

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

OBSERVACIONES ACERCA DEL PAVIMENTO DE LAS CALLES EN EUROPA Y AMÉRICA

Cimentaciones.

Hasta mediados de la última centuria el pavimento de adoquines aplicados directamente sobre el suelo se consideró aceptable en todas las ciudades europeas.

La colocación de conductores eléctricos en el subsuelo, en lugar de los aéreos, al mismo tiempo que el empleo de automotores para el arrastre de varios vehículos por los años 1890 y siguientes hicieron sentir la necesidad de cimentaciones rígidas debajo de la superficie de rodadura en el pavimento de las calles.

En la actualidad el gran aumento de peso de los vehículos, unido á las frecuentes roturas del pavimento para la colocación de las múltiples cañerías, conductores, etc., que la moderna civilización requiere, han hecho indispensable el empleo de cimentaciones en los pavimentos de las calles de tráfico intenso.

Tales cimentaciones son esenciales en casi todas las calles de las ciudades americanas, que además de tener el terreno muy removido por los servicios en él instalados, se encuentran en un suelo flojo para poder aplicar directamente sobre él los adoquines; por el contrario, muchas calles de las viejas ciudades europeas están como hace cien años, y en ellas (como se ve en algunas calles poco frecuentadas de Hamburgo) la superficie de los pavimentos de adoquines se mantiene en buen estado á pesar de hallarse aplicados éstos directamente sobre el duro suelo.

Las condiciones del subsuelo de Londres, por otra parte, han hecho que se exija una cimentación de 30,5 centímetros de profundidad en la parte central de la ciudad. Sin embargo, hasta en el mismo Londres, en sus barrios apartados, se pueden ver muchas calles cuyo pavimento no tiene más cimentación que la natural.

Existen grandes diferencias respecto á la profundidad, y en cuanto á las proporciones de los elementos integrantes del hormigón, en los distintos sitios en que se emplean cimentaciones. Una cimentación de hormigón de 10,14 centímetros se considera como suficiente hasta en poblaciones tan importantes como Bruselas. Según parece, la profundidad tipo en la actualidad oscila entre 15,24 centímetros y 20,32 centímetros.

Las proporciones de los componentes del hormigón varían enormemente, siendo algunas corrientemente usadas las siguien-

tes: en Battersen, 1 : 3 : 5; en Liverpool, 1 : 6 : 3; en París, 1 : 3 $\frac{3}{4}$: 7 $\frac{1}{2}$; en Berlín, 1 de cemento y 8 de grava fina y arena; en Hamburgo, 1 de cemento y 7 de grava sin cribar; en Viena, 1 : 3 : 5; en Londres y Westminster, 1 de cemento y 6 de grava sin cribar.

El batido del hormigón se hace casi siempre á mano, y por excepción se emplean hormigoneras en Alemania para este trabajo.

El hormigón se echa comúnmente entre formas puestas normalmente al eje de la calle y distantes unos 4,50 metros.

Finalmente, para obtener una superficie lisa, se pasa un tablón con filo á través del ancho de la calle, estando el hormigón suficientemente fluido para que el material más fino aparezca en la superficie y ésta quede bien alisada después del paso del tablón.

Donde no se emplea este método, las formas se colocan en la dirección del eje de la calle y el alisado de la superficie se obtiene pasando el tablón normalmente á este eje.

Donde se ha de colocar pavimento de madera, el obtener una superficie muy lisa en el cimientado tiene gran importancia y algunas veces se hace un alisado á mano.

Pavimentos de piedra.

Tal vez el pavimento de piedra más usado en Europa es el constituido por adoquines de forma cúbica, del tipo llamado adoquín Belga. Estos adoquines se colocan generalmente sin cimentación, pero su forma regular permite juntas que no exceden de 2,5 centímetros de anchas, resultando así una superficie mucho más lisa para el tráfico rodado que la obtenida antiguamente.

Otra variante, dentro de la misma clase de pavimento, es la empleada en Italia, cuyos adoquines tienen una dimensión dominante, formando verdaderas losas, de 45 $\times$ 60 $\times$ 15,2 centímetros, colocadas con juntas relativamente pequeñas. En una calle sin pendiente, este pavimento no es resbaladizo para las caballerías, y proporciona una superficie bastante lisa para el tráfico rodado.

Gran parte de los pavimentos de piedra de las ciudades de Europa (que constituyen generalmente la mayor parte de la superficie de las calles) están hechos con uno ú otro de los dos tipos indicados, ya sean de granito ó de una piedra más dura. El granito, siendo un material relativamente blando y desgastándose bastante, se está sustituyendo por otros materiales más duros y resistentes al desgaste, excepto en las calles con pendientes, en

donde proporcionan una superficie bastante menos resbaladiza que la de los materiales duros.

Al emplearse la cimentación debajo de los pavimentos de adoquines se redujo el grueso de éstos, usándose adoquines de 11,5 á 15,2 centímetros de grueso, en lugar de los de 20,32 centímetros, comúnmente utilizados en Francia y Alemania al no poner cimientos.

En las ciudades de Alemania se emplean dos tipos de adoquines, y donde se colocan cimientos, se usan adoquines de más pequeña superficie y colocados con juntas más pequeñas.

El empleo de cimentaciones de hormigón en los pavimentos se extiende en Europa, aunque se puede citar á París, donde tan sólo $\frac{1}{11}$ de la superficie total pavimentada lo está con cemento de hormigón. Liverpool ha ensayado una multitud de tipos de adoquín con y sin cimientos; aunque desde hace veinticinco años siempre se usa cimentación de hormigón.

La mejor práctica en la colocación de pavimentos de piedra consiste en colocar un colchón de arena ó de grava menuda pasada por la criba de 2,5 á 5 centímetros de grueso, algunas veces mezclada con pequeñas cantidades de cemento, para dar alguna rigidez al colchón.

Las juntas algunas veces se llenan con grava y con alquitrán ó una mezcla de alquitrán y arena, y otras, como se practica en algunas ciudades europeas, con mortero de cemento. En ocasiones se emplean los dos procedimientos, la parte inferior de la junta se rellena con mortero y el resto con alquitrán. Para las grandes superficies de pavimento sin cimientos no se usa otra cosa, para rellenar las juntas, que grava ó arena. La junta menor á que se ha llegado en Europa con las caras de los adoquines muy cuidadas es de 1,3 centímetros.

Los adoquines pequeños se emplean en Alemania cuando se trata de sustituir el macadán por un pavimento más duradero. Estos adoquines se colocan muy frecuentemente con las juntas rellenas de arena, y aun colocados sobre una cimentación de hormigón y con las juntas rellenas de asfalto tan sólo se utilizan en las calles de pequeño tráfico.

Mientras que los Ingenieros de Birmingham y de Chesea han encontrado aceptable el pavimento de adoquines de pequeñas dimensiones, los de Battersea no creen deba usarse en las calles. El trozo de la carretera de Lideup (Londres), en que se ensayan estos adoquines al lado de otros pavimentos, hasta ahora parecen dar buenos resultados. Los Ingenieros de Liverpool no consideran aceptable el pavimento de adoquines pequeños para ninguna clase de calles y creen que los adoquines rectangulares (forma de losas) son los preferibles para las calles de mucho tráfico pesado y el macadán alquitranado para las de tráfico ligero.

Las ventajas de los pavimentos de adoquines pequeños para las vías de los arrabales son: gasto pequeño en la conservación y carencia de polvo si están las juntas rellenas de alquitrán. Las desventajas consisten en que son muy ruidosos, tienen tendencia á redondearse al vaciarse las juntas y son fácilmente aplastados debido á sus pequeñas dimensiones.

Existen pequeñas áreas pavimentadas con estos adoquines, que presentan una superficie casi tan lisa como el asfalto. Sin embargo, difícilmente podría ser este pavimento económico en el campo y sería discutible la conveniencia de tener una superficie tan lisa y resbaladiza.

Pavimentos de madera.

Se hacen con madera blanda y dura. Las dimensiones corrientes son de 7,5 á 12,5 centímetros de profundidad, por 7,5 á 10,16 centímetros de ancho, por 15,2 á 25,4 centímetros de

largo. Tanto en el Continente como en Inglaterra se ha usado mucho la madera de Australia para el pavimento. En las calles de tráfico pesado han dado mal resultado.

Los tarugos de estos pavimentos (como se ve en Madrid, Alicante, etc.) se redondean y se ponen rugosos y desiguales por efecto del tráfico pesado.

En algunas calles donde esto ocurría, se han sacado, y después de repasados, quitándoles alrededor de 1,5 centímetros, se han colocado otra vez, obteniendo bastante buenos resultados; ahora bien, esto no es más que una solución temporal y ninguna ciudad de importancia coloca en la actualidad pavimentos de esta clase.

Los tarugos se colocan siempre sobre una cimentación de hormigón alisado, sobre la cual se extiende una capa de alquitrán, vertiéndose igual sustancia sobre la superficie del pavimento. Los tarugos de madera blanda, como pino de Noruega, Suecia y Francia, aunque más blandos que los pinos de Australia y América del Norte, se parecen mucho á aquellos y son muy usados en la actualidad.

Cuando se colocan tarugos de madera blanda, la superficie de los cimientos se alisa perfectamente y se la da el bombo que ha de tener la calle, y los tarugos, previamente tratados con creosota (de 1,84 á 5,44 kilogramos por 28,31 decímetro cúbico, se colocan sin verter sustancia alguna sobre su superficie.

Colocados los tarugos en su lugar, con las juntas más grandes que en América, se vierte en la superficie alquitrán y se alisa ligeramente; cuando se ha endurecido bastante, se extiende sobre toda la superficie una capa fina de mortero de cemento, probablemente para igualar la superficie constituida por el alquitrán; últimamente se espolvorea la superficie con arena granítica que el tráfico se encarga de hacer penetrar en la blanda superficie de la madera. Así se obtiene una superficie no resbaladiza, que permite colocar esta clase de pavimentos en calles con pendientes del 5 por 100 sin peligro de dificultar por ellas el tráfico de caballerías.

Cuando está bien hecho un pavimento de madera, presenta la mejor superficie que es posible obtener; cuando ocurre lo contrario, como es frecuente, no es fácil encontrar nada peor.

Asfaltado.

Los pavimentos de asfalto de las ciudades europeas están, la mayoría, hechos con asfalto natural procedente de Italia y el Sur de Francia. La roca de que se extrae el asfalto es caliza bituminosa, que se saca en pedruscos, que se parten y muelen hasta reducirlos á un polvo muy fino, calentándose después á elevada temperatura, obteniéndose de este modo un producto análogo al asfalto artificial usado en los Estados Unidos, aunque de color más oscuro. Este material se extiende sobre el cimiento en copos, que después de comprimidos tengan un espesor de 3,7 á 5 centímetros. Se comprime y alisa esta superficie á mano. Cuando la roca es pobre en betún se le añade la cantidad necesaria.

En París está prohibido emplear el material levantado de una calle asfaltada para usarlo nuevamente. En Berlín y Charlottemburgo se permite usar el material viejo en la proporción de un tercio de la cantidad total. La práctica consiste en mezclar el material viejo y el nuevo en el triturador.

El pavimento de roca asfáltica se emplea mucho en Europa, obteniéndose un pavimento en todo análogo á los pavimentos de asfalto artificial de América, pero aunque más duro, es muy resbaladizo con tiempo frío. Con tiempo caluroso tiende á reblandecerse. Se emplea con éxito en París, Berlín y Londres en ca-

lles donde nuestro asfalto no estaría indicado. No se puede emplear en las calles con pendiente.

En Europa se considera al asfalto como un pavimento de alto precio para emplearlo muy extensamente como se hace en Nueva York.

Sin embargo, todos los nuevos distritos de Berlín están asfaltados, y en París se proyecta asfaltar calles en donde hoy existe entarugado, adoquinado y macadán.

Por la primavera del pasado año Viena empezaba á sustituir mucho del viejo adoquinado de sus calles por asfaltado.

Se ha tratado de sustituir el asfalto empleado en la actualidad en Europa por asfalto americano.

Algunas calles han sido asfaltadas con él en Berlín, y antes de estallar la guerra una Compañía se preparaba á contratar la pavimentación de una extensa área con asfalto americano. En general, los Ingenieros europeos están satisfechos con su tipo de asfalto y no muy propicios á ensayar otro.

Se debe hacer notar que el buen resultado del asfalto europeo es en mucho debido al buen manejo y colocación del material, mientras que de muchas de las críticas del asfaltado americano debe responder, en muchos casos, las cimentaciones defectuosas.

Resumen.

Se puede decir que sólo los tres tipos de pavimento antes mencionados son los usados en las calles de las ciudades europeas. Gran variedad de otros tipos se encuentran en muy pequeña escala y generalmente usados en calles de tráfico poco pesado é intenso.

Entre éstos se hallan varias clases de bloques de asfalto comprimido, comúnmente una delgada losa puesta sobre un cimientito de hormigón; losas de cemento prensado, usadas más comúnmente para aceras; adoquines de escoria, que al principio presentan una superficie muy lisa y que rápidamente se deterioran hasta con un tráfico moderado y ligero, y, por último, ladrillos cocidos y vitrificados. En Bruselas se han empleado en los paseos de algún parque ladrillos muy cocidos y empapados en alquitrán, y muchos kilómetros de carretera los tienen en Holanda.

Muchas clases de macadán alquitranado y embetunado, construido de muy distintos modos, algunos de ellos patentados y con diversos nombres, se usan muy extensamente, tanto en las carreteras y caminos suburbanos de América como de Europa.

Después de estudiar todos los pavimentos modernos, se advierte que su empleo es muy inferior al de los que podríamos llamar ordinarios ó corrientes, es decir, adoquinado de piedra con cimientito y juntas de arena y macadán sin alquitranar. (*Engineering News*, H. W. Durhman.)

RAMÓN MARÍA SERRET.

La distribución de electricidad en Londres.

(*Engineering.*)

En una Memoria leída por el Dr. Klingenberg en la Institution Electrical Engineers, señala la existencia en Londres de 64 Centrales, de una potencia media de 4.670 kilovatios, cuando Chicago sólo cuenta seis Centrales de una potencia media de 37.000 kilovatios.

El *Engineering* hace observar, en efecto, que no hay motivo

para estar orgulloso de la historia de la distribución de electricidad en Londres durante los diez últimos años. Los diversos proyectos de ley presentados al Parlamento no han dado resultado, y últimamente un proyecto presentado por la County of London Cy ha sido retirado por la oposición que se le hizo.

Sin embargo, el Consejo del Comité de Londres prepara una nueva intervención, puesto que ha publicado la Memoria que encargó á M. M. Mertz y Mac-Lellan, relativa á la distribución de electricidad en Londres.

Esta Memoria ó informe trata separadamente la producción y la distribución. Empieza haciendo un breve resumen de la actual situación, poco satisfactoria. A parte de las Centrales de tracción existen en Londres no 64, sino 70 Centrales dotadas de 585 máquinas, y con una potencia media de 5.400 kilovatios. Las diferencias que existen entre estas cantidades y las facilitadas por M. Klingenberg son debidas probablemente á que se aplican, bien sea á zonas ó á años diferentes. De todos modos demuestran claramente lo desfavorable de la situación actual.

Para la producción de la energía eléctrica, de hecho solamente existen dos métodos apropiados para realizar en Londres importantes economías. El primero sería consentir á ocho ó diez Centrales de las existentes aumentarse, abandonando progresivamente las restantes; el segundo cerrar todas las fábricas situadas dentro de la metrópoli ó próximas y concentrar la producción de la electricidad fuera por completo. Para sacar de uno y otro método todo el mejor partido posible, sería necesario normalizar el sistema de distribución primaria en Londres. El informe se ocupa, igualmente, del problema de la generación de corriente en las mismas estaciones carboníferas. Opina que si todas las Centrales existentes pasasen á mano de una Administración única, existiría interés en cerrar todas, en vender la mayor parte las respectivas dotaciones y en producir toda la energía fuera de Londres.

Si se considera solamente la zona central de la metrópoli, que corresponde aproximadamente al territorio del Comité de Londres, se calcula que la economía obtenida con esta solución en los gastos de explotación sería, aproximadamente, del 18 por 100, ó sea de 4.250.000 pesetas por año, y que teniendo en cuenta el aumento de la demanda durante los cuatro primeros años, el capital necesario para esta transformación sería de 150 á 175 millones de pesetas.

Para producir la corriente en 10 estaciones modelo establecidas en el emplazamiento de las estaciones existentes, costaría por lo menos un 20 por 100 más, y si se tratase de agrandar y adaptar las 10 mejores estaciones, la solución sería mucho más costosa todavía.

Con respecto á la distribución de la energía en Londres, recomienda el informe no extender más el sistema actual de cables y crear una nueva red trifásica, á alta tensión y á 50 periodos, que por medio de transformadores facilitase la corriente á los abonados.

Se calcula que esta nueva red reduciría, finalmente, en un 12 por 100 los gastos totales de explotación, y que resultaría por lo menos 250 millones de pesetas más económica que la extensión de redes actuales de corriente continua.

La distribución por esta nueva red se haría á un precio inferior al de las tarifas existentes, de modo que muchos abonados aceptarían voluntariamente la transformación. En muchos casos las redes existentes serían suficientes evidentemente para soportar el aumento de las cargas previstas por el desarrollo normal, y, por consiguiente, de ello la gran reducción del precio de la corriente, realizable con el nuevo sistema de producción; sin embargo, el ideal sería establecer progresivamente la red trifásica