

ESTADO ACTUAL DE LA TECNICA FRANCESA DE CARRETERAS

Por J. A. FERNANDEZ DEL CAMPO
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

El autor se ha propuesto recoger en este resumen las particularidades de la técnica de carreteras, que en el momento actual se está empleando en el país vecino. Los datos han sido tomados durante una estancia en Francia, entre abril y agosto de 1964, siguiendo una invitación del Gobierno francés.

La red de carreteras francesas, a pesar de ser una de las más completas y mejor entretenidas del mundo, ha llegado a ser insuficiente en lo que se refiere a "Grandes rutas". Estas últimas, sobrecargadas de tránsito y llenas de puntos de reducida capacidad, tales como intersecciones y pasos de ciudades, llegan a hacerse difícilmente transitables, sobre todo, en fines de semana y época de vacaciones. El ritmo de construcción de autopistas que en la actualidad es de 300 Km. por año, tiende a acelerarse.

Para dar una idea somera de la red, nos permitimos reproducir los siguientes datos facilitados amablemente por la Dirección General de Carreteras del país vecino: Francia dispone en 1964 de:

700.000 Km. de carreteras dependientes del Ministerio de Obras Públicas de las que:

80.000 Km. son carreteras Nacionales.

250 Km. autopistas de las cuales 80 Km. de peaje.

De las carreteras nacionales:

20.000 Km. tienen anchura menor de 6 metros.

30.000 Km. tienen anchura entre 6 y 7 metros.

21.000 Km. tienen anchura de 7,50 metros.

9.000 Km. tienen anchura superior a 7,50 m., o sea, 3 y 4 circulaciones.

Como se verá, estas cifras, que son varias veces superiores a las españolas, llegan a resultar insuficientes, sobre todo en la temporada de verano, en la que el tráfico es superior al del invierno en un 29 por 100. El presupuesto de conservación para 1964 asciende a 352 millones de francos (unos 4.300 millones de pesetas). Aparte están los presupuestos de construcción y servicio especial de autopistas.

Fuera de esta red de carreteras, existe un admirable conjunto de caminos vecinales perfectamente pavimentados, y que no dependen de la Administración Central.

En el aspecto "Construcción", la mayor cantidad de los trabajos conciernen a la ejecución de variantes que eviten los centros urbanos y la ejecución de pasos a diferentes niveles. Sin contar el intenso trabajo de las autopistas.

Desde el punto de vista "Señalización", es perfectamente conocido el buen estado de la red francesa e incluso su gusto "especial" para el diseño y realización de intersecciones, zonas verdes, etc.

Sobre la técnica de carreteras puede decirse que Francia no es extraña a la pugna, por doquier, establecida entre firmes rígidos y flexibles, si bien en este país sólo está realmente planteada en la construcción de nuevas autopistas. En tal pugna, que como todos sabemos, no entran solamente en juego puntos de vista técnicos, llevan en el país vecino, en cuanto a kilómetros de autopista se refiere, ventaja los pavimentos flexibles, si bien los costos en este momento ya son análogos. Sobre este punto, insistiremos al tratar de las nuevas autopistas.

Sobre pavimentos flexibles en la construcción de nuevas carreteras, hemos podido llegar las siguientes conclusiones.

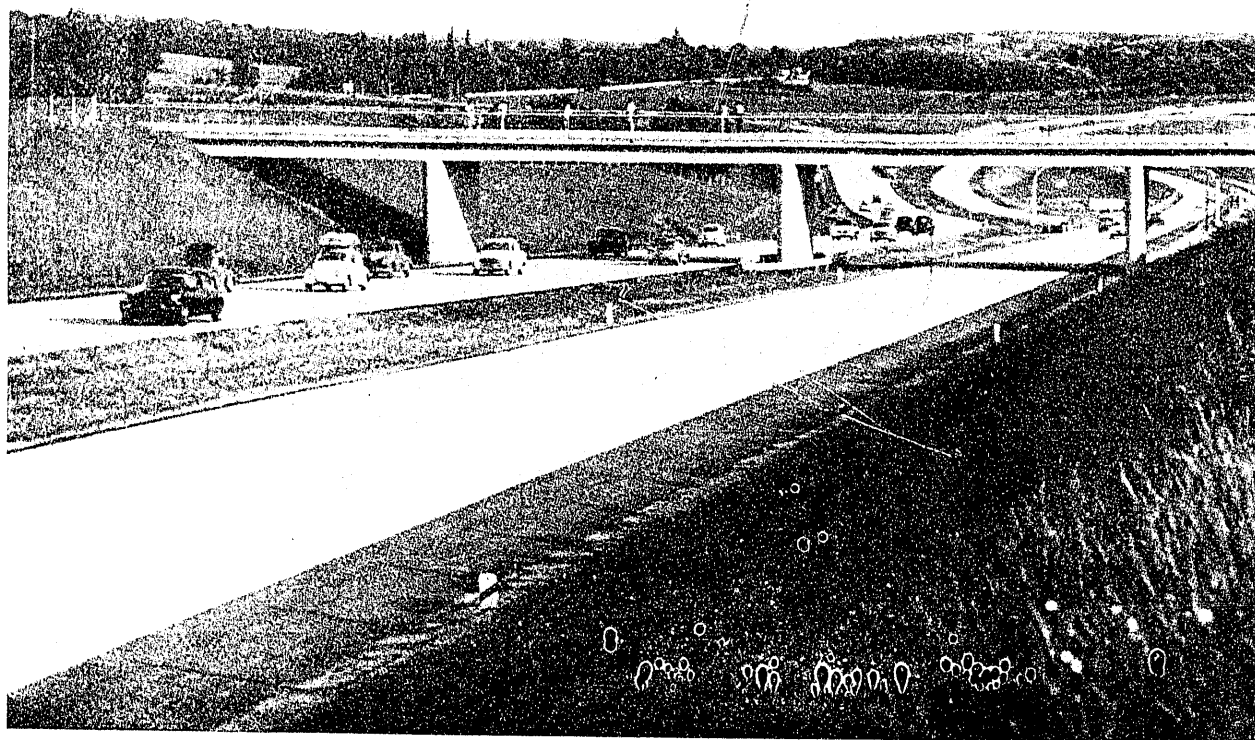


Fig. 1.ª — Nuevo tramo de la autopista del Sur. Proximidades del Valle de l'Ecole.

- Los espesores de calzada están dimensionados con un margen netamente superior a las correspondientes españolas.
- Las capas de sub-base están constituídas generalmente por materiales arenosos que, a veces, son extraordinariamente limpios por lo que no se compactan.
- Las bases están constituídas frecuentemente por dos capas de material granular semimachacado (a veces relativamente plástico), corrigiéndose la última mediante una pequeña cantidad de cemento, que desempeña un papel, sea de agente "Floculante de las arcillas" o corrector de la granulometría, aparte de contribuir a dar una cierta cohesión.

En este momento, en todos los laboratorios franceses, sean privados o del Estado, se llevan a cabo numerosas investigaciones sobre estas bases grava-cemento. Para ello se están estudiando unas mezclas de cemento poco activos y de cal o cenizas vo

lantes. La proporción de cemento, por otro lado, no debe pasar del 4 por 100, y la capa de aglomerado superior no ser menor de 12 cm. Es curioso algunas apreciaciones recogidas en un laboratorio regional, según las cuales, las fisuraciones apreciadas en las capas superiores de aglomerado, son mucho menores si el tráfico se hace pasar inmediatamente después de terminada la capa de rodadura, en lugar de hacer esperar un cierto tiempo. Asimismo, en algunas ocasiones se ha hecho constatar una posible pérdida de estabilidad de las bases grava-cemento o suelo-cemento, después de transcurrido un cierto tiempo y bajo la acción del tráfico. Naturalmente, parte de estas conclusiones son totalmente provisionales mientras se prosigue una intensa labor de investigación. Pueden destacarse en este aspecto los trabajos del ingeniero señor Godin.

Por otro lado, se intentan poner a punto unos ensayos normalizados para este tipo de bases. Como ensayo de control en obra de la cantidad de cemento de las bases es interesante el puesto a punto por el laboratorio central, basado en un método calorimétrico. Asimismo se intenta llegar a un molde normalizado para controlar la rotura de las probetas de grava-cemento.

En cuanto al cálculo del espesor no existe un criterio general establecido. Jeufroy, que está intentando poner a punto un nuevo método de cálculo de calzadas, no se atreve aún sobre tales bases, de momento, a definir un coeficiente de reducción con el que entrar en los ábacos CBR. De todas formas se sigue hablando de un coeficiente 0,75.

Las bases de macadam están prácticamente desechadas, tanto por el precio como por la difícil mecanización.

Por su parte, las bases asfálticas no están siendo muy utilizadas, si bien algunas secciones, tales como las de las autopistas de la Costa Azul, las han empleado con una tendencia a tipos de mezclas relativamente densas.

Asimismo se han utilizado en algunos departamentos del centro de Francia bases granulares estabilizadas con asfalto, en general, mediante emulsiones SS o menos frecuentes con Cut-backs. (Sobre este punto el lector español ha podido conocer un completísimo artículo de la revista *Routes*.)

Las capas superiores o de rodadura están, en general, construídas sobre una capa intermedia o de ligazón. Nada especial hay que destacar, en general, en ellas, sobre todo en lo que se refiere a las obras nuevas. Los áridos son a veces transportados desde enormes distancias y algunos tipos especiales de aglomerados, tales como los coloreados, están siendo cada día más utilizados en puntos localizados. El método más utilizado para control de las mezclas asfálticas, sigue siendo el Marshall, pese a que las dosificaciones suelen hacerse en laboratorio con el método Duriez.

Este último método, genuinamente francés, que tiene indiscutiblemente un valor científico superior al añadir el factor inmersión a los ocho días, resulta excesivamente complicado.

Entre los tratamientos superficiales hay que destacar el empleo masivo de las mezclas tipo "mortero asfáltico" (Tapisables, Composables, etc.). El número de patentes se ha multiplicado de manera rápida en los últimos años, lo que demuestra, por un lado, lo útil del procedimiento, y, por otro, su simplicidad: "Mezcla de arenas naturales y artificiales, cuidadosamente dosificadas y aglomeradas con un ligante, en general, flúido y activado". Estas mezclas tienen un porcentaje de huecos mucho mayor que el de un aglomerado cerrado y son verdaderos tratamientos superficiales — nada más y nada menos —. Su estudio y control se efectúa por el método Hubbard-Fiel, con estabilidades medias a 18°, de 15.000 a 2.100 Kg., y relaciones inmersión com-

presión de 0,85 a 0,90, o bien estabilidades a 40° del orden de 880 a 1.380 Kg. Además de la activación, suelen emplearse varios sistemas, sea para mejorar la trabajabilidad y adherencia o bien para corregir defectos de los filleres. Estos sistemas pueden consistir en una pre-enuelta con el alquitrán flúido y activado, en añadir una cierta cantidad de cal hidráulica como activante, corrector, filler, etc. La puesta en obra, como todo el mundo conoce, se realiza fácilmente con la ayuda de una motoniveladora especialmente equipada, conducida por un buen maquinista que no debe dar más de una sola pasada. En definitiva, los técnicos franceses ven estos morteros, remedios "delicados, pero eficaces" a las enfermedades que tradicional-

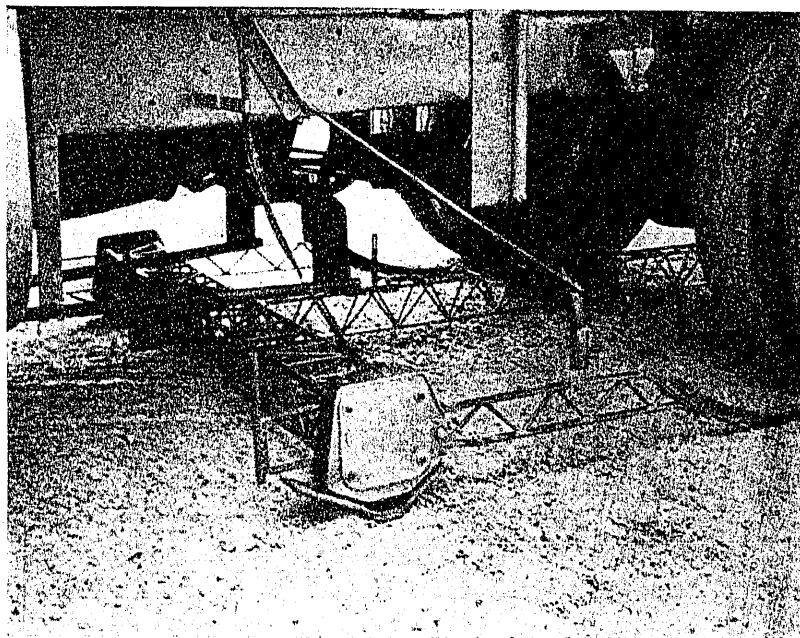


Fig. 2.^a — Carro móvil del deflectógrafo Lacroix.

mente se trataban con los riegos asfálticos, y que, sobre todo, en las carreteras de fuerte tráfico han casi sustituido a quéellos.

Las lechadas asfálticas en frío no han sido muy utilizadas en Francia. Esto no deja de ser extraño, sobre todo, teniendo en cuenta la gran tradición y experiencia existente sobre las emulsiones, y que desde hace años se vienen fabricando tipos especialmente sobreestabilizados para bases suelo-asfalto. Los riegos de conservación se efectúan, sea con Cut-backs activados o con emulsiones (especialmente catiónicas) y siempre con maquinaria pesada y adecuada, es decir, cisternas regadoras y repartidoras de gravilla.

Hay que recoger la gran madurez y experiencia que sobre tales tratamientos de conservación existe. Naturalmente, cuando los riegos se hacen con emulsiones la granulometría de las gravillas suele ser ligeramente diferente de cuando se efectúan con betunes fluidificados. *El betún puro ha sido desterrado de los riegos, incluso en el verano*, pese a la buena maquinaria de que se dispone.

Quedan, por último, los aglomerados en frío, bastante utilizados para parcheos y zonas localizadas. Estos aglomerados, hechos con betunes pigmentables, se han conseguido colorear, a veces, para emplearlos en aceras, zonas de parada, etc. También se han hecho algunas pruebas con productos, tales como la "Luxovita" (pedernal

calcinado), para "blanquear" los aglomerados asfálticos, mejorando sus condiciones de visibilidad durante la noche.

El caucho, bajo diversas formas se ha empleado en los últimos años en diversos tramos de ensayo, por ejemplo, en los alrededores de Blois. Las conclusiones más interesantes han sido recogidas durante *Les journées d'études des bitumes-caoutchoucs*, París, 28-29 de mayo de 1964. Existen otros tipos de capa de rodadura, algunos basados en patentes, más o menos justificadas, y que responden un poco al espíritu inquieto que, en general, tiene el francés.

Las autopistas, según el presidente de la República Francesa, van a ser puestas en servicio a razón de 300 Km. por año. Cifra que debe ser ampliable en breve. Este propósito parece que va a ser en general conseguido. Para ello se ha creado un servicio especial de autopistas que, con autoridad supra-departamental, ha emprendido el estudio sistemático y detenido de los proyectos y programas de trabajo. El criterio seguido para elegir los primeros tramos de autopista ha sido el construirlos en las zonas en que las carreteras existentes estaban en peores condiciones, sea por poca capacidad de tráfico o por mala calidad de la calzada. Tales son los casos de las autopistas de Normandía en el distrito de Mantes la Jolie, y de la autopista del Sur, en el departamento de Yonne.

Con firmes rígidos, sólo existen construídas la vieja salida de la autopista del Oeste en París, que va a ser recubierta de aglomerado en breve, y la de la nueva autopista del Sur. En esta última vía, hay que destacar el último tramo, construído con la nueva máquina de encofrados deslizantes y control automático de nivelación (sobre este punto, no escribimos más extensamente por haberlo hecho no hace mucho tiempo en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, nuestro compañero Sr. García Meseguer). Baste añadir que tanto el aspecto general de la obra, como la rodadura, son excelentes.

No es para nadie un secreto que la técnica de los pavimentos rígidos no ha sido desarrollada en Francia. Sin embargo, en el momento actual, empieza a percibirse ya una "técnica peculiar francesa" sea en el hormigón tradicional, como en los hormigones pretensados.

En los hormigones tradicionales, existen las siguientes tendencias:

- Hormigones en masa perfectamente uniformes, pero de resistencias relativamente bajas.
- Juntas de retracción serradas, a veces oblicuas, a distancias variables (para evitar las molestias del golpeteo continuo y uniforme), y sin armar con pasadores.
- Bases constituídas, en general, por gravas y zahorras naturales estabilizadas con cemento o productos especiales convenientemente drenadas.
- Sub-bases arenosas, de poco espesor.
- Arcenes de gravas-cemento, recubiertos por aglomerados asfálticos.
- Espesores de losas de hormigón de 25 a 30 cm. Distancia entre juntas de 5 a 6 m.

En el tipo de hormigón pretensado para carreteras, sí es posible decir que en Francia se ha llevado casi siempre la iniciativa. Buen ejemplo son los pavimentos pretensados de varios aeropuertos del país y de sus antiguas posesiones (Aeropuertos de Argel), así como en el tramo experimental de Fontenay, que tuvimos ocasión de visitar, acompañados por su autor, Sr. Peltier. Este tramo, en el que está inspirado parte del

“tramo de ensayo español”, ha tenido un buen comportamiento a juicio de los expertos franceses, aunque el aspecto que se ofrece a los espectadores no sea tan optimista. Se ha podido notar el buen resultado de los sistemas elásticos de pretensado, pese a las existencias de muchas fisuras en las losas; lo mismo puede decirse de los sistemas fijos. De todas formas conviene hacer constar que las condiciones climatológicas e hidrométricas del tramo español son mucho más severas que las del tramo francés, y los medios del laboratorio central de aquel país, muy superiores a los nuestros.

En líneas generales se considera que los sistemas de pretensado, ensayados en estos tramos, no han salido aún de la fase puramente experimental. Es decir, no se

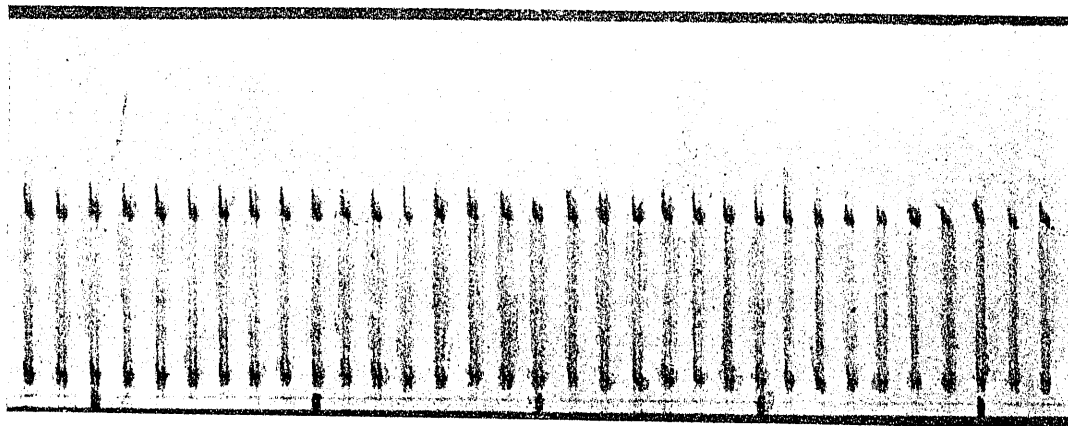


Fig. 3.ª — Registro de deflexiones por cada rueda de camión. Escala, longitud de 1/1.000.

está en condiciones de construir una carretera normal mediante los sistemas externos de pretensado. Problema aparte es el de los aeropuertos, ya que la vigilancia de los mismos puede ser mucho más fácil y barata. De todas formas, no dejan de existir defensores acérrimos de las losas pretensadas e investigadores estuquiastas, con cuyo trabajo tal vez pronto se pueda llegar a unas nuevas soluciones. Naturalmente, en el campo general del hormigón pretensado, y dejando aparte las carreteras, hay que destacar las realizaciones y experiencia de los puentes pretensados, en lo que se está logrando aunar economía, función y estética.

El servicio especial de autopistas francés ha considerado de especial interés la estética y la regularidad en el trazado de las nuevas rutas, realizando estudios minuciosos sobre futuras perspectivas, composición de volúmenes, posibles pérdidas de trazado, iluminación, etc. Estas medidas, actualmente necesarias, no habían sido tomadas muy en cuenta todavía (así en la autopista del Sur, departamento Yonne, y en la autopista del Oeste en Mantes la Jolie, observamos numerosos defectos ópticos de trazado).

Especial mención merecen las obras de fábrica de las autopistas. En general, de líneas cuidadas y construcción impecable, han sido programadas y calculadas en los cerebros electrónicos de la I. B. M.

El dominio de la investigación en Francia es llevado a cabo por el Laboratorio Central de Ponts et Chaussés y por los Laboratorios Regionales dirigidos y asesorados por aquél. Los progresos de las investigaciones en los últimos años son francamente notables, esperando que se mejoren las normas y ensayos actuales. De los adelantos logrados se pueden tener referencias por el “Boletín des Laboratoires Routiers”.

res", publicación bimensual editada por el Laboratorio Central de París, y que establece un sistema de relaciones, consultas y encuestas sobre las partes más interesantes en el momento, al tiempo que informa sobre los acontecimientos y resultados a que se ha llegado en las diversas partes del país, brindando, por tanto, un sistema de relación excelente.

Aparte de estos laboratorios estatales, las grandes empresas disponen de sus laboratorios propios, provistos de Secciones perfectamente equipadas, como los del Estado, y actuando sobre todo en cuestiones de investigación aplicada. Así, no es extraño que las grandes empresas francesas cuenten en un número más o menos elevado de patentes que explotan, y de las que se valen tanto económicamente como desde el punto de vista prestigio.

En nuestra visita al Laboratorio Central de París, algunos trabajos nos han llamado especialmente la atención, como son los de la Sección de Mecánica de Calzadas, que dirige el señor Leger. En esta Sección se lleva a cabo un intensísimo trabajo al que está dedicado un número considerable de expertos, abordando desde diversos puntos los problemas que constituirán las futuras bases de una mecánica de calzadas.

Simultáneamente a los cálculos teóricos y de laboratorio en varios tramos de carretera del país, se han instalado un número considerable de dispositivos para medir presiones, impactos y deformaciones en las capas de un pavimento. Gran parte de estos aparatos han sido también diseñados por el propio Laboratorio Central. Especial mención merecen los estudios que se llevan a cabo para determinar un "módulo visco-elástico" o módulo complejo en los aglomerados asfálticos con el que poder determinar y valorar fenómenos tan imprecisos como los llamados actualmente: "efecto losa" y otros similares.

En el Centro de Ensayos de Rouen se trabaja, por otro lado, sobre unas fosas de ensayo a escala natural, que tuvimos ocasión de visitar. Aunque hasta el momento los trabajos allí se han reducido a poner a punto todo el conjunto y método de trabajo, es posible prever un interesante futuro en tal centro.

También merecen especial interés los nuevos tipos de defectómetros y defectógrafos, especialmente el de Lacroix, montado por el Laboratorio de Angers. Se trata en líneas generales de una viga incorporada a un camión en movimiento y que mide de manera continua las deflexiones producidas por el propio camión. Este marcha a una velocidad de 2 a 3 Km./h. y registra dos puntos cada tres metros. Imagínese el lector la cantidad de lecturas que en una jornada se pueden obtener. Tuvimos ocasión de ver funcionar tal deflectógrafo, en un nuevo tramo de la autopista del Sur, y nuestra opinión fué que es un aparato de un valor "inestimable" para realizar prospecciones y obtener resultados estadísticos generales sobre antiguas carreteras en tren de reparación o de recargos de espesores. La figura 3.ª recoge un aspecto parcial del defectógrafo Lacroix.

Hay que hacer constar, por último, la armonía existente entre los Laboratorios de la Administración y los de las empresas constructoras, y cómo sobre multitud de puntos trabajan asociados. Sobre el control de obra hemos notado que, si bien no se realiza de manera tan estricta como en nuestro país actualmente, sí se hace de manera más racional. Tal vez sea un problema de veteranía.

Naturalmente, estas líneas podrían prolongarse con descripciones más detalladas y complejas. Sin embargo, nuestro propósito, de momento, ha sido transcribir, de manera casi periodística, la idea que del panorama general de la técnica francesa de carreteras hemos obtenido sobre el terreno.