto por ciento del peso inicial. Las normas exigen unas pérdidas inferiores al 20% o 30% según el tráfico y clima del tramo donde se van a emplear. Los resultados obtenidos en este ensayo indican su capacidad para detectar pequeñas variaciones en la composición de la mezcla. El ensayo es especialmente sensible a la variación del contenido de betún. Como se dijo se está empleando desde hace ocho años en España para la dosificación de mezclas porosas. La Dirección General de Carreteras del MOPT ha publicado una Norma y se han establecido unos criterios de proyecto. También se está empleando en los Departamentos de Carreteras de Bélgica y Alemania Occidental (2).

Experiencia española

Como antes dijimos uno de los motivos del Seminario era conocer los resultados de los pavimentos de este tipo de mezclas en la década transcurrida desde que se inició su utilización.

Las ponencias se refieren a experiencias del MOPT, carreteras de la Comunidad Autónoma de Madrid y Baleares y autopistas de peaje.

En Baleares la elección de solución fue acuciante por la carencia de áridos de calidad en aquellas islas. Se dispone sólo de calizas, habiéndose llegado a llevar ofitas de la península, lo que además del precio prohibitivo no dio en general resultados satisfactorios. Desde 1981 se prestó gran atención a la nueva técnica. Pronto tendrá la red revestimiento de mezcla asfáltica en su totalidad y la próxima meta será conseguir, por refuerzos y recubrimientos, que la capa de rodadura sea de mezcla drenante. En la actualidad la proporción es del 30%.

En Cantabria se establecieron tres tramos experimentales (dos en la CN-634 de Irún a La Coruña y uno en la A-8, Autopista de Bilbao-Behobia) para investigación de dosificación relacionada con el comportamiento y seguimiento en cuanto a evolución de la permeabilidad y del coeficiente de resistencia al deslizamiento, rozamiento transversal, disgregación y contribución de la mezcla porosa a la respuesta estructural del firme. La ponencia correspondiente constituye un documento de gran valor sobre la evolución de las capas de rodadura con profusión de cuadros, gráficos y fotografías

“

E

n España se han empleado mezclas porosas con betunes convencionales y contenido de huecos del 16-18% y con betunes modificados y contenido de huecos del 21/23%. El tamaño máximo del árido es de 10 a 12 milímetros.”

de textura superficial y sección en testigos serrados.

Otra ponencia se refirió a la experiencia de mezclas drenantes en autopistas de peaje (3); hay 292 kilómetros con mezclas drenantes y proyecto de su aplicación en otros 474 kilómetros en un plazo de tres años. Se prevé seguir de modo sistemático el comportamiento de los tramos en servicio y elegir para los de nuevo revestimiento aquéllos en que hay tendencia a la acumulación de agua por la elevada precipitación pluviométrica o la concavidad del perfil.

El balance de función y comportamiento de los tramos con mezclas drenantes es positivo por la seguridad y comodidad del tráfico (elevada resistencia al deslizamiento bajo agua, macrorrugosidad que aumenta el rozamiento neumático permanente) reducción de su ruido (muy importante en vías urbanas), mejora de la visibilidad de la señalización horizontal y evitación de salpicaduras de vehículos en cruces o adelantos.

Es un triunfo de las mezclas abiertas, —a las que tantos defectos se habían visto antes; sus cualidades ya se pusieron de manifiesto en el último Congreso Mundial de la AIPCR (Bruselas, Sepbre. de 1987) donde se apreciaron las ventajas de la nueva solución.

Experiencias extranjeras

Las mezclas bituminosas drenantes se están empleando en toda Europa, tanto en carreteras de nueva

- (2) En Austria se utiliza el Ensayo Cántabro para garantizar resistencias a los efectos hielo/deshielo.
- (3) Actualmente la longitud de la red de autopistas de peaje es de 1929 kilómetros, 300 km. con pavimento de hormigón y el resto con pavimento bituminoso.



Un buen drenaje es fundamental para la seguridad en la conducción, evitándose fenómenos como aquaplaning, etc.

“En la ponencia del Centre de Recherches Routières de Bélgica se expusieron los criterios respecto a la elección. Desde luego se aplicarán sólo sobre firmes estables, sin peligro de deformación por blandones y con deflexiones mínimas.”

construcción como en capa de refuerzo o regularización de firmes. En algunos países, y principalmente en Francia, se emplean también en grandes espesores (de 50 a 60 centímetros) o sea pavimentos totalmente porosos y absorbentes de ruido, para aplicación en vías urbanas.

La aceptación de estas mezclas tiene matices en cuanto a su generalización o selección en razón de las condiciones del tramo en que se van a aplicar, o sea las características intrínsecas y ambientales del firme sin olvidar las limitaciones económicas.

En la ponencia del Centre de Recherches Routières de Bélgica se expusieron los criterios respecto a la elección. Desde luego se aplicarán sólo sobre firmes estables, sin peligro de deformación por blandones y con deflexiones mínimas. En el caso de firmes de hormigón se proscriben el revestimiento en casos en que puedan producirse movimientos entre losas contiguas por defectos de juntas o bases de apoyo. Se estima en 2,5 millones de metros cuadrados la superficie cubierta con estas mezclas en la red estatal belga (toda sobre pavimentos antiguos) y con ello se considera que se ha pasado de la fase experimental a la fase industrial. Para los tramos de nueva construcción va a ensayarse una solución a base de hormigón con armadura continua y capa de rodadura de mezcla drenante que dé gran confort y seguridad.

Según se dijo mantienen el criterio de que sólo están justificadas las capas de rodadura drenante en calzadas con IMD superior a 1000 vehículos por carril y en virtud de ello se emplearán en todos los casos (Red del estado) betunes modificados (4).

En la ponencia de la Sociedad Autostrade se puso de manifiesto el

aumento del tráfico pesado (en frecuencia y cargas) de la red de peaje en los últimos siete años. Los costes globales de conservación se multiplicaron por 4,5 en el período 1980-88. Desde 1986 y a favor de la difusión de los ligantes modificados que compensan la debilidad intrínseca de la estructura porosa, se emplearon las mezclas drenantes para capas de refuerzo. A finales de 1989 había 4 millones de metros cuadrados de pavimento de este tipo en la red estatal, IRI-ITALSTAT. Señalamos el interés de la ponencia italiana en cuanto a la investigación realizada sobre las características fonosorbentes de los pavimentos de mezclas bituminosas drenantes que abonan su utilización en las vías urbanas.

Porvenir para las mezclas drenantes

Como se puso de manifiesto en ponencias y posteriores debates el concepto de mezcla drenante es sa-

“La investigación de mezclas acordes a condiciones del tráfico y clima y el seguimiento de sus funciones en el firme merece una atención sistemática y una normativa ad hoc. De ello deben ser conscientes los ingenieros responsables para aproximarse a soluciones óptimas en el aspecto económico-funcional.”



Un buen pavimento corona una buena autovía.

tisfactorio por diversas razones (eliminación de agua de lluvia, seguridad de la circulación, absorción del ruido, vida funcional del pavimento, etc.) y esto justifica su actual preferencia; es lógico ya que el coste adicional respecto a las mezclas tradicionales es pequeño frente a las diversas ventajas que aporta. En España después de varios años estas capas siguen mostrando una gran resistencia al deslizamiento con una limitada colmatación de huecos.

En las conclusiones se destacaron estas propiedades aludiendo asimismo a la posibilidad de utilización en zonas más frías; requieren en ese caso la extensión de mayor cantidad de sales fundentes y un eficaz mantenimiento preventivo. Es importante que las máquinas quitanieves pasen inmediatamente después de la nevada.

Creo que podemos felicitarnos por el éxito del Seminario en el que se cubrieron todos los aspectos del programa y se dio impresión de conocimiento de una técnica relativamente nueva y rápidamente asimilada. Está en imprenta la publicación que incluye las ponencias, lo que es norma de la Asociación a efectos de una mayor difusión informativa.

La alternativa de firme drenante, en la capa de rodadura o en todo su espesor tiene un futuro prometedor. Pueden emplearse tanto en nuevas carreteras como en refuerzos, e incluso en empleos parciales y rehabilitaciones. La investigación de mezclas acordes a condiciones del tráfico y clima y el seguimiento de sus funciones en el firme merece una atención sistemática y una normativa ad hoc. De ello deben ser conscientes los ingenieros responsables para aproximarse a soluciones óptimas en el aspecto económico-funcional.

(4) Betún elastómero nuevo, betún plastómero, betún-elastómero reciclado; con las ventajas que brindan estos ligantes se puede llegar contenidos de huecos del 25 al 27%.