

VIALIDAD URBANA

Con este mismo título publiqué un artículo en el número de esta REVISTA correspondiente al 1.º de enero del año actual, e, insistiendo en el mismo tema, voy a tratar ahora de un asunto en dicho artículo iniciado.

Mas como la revista mensual *El Constructor* ha honrado aquel mi modesto trabajo comentándolo, me creo obligado a hacer algunas aclaraciones en correspondencia a tan amable comentario.

No traté en mi citado artículo de dejar mal parados los pavimentos asfálticos, como supone mi distinguido amigo Sr. Zardoya en *El Constructor*: pretendí solamente expresar que, a mi juicio, no podían usarse con gran generalidad por su elevado coste, y por esta causa les asignaba, como lugar más apropiado para su empleo aquellas vías urbanas «donde el pavimento ha de coadyuvar al aspecto estético del conjunto», pero no como utilidad única, puesto que cuando en el mismo artículo propuse, como solución técnicoeconómica para la mayor parte de las calles de las poblaciones, los hormigones y los revestimientos superficiales, ya lo hice con la salvedad de excluir de tal solución aquellas vías que reunieran condiciones especiales, sólo conocidas en cada caso particular. Y ahora he de mostrarme conforme con que entre estas condiciones estén comprendidas las que indica Zardoya en *El Constructor*, y prueba es de ello que las calles que cita han sido recientemente pavimentadas en Barcelona por los Servicios técnicos de mi dirección; y a las que señala debo añadir las que circundan los mercados, donde, a propuesta mía, acaba de emplearse el pavimento de losetas de asfalto, por estimar que en tales calles es base esencial que el pavimento, presentando la debida resistencia al tráfico que ha de soportar, se preste a una limpieza absoluta con su baldeo. Insisto, no obstante, en la falta de un detenido estudio de los pavimentos asfálticos en nuestro país. En Barcelona, donde ya han alcanzado alguna extensión, así los de roca asfáltica natural como los construídos con cemento asfáltico a base de betún asfáltico Trinidad, me propongo realizar algo en este sentido, estudiando principalmente en los últimos la cantidad de cemento asfáltico apropiada y el grado de penetración más conveniente de éste en nuestro clima y lugar de empleo; datos, sin duda, los más interesantes para el éxito de dichos pavimentos.

Y puesto que de aclaraciones trato, permítaseme hacer una muy interesante respecto a lo que mi estimado amigo y compañero Sr. Aguilar dijo en un artículo sobre «Ensayos de firmes especiales», publicado en el número de esta REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS correspondiente al 1.º de diciembre último. Al describir el pavimento de «hormigón mosaico» realizado en la Avenida de la República Argentina, de esta capital, supuso que sólo se empleó, en la capa de rodadura, adoquín partido, y he de hacerle notar que le informaron mal, porque eso fué puramente accidental, ya que una gran parte de la capa de rodadura de aquel pavimento fué piedra granítica machacada a tamaño grande, sin proceder de adoquines viejos. Hago constar esto porque, habiendo sido

el primer pavimento construído en España en tal forma, y habiendo dado excelentes resultados, es preciso que se conozca exactamente su composición, para que no se desvíe la atención de los ingenieros respecto a tan interesante pavimento creyendo que su bondad reclama el empleo de piedra procedente de adoquines viejos por la regularidad que presentan los cantos procedentes de su partido. Ahora en Barcelona se extenderá a gran número de calles este pavimento de «hormigón mosaico», con espesores diversos proporcionados a la intensidad del tráfico que hayan de soportar.

Y hechas estas aclaraciones, voy a entrar en el verdadero objeto del presente trabajo.

Indiqué en mi anterior artículo que los hormigones habían de constituir, a mi entender, la base esencial de la pavimentación de las ciudades, y persistiendo en esta creencia, y deseando estudiar de una manera completa toda la gama de estos pavimentos, se ha empezado por el estudio de los hormigones por penetración superficial, a los que me permito dar el nombre de «macadams lechados». Ya en mi artículo anterior di una idea de ellos; pero es preciso dedicarles mayor atención, porque entiendo que son dignos de una aplicación general y eficazísima, no sólo en poblaciones, si que también en carreteras, por sus ventajas, tanto en el orden técnico como en el económico.

En Barcelona se ha empleado este procedimiento:

1.º En un trozo de la parte antigua de la Avenida de Alfonso XIII, donde se hizo el primer ensayo el pasado año, empleando piedra arenisca.

2.º En el paseo de Pi y Molist, con piedra caliza.

3.º En la calzada del Parque de la Ciudadela, con piedra granítica; y

4.º Dado los buenos resultados obtenidos, en este momento se acaban de construir por este procedimiento: el pavimento de la calzada central, de 23 m de anchura, en la parte nueva de la gran Avenida de Alfonso XIII, en 1 1/2 km de longitud; el del paseo de Manuel Girona y el de la Avenida de Pedralbes, constituyendo el afirmado de estas grandes vías totalmente con piedra granítica en dos capas, con una superficie total pavimentada de unos 60 000 m².

La construcción del pavimento no puede ser más sencilla. Abierta la caja, y perfectamente apisonado su fondo, con la misma apisonadora con que ha de comprimirse el macadam, si su naturaleza no exige otras precauciones, se extiende la piedra, procurando siempre que la de mayor tamaño quede en el fondo, a manera de cimientito. Si el espesor del macadam es grande, juzgo indispensable apisonarlo en dos capas, y en este caso considero necesario recebar ligeramente la primera capa hasta tapar *estrictamente* los huecos de su superficie.

Es de aconsejar que la piedra se emplee en dos capas si el espesor del macadam que ha de constituir el pavimento excede de 12 cm *después de apisonado*, y debe ponerse especial atención en que la piedra que constituye la segunda capa, o sea la de rodadura, quede limpia, cosa fácil de lograr en todo caso con los riegos necesarios para la consolidación.

La piedra debe ser fuertemente comprimida hasta lograr que las ruedas traseras de la apisonadora *no marquen huella alguna*, sin haber empleado la menor cantidad de recebo en la segunda capa, si son dos las que constituyen el pavimento, o en la capa única cuando no exista más que ésta. Cuando este grado de consolidación se alcance, queda el pavimento dispuesto a ser lechadado.

Para verter la lechada se procurará que el tránsito de los obreros por encima de la piedra se haga sobre tabloncillos, tanto para que se mantenga limpia como para que no se arranque con el tránsito ninguna de las piedras de la superficie; acto continuo se da un riego a la parte de calzada que se va a lechadar, y seguido de éste se vierte la lechada, compuesta, como proporción normal de cemento, de 900 kg de cemento por metro cúbico de arena, lechada que se deja con la estricta fluidez para que penetre por los intersticios que dejan las piedras. Para esta fluidez, y para la manera de hacer penetrar la lechada, esparciéndola con escobas en forma que no se arranquen las piedras, no se pueden dar reglas; sólo la práctica continuada llega a alcanzar el éxito más completo. El esparcido de la lechada puede hacerse con una regadera a presión, pero la mezcla debe estar constantemente agitada en el depósito donde por inyección de aire la presión se obtenga, y aun en este caso deberá ayudarse al esparcido de la mezcla con las escobas, tanto para lograr una penetración perfecta como para evitar la aglomeración de mortero encima de la piedra, que ha de aparecer a la vista en toda la superficie como un mosaico.

Debo recomendar eficazmente que antes de emplear la lechada se compruebe con un patrón o cercha la perfección de la superficie de la piedra apisonada, pues las irregularidades que presente no se pueden corregir después.

Para que puedan apreciarse los resultados obtenidos, presento las siguientes fotografías, que permitirán formar idea y concepto del pavimento. Estas fotografías se han obtenido del pavimento de 12 cm de espesor construido en la calzada del Parque de la Ciudadela.



Parque de la Ciudadela. Calzada de macadam lechadado, en ejecución. Las letras AB marcan el límite de la parte lechadada.

Del examen de estas fotografías y de los resultados prácticos de lo construido se deducen los siguientes hechos, como ventajas fundamentales del sistema:

1.º Que la penetración se ha realizado en toda la capa de 12 cm, obteniendo un espesor de hormigón compacto.

2.º Que esta capa lechadada queda *sólida y uniformemente* constituida por una *enérgica e igual compresión* de la apisonadora.

3.º Que el volumen de los huecos es el mínimo y el estrictamente necesario para establecer la conglomeración del conjunto mediante el aglutinante (cemento).

4.º Que como no se ha destruido, al dar la lechada, la continuidad de la superficie, la rodadura



Otra calzada del Parque de la Ciudadela, pavimentada con macadam lechadado, completamente terminado y sin alquitranar.

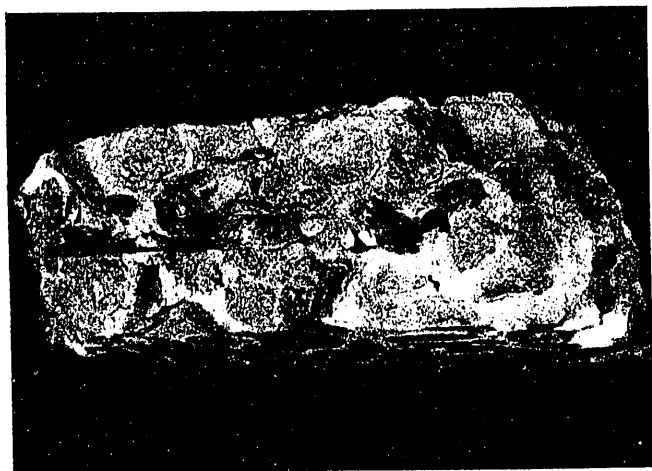
se verifica siempre sobre el elemento más resistente, o sea sobre piedra, que, además de haberla dejado la consolidación en posición estable, asegura su permanencia en esta posición el aglutinante; y

5.º Que la impermeabilidad es superior a la de los hormigones contruidos por procedimiento ordinario, porque, por efecto de la posición estable de la piedra, determinada por la compresión, las contracciones de fraguado de la lechada se producen en pequeñas masas de cemento que por su situación y dimensiones no tienen la fuerza necesaria para arrastrar el conjunto de la piedra, perfectamente consolidada, y así, por tanto, los huecos producidos por contracción son mínimos, dando por resultado que la penetración ulterior de las aguas de lluvia o riego, que son las que se oponen a los libres movimientos de contracción y dilatación de la masa, determinando una desigual repartición de las tensiones interiores, quede también reducida a un mínimo, con lo que, en resumen, se alcanza la enorme ventaja de *evitar en absoluto las grietas*, que es, sin duda, entre otras, la más positiva ventaja de orden técnico de este sencillo procedimiento de construcción.

Yo he de hacer constar aquí, como corroboración de lo que acabo de razonar, que en los varios miles de metros cuadrados que ya llevamos contruidos por este procedimiento, todavía no he podido comprobar la existencia de una sola grieta en tal extensión de pavimento; y nadie podrá negar que sólo esta enorme ventaja de la impermeabilidad acredita en absoluto el procedimiento de construcción que preconizo, procedimiento que puede aplicarse para obtener toda clase de resistencias del pavimento; porque no se escapará a la clarividencia de los lectores que, si en lugar de lechadar solamente la se-

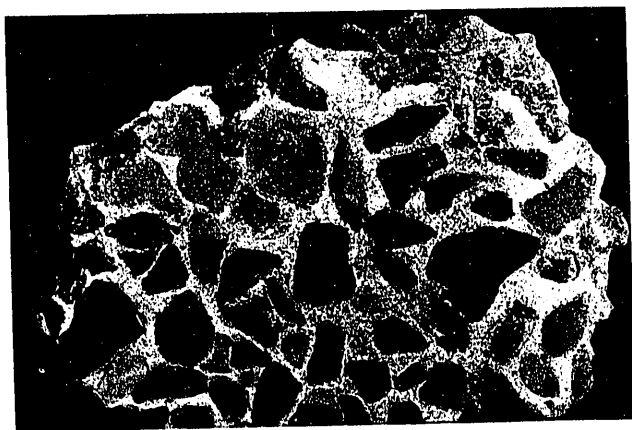
gunda capa del firme, se hace igual operación en la primera, en vez de recebarla como antes he dicho, se pueden obtener los espesores que se deseen de la capa de hormigón.

Constituyendo una base esencial para obtener la perfecta bondad del pavimento que la lechada de



Bloque de macadam lechadado, arrancado de la calzada del Parque de la Ciudadela, que prueba que la lechada ha penetrado en los 12 centímetros de su espesor. Los huecos que se observan los ocupaban otras piedras desprendidas al arrancarlo; no son, pues, defectos de penetración de la lechada.

aglutinante, sobre poder penetrar libremente, encuentre la piedra suficientemente limpia para que la adherencia sea perfecta, se comprenderá desde luego que la piedra que ha de proporcionar el mejor pavimento ha de ser la de dureza suficiente para que el apisonado enérgico preliminar no la desmenuce;



Detalle de la superficie del bloque arrancado de la calzada del Parque.

condición de dureza que también resulta esencial en la superficie para que el desgaste de la piedra sea mínimo y, en consecuencia, grande la duración del pavimento.

Entremos, por fin, a examinar otra parte importantísima del sistema, o sea su aspecto económico. No detallaré los gastos que producen las distintas operaciones hasta alcanzar el grado de consolidación apetecido, porque, siendo idénticos a los que ocasiona todo afirmado bien construido, son sobradamente conocidos en cada caso particular. Debemos, pues, considerar solamente la diferencia de coste entre el acabado del macadam con recebo, como se ha venido haciendo hasta ahora, y su conversión en lechadado.

Ningún ingeniero ignora que la buena calidad del recebo es un factor importante para obtener un buen afirmado, y como los recebos de buena calidad no se encuentran, en general, inmediatos a las calzadas donde se construyen los afirmados, su obtención resulta generalmente cara, y en muchas ocasiones es imposible procurárselos en condiciones económicas. Como cada caso es distinto, habré de referirme a Barcelona para establecer un ejemplo que sirva de punto de comparación.

Las arenas o detritus de cantera o de machaqueo que pueden utilizarse en esta capital como recebo, deben ser valorados por término medio, a pie de obra, al mismo precio que la arena, y como la cantidad que de este material se necesita para el lechadado es sensiblemente igual a la de recebo del macadam ordinario, ningún mayor gasto produce este material. Resulta, pues, que sólo debe contarse el cemento como gasto supletorio. El resultado de nuestros ensayos demuestra que la cantidad de cemento necesario es de *1 200 gr por metro cuadrado de superficie y centímetro de penetración*, si la piedra está debidamente consolidada. Dando al cemento un precio normal de 80 pesetas tonelada (doy este precio como normal para no asignarle el de 62 pesetas que, por circunstancias especiales, que no son de este lugar, costaría hoy en Barcelona), los 15 kg de cemento, en números redondos, que por metro cuadrado de un lechadado de 12 cm de espesor se emplean, cuestan 1,20 pesetas; la mano de obra que la operación de hacer la mezcla y repartirla exige por igual unidad de superficie es de 0,64 pesetas, pagando 9 pesetas de jornal a los peones; pero esta cantidad debe disminuirse en el ahorro de los pasos de apisonadora que son necesarios durante la penetración del recebo en un afirmado corriente y el esparcido de aquél; y este gasto es sin duda también equivalente al acabado del macadam ordinario, y a veces inferior si está constituido por rocas hipogénicas. El agua necesaria tampoco la hago entrar en cuenta, porque también es equivalente a la que exige la total consolidación de los afirmados con recebo. En resumen: el exceso de coste que un firme lechadado en 12 cm de espesor exige, en Barcelona, sobre un afirmado corriente, es de 1,20 pesetas por metro cuadrado. Si el espesor de la capa lechadada fuera de 8 cm, que en la mayor parte de los casos será suficiente, el exceso de coste sería solamente de 0,80 pesetas por metro cuadrado.

Y ahora dejo al buen criterio técnico de los lectores de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS apreciar las condiciones de resistencia y durabilidad de este *afirmado lechadado*, comparándolo con los firmes recebados; y seguramente todos llegaremos a la conclusión de que el exceso de gasto de primera instalación queda en escaso tiempo amortizado. He de llamar particularmente la atención respecto a que, habiendo aumentado en proporciones considerables el vehículo automóvil, que en los firmes ordinarios produce acto continuo el descarnado de la piedra de la superficie con destrucción de la tersura de ésta y consiguiente aparición de las *calaveras*, causa inicial de la inmediata aparición de baches, se obtiene con los lechadados la desaparición de este grave defecto. He de hacer notar también de una manera especial que la relativa rugosidad de la superficie de los lechadados y su consiguiente aspereza hacen dicho pavimento apropiado, no sólo para las rampas pronunciadas, sino que también para evitar el patinaje de los

automóviles en las curvas de escaso radio de las carreteras.

Finalmente, he de decir que en Barcelona estos *firmes lechados* se recubren con alquitrán, con lo que se obtienen pavimentos que, por su aspecto y su resistencia, son comparables a los asfálticos, y en este caso se obtiene una gran economía en el alquitranado, porque ni se ha de limpiar la superficie para dejar la piedra limpia a la vista, operación muy costosa, ni el firme embebe el alquitrán, con lo que bastan dos ligeras capas para dejar la superficie totalmente cubierta y tersa, en lugar de tres capas que exigen los firmes ordinarios.

Cuando el transcurso del tiempo me permita obtener datos prácticos sobre la duración, en cada caso, de este pavimento, procedimiento más apropiado de conservación y gastos que ésta produzca, me complaceré en dar cuenta de ello a los lectores de esta REVISTA.

* * *

Y, antes de terminar, séame permitido tener la honra de dirigirme a los Excmos. Sres. Ministros de

Fomento y de Trabajo, para llamar su atención respecto a la facilidad con que, tal vez por falta de informes técnicos, se otorgan patentes de invención de pavimentos que carecen en absoluto de toda novedad y son, a lo sumo, recopilación de procedimientos diversamente ensayados. Esto perturba enormemente el desarrollo de buenos sistemas de pavimentación en carreteras y en poblaciones, con evidente lesión de los intereses generales y particulares.

Y como esto, desgraciadamente, ocurre, si bien me ha movido a publicar este artículo principalmente el deseo de promover un ensayo más general de este sistema de pavimento para que se alcance su perfección, y el que tal vez podría tener inmediata aplicación a una parte del Circuito Nacional de Turismo o de Firmes Especiales, ha determinado en mí una mayor prisa en dar a conocer su ejecución y sus resultados el temor de que alguien se apropiara el derecho de patentar este procedimiento, que, al fin y al cabo, no es más antiguo que otros que han dado lugar a privativas que me abstengo de calificar.

José CABESTANY
Ingeniero de Caminos,
director general de los Servicios Técnicos
Municipales de Barcelona

Inyecciones de mortero en el dique Norte del Musel (Gijón)

Acudo al llamamiento que en uno de los últimos números de la REVISTA hace mi querido jefe el señor Ribera, y voy a dar noticia de unas inyecciones de mortero que se están ejecutando en el puerto del Musel, y cuya descripción creo que es interesante.

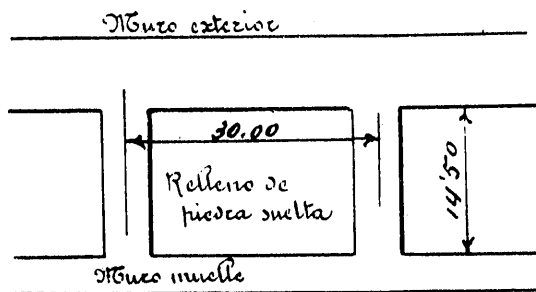
No se trata de un volumen pequeño de mortero, ni de rellenar con él las grietas de una mampostería, o los huecos que pueda haber en el interior de un macizo, sino de un volumen de hormigón que se acerca a 60 000 m³, y de unas inyecciones que se emplean como un procedimiento normal de construcción, que consiste en que, en vez de llenar un macizo con hormigón en masa, se le puede llenar primero con piedra partida y aglomerar luego esta piedra con las inyecciones de mortero.

El dique de abrigo del puerto del Musel es un muro de paramentos verticales, y, dentro de ese modelo de diques, pertenece al tipo de Kilrush, o sea: dos muros paralelos longitudinales formados por un cimiento de sacos y un cuerpo de bloques de hormigón y de mampostería; otros muros transversales de la misma sección y que distan 30 m uno de otro, y un relleno de piedra suelta.

Ya no es la primera vez que ha dado mal resultado ese tipo de muro: díganlo los puertos de Wick y

de St. Helier. En el Musel el resultado tampoco ha sido bueno.

Aquí ha sido por una avería de origen químico; en otros puertos ha sido por la fuerza de las olas. Sea la causa la que sea, en cuanto que se abre un boquete, aunque sea pequeño, en uno de los muros, por él sale el material del relleno, y quedan los muros solos formando un esqueleto sin la resistencia suficiente para aguantar los embates del mar.



Planta

Croquis del dique Norte del puerto del Musel



Sección

Para evitar esto, se está vertiendo por el lado de fuera del dique una escollera que llega hasta la bajamar, y se está sustituyendo el relleno de piedra suelta por hormigón. Esta sustitución se hace en los 7 m superiores, es decir, desde un poco más abajo del nivel de la mayor bajamar, hasta la rasante del muelle.

Para llevar a cabo esta sustitución no nos pareció