

REVESTIMIENTO DE VIAS PUBLICAS: HORMIGONES DE CEMENTO

Por MARCELINO AHIJÓN GODÍN, Ingeniero de Caminos.

Continúa el trabajo iniciado en nuestro número anterior con el presente artículo, que se dedica especialmente a exponer y comentar las conclusiones formuladas sobre el tema en el Congreso Internacional de Carreteras, en Washington, en el año 1930.

II

En el período de tiempo transcurrido entre el IV Congreso Internacional de Carreteras, reunido en Sevilla el año 1923, y el de Washington, reunido en 1930, sexto en el orden de los celebrados, los revestimientos de hormigón se desarrollaron de manera progresiva en Europa, mientras que en América su extensión tuvo un carácter más irregular, aunque el número de kilómetros establecido fué muy elevado, adoptándose el sistema en vías urbanas en creciente y rápida proporción. La longitud establecida en los Estados Unidos a fines del año 1930 ascendía a más de 32 000 kilómetros, cifra muy superior a la obtenida sumando los kilómetros construídos en los demás países.

En la mayoría de los países europeos, la casi totalidad de los revestimientos de hormigón de cemento, ejecutados entre los años 1923 y 1930, se llevaron a cabo al dictado de la técnica americana, más especialmente en lo que se refiere a la granulometría continua empleada por aquéllas, que llegó a constituir la fórmula clásica empleada:

Piedras duras trituradas.....	20-40 mm.	500 litros.
Gravillón duro triturado.....	5-20 "	500 "
Arena	0- 5 "	500 "
Cemento		400 Kg.

Aceptada esta fórmula clásica, a la que pudo atribuirse un valor más experimental que técnico, el factor coste del revestimiento, que constituía una seria objeción para su establecimiento, determinó el estudio económico del mismo, factor que en la técnica americana tenía una cierta relatividad.

En el camino que este estudio trazó, se dibujaron dos tendencias: la primera, preconizaba la reducción de espesor de las losas en relación con los adoptados por los americanos; la segunda, propuso la construcción del revestimiento en dos capas de hormigón, más pobre en cemento y de piedra de calidad más baja la inferior.

Por otra parte, y siguiendo la trayectoria que perseguía un revestimiento más económico, la maquinaria para la fabricación y más particularmente la de su

puesta en obra, fué objeto de reducciones, conservando lo que se estimaba fundamental, suprimiendo lo que se creía en ciertos aspectos superabundante o superfluo, con arreglo a un concepto muy extendido y no exento de su parte de razón, por apreciar en la fabricación de todo sistema mecánico una tendencia a la complicación y superabundancia, traducido en un coste comercial más elevado.

En esta dirigida y hasta sistemática línea hacia lo económico, otros elementos del revestimiento fueron en variedad de casos descuidados: calidad de la piedra, granulometría, etc. En contraposición, difícilmente explicable, se aumentaron dosificaciones de cemento hasta límites que perduran en la memoria, aunque no en la técnica de algunos Ingenieros.

Como caso particular de esta directriz para la obtención de un revestimiento más económico, no debe silenciarse la aparición y relativa extensión de los revestimientos de macadam compactados con cemento, no sólo en Europa, sino también en América. El macadam-cemento, constituido por una capa o dos de piedra partida, a la que se adicionaba un mortero de cemento que, mediante apisonado análogo al macadam ordinario de agua, se obtenían espesores de revestimiento de 8 a 10 cm., tuvo la pretensión de resolver el problema de tráfico, de limitación variable en cada país.

Acaso esta tendencia, dirigida a la obtención de revestimientos más económicos a base de hormigón, haya que atribuirle no solamente al revestimiento, sino a causas de carácter general impuestas por la prolongada crisis económica que sufrió el mundo de la primera postguerra, y que afectó a todos los órdenes de la vida de los pueblos.

El establecimiento de afirmados de hormigón de cemento en Europa, sobre estas bases económicas, condujo, en un cierto número de casos, a revestimientos que se fisuraron y agrietaron en corto plazo de tiempo, grietas que tendían a multiplicarse y alargarse, de tal modo, que el betón o el alquitrán con los que se rellenaban fué extendiéndose por gran parte de la calzada, terminándose por aceptar el hormigón como una simple capa de fundación sobre la que se estableció un revestimiento de distinta categoría.

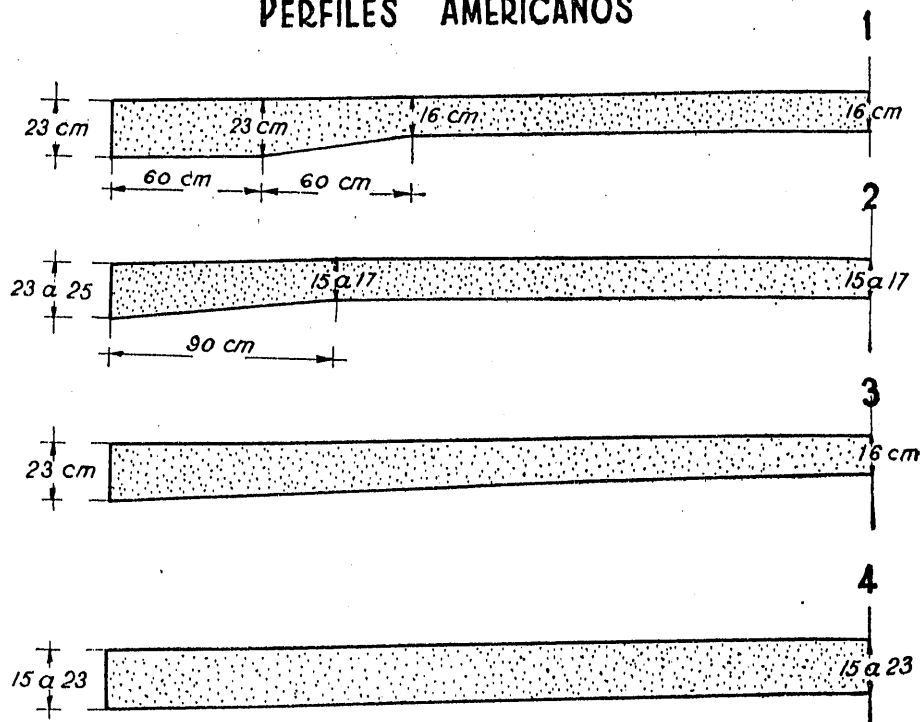
En otros casos, simultáneamente con la fisuración, o con independencia de ésta, el hormigón se degradaba parcialmente, produciéndose baches cuyo relleno, al hacerlo obligadamente con materiales ligados con un aglomerante plástico, restaban uniformidad a la superficie de rodadura y una mala impresión sobre la bondad del revestimiento.

Hubo, a no dudar, buen número de afirmados de hormigón bien establecidos y que se conservaron en buen estado, en contraposición a los anteriores, y ello

cemento en afirmados de vías públicas era un trabajo de mayor complejidad que el similar en el mismo material aplicado a la construcción en general.

d) Que la determinación de los espesores y dimensiones superficiales de las losas era un problema, desde el punto de vista técnico, de cierta indeterminación, teniendo en cuenta lo irregular o accidental de las condiciones de trabajo de las losas, y en consecuencia, aquellas dimensiones, en cada caso, deberían ser objeto de estudio, y en lo que se refiere particularmente a

PERFILES AMERICANOS



produjo la reacción natural de la técnica, a la vista de estos desiguales resultados.

En varias naciones se hicieron estudios y ensayos sobre base técnica y experimental propia, apareciendo los primeros pliegos de carácter oficial y normas constructivas para el establecimiento de afirmados de hormigón de cemento.

Se estimó como primeras conclusiones a deducir:

a) Que un revestimiento de hormigón de cemento exigía una ejecución esmerada y hasta meticulosa y una atención siempre vigilante.

b) Que las diferencias iniciales establecidas en los elementos componentes del hormigón, en relación con el empleado en general en la construcción, deberían ser, por razones técnicas y experimentales, más acentuadas en algún aspecto, y en otros, aquellas condiciones llegaban a ser substancialmente distintas.

c) Que la puesta en obra de un hormigón de

espesores, deberían ser fijados con un margen de seguridad apropiado.

En América, la experiencia en la construcción de revestimientos de hormigón, en elevado porcentaje en carreteras nuevas, fué suficientemente aleccionador para fijar la atención de técnicos y constructores. Emprendida la construcción de carreteras nuevas en gran escala a través de su inmenso país, entonces todavía mal dotado de estas vías de comunicación, imaginaron aplicar, en grande, el hormigón de cemento para afirmados de las nuevas vías, con fórmulas variables de un estado a otro, pero con carácter casi sistemático dentro de cada uno; el número de fracasos no fué reducido ciertamente. Le Gavrian, el ilustre Ingeniero francés y profesor de la Escuela de Ponts et Chaussées, dice en su libro *Les Chaussées Modernes* al referirse a esta cuestión, en aquella época:

"Los técnicos americanos reconocen que la con-

fección de estos revestimientos exige, para su buen establecimiento, una gran perfección en la ejecución, y ellos han creado un material mecánico para dosificar, mezclar, extender, comprimir y acabar el hormigón, en creciente perfección para reducir al mínimo la posibilidad del fracaso. De 100 casos de afirmados de hormigón defectuosos, ellos atribuyen 90 a mala ejecución; ocho, a calidad mediocre de las piedras y arenas, y solamente dos, a la mala calidad del cemento."

La preparación del subsuelo, sobre el que había de asentarse el revestimiento, fué considerándose cada vez más imprescindible a la par que operación cuidadosa, bien en lo que se refiere a su saneamiento como en lo que se relaciona con su adecuada resistencia y estabilidad, supeditándose en algunos casos el trazado al terreno o corrigiendo las condiciones de los materiales integrantes del mismo.

En cuanto a dimensiones de losas y forma de las mismas, los croquis de la página anterior pueden dar una mejor y más breve idea que su referencia.

Esta somera relación del proceso de la construcción de los revestimientos de hormigón de cemento en el período comprendido entre el Congreso de Sevilla (1923) y el de Wáshington (1930), nos conduce, con cierto conocimiento de causa, al examen de las conclusiones de este último Congreso, que aun teniendo en cuenta el carácter de generalidad y hasta ambigüedad que caracteriza las conclusiones de casi todos los Congresos, especialmente internacionales, resultan las de éste de Wáshington, en algunos puntos, del mayor interés.

La celebración de este Congreso de la carretera en los Estados Unidos, con el gran impulso dado a su construcción en el país durante el período de tiempo comprendido entre los dos Congresos; la copiosa información gráfica extendida por todo el mundo, por libros y revistas, de las nuevas modalidades en afirmados llevados a cabo en América, y el prestigio o curiosidad universal que gozaba o despertaba la nación americana en todos los órdenes de la vida, congregaron en Wáshington buen número de técnicos de la carretera, a más de individualidades o representantes de organismos relacionados con la misma.

La organización del Congreso, agasajos, excursiones, visitas y todo el marco en que se encuadran estas reuniones internacionales, sorprendiendo y ganando a los congresistas, pusieron de manifiesto la arrolladora acción americana, manifestación inequívoca de su impulso material, de una vitalidad poderosa, cuya madurez de frutos aun espera anhelante el mundo...

... Detroit, punto de partida de casi todas las giras, con su exhibición espectacular y abrumadora de fábricas de automóviles de buena parte de las marcas entonces conocidas. Ontario, con su obligada visita a las cataratas del Niágara; New Jersey, Connecticut, con su Universidad de Yale, de renombre universal; Mas-

sachusetts, Ohio, Virginia, Carolina del Norte y del Sur, Georgia, Florida... y más y más Estados, ciudades, instalaciones, desfilando en sucesivo y alucinante aluvión... Carreteras, ferrocarriles, laboratorios, fábricas y fábricas, vislumbrados en extensos recorridos, entre agasajos constantes en medio de una cordialidad y atención extraordinarias...

Todos los problemas de trazados de carreteras y todos los sistemas de afirmados conocidos o adivinados, por atrevidos que fueren, bien en su aspecto técnico o económico, planteados a la vista de los delegados que participaron en las giras, dando realidad a los sueños de la técnica... y como final, la ingente Nueva York, que el capitán inglés Hudson, a bordo de "La Medialuna", fletada por unos mercaderes holandeses, hace posible, al tocar tierra en la isla de Manhattan, una mañana de septiembre de 1609, buscando quizá, como Colón, nuevos caminos de Europa a Oriente.

¡Nueva York! La ciudad y su puerto, cantado por Walt Whitman en su poema:

"... las banderas de todos los países, su arriadura al atardecer... Los muros grises de los entrepuentes de granito sobre los *docks*...

... ..

En la orilla próxima, los fuegos de las chimeneas de las fundiciones que llamean con vivos fulgores, muy altos en la noche, proyectando sus negros contrastes de luces rojas y amarillas sobre las casas, y al final, las brechas de las calles..."

* * *

La labor del Congreso, en lo que se relaciona con los revestimientos de hormigón, quedó resumida en los 15 puntos siguientes:

1.º Se está generalizando el uso del cemento como material de pavimentación, y tiene muchas ventajas inherentes. El cemento de fraguado rápido presenta ventajas especiales en determinadas circunstancias.

2.º El cemento se ha usado con todo éxito en la construcción de cimientos de hormigón de cemento para otras superficies, así como en los pavimentos de hormigón de cemento y en los caminos de macadam compactados con cemento.

3.º Los pavimentos de hormigón de cemento, así como los cimientos de hormigón de cemento protegidos por superficies de desgaste adecuadas, son muy convenientes para el tráfico pesado.

4.º En los casos en que haya un volumen considerable de tráfico con llantas de acero, si se usa el hormigón de cemento como material de pavimentación, debe construirse, en vez de un pavimento de una sola capa, un pavimento de dos capas, cuya capa superior esté compuesta de materiales muy duros.

5.º En el caso en que el tráfico sea, en su mayor

parte, de vehículos de llanta de caucho, los pavimentos de hormigón de cemento de una sola capa resisten con todo éxito volúmenes de tráfico máximos y cargas máximas por rueda.

6.º El macadam, compactado con cemento, se ha usado en los caminos recorridos por tráfico ligero, cuya índole no se oponga a este tipo de construcción. Este método parece ser particularmente ventajoso en las localidades cuyas condiciones de desagüe o de situación son desfavorables para el macadam hidráulico ordinario. La construcción de una superficie protectora de desgaste parece ser igualmente indispensable en los caminos de macadam compactado con cemento o en los caminos de macadam hidráulico.

7.º Al diseñar pavimentos de hormigón de cemento y cimientos de hormigón de cemento que hayan de ser revestidos con otros materiales, los pavimentos resultantes deben tener la misma capacidad de carga o resistencia estructural, para condiciones semejantes de tráfico.

8.º Para garantizar los resultados de los pavimentos de hormigón de cemento, es necesario que su diseño, construcción y conservación queden bajo la vigilancia de Ingenieros competentes.

9.º Es conveniente que las subrasantes sean uniformes y estables.

10. Las losas de los pavimentos de hormigón deben diseñarse para soportar las cargas posibles. El engrosamiento de las orillas es ventajoso para obtener un diseño estructural económico y bien distribuido en las losas de hormigón.

11. Las juntas longitudinales y transversales se usan comúnmente y deben ser diseñadas para satisfacer tanto las condiciones de tráfico subrasante y clima, como el "encogimiento" del hormigón; mas en virtud de que se han construido con todo éxito numerosos caminos de hormigón sin uniones, es de recomendarse que se realicen investigaciones ulteriores sobre todo lo relativo a juntas y grietas.

12. Las prácticas más modernas requieren un diseño científico de las mezclas de hormigón y la medición de los agregados por peso.

13. Las diversas fases de la construcción se ejecutan, en su gran mayoría, con maquinarias, con la consiguiente reducción de coste y mejor acabado del trabajo. El valor de una carretera de hormigón de cemento depende, a un alto grado, de la perfecta ejecución del trabajo y especialmente de la homogeneidad del hormigón.

14. Es esencial la curación completa de las superficies del hormigón.

15. La conservación de las superficies del hormigón construidas debidamente, es relativamente sencilla y de costo razonable. La conservación debería comprender, en especial, el relleno inmediato de las juntas

de expansión y de cualesquiera grietas que se presenten, con un material adecuado.

Estas conclusiones constituían, hasta donde fue posible, "el denominador común de la opinión de todos aquellos que presentaron memoria" sobre este tema al Congreso.

De la lectura y examen de las mismas se deduce que, así como el Congreso de Sevilla constituyó un monólogo de la técnica americana, en el de Washington, el diálogo de ésta con la europea fue, en algunos extremos, bastante acusado.

Los delegados de Francia e Inglaterra, principalmente, llevaron al Congreso el índice de estudio y limitada experiencia obtenidos en sus respectivos países, puestos en contraste, ya que no en oposición, con el largo período experimental americano, poniendo de manifiesto las condiciones de establecimiento de afirmados de hormigón en sus respectivos países, la mayor parte de ellos sobre viejas carreteras.

Son de destacar, como consecuencia de este contraste de opiniones, los puntos 8.º al 13 inclusive, situando los revestimientos de hormigón como obras de aplicación ineludible de la técnica, para la obtención de buenos resultados, sin olvidar por ello el proceso experimental.

Estas conclusiones del Congreso de Washington fueron la iniciación del acusado proceso técnico acaecido en los revestimientos de hormigón a partir del año 1930, a examinar en posteriores artículos.

* * *

No queremos terminar este artículo sin copiar unos párrafos del discurso del honorable Arthur M. Hyde, Secretario de Agricultura de los Estados Unidos, pronunciado ante los delegados de las sesenta naciones representadas en el Congreso. Estos párrafos se referían a la influencia de los servicios de carreteras en la economía de una nación:

"... El ejemplo clásico de la influencia y de los servicios que prestan los caminos, lo ofrecen las grandes vías camineras de la antigua Roma. Para su construcción se emplearon los trabajos de millones de hombres. Su costo, dícese, arruinó al Tesoro romano. Y tan efímeras son, en realidad, aún las más grandes estructuras materiales, que aquellas vías estupendas han desaparecido y sólo quedan, apenas, unas cuantas ruinas de su existencia.

¿Diremos, pues, que esas grandes vías fueron un fracaso? ¿Se desperdiciaron toda la energía y todas las penalidades de sus constructores? No olvidemos que un comercio infinitamente más valioso que el tráfico en sedas, especies y mercaderías recorrió esos caminos. El derecho romano, el arte griego y la religión, avanzaron por ellos y llegaron hasta nosotros a través de los siglos. Estos resultados son imperece-

deros y están fuera de todo precio. En esta forma, los valores intangibles sobreviven en permanencia a los trabajos tangibles que les sirvieron de medio de expansión.

Por razones económicas solamente, todos los billones que se están invirtiendo en caminos de revestimiento duro en este país están totalmente justificados. Los malos caminos representan una succión continua de los recursos del pueblo. Cada lodazal, cada bache en un camino, representan un choque nuevo que deben soportar los vehículos, ya sean carretas, coches o automóviles. Cada uno de estos lodazales o baches requiere un gasto adicional de energía, ya de los caballos o de la gasolina, para atravesarlo. Cada uno de estos obstáculos, por ello, implica una fracción de pérdida de tiempo e impide el progreso. Cada obstrucción de esta índole es fuente inagotable de gastos en forma de reparación, energía desperdiciada y tiempo perdido. El costo que representan los malos caminos, sólo para los automovilistas, sin incluir en él la pérdida de tiempo, es mucho mayor que el coste de conservación de los buenos caminos, según cálculos cuidadosos y conservadores que se han realizado.

No podrá expresarse en cifras el valor de los buenos caminos, así como tampoco podrían expresarse las pérdidas que ocasionan los malos caminos. Al igual que todas las cosas buenas, los caminos de revestimiento duro tienen inmensos valores colaterales. Las ventajas colaterales y los valores intangibles se encuentran rodeando cualquier empresa útil. Para esta regla no hay

excepciones, y los buenos caminos constituyen un ejemplo particularmente elocuente de esta verdad.

De las tres necesidades esenciales de la sociedad organizada: alimentos, abrigo y transportes, los buenos caminos satisfacen la última y sirven a las tres al mismo tiempo. Los buenos caminos son líneas de transporte y comunicaciones fáciles. Alivian el tedio y el aislamiento del agricultor y brindan las bendiciones de la vida campesina al trabajador de las ciudades. Constituyen arterias para el desarrollo del interés colectivo. Estimulan y crean el desenvolvimiento de las colectividades; ofrecen valores culturales y recreativos a los habitantes del campo y de la ciudad; estimulan el patriotismo nacional y provincial. Se ha demostrado que las normas de vida se encuentran a un nivel más alto a lo largo de un buen camino que a lo largo de un mal sendero. Se ha demostrado también que el tanto por ciento de analfabetismo es inferior a lo largo de una buena carretera que a lo largo de un camino malo.

¿Quién podrá, por lo tanto, medir en sumas de dinero la importancia real de estos valores colaterales e intangibles de un sistema nacional y provincial de caminos de revestimiento duro? ¿Podrá, acaso, encontrarse una cifra de suficiente magnitud? No se crea que cierro mis oídos a la fuerza y peso de los argumentos meramente prácticos basados sobre la reducción del costo del transporte de una tonelada por kilómetro. Cualquier programa vial se encuentra plenamente justificado por esta razón..."
