

EL ALQUITRAN, LIGANTE HIDROCARBONADO PARA FIRMES DE CARRETERA

Por OLEGARIO LLAMAZARES GOMEZ

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Constituye el presente artículo una revisión de las aplicaciones del alquitrán y de las técnicas desarrolladas en los últimos años para la mejora de este ligante, que solo o mezclado con betún — para complementar las beneficiosas propiedades de ambos — tendrá cada vez mayor empleo en pavimentos. Como dice el autor, en España empieza a extenderse el empleo del alquitrán y es de esperar que se incremente el aprovechamiento en carreteras de la producción nacional, circunstancia que estimulará una fabricación del producto con arreglo a las especificaciones oficiales.

1. Generalidades.

El alquitrán, primer ligante utilizado en las carreteras cuando la aparición de los vehículos automóviles obligó a una protección superficial de los firmes de macadam para evitar principalmente el efecto perjudicial de los esfuerzos tangenciales que en las épocas de sequía producían la disgregación de la piedra, ha sido objeto de continuos estudios para su mejora y adaptación a los problemas planteados por un tráfico creciente en frecuencia, velocidad y cargas. Los trabajos de investigación y aplicación en los países de industria siderúrgica avanzada y el intercambio de información técnica estimulado y coordinado por la C.I.G.R. (1), han hecho posible una mejora y variedad de este producto por perfeccionamiento de su fabricación, obtención de distintos tipos con usos específicos en las diferentes capas del firme, y últimamente, por la introducción de los alquitranes modificados por adición de otros productos, lo que constituye un campo prometedor.

El autor del presente trabajo se ha ocupado en anteriores publicaciones [1 y 2] de las características generales del alquitrán de hulla y sus posibles aplicaciones en bases y pavimentos de carretera así como del restringido uso que de él se hace en nuestro país, como consecuencia de una falta de garantía en la calidad de la producción nacional. La falta de directrices y exigencias para una fabricación de este ligante (2) con vistas al empleo en afirmados, donde por otra parte las especificaciones deben ser cada día más estrictas, fue origen de productos de escasa adhesividad, origen de algunos fracasos, y con ello una pérdida de pres-

tigio que redujo considerablemente los volúmenes empleados, especialmente en la red de carreteras del Estado, donde apenas se utiliza.

Actualmente, la proporción de alquitrán nacional que se emplea en pavimentos es del orden del 7 por 100 de nuestra producción. Ascende ésta a unas 100 000 Tn. anuales que se reparten entre las siguientes factorías siderúrgicas: Altos Hornos de Vizcaya y Sagunto, Ensidesa y Uninsa (Asturias).

Para referirnos de pasada a las características del alquitrán recordaremos su modificación bajo los agentes atmosféricos, su gran adhesividad y su resistencia al efecto disolvente de los aceites minerales.

El alquitrán empleado en capa de rodadura se modifica al contacto con el aire y desaparece la película de cubrición del árido, exponiendo la superficie rugosa — para ello se exige piedra de alto coeficiente de pulido — al contacto con el neumático y da origen a pavimentos no deslizantes en días de lluvia, lo que es una condición preferente por lo que representa en el ahorro de vidas humanas.

Esta alteración del ligante que por el motivo expuesto es de destacado interés para las capas de rodadura, representa, sin embargo, un serio inconveniente para las mezclas de granulometría abierta, en las que al alterarse el ligante produce la disgregación del esqueleto

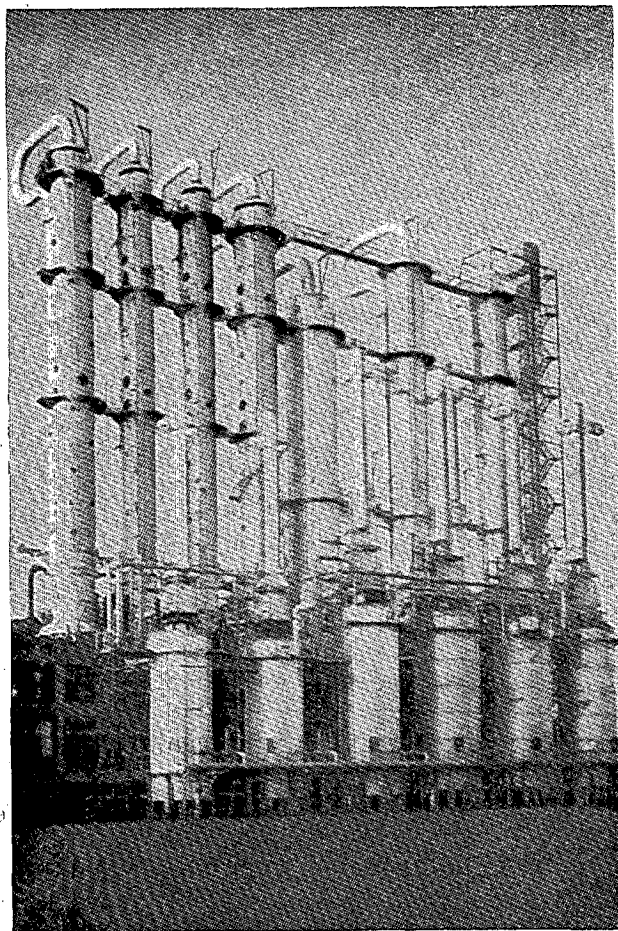
(1) Conférence Internationale du Goudron pour Routes, entidad creada en 1932 que agrupa catorce países europeos, entre ellos España.

(2) Frente a nuestro mínimo consumo de 7 000 toneladas, indicaremos los de algunos países europeos: Bélgica, 30 000 Tn.; Alemania Federal, 125 000 Tn.; Francia, 150 000 Tn.; Gran Bretaña, 485 000 Tn.

mineral, y es precisa la protección con un riego superficial de sellado que evite la acción del aire y el agua.

La viscosidad de los ligantes hidrocarbonados es, como se sabe, función de la temperatura. En este aspecto, el alquitrán presenta mayor susceptibilidad que los betunes, lo cual es un arma de dos filos. De una parte, la ventaja de un mayor poder de cubrición o "mojado" del árido, con temperaturas más bajas para el riego o la mezcla en planta. El inconveniente está en la menor estabilidad a las altas temperaturas del verano, lo que tiende a paliarse con un esqueleto mineral más rígido—árido duro de machaqueo en su totalidad y granulometría conveniente—y una dosificación mínima de ligante.

La gran adhesividad del alquitrán para cualquier tipo de árido, por la afinidad de los componentes polares de su estructura molecular, tanto para minerales ácidos o básicos es una



Planta moderna de destilación de alquitrán.

propiedad de gran valor para los tratamientos superficiales o bases del firme en zonas húmedas.

Por último, la gran resistencia a la acción disolvente de los productos petrolíferos, que por la diferente composición química del alquitrán presentan los revestimientos realizados con este ligante, los hacen especialmente indicados para su empleo en aparcamientos, pistas de aeropuertos, estaciones de servicio y otras zonas de estacionamiento que están sometidas a los efectos perjudiciales de carburantes y lubricantes.

El alquitrán se emplea actualmente en todas las capas que integran la sección estructural del firme según se indica a continuación:

- Tratamientos superficiales en vías de tráfico ligero o medio.
- Riegos de imprimación previos al tratamiento superficial sobre bases de macadam o de granulometría continua.
- Aglomerados de alquitrán para bases de granulometría abierta en las vías de tráfico medio y granulometría cerrada en las de tráfico pesado.
- El mismo empleo para capas intermedias y de rodadura con especificaciones más o menos críticas de granulometría, según el tráfico.
- Tratamientos de regeneración de pavimentos desgastados y corrección de tramos deslizantes.

A los efectos de que se pueda disponer de alquitranes adecuados para su aplicación en los usos que se reseñan, las nuevas normas españolas (1) especifican siete tipos de alquitranes que se definen por su densidad, destilación fraccionada, viscosidad y otras características determinadas por ensayos normalizados.

2. Reconstitución del alquitrán.

La mayor parte del alquitrán que se emplea actualmente en carreteras procede de los hornos de coque de la industria siderúrgica. Pero este alquitrán no es un alquitrán bruto o que haya sufrido una destilación parcial. Es un pro-

(1). Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes (en revisión). Abril, 1966.

ducto reconstituido a partir de breas destiladas previamente y aceites de diferente viscosidad.

Las breas empleadas para la reconstitución del alquitrán de carreteras son breas semigrasas con puntos de reblandecimiento Kramer-Sarnow de 53 a 78° C.

Los aceites medios y una parte de los aceites pesados permiten la fluidificación del ligante para su empleo en mezclas o tratamientos superficiales, previo caldeo a la temperatura adecuada; estos aceites se evaporan en casi su totalidad. Los otros aceites que no se evaporan, los aceites antracénicos pesados actúan como plastificantes y debe conservarse su efecto durante el mayor tiempo posible para retrasar el envejecimiento del ligante y darle adhesividad, cohesión y elasticidad, con lo que se impedirá el agrietado en tiempo frío.

3. Los alquitranes modificados.

Si los alquitranes de fabricación normal que responden a la mezcla de brea y aceites antes indicada satisfacen las condiciones que deben cumplir estos ligantes en la mayor parte de sus empleos en firmes de carretera, máxime con las mejoras que progresivamente se han ido introduciendo en los procesos de fabricación, hay casos en que se requieren tipos especiales. Se debe esto a las solicitaciones de cargas verticales y esfuerzos tangenciales que sobre el pavimento producen las grandes cargas y las velocidades de los vehículos modernos, especialmente en tramos de muy intenso tráfico o de características geométricas singulares: fuertes rampas, curvas cerradas, zonas de frecuente detención y arranque, tableros de puentes, etc.

Tales circunstancias impulsaron en los países de técnica avanzada a la investigación de tipos de alquitranes mejorados por adición de determinados productos que les confieren resistencia y estabilidad. Si, en verdad, los períodos de experimentación no han sido aún lo suficientemente largos, hay pruebas claras del comportamiento de estos alquitranes modificados, que han inducido a su recomendación para casos especiales. Si por ahora el volumen empleado supone una proporción pequeña, ésta irá aumentando con el aumento del tráfico u otras causas como la rápida fijación del árido en los tratamientos superficiales en tramos sin interrupción posible del tráfico.

Dos premisas fundamentales deben concurrir en la fabricación de los alquitranes modificados: que puedan producirse a escala industrial y que su coste no sea prohibitivo.

Entre los alquitranes modificados citaremos en primer lugar las mezclas de alquitrán-betún y alquitrán-brea. Con las mezclas de alquitrán-betún se ha pretendido aprovechar las buenas cualidades de ambos ligantes, o sea, asociar la adhesividad, la facilidad de extensión, la resistencia a los aceites disolventes y las ventajas para conseguir superficies antideslizantes del alquitrán con la menor susceptibilidad a los efectos térmicos y más larga vida del betún. La mezcla homogénea de ambos ligantes puede hacerse normalmente cuando la proporción de uno de ellos no pase del 25 por 100.

No obstante, actualmente existen procedimientos especiales en la mezcla previa de ambos ligantes o en el aglomerado con el árido con los que se consigue mezclar satisfactoriamente el alquitrán y el betún en cualquier proporción. Citaremos como ejemplo el método francés de doble envuelta [3]. Primero se inyecta el alquitrán en la mezcladora, sigue después el "filler" que fija este ligante al árido y a continuación se añade el betún.

Las mezclas de betún-brea se emplean principalmente en Inglaterra. La proporción de brea es del orden del 20 al 25 por 100, a veces el betún a que se incorpora es una mezcla de betún y asfalto Trinidad a partes iguales.

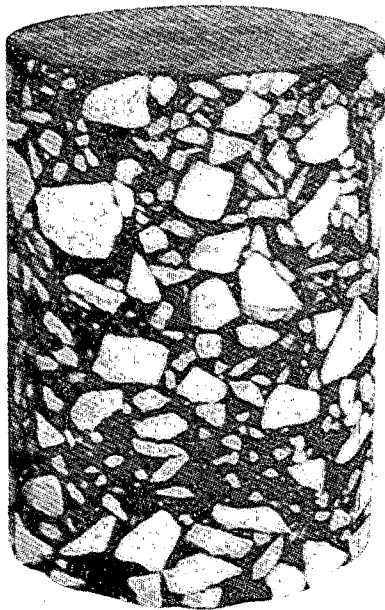
Nos referiremos para terminar este epígrafe a los alquitranes de baja volatilidad, caracterizados por un contenido elevado de aceites antracénicos pesados. Estos alquitranes evolucionan lentamente en cuanto a aumento de viscosidad por evaporación. Esta propiedad permite la fabricación con temperaturas más altas, y con ello, el empleo de áridos más húmedos, evitando un largo proceso de secado previo. Se puede llegar a temperaturas de 140° C. sin perjuicio para el buen mezclado ni para las propiedades reológicas del ligante.

4. El cloruro de polivinilo y otros aditivos.

Los ensayos de adición al alquitrán de polímeros sintéticos de fácil dispersión y que mejoran las propiedades de este ligante pusieron de manifiesto las ventajas que en este aspecto presenta el cloruro de polivinilo (CPV), gas lí-

quido a la temperatura ambiente bajo una presión de tres atmósferas. El CPV tiene una gran inercia química, es insoluble en los aceites de petróleo, muy hidrófobo y tiene gran afinidad para el alquitrán.

La mezcla es muy fácil y se llega a una dispersión perfecta, con la consiguiente homogeneidad. Las proporciones máximas a añadir son del 1,5 al 2 por 100. Las mejoras esenciales son un aumento de viscosidad y ductilidad, así como de la vida del ligante, disminuyendo la



Muestra extraída de una base de tarmacadam.

susceptibilidad térmica. El aumento de viscosidad da lugar a una fijación más rápida del árido, lo que es una cualidad muy valiosa para los tratamientos superficiales, por lo que puede evitar el desplazamiento de gravillas por el tráfico con rotura de parabrisas.

Una técnica más reciente es la adición de siliconas, productos de síntesis orgánica que difieren de las resinas ordinarias al carbono por la sustitución de un átomo de carbono por un átomo de silicio. Las siliconas, incluso en proporciones inapreciables, evitan la formación de espuma, a temperaturas superiores a 100° C., debido al agua que contiene el ligante o los áridos con que se mezcla. Con ello se consigue una mayor regularidad en el proceso de fabricación de las mezclas. Se consigue también una mayor manejabilidad de éstas — con la con-

siguiente ventaja para la extensión — sin que se aumente la fluencia en tiempo cálido.

La adición de siliconas evita también la fisuración, que se produce a veces en las capas del pavimento, gracias a unas tensiones internas a que da origen el aditivo incorporado.

5. El alquitrán en los tratamientos superficiales.

Los tratamientos superficiales siguen cumpliendo su gran función en las carreteras modernas, tanto como capa de rodadura en los tramos de tráfico ligero y medio como para riegos de conservación de pavimentos desgastados o corrección de superficies deslizantes.

Tienen aplicación, asimismo, en tramos de tráfico pesado, y en otras ocasiones hemos citado la perfección a que en la técnica de tratamientos superficiales se ha llegado en Australia (1), donde con una selección muy cuidada de áridos y ligantes, así como de su dosificación y aplicación se obtienen capas de rodadura aptas para soportar intensidades medias de tráfico de 10 000 vehículos/día. Los tamaños máximos del árido son de 18 mm., si bien en muchos casos no se puede llegar a este límite. Dependerá de si se trata de la primera o la segunda aplicación de un tratamiento doble, de la regularidad superficial del firme existente si se trata de un riego de conservación y otras circunstancias [4].

Los tratamientos superficiales siguen siendo las capas de rodadura más económicas, y si bien no pueden contribuir a la regularización del pavimento ni aportar un incremento a su capacidad portante, constituyen una protección contra la degradación del firme prolongando su vida y permiten la corrección de tramos deslizantes.

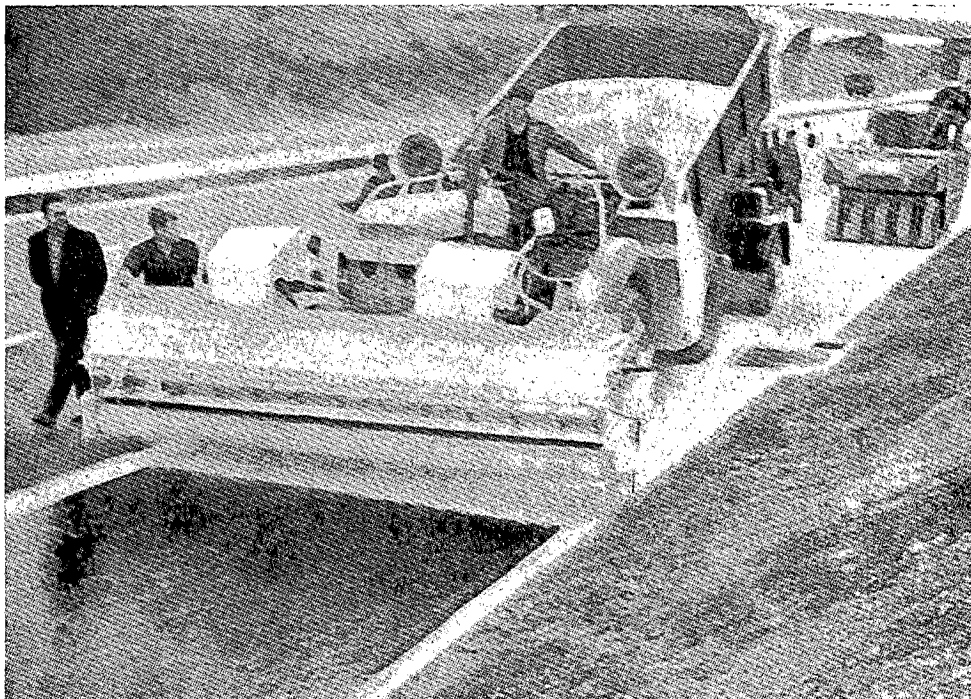
El alquitrán está especialmente indicado para los tratamientos superficiales, y actualmente las nuevas técnicas de aplicación de este ligante (adición de cloruro de polivinilo o áridos preenvueltos), que permiten el empleo de alquitranes de mayor viscosidad, le hacen cobrar aún mayor valor (2).

(1) En la técnica australiana de los tratamientos superficiales se han inspirado las especificaciones del Instituto del Asfalto de los Estados Unidos, lo que es una prueba del resultado satisfactorio de esos tratamientos.

(2) Un 50 por 100 de la capa de rodadura de la red inglesa de carreteras corresponde a tratamientos superficiales y de éstos el 80 por 100 se han hecho con alquitrán.

Los áridos preenvueltos que se emplean en tratamientos superficiales no deben confundirse con los que se incrustan por cilindrado en las capas de mezcla asfáltica para mejorar su resistencia al deslizamiento. Para el tratamiento superficial es precisa una menor dotación de alquitrán, del orden del 1 por 100 del peso del árido como máximo aplicado a una temperatura tal que sobre el elemento mineral se forma una película de brea. La extensión se hace

años, se conocen en España los aglomerados abiertos de alquitrán denominados por su nombre inglés de origen: *tarmacadam*. Estas mezclas se siguen empleando en diversos países de Europa como capas de base e incluso de pavimento si su textura abierta se protege con un riego de sellado, solución apropiada para vías de tráfico medio. Para evitar este tratamiento de sellado que desde luego encarece el coste del revestimiento, las últimas tendencias re-



Extensión de gravilla preenvuelta con alquitrán y compactación con rodillo de neumáticos.

a temperaturas superiores a 70° C.; para temperaturas más bajas el árido se pega y no sale de la repartidora.

La calidad de los tratamientos superficiales se ha mejorado últimamente por la compactación con rodillos neumáticos, que introduce mejor el árido y no lo rompe. Se evita el efecto de puente de la llanta rígida, consiguiéndose una capa de rodadura más uniforme y al mismo tiempo de mayor rugosidad.

6. Los aglomerados de alquitrán.

Desde hace mucho tiempo, si bien con una gran reducción de su empleo en los últimos

comiendan el empleo de alquitranes mejorados con cloruro de polivinilo o alquitranes de baja volatilidad a los que nos hemos referido anteriormente.

El incremento de tráfico en los últimos diez años ha exigido el empleo de mezclas cerradas en las capas de rodadura e intermedia. Se emplean en estas mezclas alquitranes muy viscosos, 58° C. E V T, con tendencia a llegar a 60 y 62° C. Ofrecen ventajas los alquitranes de baja volatilidad, que, como antes se dijo, permiten la fabricación a temperaturas más altas.

Las capas de aglomerados densos de alquitrán presentan una gran capacidad portante, y según lo expuesto en el informe presentado en

el Congreso de Tokio [3], su coeficiente de equivalencia respecto a las bases granulares e incluso a las estabilizadas con cemento puede tomarse igual a 2. La circunstancia de que pueden soportar el paso del tráfico inmediatamente después de su extensión, es una ventaja para las obras de ensanche y refuerzo de pavimentos en tramos en que no se puede desviar la circulación.

Las mezclas de mayor calidad son las llamadas en Inglaterra *dense tar surfacing*, recomendadas para aparcamientos, estaciones de servicio, zonas de depósito de carburante, etc., por su resistencia al efecto disolvente de los derivados del petróleo. Se ha comprobado la resistencia de estas mezclas a altas temperaturas, y un ejemplo elocuente es su empleo en zonas de servicio de un aeropuerto del Sahara, en donde han soportado temperaturas de 77° C. al sol.

Estas mezclas de gran estabilidad se fabrican con ligantes especiales, que han empezado a producirse industrialmente en los últimos años [5]. El ligante se calienta a temperaturas de 100 a 120° C., y el árido, a temperatura similar. La mezcla a la salida de la extendidora no debe ser inferior a 95° C. Si la distancia de transporte a obra es superior a 20 Km., los camiones deben llevar toldo para evitar pérdidas de temperatura.

Para conseguir el grado de compactación necesario, la temperatura de la mezcla no debe ser inferior a 65° C.; el equipo que se recomienda es el siguiente:

- Un rodillo tándem de 6 a 8 toneladas;
- un rodillo de neumáticos de 16 Tn., y
- un rodillo triciclo de 10 a 12 toneladas.

La compactación propiamente dicha se consigue con el rodillo de neumáticos; las pasadas del rodillo de tres ruedas tienen por objeto eliminar las huellas de los neumáticos y conseguir una textura uniforme en las superficie del pavimento.

7. "Slurries" de alquitrán.

Los *slurries* o lechadas a base de arena, filler, agua y un ligante hidrocarbonado responden a una técnica conocida y cada vez más em-

pleada en los últimos años, que puede sustituir en muchos casos y siempre con ventajas en el aspecto económico a los revestimientos finos de mortero asfáltico y a los tratamientos superficiales clásicos.

Se emplean estas lechadas para el sellado de pavimentos en capas de espesor máximo de 5 mm. Se trata de un tipo de riego superficial, que si no aporta una mejora estructural a la calzada, por la estanqueidad que confiera al firme puede mejorar la capacidad portante de la explanada, al impedir su imbibición por la filtración de las aguas de lluvia. Con estos tratamientos se regeneran los pavimentos desgastados, y puede demorarse en ciertos casos el refuerzo de un tramo de carretera hasta coyunturas económicas más favorables.

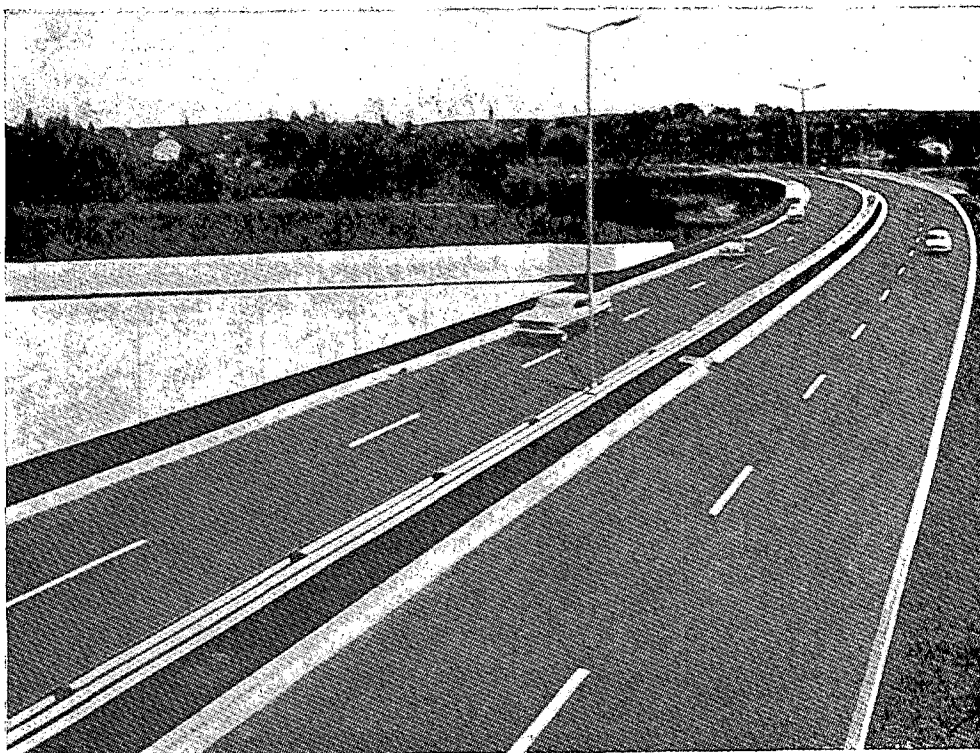
Las lechadas de alquitrán participan de las ventajas de todos los compuestos de este ligante, o sea, dan superficies rugosas y resistentes al efecto disolvente de los aceites minerales. Generalmente, se hacen con dos tipos de arena y con tamaño máximo de 3 mm., una natural y otra artificial, con una elevada proporción de "filler" que puede llegar al 20 por 100.

8. Perspectivas de empleo del alquitrán en España.

El empleo del alquitrán en nuestro país empieza a extenderse, principalmente en los Servicios de Vías y Obras de las Diputaciones Provinciales para tratamientos superficiales, o sea, primeros riegos con los tipos AQ-33 y AQ-42 sobre firmes de macadam ordinario.

Comienzan también a utilizarse los tipos más fluidos de este ligante, sólo o mezclado con betún, para riegos de imprimación o primeros tratamientos sobre bases de zahorra dada su gran penetración y coste económico.

Otra tendencia, que aún no ha salido de la fase experimental es el empleo en diversos usos de alquitrán-betún, de acuerdo con la técnica avanzada y ya de gran aplicación en Europa. Son dignas de mención, por lo que tienen de novedad y avance técnico los tramos experimentales del Ministerio del Aire y algunos Ayuntamientos — Madrid y Barcelona entre otros — que van a establecerse en breve, pavimentados con mezclas densas de alquitrán, con o sin adi-



Autopista con calzadas de aglomerado denso, fabricado con una mezcla de alquitrán-betún.

ción de resinas sintéticas, que confieren gran flexibilidad y resistencia. Esperamos con interés el resultado de estos ensayos tecnológicos comparativos.

Con la colaboración de todos y a medida que se vaya prestigiando este ligante de ventajas bien definidas — para lo que es fundamental la ordenación de la fabricación nacional —, saldremos de nuestro modestísimo consumo de 6 a 7 000 Tn. por año y nos iremos acercando a las 300 000 ó 400 000 que emplean otros países de Europa por razones de las propiedades específicas del alquitrán, en muchos casos complementarias de los ligantes bituminosos.

Referencias.

- [1] O. Llamazares: "El empleo del alquitrán en los pavimentos de carreteras". *Revista de Obras Públicas*. Noviembre, 1963.
- [2] — "Promoción de materiales para firmes de carretera". *Boletín de Información del Ministerio de Obras Públicas*, núm. 115.
- [3] Stewart, Bissegger, Marty and Paulmann: *Tar in road construction*. Informe presentado en el Congreso de Carreteras de Tokio, 1967.
- [4] *Principles and practice of bituminous surfacing*. National Association of Australian State Roads Authorities. Sidney. New South Wales, 1965.
- [5] P. Vessiere: "Goudron antikerose Stavojet K". *Goudron pour routes*, núm. 39. Janvier, 1968.