

PAVIMENTOS RIGIDOS Y RIEGOS ASFALTICOS

Por LUIS CABALLERO DE RODAS Y COLMEIRO

Ingeniero de Caminos.

Reseña el autor algunos datos curiosos sobre pavimentos rígidos, y hace sugerencias sobre riegos asfálticos, que ya trató en nuestro número de julio del año pasado, refiriéndose especialmente a las resudaciones.

I. Pavimentos rígidos.

La existencia de vehículos de llanta metálica en cantidad importante exige en la pavimentación de algunos tramos de carreteras soluciones especiales. La cuestión no es nueva; antes de utilizarse los productos asfálticos y ante la destrucción total de los firmes de macadam por los carros, se adaptó la solución de trasladar al campo los adoquinados de las poblaciones. De esa idea han quedado los bordillos elevados, que si en zona urbana sirven para sostener las aceras, fuera de ella son un estorbo.

Los adoquinados sobre arena fueron la primera solución de pavimentos resistentes a un tráfico pesado; su misma naturaleza los hace ruidosos, la multitud de juntas incómodos, pero hace cincuenta años los vehículos de motor mecánico con neumáticos contaban poco. Casi exclusivamente se trataba de coches de turismo, el tráfico de mercancías por carretera estaba resuelto por carros y galeras que llegaban a cargar cinco toneladas. Una *recua* de caballerías era su motor, generalmente mulas; si acaso, un caballo vistoso en cabeza; el ganado selecto y poderoso era el orgullo de propietario y carretero. Pero las llantas hacían *trizas* los firmes.

De aquel tiempo (1909-1911) guardo el recuerdo de un viaje en diligencia de Madrid a Buitrago; los 77 kilómetros se hacían en diez o doce horas. En diciembre de 1910 hice el recorrido; en el puerto del Molar se detuvo la diligencia y el mayoral nos invitó a que fuéramos paseando tres o cuatro kilómetros, porque había unos baches que podían producir el vuelco del coche. No dejaba de ser un *espectáculo* ver las ruedas delanteras de aquél desaparecer en los hoyos y salir de un tirón de las cinco caballerías que arrastraban la diligencia.

Algunos años después, en diciembre de 1919, recorrí varias veces el trayecto de Ripoll a Ribas; pues bien, de Ripoll a Campdevanó había cuatro roderas, dos para cada dirección, de una profundidad tal que si se conseguía mantener el automóvil *a caballo* de una, se podía andar un poco. Pero si se caía en aquéllas, no había medio de salir, y el recorrido (creo eran 6 kilómetros) se hacía a 3 ó 4 Km./h. detrás de un carro al que no se podía adelantar.

Por esa época se hablaba en las carreras ciclistas francesas de los *horribles pavés* del Norte; hace tres años tuve ocasión de cruzar Boulogne-sur-mer. Allí, la Route Napoléon (R.N. núm. 1) aún conservaba los *pavés*, con sus *parches* de aglomerado asfáltico y todo, como una carretera Valencia-Silla cualquiera.

La solución del adoquinado entonces era natural; en Madrid no se empleaba un material muy seleccionado, y los adoquines, más desgastados por la junta que por el centro, daban lugar a un aspecto de *chapa ondulada*; entre la calle de Sevilla y la Puerta del Sol (por Alcalá), recuerdo un pavimento de basalto, que no se desgastaba, pero que húmedo era tan deslizante como una pista de patinaje.

Un avance más y se pasó al adoquín mosaico, de material más seleccionado, sobre base de hormigón; ésta solía tener 15 cm. de espesor. Sobre ella se extendía una capa de mortero de cemento seco; colocados los adoquines, se enlechaban las juntas mediante mortero fluido. Después se curaba el pavimento disponiendo balsas. Total, que desde que se empezaba a hormigonar la base hasta que se daba paso al tránsito, transcurrían más de tres meses.

Como no se hacía el menor cálculo de resistencia del suelo, la base ha fallado en muchos sitios; la reparación cuesta a 150 ó 200 pesetas el metro cuadrado y no pasa de ser un *tante mientras cobro*. En la carretera de Valencia a Barcelona, desde el límite Valencia-Castellón hasta esta capital, hay 30 Km. de adoquinado destrozado; se va a su sustitución. Prescindiendo, de momento, del coste del nuevo pavimento (y es prescindir), se presenta el problema de ver qué se hace con los adoquines de 210 000 metros cuadrados.

Hoy, estimo que el adoquín mosaico sobre base de hormigón debería ser una solución *in extremis* para un firme, y estar justificada plenamente con aforos de tráfico de carros. Un pavimento que cuesta del orden de 300 pesetas metro cuadrado, sin contar la base, no se puede prodigar. Hay que tener en cuenta que por ese precio se puede hacer una losa de 15 a 20 cm. de espesor de aglomerado asfáltico; para obtener una superficie de rodadura resistente a las acciones locales, basta seleccionar los áridos y escatimar el betún.

No obstante, puede haber casos en los que la solución adoquinado sea precisa. En los dos túneles de carretera que conozco, el de Saint Cloud, en París, y el de la Croix Rousse, en Lyon, el pavimento es de adoquín mosaico; no hay carros, pero por ello la duración de aquél es ilimitada. Resulta inadmisibles que con 40 ó 50 000 circulaciones al día, hiciera falta cortar la mitad de la zona de rodadura para hacer reparaciones.

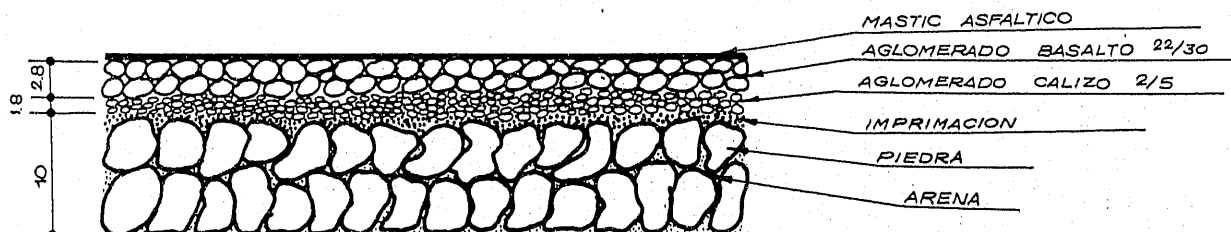
Ya que sale a relucir Francia, citaré el sistema de ejecución de sus adoquinados, que en nada se

2.º Después de barrida la capa anterior, riego de imprimación con 0,75 Kg. de emulsión asfáltica.

3.º Extensión de 25 Kg./m.² (1,2 cm. de espesor consolidado) de aglomerado en frío, a base de gravilla caliza de 2/5 mm., con un 5 por 100 en peso, de ligante de penetración 120-150. No se consolidará.

4.º Capa de rodadura en cantidad de 45 Kg./m.² (espesor de 2,8 cm., consolidado) de aglomerado en frío, a base de gravilla basáltica de 22/30 mm. y 4 por 100 en peso, de ligante similar al anterior.

5.º Capa de impermeabilización con mástic asfál-



Sección del firme: Cotas, en centímetros.

parece al de aquí; confieso que lo he ensayado y fracasé; acaso algún otro tenga éxito. Sobre el hormigón de base se extiende una capa de arena de 2 a 3 centímetros de espesor; sobre ella se sientan los adoquines. Una vez terminada esa operación, se inunda el pavimento y se vibra; finalmente se descarnan las juntas en 3 cm. de profundidad; se extienden 3 a 5 kilogramos/m.² de emulsión asfáltica. Después de rota, se dan unas pasadas con un cilindro ligero. Debido a ese método de construcción, los adoquinados de París son negros. Resulta un firme más elástico y se pone en servicio un mes antes.

En la carretera Madrid-Valencia está en ejecución muy avanzada la pavimentación con firme asfáltico; pero hay un trayecto de 10 Km. (Utiel-Requena), en el que el tráfico de carros es importante; no convenía que esa circulación se realizase por el aglomerado asfáltico, y se pensó en construir calzadas laterales.

Después de varios tanteos y estudios que el Ingeniero Sr. Gómez Perretta llevó a cabo, y a los que un poco contribuí, con sólo mi consejo y mi impulso, se llegó a la capa de rodadura cuya sección se dibuja y que después de dos años de servicio está en perfecto estado.

COMPOSICIÓN DETALLADA.

Materiales y ejecución de afirmado de las calzadas laterales para tráfico de carros.

1.º Piedra caliza de tamaño 6/7 cm. y en un espesor de 10 cm., consolidada por vibración y macizada con arena.

tico en la proporción de 12 Kg./m.² y extendido en dos capas.

Nota.— El 5.º puede sustituirse por una capa de aglomerado muy pobre para relleno de huecos, de tamaño 2/5 mm., en la proporción de sólo 5 litros por metro cuadrado, y después la de impermeabilización, con 5 Kg. de mástic de asfalto por metro cuadrado.

Coste por metro cuadrado.

1 = Base de firme	30,00 ptas.
2 = Imprimación	3,00 »
3 = Aglomerado 2/5 mm. (caliza)	15,00 »
4 = Idem 22/30 mm. (basalto o pórfido) ...	32,00 »
5 = Sellado	20,00 »
SUMA	100,00 »

Es decir, del 30 al 40 por 100 de lo que cuesta el adoquín mosaico.

Las calzadas han dado buen resultado, donde van las ruedas de los carros siempre por el mismo sitio; ese tipo de pavimento en todo el ancho de la carretera creo que podría competir con el firme rígido corriente, en cuanto a resultado.

Creo que valdría la pena de hacer un ensayo; podría servir para ello un tramo en el que se hubiera previsto adoquinado; por el coste de un kilómetro de ese firme se hacen dos o tres del descrito. El rendimiento de mejora de superficie de rodadura por peseta de gasto se triplica. Acaso omita algún detalle; estoy seguro que el amigo Gómez Perretta, desde Valencia, los dará con mucho gusto.

Para terminar con esta primera parte, me interesa hacer constar que no trato de presentar la *panacea universal*, sino simplemente de señalar un camino de posible ahorro.

II. Riegos asfálticos.

Vaya por delante una advertencia de los países que conozco y cuyas carreteras he recorrido: Francia, Bélgica, Luxemburgo, Alemania; sólo en España se ejecutan riegos asfálticos con betún puro. Creo que, sencillamente, deberían prohibirse; es el único procedimiento de acabar con ellos.

Se ha llegado a presentar proyectos de riegos de penetración con betún puro; no hay tal cosa; en cuanto el ligante llega a la carretera, pierde la fluidez y queda solamente una magnífica reserva para resudaciones, con todos sus inconvenientes. El betún que sale a la superficie de la capa de rodadura, sobra; luego es sencillamente dinero tirado a la calle; no están los tiempos para dispendios.

Se trata de presentar ahora una fórmula binomial para el cálculo del ligante preciso por metro cuadrado, aplicable a primeros y segundos riegos superficiales. No se trata de nada original; expongo una adaptación de las normas belgas.

La fórmula que da el ligante en kilogramos por metro cuadrado es la siguiente:

$$L = a + b \cdot V_f. \text{ (Corrección de acuerdo con el tráfico.)}$$

Los valores de los coeficientes a y b tienen los valores siguientes:

a) Superficie de aplicación cerrada con exceso de ligante	0,00
Idem íd. seca	0,20
Idem íd. normal	0,34
Idem íd. seca y abierta	0,59
b) Gravilla artificial sensiblemente cúbica	0,7
Idem íd. impregnada	0,06
Idem natural	0,09

Observaciones. — La definición de superficie *normal*, que determina la adopción del valor $a = 0,34$, no es fácil con arreglo a los cánones filosóficos, género próximo y última diferencia. Se trata de una capa de rodadura con algunas peladuras; para que no se vaya el firme hace falta un riego superficial. En esas condiciones hay parte de la superficie de aplicación porosa. La que se califica de *seca y abierta* puede ser la de un macadam bien ejecutado, con piedra machacada de granulometría graduada y bien consolidado.

La corrección por tráfico se establece en dos sentidos: aumento de ligante por bajo de 200-500 vehículos diarios, disminución por encima de esa cifra; la escala es la siguiente:

Más de 800 vehículos diarios.	— 5 %
500-800 » »	— 3 %
200-500 » »	0
50-200 » »	+ 6 % (término medio entre 4 y 8).
Menos de 50 » »	+ 10 % (término medio entre 8 y 12).

El volumen de gravilla fijado, V , es función del calibre medio de la gravilla, A , $V_f = A - \frac{A^2}{100}$. Para determinar el que debe extenderse y tener en cuenta la pérdida se sigue la norma que va a continuación:

$A = 20$ mm. exceso que añadir a V_f	1,50 ls./m. ² .
$A = 10$ mm. » » V_f	1,25 ls./m. ² .
$A = 5$ mm. » » V_f	1,00 ls./m. ² .

Sea el caso siguiente: primer riego asfáltico sobre macadam bien ejecutado, con un tráfico de 100 vehículos diarios, gravilla natural:

$$a = 0,59.$$

$$b = 0,09.$$

Corrección por tráfico:

$$4 + \frac{4}{3} = 5,30 \text{ por } 100 = A = 10 \text{ mm. } V_2 = 9 \text{ ls./m.}^2.$$

Tendremos: $L = 0,59 + 0,09 \times 10,25 \times 1,053 = 1,558 = 1,500$ Kg. de betún, que deben colocarse en forma de emulsión a 50 por 100 de aquél, 3 Kg., lo que se llevará a cabo en dos etapas.

En primer lugar se hará el riego destinado a penetración, $0,59 \times 2 = 1,180$ Kg. de emulsión sin gravilla; después, 1,800 Kg. de ligante con la gravilla calculada.

No hay que olvidar que se manejan cifras medias y por tanto conviene realizar un trabajo de estadística que las corrija para cada provincia o región dentro de ella. Pero sin perder de vista que hay que evitar las resudaciones a toda costa, representan en un pavimento asfáltico lo mismo que ejecutar un desmonte con un exceso de ancho, pérdida de dinero y formación de zonas deslizantes. Pero esto ya es otro tema que me propongo sea objeto de un artículo dedicado a tapices antideslizantes, bordillos y afirmado de paseos como temas principales.