

se corrigen los defectos que se noten. En la revisión *B* se examina también el estado del hilo de trabajo, de los transversales, piezas de suspensión, empalme y anclaje, y se corrigen los defectos observados.

La revisión general *C* se efectúa dos días al mes, y es semestral para toda la línea, siendo las operaciones análogas a las de la revisión *B*, con la diferencia que se extienden sistemáticamente a todos los vanos y puntos de suspensión, comprobándose la altura, el zig-zag, la sección del hilo, etc. Durante esta operación se comprueba el aislamiento de la línea: primero la de las piezas de suspensión, conectando una lámpara entre el transversal y tierra con la línea en tensión; luego los tensores aislados, conectando la lámpara entre el hilo de trabajo con tensión y el transversal. Se sustituyen las piezas defectuosas y se limpian, pintan y engrasan las demás.

Las operaciones de conservación se facilitan con el empleo de torres automotoras con motor de gasolina, que permiten transportar rápidamente el personal y los materiales empleados. A fin de estimular al personal de recorrido en su labor de revisión, tan importante para evitar averías, se le da una prima al transcurrir tres meses sin avería alguna, prima que va aumentando hasta llegar a un año, si continúa el servicio normal de la línea aérea, y permanece constante mientras continúa dicha normalidad, anulándose si se produce alguna avería en servicio.

Las disposiciones indicadas han resultado muy eficaces hasta el punto que las averías, en la línea aérea son verdaderamente excepcionales, transcurriendo

generalmente muchos meses y a veces hasta un año sin que se presenten en toda la red, a pesar de ser muy duro el trabajo de nuestra línea aérea, por la frecuencia de los trenes, la potencia de los motores y la tensión adoptada, que es, como hemos dicho, de 600 voltios, lo cual determina intensidades máximas de arranque del orden de 1 400 amperios por tren de cuatro unidades.

*Organización de socorro.*—Por raras que sean las averías, es preciso estar preparado para corregirlas y reanudar rápidamente el servicio. Cuando se produce una avería de alguna importancia, queda la línea sin corriente y detenidos los trenes; de modo que no puede acudir por la línea con los elementos de socorro y se necesita disponer de elementos reparados por la línea o llevarlos por la superficie.

Entre los primeros (de la línea) se dispone en todas las estaciones de escaleras que, unidas a la herramienta portátil del personal de guardia, cuya obligación es dirigirse por el medio más rápido al lugar de la avería, permiten reparar, a veces sin interrupción del servicio, pequeñas averías o efectuar un arreglo provisional de otras de mayor importancia. En los puntos en que se dispone de sitio existen además unas torres fáciles de encarrilar, que son de utilidad si la avería se encuentra próxima a dichos puntos. Entre los segundos (de superficie) tenemos una camioneta-automóvil provista de herramental completo y de una torre desmontable que se arma rápidamente y nos ha sido de gran utilidad en algunos casos.

Con lo expuesto damos por terminado nuestro estudio sobre la línea aérea del Metropolitano Alfonso XIII, y dejamos para un próximo artículo el de las tomas de corriente de dicho ferrocarril.

---

## Notas de un viaje a Norteamérica

No da un mes de estancia en Norteamérica tiempo para poder formar juicio exacto de su enorme organización de trabajo; no han de ser los que emitamos, por esta causa, dejada aparte nuestra incompetencia para ello, definitivos, sino que en las siguientes líneas encontrará el lector únicamente una serie de observaciones sueltas sobre distintos problemas de ingeniería y especialmente sobre los modernos firmes de las modernísimas carreteras de aquel país, objeto principal de nuestro viaje.

*Aspecto ingenieril de conjunto.*—La primera impresión para el ingeniero español, europeo, si se quiere, es abrumadora: el conjunto de la organización americana de trabajo es realmente colosal para nuestros hábitos. Fábricas enormes, puerto colosal, movimiento más colosal aún; unido a esto, hoteles para descansar, de treinta pisos, donde le trasladan a uno a su celda de aquella colosal colmena en ascensores expresos que acaban por ayudar a que nuestra pobre inteligencia se encuentre en pleno vértigo a las pocas horas de pisar tierra americana.

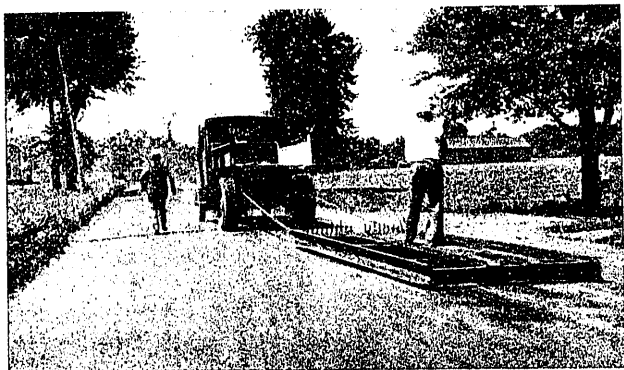
La primera dificultad con que se tropieza es poder aislarse de este vértigo y tranquilamente analizar todo aquello con calma para ir de aquel artefacto colosal entresacando lo bueno y lo malo, lo absurdo y lo racional. Cuando logra uno *pararse*, la primera im-

presión es de desilusión. Es América todavía país algo de ensueño; no se va a Nueva York como a París o a Londres, y claro está que al afortunado que lo logra le *sienta muy bien* contar de aquello mil fantasías que aumentan la leyenda que la *réclame* americana, en la cual son maestros, ha formado en torno de su cultura y su organización. Tiene esta última una característica especial significadísima: es la especialización exagerada, que evidentemente repercute en un aumento de producción, pero que redundante, evidentemente también, al convertir al hombre en un tornillo de aquella máquina colosal, en perjuicio de la cultura general de las clases elevadas que, únicamente en su mayoría, claro está, se han preocupado de fomentar su inteligencia en la rama *determinadísima* a que están asignados en el mecanismo de la producción.

La abundancia de medios económicos, el poco valor del dinero, hacen que muchas soluciones no sean ingenieriles, en el sentido ingenieril de la solución económica, que nunca debe perderse de vista, y que se ve completamente anulada por la solución rápida que en muchos casos es la única que se persigue. Nos asombrábamos en Washington de la cimentación de un firme de hormigón sobre arcilla, exponiendo tímidamente nuestro temor de movimiento

que había de traducirse indetectablemente en grietas, a lo cual nos contestaron que si se agrietaba el hormigón se extendería sobre él una capa de hormigón asfáltico al año siguiente (!!!).

La mano de obra en todo, por la rapidez precisa,



Suprimiendo las desigualdades de un riego superficial con un alsador en zigzag

es mucho menos escrupulosa que la nuestra, y a pesar de unos pliegos de condiciones, realmente un modelo, quedan éstos en literatura formulada por *especialistas* también, que luego no son ni mucho menos los encargados de vigilar su cumplimiento en la ejecución.

No hay que ilusionarse, pues, ante la lectura de estos pliegos, tratados de construcción modelo, que nos hacen presumir una esmeradísima y detallada ejecución; la realidad es muy distinta y los pliegos formulados por Comités de ingenieros consultores, que luego no van a las obras más que muy de tarde en tarde, en el noventa y nueve por ciento de los casos se quedan en literatura oficial; verdad es que al cumplimiento de los pliegos de condiciones en las obras puede aplicarse lo que en la Escuela nos decía en clase de Ferrocarriles, con su ingenio habitual, D. Antonio Prieto: «La manera de parar los ferrocarriles legalmente era aplicar la ley de Policía en toda su integridad.»

Otra de las características de la construcción americana es el maquinismo: el costo relativamente reducido de las máquinas y el elevado de la mano de



Tansvasando betón de los tanques del ferrocarril a los de riego en Fairgrove (Mich.)

obra imponen esta modalidad, inadaptable a nosotros, donde ocurre todo lo contrario: las máquinas son caras y la mano de obra relativamente económica. Está además allí enormemente desarrollado el sentido mecánico, cosa que aquí nos falta en absoluto,

y por ello las máquinas tienen gente que las hace andar, y no sucede como aquí, que en la mayoría de los casos constituye el calvario del constructor modernizado, por falta absoluta de mecánicos que merezcan ese nombre. No se crea, no obstante, que el maquinismo indica perfección de ejecución, ni mucho menos; indica rapidez, pero la obra terminada con la máquina resulta en general muy inferior a la terminada a mano. Esto sucede, por ejemplo, con las máquinas de terminar los firmes de hormigón hidráulico, cuyo acabado resulta mucho más imperfecto que si se *hace bien* a mano por los métodos corrientes. Hay otros casos, en excavación y carga de materiales, por ejemplo, donde los resultados de rapidez, allí que la perfección no es precisa, son sorprendentes; ahora que las condiciones en que allí aplican la maquinaria, llevando una excavadora para desmontar unos pocos miles de metros, son para nosotros inadaptables en la mayoría de los casos por antieconómicas.

*Carreteras*.—Su estudio constituía el objeto principal de nuestro viaje: hemos recorrido por carretera más de 3 000 kilómetros, viendo firmes de todas clases tanto en carreteras como en poblaciones y viendo en construcción muchas obras de clases dife-



Aspecto clásico de un firme de hormigón hidráulico en el cual pueden apreciarse las grietas rellenas de betún. Provincia de Lucas (Ohio)

rentes. La zona que recorrimos, limitada por el Estado de Ohio al Oeste, al Sur por Washington y al Norte por el Canadá, es relativamente llana y en ella la abundancia de carreteras es tal que constituyen un verdadero cuadrículado del campo, que podríamos decir está urbanizado. Con un kilometraje tan enorme, el conjunto de los firmes es francamente bueno, pues es rara la carretera, aunque también las hay, por donde no pueda circularse en condiciones de comodidad. El trazado en general es fácil, con grandes alineaciones rectas, dada la naturaleza del terreno; hay bastantes pasos a nivel sin barreras, muchos con timbres de aviso cuando se acerca un tren, pero muchos sin nada más que un cartel de precaución. Por la forma en que están dispuestos, es fácil, antes de cruzar, ver una alineación importante de la vía a derecha e izquierda, y es el conductor del automóvil quien se cuida de su propia seguridad.

El tráfico de automóviles es muy grande; la ausencia de carros, absoluta, puede decirse, y, aunque parezca raro, pequeño también el número de camiones de carga pesados: el gran número de ferrocarriles hace que el transporte de mercancías se efectúe por ellos, dado además las grandes distancias a recorrer, quedando las carreteras principalmente para el auto-

móvil de turismo y la camioneta rápida de dos o tres toneladas.

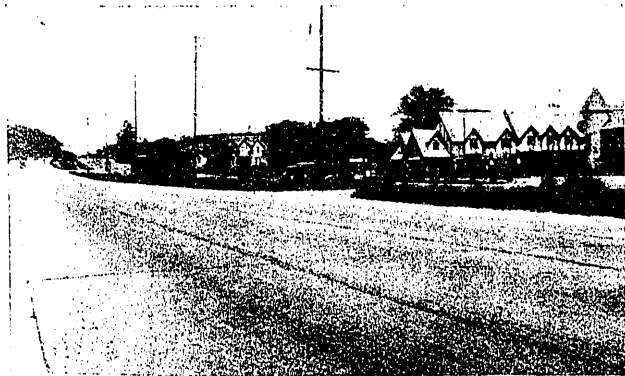
Hay en las carreteras profusión de signos para la regulación del tráfico, y en muchos cruces señales automáticas que cortan el tránsito en períodos fijos y regulables para evitar accidentes.

El ancho de las carreteras es pequeño en general para el enorme tránsito, aunque si bien la falta de ancho viene compensada por el número grande de carreteras que existe, que hacen que el tráfico se distribuya, evitándose la congestión.

La carretera más ancha que hemos visitado es la de Detroit a Sanghinaw, que tiene dos calzadas de 12 metros de ancho, con vía del tranvía independiente en el centro. Esta carretera, la principal de Detroit, es relativamente moderna y su construcción ha sido exigida por la enorme cantidad de automóviles que en Detroit existen y que se elevan en circulación a 800 000 para una población de 1 300 000 habitantes.

**Firmes.**—En carreteras de circulación sólo existen los que aquí llamamos especiales.

Al construir una carretera nueva se empieza por hacer lo que llaman allí carreteras de tierra, que es la explanación simplemente nivelada sin firme ninguno. Sobre ella, y al cabo de algún tiempo, cons-



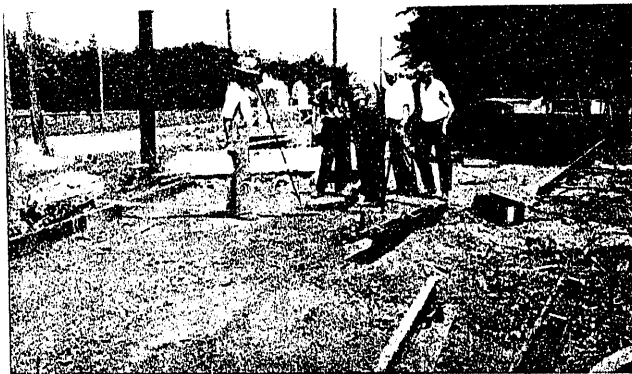
El nuevo firme de hormigón hidráulico en la carretera de Detroit a Sanghinaw (Mich.)

tuyen el firme de grava, que consiste en una capa de grava rodada, gruesa, de espesor variable, sobre la cual se extiende después una capa de gravilla fina que rellene los huecos, apisonándose el conjunto. Estas carreteras suelen tratarse superficialmente al cabo de los cuatro o cinco meses.

Como firme superior al antes descrito está nuestro macadam corriente, dado su costo relativamente elevado con relación a los anteriores, tratado superficialmente.

**Riegos superficiales.**—En frío su mayoría, no con emulsiones de elevada proporción de agua, sino con productos especiales, en los cuales la proporción de betún es muy superior. La ventaja de estos tratamientos en frío resulta evidente: forman un cuerpo con el macadam, penetrando en él sin la solución de continuidad del riego en caliente, que forma realmente una alfombra (*carpet*) independiente, que se *arruga*, cuando las necesidades de conservación hacen precisa la repetición, con el inconveniente de hacer la rodadura incómoda y difícil el arreglo. Tienen también la ventaja los riegos en frío de ser mucho más estables a elevadas temperaturas, no siendo preciso estén cubiertos de arena en los días de calor grande, como ocurre en tantas de nuestras carre-

teras, donde la circulación es mucho más difícil y polvorienta en tramos regados que en macadam corriente en la época de calor, debido a la enorme capa de arena de que el firme tiene que estar cubierto para que no se levante al reblandecerse. Hemos visto



Construcción de un firme de hormigón hidráulico en Arlington Farm., U. S. Bureau of Public Roads-Washington. El hormigón se vierte sobre tierra simplemente apisonada

firmes tratados superficialmente con asfaltos de destilación que en días de calor era preciso estuvieran, como aquí, cubiertos de arena, y a poca distancia firmes tratados en frío en los cuales no se veía la menor huella del tránsito, a pesar de la enorme temperatura.

El material de cubrición, casi absolutamente, es detritus del machaqueo, de tamaños muy distintos, hasta de tres centímetros; para tratamientos en frío vimos carreteras en el Estado de Connecticut en las cuales se había empleado material fino, arena, para cubrir, y que se conservaban en perfecto estado, con capa de rodadura excelente; pero los tratamientos que vimos en caliente, todos, absolutamente todos, y la mayoría de los fríos, empleaban, como decimos, material de cubrición de gravilla o guijo.

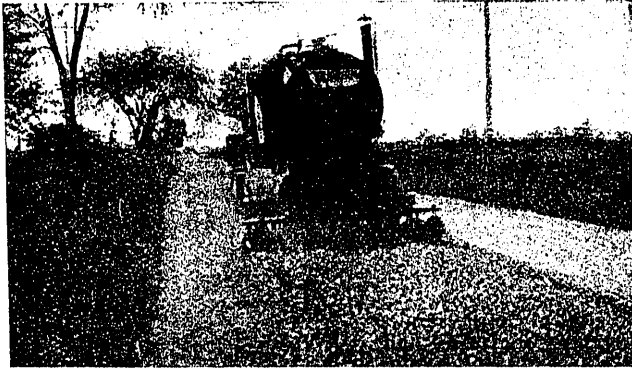
Para la conservación de los firmes en estado de lisura, a pesar de los sucesivos tratamientos se emplean unas dragas, que pueden verse en la fotografía, formadas por una estructura de madera que lleva transversalmente una serie de cuchillas de acero, tirada por cualquier medio mecánico; nosotros las



Tratamiento superficial de TARVIA sobre un firme de hormigón hidráulico en una calle de Detroit (Mich.)

vimos funcionar tiradas por camiones; esta draga se pasa por el firme en días de calor y las cuchillas, que van colocadas en zig-zag, van suprimiendo las desigualdades de la capa de tratamiento superficial; después de esta operación se efectúa el tratamiento

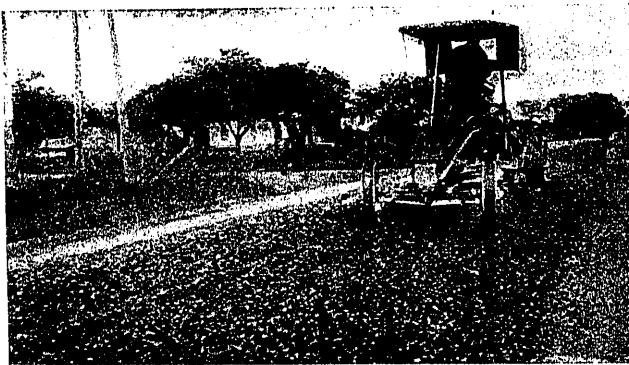
de conservación, si es preciso, o se deja el firme así igualado abierto al tránsito. Este mismo método de dragado se emplea para repartir igualmente el guijo o gravilla de cubrición de los tratamientos superficiales, pasando la draga previamente al apisonado.



Hormigón bituminoso en frío. Extendiendo el TARVIA a presión sobre la piedra

La conveniencia, podemos decir la necesidad, del apisonado de la capa de cubrición resulta evidente, especialmente en primeros tratamientos en caliente, y es más imprescindible cuanto mayor es el tamaño del material de cubrición. Es siempre conveniente, pero no tan necesaria, en tratamientos de conservación, especialmente si son en frío.

La forma de efectuar los contratos de los riegos es también interesante: no rige, como aquí, el precio unitario por metro cuadrado de riego; la Administración contrata en general, claro está, el kilogramo de betún aplicado; los tanques de riego, previamente tarados, llegan a la obra y el personal de la Administración, según las condiciones de firme, ordena se aplique la cantidad de betún precisa, evitándose con esto lo que en España ocurre con la dosificación *standard* de 2,50 kilos, que por la forma de estar el firme es en muchos casos insuficiente y en otros técnicamente excesiva, dificultad que la veremos aumentar cuando empiecen a contratarse, si no se cambia el método, los riegos de conservación, donde, como es natural, la cantidad de betún necesaria y suficiente varía entre límites mucho más extensos



Hormigón bituminoso en frío. Mezcla del betún y la piedra con el aparato nivelador

que en los tratamientos de primera aplicación.

A pesar de existir carreteras muy antiguas y bien conservadas simplemente con riegos superficiales, el número de éstos va disminuyendo mucho y hoy día puede decirse casi exclusivamente se va a firmes

más permanentes, no sólo por las molestias que a un tránsito intenso se causa por los tratamientos casi anuales, sino en muchos casos, también, por real economía en el costo final.

*Riegos profundos.*—Son los que con los hormigones de cemento más abundan en las carreteras de tráfico intenso; su estado (hemos visto algunos de hace veinte años) es en general excelente y su conservación reducida, limitada en la mayor parte de los bien construidos a riegos superficiales cada cuatro o cinco años. Se construyen, y la permanencia de las condiciones es prueba de su buen resultado, con 7 centímetros de piedra gruesa en el cuerpo del firme y 30 litros por metro cuadrado para la cubrición de gravilla de tres cuartos de pulgada (20 mm aproximadamente), resultando para estas condiciones, al rellenar los huecos de la piedra y barrer fuera, como es imprescindible, el sobrante, un espesor final de pavimento de 75 a 80 mm. La capa de sellado se cubre con gravilla gruesa de 10 a 15 mm, que da una superficie rugosa muy buena para el tráfico.

La cantidad de betún que entra en estos firmes es de un kilogramo por metro cuadrado y centímetro de espesor sin apisonar de la piedra gruesa en la capa de riego profundo, y tres kilogramos por metro



Hormigón bituminoso en frío. Apisonado del firme

cuadrado en la capa de sellado, o sea para el tipo de siete centímetros de espesor, que es el *standard* 10 kilogramos por metro cuadrado, proporción que es la misma que aquí empleamos en los realmente riegos profundos.

En la generalidad de los casos los firmes así construidos se abren al tránsito durante un período mayor de treinta días y menos de noventa, pasado el cual se efectúa un tratamiento en frío de toda la carretera, constituyendo así el firme de riego profundo con doble capa de sellado de resistencia más elevada, puesto que siempre, por muy esmeradamente que se construya, la capa de sellado primitiva no es del todo perfecta.

Piedras las usan de todas clases, empleando con resultado satisfactorio mucha piedra blanda, que aquí jamás nos atrevemos a utilizar, con la única condición de que sea limpia de polvo, para favorecer la adherencia del betún.

*Hormigones asfálticos.*—Su elevado costo y la complicación de la maquinaria precisa han hecho que vaya dejándose de usar cada día más en las carreteras, limitándose su empleo a los centros urbanizados, donde principalmente construyen los hormigones asfálticos en dos capas, una de hormigón asfáltico para base y otra encima de asfalto comprimido o mortero

asfáltico. Se emplea en las calles de poblaciones en gran extensión el asfalto comprimido sobre base de hormigón hidráulico.

Los espesores de hormigón asfáltico nunca son mayores de siete centímetros. Sus resultados y sus gastos de conservación son análogos, si no superiores, a los riegos profundos bien construídos con la dosificación de betún que antes indicábamos, y siempre y cuando éste sea de naturaleza apropiada.

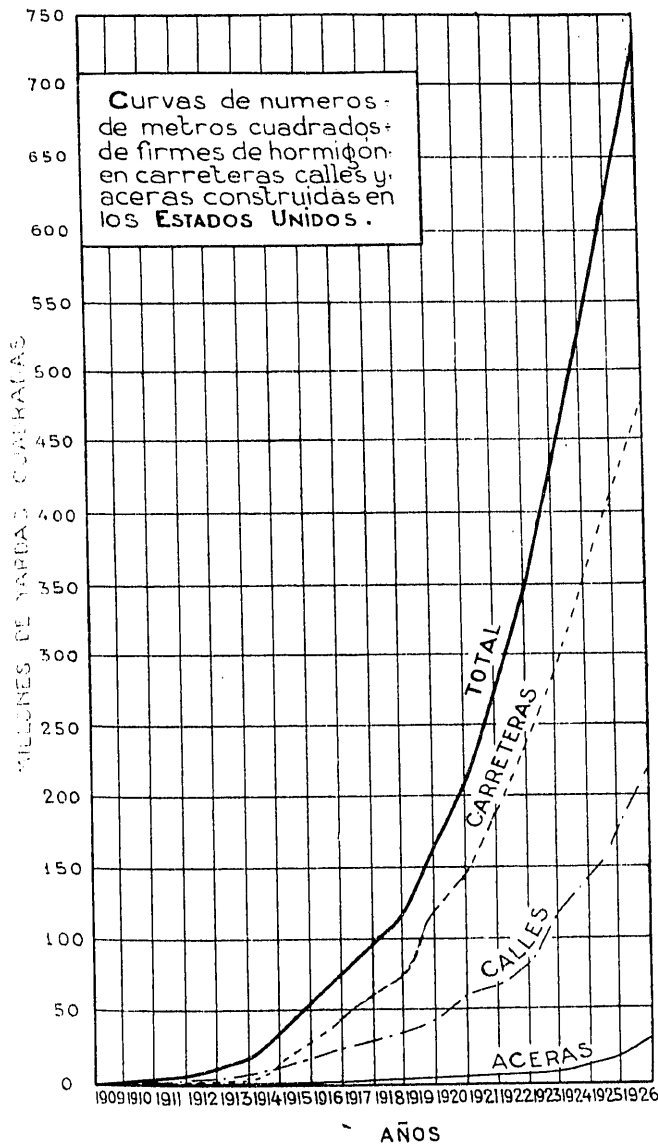
*Hormigones hidráulicos.*—Es el pavimento netamente americano y sobre cuyas excelencias o fracasos más se ha hablado y, por tanto, uno de los más interesantes de estudiar en aquel país. Se construye en

terras divididos en cementistas y anticementistas.

El estado en que se encuentran las carreteras de hormigón es muy diferente: cuando es bueno, para el tráfico automovilista constituyen un firme excelente; pero la generalidad de las carreteras que hemos visto presentan grietas numerosas en distintas direcciones, grietas que se rellenan con betún y que si bien con el tráfico, exento de carros, de Norteamérica no son más que defectos de mayor o menor importancia, con nuestro tránsito de llantas rígidas evidentemente sería un gravísimo defecto, que habría de traer consigo rápidamente la destrucción del firme. Hay firmes cuyas grietas alcanzan un ancho hasta de tres centímetros.

Los primeros años el firme se encuentra en forma excelente y es raro presente grietas; pero éstas se inician a los tres o cuatro años, e iniciadas van generalmente en aumento y llegan en muchos casos a hacer precisa la renovación total del firme antes del décimo año. Un ejemplo muy interesante vimos en la carretera de Detroit a Sanghinaw, que antes hemos citado: el firme, como ya hemos dicho, se compone de dos calzadas de 12 metros cada una, separadas por un espacio aislado para doble vía del tranvía; está construída de hormigón de 10 pulgadas de espesor, armado; su costo ha sido de 500 000 dólares por milla; por su costo elevado, esta carretera ha habido que irla construyendo en tramos: los que tienen hasta tres años de uso se encuentran en espléndido estado, pero los más antiguos se deterioran rápidamente y ha habido tramo que a los ocho años se ha tenido que levantar y reconstruir completamente.

Muchos defectos son debidos, indudablemente, a imperfección en la construcción; como al principio indicamos, todo lo escrupulosos que son los pliegos de condiciones americanos, deja de serlo la ejecución; hemos visto seis u ocho obras de firmes de hormigón en ejecución y realmente tenían defectos de construcción que habían de repercutir indudablemente en su resultado. Hay un punto esencialísimo al cual se presta muy poca atención, que es la cimentación, generalmente defectuosa, asentándose la mayor parte de las veces el firme sobre tierra simplemente nivelada; un hormigón construído en estas condiciones sin duda alguna ha de dar deficiente resultado, no sólo por las diferencias de resistencia bajo la acción de las cargas del tráfico, sino también por las distintas condiciones en que han de encontrarse las distintas zonas bajo la acción de las cargas producidas por los cambios de temperatura y fraguado, diferencias que evidentemente se han de traducir, más tarde o más temprano, en grietas. La uniformidad en la ejecución del hormigón es evidentemente esencial también, y esto no se consigue solamente con una identidad de proporciones de los distintos elementos, sino que es precisa una idéntica manipulación no sólo en la mezcla, sino en su aplicación, siendo para lograrlo imprescindible primeramente la dosificación por peso de los áridos, que solamente hace poco ha empezado a generalizarse, y una rigurosidad muy grande en la ejecución y extendido de la mezcla, que debe llevarse de un modo completamente uniforme. Se nos dirá que esto es necesario siempre; es cierto; pero una falta de uniformidad en un firme bituminoso, por ejemplo, se traduce en un distinto comportamiento bajo el tráfico, comportamiento que puede producir a la larga un bache, mientras que la misma diferencia en un firme de hormigón se traduce,



los Estados Unidos una media de 6 500 millas de carretera anuales con firme de hormigón hidráulico y existen en las ciudades de todo el país 18 067 millas de calles de un ancho medio de 30 pies. El gráfico de yardas cuadradas construídas hasta 1926 puede verse en la figura, y por él se verá que el total entre aceras, calles y carreteras alcanza la enorme cifra de 750 millones de yardas cuadradas. Se comprende, tras de este enorme consumo, la serie de intereses que existen y, por tanto, la dificultad de recoger opiniones imparciales, en parte por estos intereses mismos y en parte también por el mucho apasionamiento que la cuestión ha despertado, pudiendo decirse que están los técnicos de carre-



por la acción de las fuerzas propias del mismo e independientemente del tráfico, temperatura y fraguado, en grietas que luego el tránsito se encarga de agravar. Hay que darse cuenta de las dificultades en la práctica de una construcción escrupulosa, hasta el grado que un firme de hormigón la precisa, para explicarse los graves inconvenientes que el sistema tiene, pues si bien es nuestra impresión que construido con todo rigor pueden obtenerse excelentes resultados, el menor descuido lleva a fracasos de importancia grande, muy difíciles de remediar. Otro inconveniente grave que encontramos a estos firmes es su conservación y la forma de subsanar los defectos que se presentan, cosa que resulta muy costosa y difícil. Las grietas se rellenan con mortero bituminoso; pero esto, que allí no tiene importancia por ser todo el tráfico automovilista, aquí, con nuestro tránsito de carros, sería un grave inconveniente, pues las grietas, por muy bien que se rellenasen, constituirían, sin duda alguna, un punto débil por donde indefectiblemente vendría con rapidez la destrucción del firme.

El método de conservación más eficaz de estos firmes es el tratamiento superficial con betún; hemos visto carreteras así conservadas en excelente aspecto. Claro está que es imprescindible renovar periódicamente los tratamientos y efectuar éstos en condiciones, especialmente esperando hasta que haya desaparecido completamente la costra superficial que la lechada forma en los hormigones y que muy fácilmente salta bajo la acción del tráfico, pues se comprende que si sobre ella aplicamos el tratamiento superficial, saltarán ambos unidos bajo la acción del tránsito.

En resumen: nuestra opinión sobre los firmes de hormigón hidráulico es que son de naturaleza tal que precisan una escrupulosa construcción y que, por tanto, presentan en la práctica inconvenientes muy difíciles de vencer; los defectos se acusan independientemente del tráfico y son difícilísimos de corregir. Es evidente, no obstante, que con una esmeradísima construcción, que, naturalmente, se traduce en un costo elevado de mano de obra, puede llegarse a obtener firmes de alta calidad y aunque sin suprimir en absoluto las grietas, reduciéndolas en proporción grande, de tal modo que no constituyan un peligro para la vida del conjunto del firme.

*Hormigones bituminosos en frío mezclados «in situ».*  
La necesidad de encontrar un método que siendo



Hormigón bituminoso en frío. Aspecto del firme apisonado antes de extender la capa de sellado

muy superior a los riegos superficiales y semiprofundos fuera al mismo tiempo rápido de construcción y de costo económico, hizo que los ingenieros del Esta-

do de Pensylvania, hace cinco años, se preocupasen de efectuar diferentes ensayos, resultado de los cuales fué el llegar al método que vamos a describir en las siguientes líneas y que hoy día se emplea con gran extensión y éxito, constituyendo una de las últimas palabras en la construcción de carreteras en Norteamérica. El mismo Estado americano, en el Pabellón de nuestra Exposición de Sevilla, presenta una maqueta de este método.

El procedimiento es el siguiente: Sobre un firme de macadam, previamente tratado superficialmente, se extiende una capa de piedra dura que pase por la criba de una y media pulgadas (38 mm) y quede retenida en la criba de tres cuartos de pulgada (19 mm); el espesor de la capa de piedra debe ser de dos y media pulgadas (63 mm), sin apisonar; igualada y sin apisonar esta piedra, se da sobre ella un riego de 2,25 kilos por metro cuadrado; el riego se aplica en frío en verano, pero en invierno, para evitar la excesiva viscosidad del betún, puede éste calentarse a una temperatura que en el Tarvia (que es el betún con que hemos visto aplicado este método) no debe exceder de 80° C.

Inmediatamente después de efectuado el riego se pasa por el firme un aparato nivelador que mezcla intensamente la piedra con el betún, y logrado esto, cuando el conjunto por un número suficiente de pasadas ha adquirido un color uniforme, se aplica otro riego idéntico al anterior y vuelve a pasarse el número de veces precisas para obtener una mezcla uniforme el aparato nivelador. Cuando la mezcla ha empezado a fraguar, lo cual se nota por la dificultad en separar las piedras unas de otras, se apisona intensamente el firme con una máquina de 16 a 18 toneladas, haciendo seguir la máquina del aparato nivelador para suprimir cualquier desigualdad que se causara. Una vez consolidado convenientemente el firme, se extiende sobre él una capa de sellado en proporción aproximada de 1,50 litros por metro cuadrado, cubriéndose la superficie con guijillo de 5 a 10 mm y apisonándose nuevamente el conjunto.

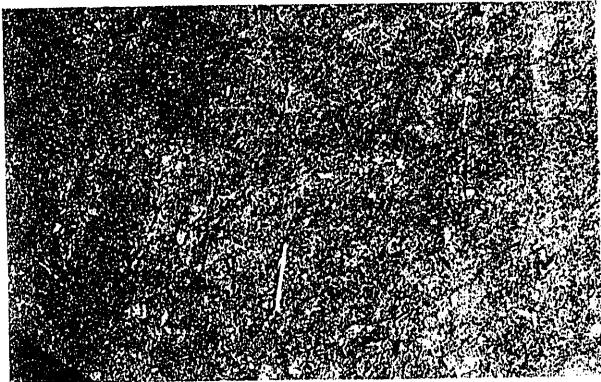
El firme obtenido por la máquina niveladora presenta una superficie de rodadura excelente, y los que hemos visto construídos hace cinco años se conservan en estado perfecto. No puede construirse este firme, claro está, con betunes corrientes de riegos superficiales o profundos, sino que es preciso emplear uno que reúna especiales características de viscosidad.

La rapidez de construcción es muy grande, habiéndose llegado en Norteamérica, con equipo de un nivelador de hojas múltiples y un rodillo, a completar una milla de firme al día. El precio de costo es muy inferior a los hormigones asfálticos en caliente, aunque su resultado es muy similar.

*Detalles de los firmes.*—Tienen los firmes americanos una característica que conviene hacer resaltar, pues es punto del cual existe entre nosotros todavía un concepto erróneo. Se busca el firme francamente rugoso en las carreteras en las cuales la velocidad de los coches puede ser grande, huyéndose de firmes lisos, propensos al patinaje. En la fotografía puede verse el carácter general de la superficie tipo, podemos decir de las carreteras de riego profundo, y en su gemela puede verse también cómo en Francia empiezan a preocuparse de los peligros de los firmes excesivamente deslizantes. Toda la carretera de París a Deauville y gran parte de la de Burdeos a Archón están llenas de carteles llamando la atención de los

automovilistas, haciéndoles ver los peligros de las bonitas carreteras brillantes.

**Bordillo.**—Se usa muy poco, empleándose, en la



Aspecto de la superficie de un antiguo riego profundo en la provincia de Lucas (Ohio). El lápiz puede servir de término de comparación

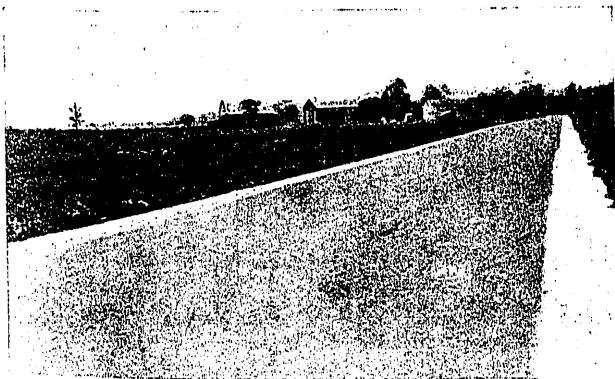
forma en que en España se utiliza en las carreteras del Circuito, solamente a la salida de las poblaciones; la razón no es otra que su elevado costo, pues claro está que los ingenieros no discuten allí su bondad, sino únicamente dicen que para el conjunto de la



Letreros de peligro de patinaje sobre firme liso en la carretera de París a Deauville

carretera resulta de utilidad mucho mayor efectuar un riego de 10 kilogramos sin bordillo que uno de 2,5 kilogramos ó 3 con él, y que hay muchos casos en que ambas soluciones resultan económicamente idénticas, cosa que también a nosotros nos sucede.

En sitios donde es preciso sostener el firme en los



Bordillos de hormigón para un firme de riego profundo en la provincia de Lucas (Ohio)

mordientes vimos emplear un tipo de bordillo de hormigón construido *in situ*, cuyo aspecto puede

apreciarse en la fotografía, tipo de bordillo muy práctico, rápido y económico, siempre, claro está, esto último si se construye para sostener simplemente el firme, sin fines estéticos, que luego en la práctica cuestan mucho dinero y la mayoría de las veces son completamente inútiles por quedar los bordillos cubiertos por el betún y hacer desaparecer el tránsito al poco tiempo todos los refinamientos que en la construcción se han puesto.

**Laboratorios de ensayo.**—Visitamos los laboratorios del Estado en Wáshington y entre ellos la célebre Pista de Ensayo de Firmes. Consiste ésta en una pista sobre la cual rueda un aparato que produce



Pista de ensayo en Arlington, U. S. Bureau of Public Roads-Wáshington

el desgaste en la parte central: en esta Pista están construídos distintos firmes, no sólo por su naturaleza, sino por sus dosificaciones, viéndose el comportamiento comparativo de ellos bajo la acción del indicado aparato. Tiene la Pista disposición en forma que pueden medirse los desgastes, impacto, etc. En la fotografía puede darse el lector perfecta cuenta de en qué consiste y ver los cartelitos en los cuales figura el historial de cada firme.

Por lo demás, nada vimos en estos laboratorios de especial, pues se limitan a efectuar los ensayos corrientes en España. En el Departamento de Ensayo de Piedras, al ensayo que más importancia dan es al del impacto, que se efectúa en forma corriente. Llevan a cabo también el ensayo de heladicidad de las piedras, sobre el cual, aunque no es *standard*, obtienen muy interesantes resultados comparativos.

En la parte de hormigones vimos pruebas muy interesantes también para determinar la proporción necesaria y suficiente de cemento para llegar a una resistencia determinada con los áridos determinados de una determinada obra, pues la condición de resistencia mínima va sustituyendo en los pliegos de condiciones a la mucho menos lógica de la proporción determinada de cemento. Como es natural, gana de día en día importancia en hormigones la prueba de compresión. Nada de nuevo y especial existe en este Departamento, como no sea un aparato automático para conservar constantemente la temperatura del agua durante el fraguado de las probetas y unas cámaras completamente corrientes, pero muy bien dispuestas, para las probetas que deben conservarse en aire húmedo.

En el próximo artículo nos ocuparemos de otros aspectos, entre ellos de la orientación de la urbanización, regulación del tráfico, etc.

José LUIS ESCARIO  
Ingeniero de Caminos