

PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO: RETOS Y OPORTUNIDADES



J. S. Chávez, H. J. Montaña Román,
A. Guerini.



Cyt imcyc



@Cement_concrete

Imágenes: H. J. Montaña Román.



Antecedentes

El desarrollo económico y social, aunado a la creciente búsqueda de materiales y procesos constructivos que aseguren una mayor vida útil a las construcciones, así como la necesidad de vialidades de mejor calidad han generado un despliegue de esfuerzos muy importantes enfocados al desarrollo de pavimentos de concreto hidráulico premezclado que puedan satisfacer las necesidades crecientes del país. En distintos países de América y de Europa, los pavimentos de concreto son considerados la opción más viable para proyectos que requieran una elevada vida útil y pocos gastos de mantenimiento (1).

Breve historia de los pavimentos de concreto hidráulico

Los pavimentos producidos a base de concreto hidráulico en la era moderna tuvieron su primera aparición en el año de 1889, cuando George W. Bartholomew propuso el primer pavimento fabricado a base de concreto a las autoridades de Bellefontaine, Ohio, Estados Unidos. La nueva vialidad fue todo un éxito y es a partir de este suceso que los pavimentos de concreto comienzan a evolucionar; cubriendo extensiones más amplias de caminos, realizándose estudios cada vez más detallados sobre el diseño de pavimentos y aplicando métodos constructivos más eficientes. Algunos eventos que tuvieron un impacto importante en el desarrollo de los pavimentos de concreto hidráulico son:

a) Pruebas de camino Bates. En 1920 el estado de Illinois dispuso un fondo de \$200 millones para la pavimentación de vialidades. Con la finalidad de determinar la mejor alternativa de construcción, se elaboraron 78 tramos de camino pavimentados con distintos materiales y espesores. La prueba demostró la superioridad del concreto frente al asfalto y al tabique. Es también a partir de ese estudio que se opta por la producción de pavimentos de concreto engrosando las orillas de la losa para así evitar el fisuramiento de la misma.

b) Ecuaciones de Wastergaard. En 1926, el profesor Wastergaard, de la Universidad de Illinois, publicó las "ecuaciones de los esfuerzos y deflexiones producidos en los pavimentos de concreto". Producto de las pruebas Bates y las ecuaciones de Wastergaard, se da un impulso a los análisis más detallados sobre el desempeño y las variables de diseño más importantes de los pavimentos de concreto.

c) Pavimentadoras. Aunque el estudio e investigación sobre el diseño de pavimentos avanzaba a buen paso, la situación era distinta para el proceso constructivo; desde finales del siglo XIX hasta la mitad del siglo XX, éste no había sufrido grandes cambios. De forma general, se transportaban los materiales en seco hasta el lugar de la obra y era hasta ese momento en que se adicionaba el agua de diseño. Es en 1949 cuando entra en operación la primera pavimentadora, se transformó el proceso constructivo que se venía aplicando desde hacía aproximadamente 60 años. Esta mejora significó una reducción considerable en la cuadrilla de trabajadores; de 100 a 25, también marcó el desuso de los pavimentos con esquinas engrosadas debido a la facilidad para colar elementos con espesor uniforme. Las pavimentadoras modernas incluyen una operación llamada "cimbra deslizante". Esta permite darle una figura geométrica a la masa de concreto mediante el deslizamiento continuo de una cimbra alrededor del elemento que se esté colando.

d) Plantas de mezclado central. Este tipo de mezcladoras fueron implementadas en el mismo periodo que las pavimentadoras. El proceso



constructivo se vio mejorado aun más gracias a la mayor capacidad de producción de concreto en menor tiempo. Una planta de este tipo puede mezclar de 5,3 a 7,5 m³ en un lapso de tiempo de 45 s a 75 s.

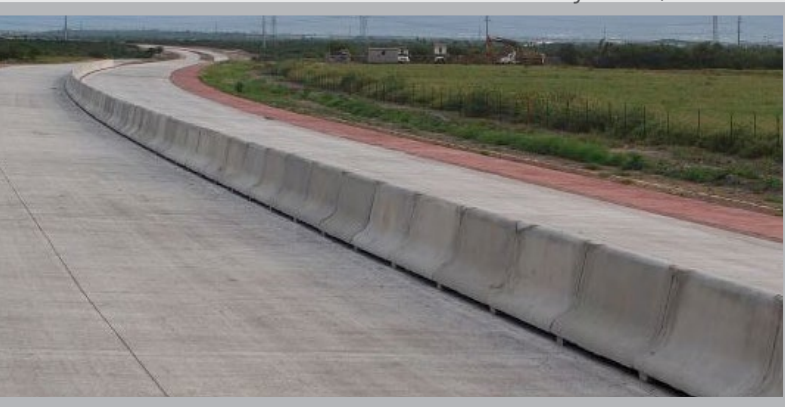
e) Prueba AASHO. Surgió de la necesidad por comprender más a fondo el diseño y desempeño de los pavimentos, la AASHO (American Association of State Highway Officials) que, después de incorporar el Departamento de Transporte a su estructura en 1973 se convertiría en la ya conocida AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) desarrolló una prueba de pavimentación. Resultado de esta prueba surgieron las ecuaciones empíricas de diseño ampliamente utilizadas para el diseño de pavimentos, tanto de asfalto como de concreto.(2)

¹ Se tienen evidencias de que el antiguo Imperio Romano empleaba ya pavimentos a base de un concreto primitivo, éste contenía grava, arena, cal caliente y agua. Algunas veces usaban leche, grasa animal y hasta sangre como aditivos (11).

Historia en México

En México, los primeros tramos de concreto hidráulico se materializaron en el primer cuarto del siglo XX; la avenida Paseo de la Reforma en la Ciudad de México en 1925, la carretera México-Toluca en el tramo de San Ángel – Desierto de los Leones en el año de 1932. Entre 1950 y 1970 la red carretera como la conocemos hoy se amplió a un ritmo acelerado, a partir de 1980 siguió creciendo aunque a un ritmo menor. Es posible analizar el crecimiento de la red diferenciando distintas etapas: primero, construcción de carreteras buscando integración social y económica del país, después vino la expansión de la primera etapa hacia zonas de índole más rural con la finalidad de aumentar la influencia y efectividad de la primera etapa. Después vino una tercera etapa que consistió en la construcción de carretas de alta tecnología de 4 o más carriles (3).

La ampliación de caminos, junto con el crecimiento económico e industrial del país generaron un aumento en el volumen de automóviles circulando por la nación, los caminos eran ahora una parte crucial del transporte de personas y mercancías indispensables para la actividad industrial de México. Este aumento en la popularidad y utilización de los caminos terrestres trajo sus consecuencias; mientras que en los años 50's se tenía un flujo de 5,000 autos



diarios y el vehículo más pesado de 7 ton, en la actualidad se registran vehículos de hasta 60 ton y tránsitos diarios de 15, 000 vehículos. Este aumento en el volumen y peso de los vehículos trae consigo un incremento en la velocidad de deterioro de los antiguos caminos que conforman la red carretera. Las medidas de conservación eran (y continúan siendo) urgentes y no sólo eso, la búsqueda de nuevos materiales y soluciones que hagan frente a la demanda actual de vialidades pasó a ser una prioridad.

No fue sino hasta 1993 que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), con el apoyo de Cementos Mexicanos, considerando la

situación de la red y la necesidad de vialidades más durables construye la primera carretera de concreto hidráulico empleando tecnología de avanzada y especificaciones internacionales, tanto en la producción del concreto como en la colocación y el aseguramiento de la calidad. Este primer paso fue el libramiento Ticumán con una longitud de 8.5 km (5). Esta obra fue el detonante para dar luz verde a un mayor número de proyectos en el país. Los pavimentos de concreto hidráulico en México son relativamente jóvenes, aún así han demostrado ser una solución eficaz para la creciente demanda de vialidades en nuestro territorio.

Diseño de pavimentos de concreto

En un principio, colocar pavimentos era una labor casi artesanal, aunque ha evolucionado de gran manera, los métodos de diseño, en su mayoría, siguen siendo empíricos, esto significa que, a partir de una serie de pruebas (bajo ciertas condiciones climáticas) se desarrollaron ecuaciones que pueden predecir el espesor de concreto requerido para cumplir con los parámetros de diseño. Estos métodos están limitados en ese aspecto; las ecuaciones y valores recomendados son fruto de pruebas realizadas bajo condiciones específicas. Los ingenieros de carreteras deben tomar en cuenta que las características geográficas y climatológicas del lugar pueden llegar a ser muy distintas al momento de diseñar un pavimento. Es debido a lo mencionado anteriormente que en la actualidad se están concentrando esfuerzos en la implementación de métodos empírico-mecanicistas. El objetivo de estos métodos es el de suplir las debilidades de los métodos empíricos arriba mencionadas. Estos métodos incluyen modelos físico-matemáticos que, junto con las observaciones y datos registrados empíricamente, es posible predecir el desgaste que sufrirá el pavimento dadas las condiciones específicas del lugar de la obra. Es indispensable hacer hincapié en que el diseño de pavimentos involucra más aspectos que el solo diseño de mezcla, de hecho, el diseño de mezcla es un desarrollo independiente del diseño de pavimento, en la mayoría de los casos, el método de diseño sólo requiere ciertos parámetros del concreto (módulo de ruptura, módulo de elasticidad) para converger. El método propuesto por AASHTO (2), que también es uno de los más usados a nivel mundial, toma en consideración aspectos tales como el drenaje de la vialidad, módulo de reacción de la base, la transferencia de carga, entre otros.

Algunos métodos para el diseño de pavimentos son: Método de diseño AASHTO, Método de la Asociación del Cemento Portland (Portland Cement Association, PCA) (7), Método de diseño español MOPU (Ministerio de Obras Públicas de España) (8).

Alternativas disponibles

Hoy en día la oferta de pavimentos de concreto es amplia, abarca desde pavimentos convencionales que pueden ser diseñados para autopistas, vialidades principales, secundarias y zonas residenciales. La resistencia del concreto, el proceso constructivo, así como los materiales empleados pueden diferir entre una aplicación y otra pero el objetivo es compartido; proveer a la sociedad de vialidades seguras y que cumplan los requerimientos más estrictos.

Los pavimentos estampados pueden sustituir a los pavimentos de piedra y adoquín, aportando la misma calidad estética, reduciendo tiempo de obra y ofreciendo una mejor resistencia al

Ventajas y aplicaciones

- Permite alcanzar pisos industriales de gran planitud
- Mayor flexibilidad por reducción de espesor
- Control de fisuración a largo plazo
- Mejor calidad de rodadura
- Mayor impermeabilidad del pavimento
- Aumento de la resistencia superficial
- Mayor resistencia a bajas temperaturas
- Mayor valor de reventa
- Centros de distribución: permite mayor planitud
- Puertos y aeropuertos: gracias a la gran capacidad portante
- Uso residencial: suelo expansivos
- Depósitos y cámaras frías: mayor impermeabilidad
- Otros usos: Campos deportivos, Túneles

desgaste debido al paso de los vehículos. Este tipo de pavimentos han sido colocados en obras de reciente creación pero también han sido la solución para rehabilitar espacios con un alto contenido histórico y cultural, como lo es el Centro de la Ciudad de México (9). Otra aplicación de los pavimentos de concreto es conocida como "whitetting" o sobrecarpeta. Esta solución está pensada para rehabilitar vialidades de asfalto en muy malas condiciones, por lo que la capa de asfalto deteriorada hace las veces de base para la capa de concreto hidráulico. A lo largo de la historia de los pavimentos de concreto hidráulico se han desarrollado opciones tan variadas como las necesidades existentes. Desde la elaboración de vialidades nuevas, reparación de las ya existentes, pisos industriales, pavimentos permeables que permiten la filtración del agua de lluvia entre muchos otros.

Panorama futuro

Las demandas de la población relacionadas con la construcción de vialidades son cada vez más estrictas. El presupuesto destinado a este rubro es cada vez más reducido por lo que el panorama exige "que se haga más, con menos" (10). La población que emplea la red de carreteras es más exigente respecto a la calidad de la vialidad por la que transitan; debe ser más "suave" y más "silenciosa" todo esto sin provocar un detrimento en la fricción llanta-pavimento que pueda generar problemas de seguridad. Además, cada día es mayor la inconformidad de los usuarios respecto al tiempo en que una vialidad es construida o reparada, por lo que la búsqueda de procesos constructivos y aditivos que permitan reparar y abrir a la circulación una vialidad es una prioridad.

La mayoría de la red carretera ya está construida, lo que significa que gran parte de las acciones a tomar en un futuro próximo serán de mantenimiento, todos estos aspectos hacen que se deban duplicar los esfuerzos en el desarrollo de nuevas soluciones que permitan hacer lo necesario en menor tiempo, con menos recursos y siendo ambientalmente responsables. Esta situación genera que los tiempos entre un desarrollo tecnológico y su aplicación en campo deban de ser más cortos, esta necesidad requiere de una mayor comunicación e interconexión entre la investigación y desarrollo y la transferencia de tecnología. Sin duda el panorama no es sencillo, pero eso significa que, de superar los retos venideros, las recompensas y oportunidades de difundir el empleo de pavimentos de concreto hidráulico serán muy importantes. **C**

REFERENCIAS

- Hall, Kathleen, y otros. Long-Life Concrete Pavements in Europe and Canada. U.S. Department of Transportation, American Association of State Highway and Transportation Officials. 2007. National Cooperative Highway Research Program.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. AASHTO GUIDE FOR DESIGN PAVEMENT STRUCTURES. Washington, D.C.: AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS, 1993.
- Rico Rodríguez, Alfonso, Téllez Gutiérrez, Rodolfo y Garnica Anguas, Paul. Pavimentos Flexibles. Problemática, Metodologías de Diseño y Tendencias. Sanfandilla : Instituto Mexicano del Transporte, 1998. 0188-7297.
- Harrington, Dale, y otros. Long-Term Plan for concrete Pavement Research and Technology . National Center for Concrete Pavement Technology. 2012.
- CEMEX concretos S.A. de C.V. Pavimentos de Concreto. Construyendo los nuevos caminos de México. 2000.
- Rico Rodríguez, Alfonso, y otros. Algunos Aspectos Comparativos Entre Pavimentos Flexibles y Rígidos. Instituto Mexicano del Transporte. San Fandilla : s.n., 1998. ISSN 0188-7114.
- Portland Cement Association. Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements. 1984.
- 8. Ministerio de Obras Públicas. Instrucción 6.1-I.C y 6.2-I.C, Secciones de Firme; Catálogo de Diseño MOPU. 1990.
- Concreto estampado. Mendoza, Gregorio B. Ciudad de México : Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C., Agosto de 2009, Construcción y Tecnología.
- Whiting, David, y otros. Synthesis of Current and Projected Concrete Highway Technology. Washington, DC : Strategic Highway Research Program, 1993. ISBN 0-309-05267-X.
- Li, Zongjin. Advanced Concrete Technology. s.l. : John Wiley & Sons, Inc., 2011. ISBN 978-0-470-43743-8.