

CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGÍA

AÑO **52** DESDE 1963

**EN**

Octubre 2015  
Volumen 5  
Número 7

# CONCRETO

[WWW.REVISTACYT.COM.MX](http://WWW.REVISTACYT.COM.MX)



ESTADOS

EL CONCRETO

EN LA PLANTA AUDI



\$50.00

ISSN 0187-7895

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.

# SERVICIOS IMCYC



*“Un mundo de soluciones en concreto”*

- Enseñanza
- Asesorías técnicas
- Servicios de laboratorio
- Publicaciones
- Membresías

[www.imcyc.com](http://www.imcyc.com)



# SOMOS MÁS DE LO QUE IMAGINAS



DESCUBRE NUESTROS SELLADORES Y  
RESANADORES QUE SON CAPACES DE  
SOPORTAR LA MÁXIMA PRESIÓN



SELLADORES  
Y RESANADORES

CONOCE NUESTRAS 7 LÍNEAS Y DESCUBRE TODO  
LO QUE PUEDES HACER CON ELLAS

Henkel

fester.com.mx  
01 800 FESTER 7 (337837 7)

ADHESIVOS PARA  
CONCRETOS

AUXILIARES Y ADITIVOS  
PARA CONCRETOS

GROUTS Y  
ANCLAJES

TRATAMIENTOS  
PARA SUPERFICIES

REPARADORES

IMPERMEABILIZANTES

# Pavimentos y pisos de concreto, oportunidades y retos.

**S**e cumple un aniversario más de la creación del IMCYC y tras 56 años de constante labor y crecimiento, quisiéramos dar un muy efusivo agradecimiento a cada una de las personas que han sido parte de este importante esfuerzo. Más de medio siglo de arduo trabajo para llevar a la industria temas de actualidad, certificaciones y capacitación para los profesionales; asesorías y estudios de laboratorio; investigaciones e información a través de las publicaciones y Journal; acceso a innovaciones mediante nuestros eventos internacionales, entre otros. Agradecemos a cada uno de nuestros lectores y a la industria en general, la confianza, el apoyo y la colaboración y esperamos seguirles sirviendo con la misma dedicación, esfuerzo y entusiasmo durante muchos años más.

El tema principal de este número hace referencia a varios proyectos donde los pisos y pavimentos de concreto son los protagonistas. El artículo de PORTADA hace mención sobre los principales proyectos carreteros que se llevaron a cabo en esta impresionante obra que es el tramo México -Tuxpan y su impacto en la región. Asimismo, en VOZ DEL EXPERTO contamos con la excelente opinión del Ing. Aldo Loguercio, Ingeniero Civil de la Universidad Nacional de Buenos Aires sobre pisos postensados y las nuevas tecnologías para pisos industriales. Dentro de la misma temática, resulta indispensable tratar el tema de la fisuración en los pavimentos de concreto, sus principales tipos, las causas más comunes y sobretodo las maneras más efectivas de evitarlas.

Describimos también la relevancia de los pisos industriales de concreto, su versatilidad y su aplicación en el desarrollo de parques industriales. Ejemplo de lo anterior es la recientemente inaugurada planta de automóviles Audi, en el Estado de Puebla. Y no podía faltar hacer mención de uno de los proyectos más esperados del año, la renovación del Autódromo Hermanos Rodríguez, imponente obra que también hace gran uso del concreto. La sección de INGENIERÍA presenta el dique flotante de concreto más grande del mundo, en el principado de Mónaco y que es una de las obras más ambiciosas relativas a este tema.

Finalmente, en QUIÉN Y DÓNDE, nos complace presentarles una interesante entrevista con el Ing. Mario López, cuya empresa Astro Floors de México, experta en pisos postensados, es una muestra clara de las ideas visionarias de la industria. Nos comparte asimismo su experiencia en el desarrollo de pisos. Él también maestro en Estructuras por la Universidad Nacional Autónoma de México, empezó su trayectoria profesional en el ámbito de las plataformas marinas para luego internarse en el mundo de los pisos epóxicos y pisos para quirófanos, y para el “cada piso nuevo es una vitrina y yo los invitaría a conocer este sistema y a que comprueben que sí se puede obtener respuestas eficientes, estéticas y de bajo costo”. **C**

**Deseamos disfruten de esta edición.  
Los editores**



**USTED NECESITA POTENCIA  
Y VERSATILIDAD**

**PARA INCREMENTAR  
LA PRODUCTIVIDAD**

YA SEA QUE SE TRATE DE MÁS ALTURA, MÁS ALCANCE O MÁS CAPACIDAD, JLG® LE OFRECE LA POTENCIA NECESARIA CUANDO Y DONDE LA NECESITE. Seleccione entre elevadores de pluma telescópica y articulada, elevadores de tijera para terreno accidentado y eléctricos, así como elevadores de mástil vertical para diversos usos. Además, con el compromiso de JLG con el desempeño, la calidad y el valor, usted obtiene una herramienta de calidad, respaldada por un servicio y apoyo excepcionales.

Para mayor información, visite [www.jlg.com/es-mx/3](http://www.jlg.com/es-mx/3)

**JLG®**  
reachingout®

2 EDITORIAL

6 BUZÓN

8 NOTICIAS

- Cemento de bajo carbono gana espacio en el mundo.
- Relevan liderazgo de proyecto del NAICM.
- Cementos mexicanos crea sello distintivo C-PRO.
- China se asocia con Estados Unidos para construir tren de alta velocidad Los Ángeles - Las Vegas.

12 **POSIBILIDADES DEL CONCRETO**  
Pavimentos de concreto hidráulico: Retos y oportunidades.

16

## PORTADA

### Corredor México-Tuxpan

Diseño y tecnología de la Ingeniería Mexicana

46

QUIÉN Y DÓNDE



42

ESTADOS



38

ESPECIAL



INGENIERÍA

22





- 22 INGENIERÍA**  
El dique flotante de concreto más grande del mundo en el puerto de la condamine, en el principado de Mónaco.
- 28 VOZ DEL EXPERTO**  
Pisos Postensados:  
Ahorro y tecnología en pisos industriales  
Aldo Loguercio.
- 32 TECNOLOGÍA**  
Patrones de fisuración en pavimentos de concreto, algunos conceptos básicos.
- 38 ESTADOS**  
El Autódromo Hermanos Rodríguez.
- 42 ESPECIAL**  
El concreto en la planta AUDI-Puebla  
El nacimiento de una nueva planta.
- 46 QUIÉN Y DÓNDE**  
Maestro Mario A. López Rodríguez  
Sistema postensado para pisos y pavimentos, una gran área de oportunidad.
- 51 PROBLEMAS CAUSAS Y SOLUCIONES**  
Tiempo de fraguado de mezclas de concreto  
Norma mexicana NMX-C-059-11-ONNCCCE-2013.
- 56 PUNTO DE FUGA**  
Pavimentos eléctricos, carriles cargapilas

 [buzon@mail.imcyc.com](mailto:buzon@mail.imcyc.com).

 /Cyt imcyc

 @Cement\_concrete



Escanee el código para ver material exclusivo en nuestro portal.

#### Cómo usar el Código QR

La inclusión de software que lee Códigos QR en teléfonos móviles, ha permitido nuevos usos orientados al consumidor, que se manifiestan en comodidades como el dejar de tener que introducir datos de forma manual en los teléfonos. Las direcciones y los URLs se están volviendo cada vez más comunes en revistas y anuncios. Algunas de las aplicaciones lectoras de estos códigos son ScanLife Barcode y Lector QR, entre otros. Lo invitamos a descargar alguna de éstas a su smartphone o tablet para darle seguimiento a nuestros artículos en nuestro portal.



**imcyc**<sup>®</sup>

INSTITUTO MEXICANO  
DEL CEMENTO Y DEL  
CONCRETO A.C.

#### CONSEJO DIRECTIVO

##### Presidente

Lic. Miguel Garza Zambrano

##### Vicepresidentes

Lic Pedro Carranza Andresen

Ing. Daniel Méndez de la Peña

Ing. José Torres Alemany

##### Secretario

Lic. Roberto J. Sánchez Dávalos

#### IMCYC

##### Director General

Ing. Roberto Uribe Afif

##### Gerencia Administrativa

MA. Rodrigo Vega Valenzuela

##### Gerencia de Difusión y Enseñanza

MA. Soledad Moliné Venanzi

##### Gerencia Técnica

Ing. Luis García Chowell

#### REVISTA CYT

##### Editor

MA. Soledad Moliné Venanzi

[smoline@mail.imcyc.com](mailto:smoline@mail.imcyc.com)

##### Arte y Diseño

MAV. Axel L. Obscura Sarzotti

[aobscura@mail.imcyc.com](mailto:aobscura@mail.imcyc.com)

#### Colaboradores

Juan Fernando González,

Raquel Ochoa,

Adriana Valdés,

Eduardo Vidaud

#### Comercialización

Lic. Renato Moysén

(55) 5322 5740 Ext. 216

[rmoysen@mail.imcyc.com](mailto:rmoysen@mail.imcyc.com)

Lic. Martha P. Velázquez Briseño

(55) 5322 5740 Ext. 211

[mvelazquez@mail.imcyc.com](mailto:mvelazquez@mail.imcyc.com)

Verónica Andrade Lechuga

(55) 5322 5740 Ext. 230

[vandrade@mail.imcyc.com](mailto:vandrade@mail.imcyc.com)



**pwc**

Circulación Certificada por:

PricewaterhouseCoopers México

PNMI-Registro ante el Padrón Nacional  
de Medios Impresos, Segob.

## Comentarios

*"Mi padre me obsequió una revista de Construcción y Tecnología en Concreto y me gustó muchísimo. Cabe destacar que soy de Guadalajara, Jalisco. Gracias de antemano, saludos".*

**Rodrigo Limón.**

*"Enhorabuena, sigan avanzando y publiquen todo el avance y mejoramiento tecnológico referidos a los temas de construcción".*

**Ministerio de Transportes y Comunicaciones-Perú**

*"Por la lectura que le di al número que llegó por casualidad a mis manos, es una buena revista, muy amena y enfoca de forma directa los temas que toca".*

**Ing. Raúl Salgado**

*"Vale la pena leerla, y estar enterado de tendencias y soluciones de problemas específicos relacionados con el concreto".*

**Ing. Daniela Sánchez M.**

### RESPUESTA

**Agradecemos a todos ustedes sus amables palabras que sirven de motivación y aliento para seguir creando una revista de actualidad, calidad y que ofrezca a todos nuestros lectores información de interés y novedad.**

➤ *Recibimos sus comentarios a este correo: [buzon@mail.imcyc.com](mailto:buzon@mail.imcyc.com).*

IMCyc ES MIEMBRO DE:

 Asociación Nacional de Estudiantes de Ingeniería Civil	 Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería	 Cámara Nacional de la Industria de Desarrollo y Promoción de Vivienda	 FIP	 Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S. C.
 American Concrete Institute	 Asociación Nacional de Laboratorios Independientes al Servicio de la Construcción, A.C.	 CEMEX	 Federación Interamericana del Cemento	 Precast/Prestressed Concrete Institute
 American Concrete Institute Sección Centro y Sur de México	 Asociación Nacional de Compañías de Supervisión, A.C.	 Colegio de Ingenieros Civiles de México	 Formación e Investigación en Infraestructura para el Desarrollo de México, A.C.	 Post-Tensioning Institute
 American Concrete Institute Sección Noroeste de México A.C.	 Asociación Nacional de Industrias del Presfuerzo y la Prefabricación	 Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción	 Gobierno de DF	 Secretaría de Comunicaciones y Transportes
 American Concrete Pavement Association	 Asociación Nacional de Industriales del Presfuerzo y la Prefabricación	 Comisión Nacional del Agua	 Grupo Cementos de Chihuahua	 Secretaría de Obras y Servicios
 Asociación Mexicana de Concretos Independientes, A.C.	 Asociación Nacional de Industriales de Vigueta Pretensada, A.C.	 Comisión Nacional de Vivienda	 Holcim	 Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C.
 Asociación Mexicana de la Industria del Concreto Premezclado, A.C.	 Asociación de Fabricantes de Tubos de Concreto, A.C.	 Consejo de la Comunicación	 HOLLICIM	 Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica
 Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres, A.C.	 Cámara Nacional del Cemento	 Corporación Moctezuma	 Instituto Mexicano del Edificio Inteligente, A.C.	 Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica
		 Federación Mexicana de Colegios de Ingenieros Civiles, A.C.	 Instituto Tecnológico de la Construcción	
		 Fundación de la Industria de la Construcción	 LAFARGE	

Construcción y Tecnología en Concreto. Volumen 5, Número 7, OCTUBRE 2015. Publicación mensual editada por el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., ubicado en Insurgentes Sur 1846, Col. Florida, Delegación Álvaro Obregón, C.P. 01030, tel. 5322 5740, [www.imcyc.com](http://www.imcyc.com), correo electrónico para comentarios y/o suscripciones: [smoline@mail.imcyc.com](mailto:smoline@mail.imcyc.com). Editor responsable: MA. Soledad Moliné Venanzi. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2010-040710394800-102, ISSN: 0187 - 7895, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. Certificado de Licitud de Título y Contenido No. 15230 ante la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Distribuidor: Correos de México PP09-1855. Impreso por: Prerensa Digital, S.A. de C.V., Caravaggio 30, Col. Mixcoac, México, D.F. Tel.: 5611 9653. Este número se terminó de imprimir el día 30 de septiembre de 2015, con un tiraje de 5,000 ejemplares. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. (IMCyc).

Precio del ejemplar \$50.00 MN.  
Suscripción anual para la República Mexicana \$550.00 M.N. y para extranjero \$120.00 USD (incluye gastos de envío).

ESTA REVISTA SE IMPRIME EN PAPEL SUSTENTABLE



## » Soluciones en Reparación de Concreto

*Construyamos el Mundo Juntos.  
Master Builders Solutions*

- » **Sistema MasterBrace®**  
Sistema de reforzamiento estructural a base de fibras de carbono o FRP
- » **MasterProtect® 8105 CP, 8150 CP, 8065 CP**  
Ánodos galvánicos embebidos para protección del acero de refuerzo  
Antes Emaco CP Intact 105G, 150G, 65G
- » **MasterEmaco® ADH 335**  
Adhesivo epóxico en pasta, ideal para anclajes, sin escurrimiento  
Antes Epogel A&B
- » **MasterEmaco® P 124**  
Agente adherente cementicio y recubrimiento para acero de refuerzo  
Antes Emaco P24
- » **MasterEmaco® S 488 CI**  
Mortero para reparación estructural proyectable  
Antes Emaco S88 CI
- » **MasterEmaco® T 545 HT**  
Mortero de reparación y anclaje de secado muy rápido  
Antes Set 45 HW
- » **MasterEmaco® T 430**  
Mortero de reparación de alta resistencia inicial y amplio tiempo de aplicación  
Antes Emaco T 430
- » **MasterProtect® 8000 CI**  
Sistemas contra la corrosión del concreto  
Antes MasterSeal CP 55
- » **MasterEmaco® T 1060**  
Mortero cementicio de reparación de fraguado rápido  
Antes 10-60 Rapid Mortar
- » **MasterInject® 1701**  
Resina expóxica de baja viscosidad para inyección  
Antes Epofil
- » **MasterInject® 1700**  
Resina expóxica de baja viscosidad para inyección  
Antes Epofil SLV



Centro Cultural UNAM en Tlatelolco,  
Premio al Mérito 2011 otorgado a BASF por el ICRI  
Sistemas utilizados: MasterBrace®, MasterEmaco® ADH 335,  
MasterInject® 1701, MasterEmaco® S488 CI.

Los sistemas y productos de Reparación de Master Builders Solutions poseen características únicas que ayudan a reparar cualquier obra o proyecto de concreto, dejándolo más duradero y resistente.

Desde 2010 se ha reconocido el trabajo de nuestro equipo de México y nuestros productos a través de la obtención de 6 Premios al Mérito y un Premio a la Excelencia por parte del ICRI (International Concrete Repair Institute).



## Cemento de bajo carbono gana espacio en el mundo

**El lanzamiento internacional** del pasado 2 de septiembre de información sobre el cemento de bajo carbono, también conocido como LC3, demuestra el impacto que va teniendo a escala mundial esta tecnología, proyecto en el cual Cuba ocupa un lugar de privilegio a partir del trabajo desarrollado por el Centro de Investigaciones y Desarrollo de Materiales (Cidem), perteneciente a la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.

De acuerdo con la información suministrada por el doctor Fernando Martirena Hernández, coordinador del proyecto LC3 en Cuba, en la presentación oficial del referido material por parte de la agencia internacional que tiene contratado el proyecto, con base en Bélgica, explicó que la cooperación entre la principal universidad villaclareña, L'École Polytechnique Fédérale de Lausanne, en Suiza, y un grupo de organizaciones académicas y de desarrollo en la India, ha permitido alcanzar un

logro científico de incalculable valor, teniendo en cuenta la alta demanda de cemento a nivel mundial.

Dijo, asimismo, que el nuevo producto permite casi duplicar la cantidad de cemento producido por los métodos tradicionales, a partir de sustituir una gran parte del clínquer por arcilla calcinada y carbonato de calcio, lo cual reduciría entre un 20-30 % las emisiones de CO<sup>2</sup> a la atmósfera en comparación con otros tipos de cementos. Refirió, además, que el LC3 alcanza propiedades similares o incluso superiores al cemento Portland, y que la mezcla puede ser producida de manera muy fácil en las líneas de producción existentes, con el único requerimiento de pequeñas inversiones de capital. **C**



## Revelan liderazgo de proyecto NAICM

**El titular de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)**, Gerardo Ruiz Esparza, tomó protesta el pasado 17 de septiembre a Federico Patiño como nuevo director general del Grupo

Aeroportuario de la Ciudad de México (GACM), en sustitución de Manuel Ángel Núñez Soto.

El sorpresivo anuncio y sin explicaciones fue dado a conocer por la dependencia

en un comunicado luego de una sesión de Consejo de Administración del Grupo, en la que Patiño inició como encargado de Finanzas, cargo

que tenía desde principios del año pasado. El funcionario será el encargado de iniciar la primera etapa de construcción del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (NAICM), toda vez que a finales del presente mes se publicarán las tres primeras convocatorias de licitación de obras preliminares.

El titular de la SCT agradeció la labor desarrollada por el director general saliente, el licenciado Manuel Ángel Núñez Soto, la cual calificó de ejemplar, y ponderó su capacidad de concertación y de crear consensos. El ex director general fue el encargado de hacer la presentación oficial del proyecto del nuevo aeropuerto el 3 de septiembre del año pasado, que está considerado como la principal obra de infraestructura de la actual administración y requerirá una inversión de 169,000 millones de pesos. **C**





## Cementos mexicanos crea sello distintivo C-PRO

Con el objetivo de impulsar la profesionalización y la competitividad de sus clientes, Cemex México creó el Sello Distintivo C-Pro para la certificación de mejora técnica, aseguramiento de calidad y estandarización de procesos. En un comunicado, Cementos Mexicanos (Cemex) indicó que con esta iniciativa busca impulsar el desarrollo de la industria de la construcción y estimular a sus clientes para alcanzar mejores niveles de eficiencia y productividad, además de trabajar bajo estándares de calidad reconocidos.

Para el vicepresidente de Segmento Industrial de Cemex México, Luis Guillermo Franco, con esta certificación se reconocen a las empresas que comparten su vocación de excelencia, la cual representa para quienes la reciban un compromiso permanente con la calidad. Refirió que la primera compañía acreedora a esta certificación fue la concretera Jaguar Ingenieros Constructores, ubicada en el Estado de México. **C**



## China se asocia con Estados Unidos para construir tren de alta velocidad Los Ángeles-Las Vegas

Funcionarios de XpressWest, lograron asegurar junto con inversores privados en los Estados Unidos un préstamo federal de \$ 5.5 mil millones y se anunció que se ha formado una alianza con China Railway Internacional EE.UU., un consorcio liderado por China Railway.

Los detalles sobre la empresa conjunta, el proyecto, propuesto y su financiamiento fueron presentadas por China Railway Internacional, quien proporcionaría un capital inicial de \$100 millones de dólares. Los funcionarios del proyecto dicen que están seguros que la construcción podría comenzar en septiembre 2016.

XpressWest, una empresa privada antes llamada DesertXpress, ha estado planeando su proyecto de tren de alta velocidad desde 2007. Los planes son para una ruta de 185 millas que iría en gran medida de la Interestatal 15 desde Las Vegas a Victorville, 85 millas al noreste del centro de Los Ángeles. Los funcionarios chinos describen el proyecto como una ruta de 230 millas con una parada adicional en Palmdale y servicio eventual en toda el área de Los Ángeles usando la misma pista que utilizará el proyecto ferroviario de alta

velocidad. El tren transportará pasajeros entre Las Vegas y Victorville en 80 minutos, con tarifas de \$ 89 USD.

Los anuncios de la cooperación vienen sólo



días antes de la visita de Estado del presidente de China, Xi Jinping, a Estados Unidos. XpressWest acordó formar una empresa conjunta con China Railway Internacional para construir y operar el ferrocarril. **C**



## Construye SOBSE centro de salud

**Una de las prioridades** del Gobierno de la Ciudad de México en la actual Administración es mejorar la infraestructura de salud, por lo que la Secretaría de Obras y Servicios (Sobse) construye el Centro de Salud Acopilco, en la Delegación Cuajimalpa.

A través de la Dirección General de Obras Públicas (DGOP), la Sobse demolió una instalación preexistente para levantar el nuevo inmueble de dos niveles, donde se dará cabida a seis consultorios, un espacio para estomatología salas de inmunizaciones, hidratación oral y curaciones; además, se habilitarán áreas de psicología, nutrición y detecciones. En el nuevo Centro, cuya superficie será de 730 metros cuadrados, también habrá un lugar para que opere una farmacia, el archivo y el almacén, red de frío (espacio de temperatura adecuada donde se guardan los medicamentos y vacunas), Central de Equipos y Esterilización (CEYE), área donde se sanitizan los materiales, enfermería, área de gobierno y administrativa; así como sala de juntas y de espera; salón de usos múltiples,



servicios sanitarios y laboratorio.

“Con una inversión de 11 millones de pesos vamos a reconstruir el Centro de Salud Acopilco, en beneficio de más de 21 mil habitantes al año, principalmente de la Delegación Cuajimalpa. No hay que olvidar que la mejora de la infraestructura de la salud en toda la Ciudad es una de las prioridades encomendadas por el Jefe de Gobierno, Miguel Ángel Mancera”, informó el Secretario de Obras y Servicios, Edgar Tungüí Rodríguez. Asimismo, durante 2014 la Sobse construyó los Centros de Salud San Andrés Tomatlán, en la Delegación Iztapalapa y la primera etapa de San Gregorio Atlapulco, en la Delegación Xochimilco. **C**



## Tren interurbano México-Toluca no irá por pueblo de Santa Fe

**El tren suburbano** que correrá de la Ciudad de México a Toluca no va a pasar por el pueblo de Santa Fe ni sus colonias aledañas, aseguró el jefe del Gobierno del Distrito Federal, Miguel Ángel Mancera.

“La ruta que va a tener el tren suburbano va a ir hacia terrenos federales, 70 por ciento de los predios en donde va a transitar este tren suburbano en la Ciudad de México será del gobierno federal; prácticamente son todos los terrenos que tiene la Defensa Nacional por donde va a pasar el tren suburbano; el otro porcentaje corresponde a derecho de vía, y la afectación será mínima”, dijo en conferencia de prensa.

“Hemos trabajado intensamente con la

Secretaría de Comunicaciones y Transportes del gobierno federal por que los trazos son muy específicos, es un tren que corre aproximadamente a 190 kilómetros por hora, pero la llegada a la Ciudad de México tiene una pendiente muy particular, entonces lo que se ha estado trabajando con las ingenierías, con los técnicos, con todo un equipo grande, tanto del gobierno de la ciudad como del federal, es construir esta otra opción”, agregó. Mancera detalló que en lugar de que el tren, una vez que entre a la Ciudad de México, tome a la derecha y entre por el pueblo de Santa Fe, entrará con una circulación más a la izquierda, sin afectación a ninguna de estas colonias. **C**



## Mil pesos de ahorro por metro cuadrado de baches tapados en Morelia, Michoacán

**El Ayuntamiento moreliano** anunció el inicio de una campaña de bacheo y a este anunció le siguió la afirmación del edil Alfonso Martínez Alcázar de que se tendrá un ahorro de casi mil pesos por metro cuadrado rehabilitado con el método que se usa ahora con la contratación de la empresa Consorcio R & G SA de CV, a la que se le pagarán dos millones 800 mil pesos.

Por otra parte, el edil señaló que las sustituciones de pavimento por concreto hidráulico continuarán. Igualmente el edil admitió la proliferación de los baches por toda la capital michoacana, pues dentro de su explicación sobre la nueva estrategia para su reparación había comentado que se tenía un mapa de ubicación de las zonas con pavimento dañado, por lo que al ser cuestionado sobre las áreas con más dificultad en este aspecto de acuerdo a ese mapa, el edil admitió: "Todo Morelia, yo



pregunté lo mismo cuando me presentaron ese mapa y en todos lados de nuestra ciudad hay un grave problema con la proliferación de los baches". Otro punto resaltado es que la mezcla de los componentes se hace al momento en que se usará y la aplicación se hace con presión, lo que provoca la compactación del material. **C**

## ➔ Perfilan un teleférico en nuevo polanco de ocho pesos, complementario al metro

**La Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación del Distrito Federal (Seciti)** ya tiene listo el prototipo de un funicular, para el cual se destinó una inversión de 40 millones de pesos desde mediados de 2013.

Casi dos años después, la dependencia adelantó que el prototipo, creado por la empresa Transporte Urbano Elevado Personalizado (TUEP), consta de una modalidad de góndolas o cabinas para dos personas. Para el descenso de los pasajeros no es necesario que se detengan todas las cabinas, pues cada una de las góndolas o canastillas se desanclarían del sistema principal y, tras cargar o descargar, se volverían a conectar. El costo estimado para este tipo de transporte, pensado como complementario al Metrobús y al Metro, sería de ocho pesos por viaje y podría transportar hasta 60 mil personas por día y 23 millones al año como mínimo. El ingeniero Luis Rodolfo

Zamorano Morfín, director de la empresa TUEP, precisó que tienen pensadas la instalación de 18 líneas a largo plazo y la primera estaría ubicada en Nuevo Polanco. Comentó que, de aprobarse por el Gobierno del DF, está prevista que la instalación de esta primera línea inicie en 2016 y esté lista a finales de ese mismo año; la ruta sería por la calle Miguel de Cervantes Saavedra, las inmediaciones del museo Soumaya, Ferrocarril de Cuernavaca y el Periférico. El esquema de inversión sería una asociación público-privada en la que el Gobierno del Distrito Federal otorgaría la concesión y las empresas invertirían en la instalación. **C**



# 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 m<sup>3</sup> 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)

<sup>1</sup> 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 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 "whitertopping" 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**

## 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

### 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.



Una de las hazañas de la ingeniería mexicana es el corredor México-Tuxpan. Desafiante y complejo domina la topografía de la Sierra Madre Oriental.

## ➤ CORREDOR MÉXICO-TUXPAN: Diseño y tecnología de la ingeniería Mexicana

# M

éxico es una de las economías emergentes con mayor desarrollo en Latinoamérica. Con todo, la administración de Enrique Peña Nieto, como parte de su estrategia para consolidar el crecimiento económico, ha apostado al ascenso de la infraestructura en materia de comunicación para fortalecer al país como un gran centro logístico global de alto valor agregado, conectado de manera eficiente y segura todos los ejes troncales de la red de carreteras y de caminos del territorio nacional.

La construcción de nuevas autopistas y modernización de tramos carreteros es un sinónimo de impulso y competitividad de los países desarrollados. El gobierno federal, a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), en asociación con el sector privado, ha derramado grandes inversiones para estimular la innovación y ampliación de los ejes troncales alrededor del país.

El imponente corredor México-Tuxpan, con sus espectaculares puentes, viaductos y túneles de alta tecnología, es una de las obras de ingeniería más complejas puesta en operación 20 años después de que diera inicio el trabajo constructivo de los primeros tramos carreteros. Con la culminación del trayecto Nuevo Necaxa-Ávila Camacho, se alcanza la meta de impulsar el desarrollo del Altiplano y la Costa del Golfo de México.

En entrevista para la revista *Construcción*

y *Tecnología en Concreto*, la empresa ICA, firma mexicana de ingeniería líder en soluciones de diseño y construcción, explica puntualmente el desarrollo y alcances de esta súper corredor carretero.

## Antecedentes

El trayecto Nuevo Necaxa-Ávila Camacho fue uno de los tramos carreteros con mayor grado de complejidad y retos, por los obstáculos topográficos del sitio. Ubicada en plena sierra

### ***La construcción de éste tramo carretero significó la conclusión de uno de los grandes proyectos de modernización y desarrollo de infraestructura en México***

norte de Puebla, la obra de ingeniería, con longitud de 37 kilómetros (km) y amplios carriles de altas especificaciones, se caracteriza por sus modernos túneles, sus espectaculares viaductos y puentes, entre los que sobresale el audaz puente San Marcos o Ing. Gilberto Borja Navarrete.

La construcción de éste tramo carretero significó la conclusión de uno de los grandes proyectos de modernización y desarrollo de infraestructura en México: La puesta en marcha del corredor México-Tuxpan supera la barrera histórica impuesta por la Sierra Madre Oriental. De acuerdo con la empresa constructora, “con la construcción del nuevo tramo, en la autopista de altas especificaciones, quedó totalmente conectado el eje trocal Acapulco – Tuxpan, que pasa por la Ciudad de México, y permite acercar desde el Distrito Federal al Puerto de Tuxpan en el Golfo de México”.

## Datos de interés

- **Nombre de la obra:** Autopista México - Tuxpan
- **Ubicación de la obra:** Sierra Norte del Estado de Puebla (Nuevo Necaxa y Villa Juárez).
- **Longitud:** 37 km.
- **Ancho:** 21 m.
- **Carriles:** A4 4 carriles.
- **Fecha de Inicio de la obra:** Abril 2008.
- **Fecha de fin de obra:** 17 de septiembre 2014.
- **Fecha de inauguración de la obra:** 17 de septiembre 2014.
- **Materiales utilizados:** Concretos, Geo membrana, Marcos Metálicos, Geo textiles, mallas.
- **Maquinaria utilizada:** Equipo mayor y maquinaria menor, Torres grúas, Bombas para colados.
- **Tipos de concreto utilizados:** Estructural e hidráulico.
- **Total de concreto utilizado:** 450,000 m<sup>3</sup>.
- **Describir Obras que incluye el proyecto:** Túneles y viaductos.
- **Nombre de la constructora:** Constructora Nuevo Necaxa - Ávila Camacho (CONNET).
- **Nombre del despacho estructuralista:** INGETEC, SERVICIOS TÉCNICOS DE FCC.

Ubicado en la Sierra Norte de Puebla, este tramo carretero es un proyecto que se desarrolló mediante Título de Concesión y un Contrato de Proyectos de Prestación de Servicios (PPS) que asumió la SCT con el consorcio integrado ICA, Globalvía y FCC Construcción, para desarrollar el diseño y construcción del proyecto carretero Nuevo Necaxa-Ávila Camacho, con categoría de estratégico para el Plan Nacional de Infraestructura.

## Ingeniería Mexicana

De acuerdo con la empresa, "el proyecto base y las especificaciones revelan que la construcción de las secciones del tramo carretero son de tipo A4 y A4s, esto significa que el nuevo tramo es de cuatro carriles con un ancho de corona de 21 metros en camino abierto".

Debido a la topografía de la zona, las soluciones de diseño contemplan grandes puentes y viaductos con ancho de calzada de 19 m, así como la construcción de túneles paralelos, que cubren con las restricciones de la pendiente especificada. Además, el pavimento de dichos túneles es de concreto y de asfalto en camino abierto y puentes. Las estructuras

que sobresalen por sus características son el Puente San Marcos de 850 m de longitud y el Túnel Zoquital de 1,360 m de longitud.

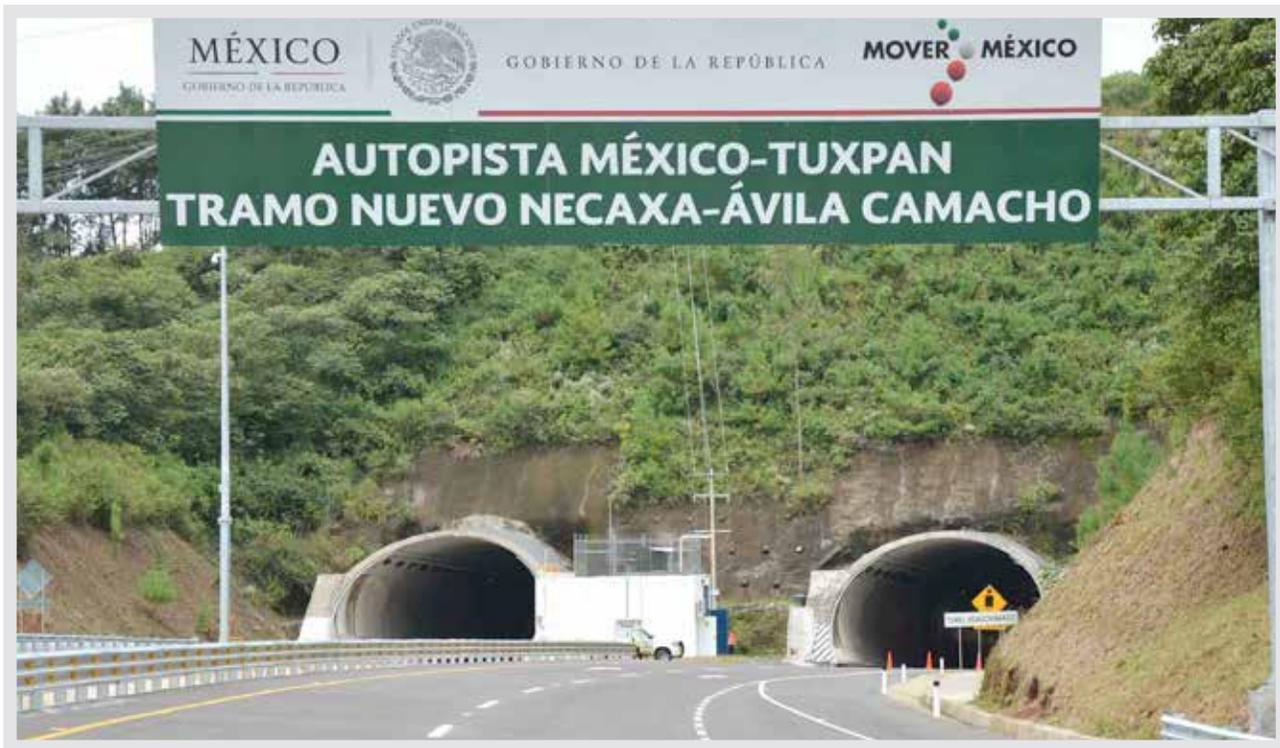
Cabe señalar que, la construcción de pavimentos con concreto hidráulico es una opción de alta rentabilidad y seguridad que ha sido probada en el mundo. Los ciclos de vida de vialidades con concreto hidráulico van entre 20 y 40 años. Y es que, la gran extensión territorial de México, así como la diversidad de climas, tipos de suelos, entre otros aspectos, ha obligado a los responsables en la materia del desarrollo y creación de la red carretera a buscar mejores soluciones tanto en el diseño como en nuevas tecnologías de los materiales para la construcción de los modernos proyectos carreteros en el país.

Según archivos del Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto (IMCYC), En México, ante corto ciclo de vida de los pavimentos en la red carretera, los responsables de la SCT se dieron a la tarea de encontrar alternativas viables para prolongar ciclo de vida y eficientar el volumen de tránsito y carga vehicular de la red carretera nacional. Así, en 1993, se comienza con la especificación y construcción de pavimentos de concreto hidráulico.

## Estrategias y retos

Aunque el tramo Nuevo Necaxa-Ávila Camacho tiene una longitud relativamente corta de 37 km, implica gran movimiento de materiales 16.5 millones de m<sup>3</sup>. Además de y la construcción de 12 puentes y viaductos que suman 3,300 m de carretera, así como 8,000 m de excavación subterránea en los 6 túneles que representan 4 km de autopista, develó la ICA.

Cubierta por un paisaje boscoso, neblina y un clima húmedo la topografía de la sierra norte de Puebla impuso desafíos mayúsculos para la constructora ICA, empresa designada para la realización del último tramo del corredor México-Tuxpan, no obstante, el profesionalismo de los ingenieros mexicanos logró dominar a la agreste topografía de la cordillera. De acuerdo con los responsables del proyecto, para lograr alcanzar las metas establecidas



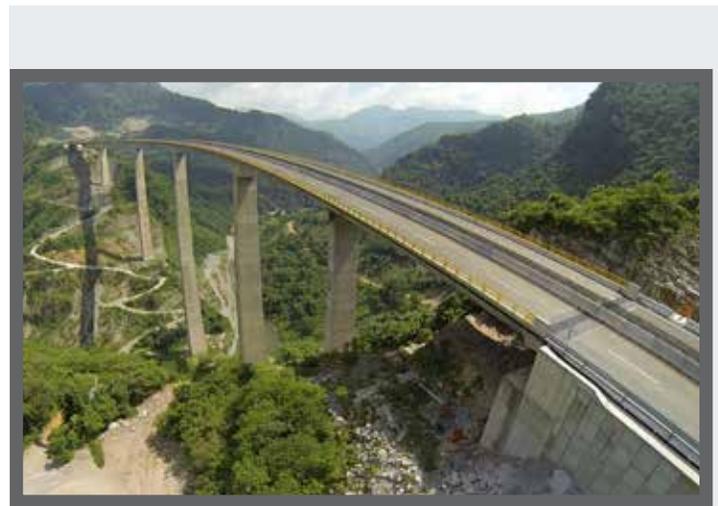
en la realización del proyectos carretero, fue necesario cumplir con los requisitos y tiempo de ejecución. La culminación del proyecto en tiempo y forma exigió de soluciones y procedimientos innovadores así como el uso de maquinaria y equipo de última generación.

La nueva vía se caracteriza por la construcción de estructuras espectaculares que permiten el cruce de barrancas y túneles que se abren paso frente al paisaje montañoso de Nuevo Necaxa y Tihuatlán. En los túneles, el uso de enfilajes, marcos metálicos de sección omega e impermeabilización y el revestimiento final fueron medidas que afinaron sustancialmente los rendimientos, agilizando el ciclo constructivo y optimizando los recursos.

Una característica que distingue este último tramo de la carretera México-Tuxpan son estructuras grandiosas que intentan alcanzar los cielos. De acuerdo con ICA, para la construcción de los puentes la estrategia fue utilizar diferentes tipos de cimbra, dependiendo de cada elemento a construir –altura y sección, entre otras variables–; además, las innovaciones en el procedimiento de habilitado de acero y parrillas pre-armadas, así como del diseño de diferentes tipos de concreto determinaron el control y culminación de la compleja obra de

ingeniería y alcanzar el compromiso establecido en tiempo y forma.

Es importante resaltar que, el nuevo tramo carretero está equipado con sistemas inteligentes de transporte, como conectividad con fibra óptica, paneles de mensajes variables, cámaras de circuito cerrado y televisión y teléfonos SOS. Y es que, su experiencia en la construcción de carreteras, se incrementa con las soluciones





## Beneficios del Proyecto México-Tuxpan

- Un corredor eficiente, seguro y económico para todos los usuarios.
- Reducción del tiempo de recorrido y costos operativos para usuarios.
- Conexión con del Altiplano con el Golfo en casi 2 horas y media.
- Detonación del desarrollo en Puerto de Tuxpan.
- La autopista proporcionará a Puebla una conexión directa al puerto de Tuxpan.

implementadas en terraplenes de gran altura al reforzarlos con muros de geosintéticos, solución que no es utilizada en los proyectos de la SCT, sin embargo en este proyecto ha sido una solución convincente y exitosa.

## La aportación ambiental

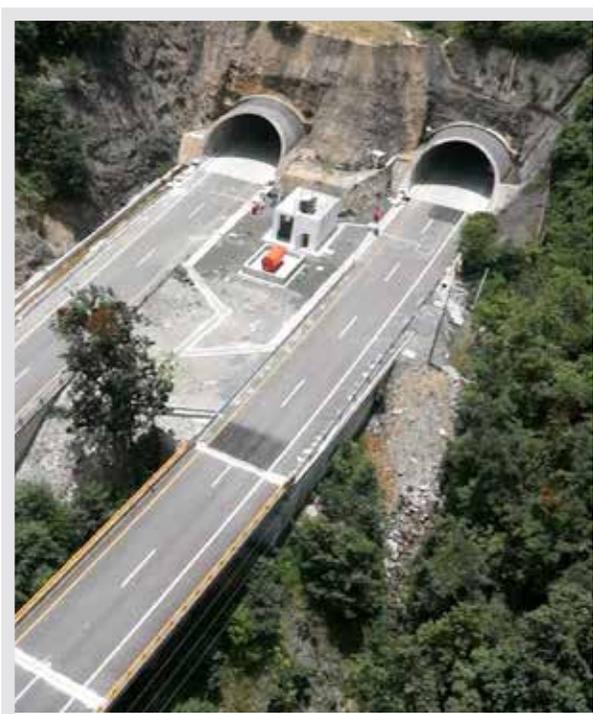
Un proyecto diseñado para la protección del entorno. La conceptualización de asombrosas obras mitigó la penetración de los caminos a su paso por la sierra. Todos los involucrados, ingenieros, geólogos, operadores de maquinaria, personal operativo trabajaron día a día para

dar forma al súper corredor que conectará al Distrito Federal con el Golfo de México.

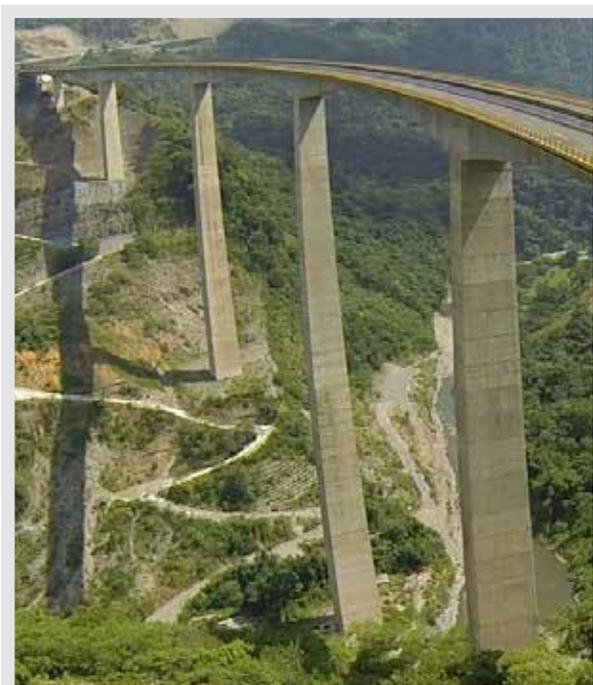
Las soluciones técnicas implementadas contribuyeron alternar la construcción con el cuidado del medio ambiente. El uso de geosintéticos en terraplenes, redujo significativamente el área de desplante y por consiguiente significó una disminución importante en la afectación ambiental. Por otra parte, la construcción de túneles contribuyó al cuidado del medio ambiente; ya que, los seis túneles de este proyecto han permitido conservar ocho hectáreas de bosque, al no utilizar superficialmente el derecho de vía.

La misma constructora explica que “la zona de Cuaxicala se caracteriza por estar afectada fuertemente por la deforestación, esto motivó al equipo constructor del proyecto desarrollara actividades de introducción de la especie de árbol que da nombre a la comunidad–Cuaxicalli–, recolectando germoplasma y produciendo 700 árboles que recientemente se distribuyeron a estudiantes de telesecundaria y primaria de la comunidad con la entusiasta participación de autoridades, profesores y padres de familia, programa que ellos denominaron Adopta un árbol, un proyecto de vida.

La autopista México-Tuxpan, con una longitud total de 262 kilómetros, entre el Distrito Federal y Tuxpan, impulsará la actividad económica de la región. Uno de los mayores impactos que tendrá esta autopista es el de



la seguridad, ya que con grandes obras de ingeniería se salvan importantes obstáculos orográficos que por años se había anhelado superar. Así las cosas, México se anota un diez en la construcción de corredores troncales modernos que son esenciales para la conexión del centro del país con el Estado de México, Hidalgo, Puebla y Veracruz. Esto significa un impulso para detonar el potencial comercial del mercado doméstico, así como el promoción del comercio internacional proveniente del océano atlántico y del mar Caribe. **C**



## Ingeniería e innovación

- Construcción del Puente Ing. Gilberto Borja Navarrete (San Marcos): puente en doble voladizo con la segunda pila más alta del mundo con 25 metros de altura y 850 metros de largo.
- Colado masivo de mayor volumen en América Latina para una zapata con 6,000 metros cúbicos de concreto.
- Pilas y dovelas especiales con variación en sus secciones.
- Diseño para resistir vientos superiores a 160 km/h.
- Adopción del Método de Excavación Austriaco (NATM-New Austrian Tunneling Method).
- Sistemas Inteligentes de Transporte (Intelligent Transportation Systems-ITS) y Sensores de variables ambientales en carreteras (SEVAC).



✓  
Por I. Eduardo de J.  
Vidaud Quintana

Ingeniero Civil  
Maestría en Ingeniería

Su correo electrónico es:  
evidaud@mail.imcyc.com

## EL DIQUE FLOTANTE DE CONCRETO MÁS GRANDE DEL MUNDO EN EL PUERTO DE LA CONDAMINE:

# EL PRINCIPADO DE MÓNACO

**E**l uso del concreto en estructuras marinas se remonta a la antigüedad. Conforme se ha desarrollado este material, también su uso se ha extendido a diversas aplicaciones marítimas tales como: muelles, diques, faros, espigones, defensas costeras, entre otras.

Una de las más colosales obras marítimas de ingeniería en la actualidad, ha sido construida de concreto reforzado y preesforzado, y fue premiada en el año 2006 por la fib (Fédération internationale du béton), como "Obra excepcional de concreto" ("Awards for Outstanding Structures").

La construcción se encuentra ubicada en el Principado de Mónaco y no es más que el dique de abrigo y muelle flotante de concreto más grande del mundo (Foto 1); solución ingenieril única cuya estructura amplió en 6 hectáreas el puerto monegasco de La Condamine.

El principal problema en la expansión y crecimiento del Principado de Mónaco es su falta de espacio. No se puede olvidar que se trata del



Foto 1



Foto 2

**Dique flotante de concreto en Mónaco.**



Fuente:  
<http://www.doris-engineering.com/prod/offshore4.html>

**Proceso de construcción del dique.**



Fuente: Sinke P

país más pequeño del mundo después del Vaticano, con una superficie de 1.9 km<sup>2</sup>, situación que motiva la tendencia de los monaguenses de extenderse hacia el mar.

La construcción del dique, concebida para 100 años de vida útil, no se llevó a cabo en Mónaco; debido a que el Principado no cuenta con las instalaciones portuarias adecuadas, además de que una construcción de tal envergadura induciría a importantes problemas medioambientales. Tales motivos sugirieron que fuera construido en los astilleros de Crinavis, en una dársena seca de la Bahía de Algeciras, localidad gaditana al sur de España; para luego ser transportado por mar algo más de 1500 kilómetros, hasta el puerto de La Condamine.

Una vez concluida la construcción prefabricada del dique (Foto 2), la dársena fue inundada y éste comenzó a flotar; previamente se habían desarrollado pruebas de validación de la estanqueidad. Luego, fue demolido y dragado el macizo que la cerraba por el lado de la bahía y el dique fue sacado al mar hacia La Condamine.

Para asegurar el éxito del transporte se realizaron exhaustivos estudios estadísticos de las condiciones meteorológicas, así como de las corrientes marinas y del oleaje. El traslado se llevó a cabo haciendo uso de barcos remolcadores, que poseían una fuerza máxima de tiro de 180 toneladas (Foto 3).

El enorme cajón de concreto reforzado viajó durante 12 días sin detenerse, con una velocidad media de algo más de 3 nudos. A su llegada a Mónaco era preciso acometer maniobras asociadas al posicionamiento definitivo, para luego comenzar con las complejas operaciones de anclaje y conexión a tierra.

La concepción final del proyecto consistió en un dique de "abrigo" flotante como estructura principal y un contradique; cumpliendo la doble función de proteger la zona del puerto y permitir el atraque de grandes barcos; existiendo en su interior un estacionamiento para 400 vehículos y un puerto seco para embarcaciones menores.

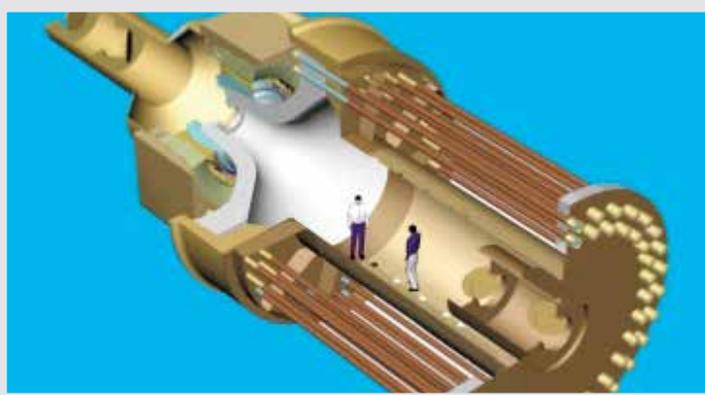
El dique se enlaza con tierra con un sistema de rótula a un cajón fijo en el estribo (Fig. 1); en el otro extremo se amarra mediante 8 líneas o cadenas de anclaje fijadas por medio de pilotes metálicos hincados en el fondo marino (Fig. 2).

El dique, que duplicó la capacidad del puerto, tiene 352.75 metros de longitud, 44 metros de ancho máximo a nivel de la losa inferior; con 24 metros y medio de altura o puntal, que incluye la superestructura. El cajón principal tiene forma de paralelepípedo con 28 metros de manga y 19



Figura 1

Rótula de acero moldeado de 2.6 metros de diámetro para la conexión del dique al estribo de tierra. La pieza de 689 t de peso, en operación permite movimientos de giro limitados en las tres direcciones, coartando todos los posibles movimientos de traslación.



Fuente: Peset González L., et. al., 2002.

metros de puntal. Para el diseño estructural se tomaron en cuenta diferentes estados de carga en los que se combinaron: acciones de peso propio, de equipos, empujes y desplazamientos impuestos, acciones variables de explotación y de circulación, cargas medioambientales (oleaje, corriente, viento, amplitud de marea, nieve, etc.), cargas accidentales de origen sísmico y de impacto de buques, entre otras. Se tomaron en cuenta los estados límites últimos, accidental, de fatiga y de servicio; siguiendo normas vigentes en Francia, reglas BAEL y BPEL; complementadas por las normas noruegas NS3473 para las justificaciones de ancho de fisuras y de fatiga.

La sección transversal consiste en una "U" con doble paramento, cerrada en su parte superior mediante una losa única de mayor espesor. El doble paramento vertical consiste en cuatro muros longitudinales paralelos de 19 m de altura y 352 m de longitud, que dejan un espacio libre interior de 17 m; distribuyéndose dos a cada lado de este espacio central, y separados 5.5 m entre ellos (Fig. 3). En la dirección horizontal, el doble paramento consiste en dos losas separadas 4 m en la zona inferior de la sección (la de solera y la intermedia). La primera tiene un ancho de 44 m sobresaliendo 8 m en voladizo a cada lado de los muros exteriores. La segunda tiene un ancho libre de 17 m discurrendo entre los muros longitudinales interiores.

Esta disposición de doble muro, tanto en la zona inferior como en ambos laterales, se asemeja al principio de doble casco de los barcos, con la doble función de protección contra impactos; así como la de crear cámaras laterales y de fondo que sirvan para los lastrados necesarios; según la distribución de las cargas que se dispongan en su interior.

La rigidez transversal se consigue mediante muros transversales de 19 m de altura separados a 8 m. La prolongación en 8 m de la losa inferior, fuera de ambos muros longitudinales exteriores obedece a la función estabilizadora que crean estos voladizos para los movimientos del dique en el mar durante la fase de servicio. Por exigencias estructurales se disponen además, sobre la losa inferior y coincidiendo con los muros interiores transversales, rigidizadores triangulares exteriores de

4 m de altura. Los sistemas de piso de las plantas interiores del dique son de tipología convencional con vigas biapoyadas y losas compuestas de placas prefabricadas y losa "in situ" de compresión, de 8 y 7 cm de espesor, respectivamente. Las vigas de concreto pretensado, de 70 cm de peralte para el estacionamiento y de 80 cm para el puerto seco, tienen 17 m de longitud, y están espaciadas a 3.2 m. Con 40 mil m<sup>2</sup> de construcción, fueron utilizadas 44 mil m<sup>3</sup> de concreto con resistencia a la compresión a los 28 días de 54 MPa (la resistencia media del fabricado en la obra superó los 75 MPa). También se utilizaron en el proyecto 3,300 toneladas de acero



Figura 2

**Imagen del dique en donde se aprecia la distribución de apoyos.**



Fuente: Adaptado de: Peset González L., et. al., 2002.



## REPARADORES DE CONCRETO FESTER CM

En el mercado de la construcción es común que se presenten fallas al momento de colar el concreto en sitio. El mal vibrado, deficiencia en las mezclas, un curado incorrecto y el paso del tiempo pueden ocasionar oquedades o grietas que afectan la apariencia, resistencia y durabilidad del concreto.

La nueva línea de morteros reparadores Fester CM ofrece una solución práctica y duradera que se adapta a cualquier necesidad en obra o trabajos de mantenimiento combinando un excelente desempeño y fácil aplicación.



**FESTER CM-100** Mortero anticorrosivo para acero de refuerzo. Gracias a su función de inhibidor de corrosión te permite evitar daños en el concreto por corrosión en el acero de refuerzo.

**FESTER CM-201** Mortero para reparación de concreto estructural. Alta resistencia a la compresión y consistencia tixotrópica ideal para aplicaciones en cualquier posición, incluso en reparaciones sobre cabeza

**FESTER CM-202** Mortero para reparación de concreto estructural. Alta resistencia a la compresión y consistencia fluida ideal para aplicaciones horizontales o con cimbra. Su fluidez te permite hacer grandes reparaciones en muy poco tiempo

**FESTER CM-200** Mortero para reparación, resane y acabado de concreto. Su versatilidad te permite hacer reparaciones generales o dar un acabado homogéneo a superficies de concreto.



Antes



Después

### REPARACIÓN DE DAÑOS EN UN ELEMENTO DE CONCRETO PREFABRICADO:

En la industria del concreto prefabricado es importante contar con un mortero de reparación de alta resistencia a la compresión, fácil aplicación y rápido fraguado. Con Fester CM-201 podemos realizar una reparación en menos de 60 minutos con el mejor desempeño del mercado.



Concreto y acero de refuerzo dañados



Vaciado de mortero Fester CM-202



Reparación terminada

### REPARACIÓN EN PISOS DE CONCRETO DAÑADOS



Piso de concreto dañado



Remoción de concreto dañado



Reparación terminada con Fester CM-202

Para mayor información sobre la línea de Morteros Reparadores Fester CM consulta a tu distribuidor autorizado Fester, consulta nuestra página web [www.fester.com.mx](http://www.fester.com.mx) o recibe información a través de nuestra línea **01 800 FESTER7**



en armaduras activas y 10,500 toneladas de acero en armaduras pasivas.

Referente al pretensado, se trata de una estructura con armaduras activas en las tres direcciones posibles: longitudinal, vertical y transversal. Las principales mediciones llegan a casi 130 km de vaina, con más de 3.15 millones de kg de cable y 120 mil kg en barras. Otras características significativas fueron el empleo de vaina de tubo rígida, doble protección exterior de los anclajes, protección catódica de todos los elementos, e inyección al vacío de los cables.

Entre los materiales componentes de la mezcla de concreto se refiere a una arena natural dolomítica con menos del 1% de partículas reactivas, granos mayormente esféricos con tamaño 1.4 mm, y proveniente de la cantera de Alhaurín de la Torre en Málaga. Como complemento se seleccionó otro agregado fino calizo triturado de color gris oscuro, con tamaño máximo de 2.4 mm. Para el agregado grueso se optó por una caliza triturada de grano fino, compacta y dura, de color gris claro, con tamaño máximo oscilante entre 12 y 16 mm, que también procedía de la cantera de Manilva, en Málaga.

Se seleccionó un cemento CEM II A-S 42.5 SR proveniente de las instalaciones del grupo Holcim, en Jerez de la Frontera. Dos fueron los aditivos utilizados: un superfluidificante de altas prestaciones de nueva generación, basado en un éter policarboxílico modificado (GLENIUM 21), y un retardante de fraguado (POZZOLITH 250R). También se utilizó microsilíce en polvo adicionada al cemento, durante el proceso de fabricación del mismo.

La zona de estribo, en tierra, está conformada por 4 grandes cajones de concreto reforzado, apoyados en escollera. Uno de ellos contiene el elemento metálico para la conexión de la rótula, con dimensiones de 80 x 40 x 30 m; los otros tres cajones delimitan el relleno necesario para el estribo. El contradique está formado por una gran estructura de concreto pretensado de 145 metros de longitud, biapoyada en el fondo marino mediante dos cajones: uno de estribo en el lado tierra y otro de tipo pila, en el lado mar.

En la construcción de la obra intervinieron el Grupo español Dragados (FCC), así como las empresas de ingeniería francesas BEC y H. TRIVERIO, además de la monegasca SMMT. En general trabajaron directamente en la obra 700 trabajadores y casi medio centenar de ingenieros, quienes se ajustaron a los requerimientos necesarios para el logro de la vida útil de proyecto.



Foto 3

### Remolcador principal que se usó en las operaciones de transporte



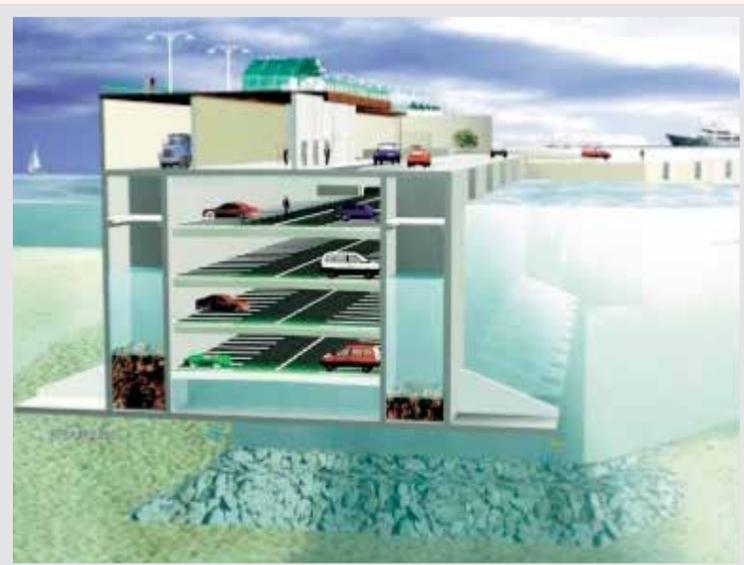
Fuente: Sinke P.

La construcción del dique lo convierte hoy en una de las obras más innovadoras llevadas a cabo en Europa. Las razones que significan esta denominación no solo se ubican en sus características, dimensiones y diseño innovador; sino también en la tecnología empleada; que le hacen constituirse



Figura 3

**Sección transversal en “U” del dique con doble paramento vertical.**



en un proyecto emblemático y único en el mundo. El dique, como antes se comentó, alberga en su interior (Fig. 3) un estacionamiento de cuatro niveles con 13 mil m<sup>2</sup> de superficie y con capacidad para casi 400 automóviles. También alberga un almacén para embarcaciones deportivas y de recreo.

La superestructura aloja dos estaciones marítimas y oficinas de la autoridad portuaria, zonas comerciales, restaurante, estación meteorológica, y distintos paseos peatonales y calzadas para la circulación de autos. Asimismo, la superficie del cajón, que hace las veces de

muelle, está dotada de todos los complementos necesarios para facilitar el atraque de cruceros de más de 200 metros de eslora (30 mil toneladas). Esta operación, antes de la existencia del dique, se tenía que ejecutar en el puerto de Niza, el más cercano al Principado.

El proyecto tuvo una duración aproximada de 3 años, comenzando los trabajos preparatorios a mediados de 1999 y concluidas las obras en diciembre del año 2002. El gran cajón de concreto transformó el panorama marítimo del Principado de Mónaco; resolviendo el problema de la falta de espacio para grandes y medianas embarcaciones, y proporcionando además nuevas posibilidades de desarrollo económico y turístico para la región. **C**

## REFERENCIAS

- Hue García F., et. al. (2002), “Ejecución de las fases marítimas (Dique en el Puerto de la Condamine, en Mónaco)”. *Hormigón y Acero*, Nos 223 a 226., Págs 41-57.
- López Navarrete D., Hue García F. y Carrasco J. Á. (2002), “El hormigón en el dique de Mónaco”, *Hormigón y Acero*, Nos 223 a 226., Págs 139-165.
- Marc Jaeger J., Peset González L. y Troya Gozávez L. (2002), “Proyecto del dique de Mónaco”, *Hormigón y Acero*, Nos 223 a 226., Págs 19-39.
- Peset González L., Barceló Llauger J. y Troya Gozávez L. (2002). “Introducción y descripción del proyecto (Puerto de la Condamine, en Mónaco)”. *Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural*.
- Peset González L., et. al. (2002), “Elementos singulares en el dique de Mónaco”, *Hormigón y Acero*, Nos 223 a 226., Págs 67-117.
- Sinke P. (----). “Monaco Pier Extension”. <http://www.duwsleepvaart.nl/duwsleepsite/buitenland/MONACO%20PIER%20EXTENSION.PDF>

## Aldo Loguercio

Ingeniero Civil de la Universidad Nacional de Buenos Aires.  
Gerente General de la filial argentina del sistema de postensado VSL.



## PISOS POSTENSADOS: AHORRO Y TECNOLOGÍA EN PISOS INDUSTRIALES

Una losa de concreto desplantado en una base de tierra es un elemento constructivo común. Puede ser una simple losa de rodamiento, o tener un mayor grado de complejidad. El diseño convencional de losas de concreto para pavimentos industriales depende de las juntas de contracción para controlar las grietas por retracción y alabeo. El propósito de las juntas de contracción es pre-definir la ubicación de las grietas por motivos de estética y de funcionamiento. Al hacer que las juntas estén más cercanas se logra disminuir e incluso evitar las grietas de retracción. Sin embargo, aumentar la cantidad de juntas tiene efectos indeseables en la funcionalidad del pavimento y en los costos de construcción y de mantenimiento.

El postensado consiste en comprimir el concreto a través de cables de acero de alta resistencia, los que son colocados dentro del concreto y tensados con una fuerza de diseño al momento en que el concreto es capaz de distribuir la fuerza del cable. Se utilizan cables de acero que quedan dispuestos en línea recta, a la altura media del espesor de la losa. El postensado provoca que el concreto quede en compresión, proporcionándole capacidad adicional. El postensado es una técnica especialmente recomendable para pavimentos industriales.



<sup>1</sup> **Jerry Holland:** Diseño y Construcción de Pavimentos y pisos de Concreto. American Concrete Institute, Feb 2002

En un pavimento de concreto tradicional se obtiene la resistencia a flexión mediante refuerzos de acero y el traspaso de corte en las juntas, es mediante barras o pasadores. Existen varios métodos para construir grandes superficies en concreto basados en utilizar un alto contenido de armadura o fibras de refuerzo (acero o polipropileno) para limitar la fisuración a valores admisibles por el cliente o por normas. Se tratan de procedimientos "reactivos", es decir únicamente para reducir daños, pues no se incrementa la resistencia a flexión, solo se limita el ancho de fisura.

La aplicación de postensado es en cambio un método "proactivo". El postensado comprime el concreto a un valor superior a las tensiones que se producen en la más desfavorable combinación de acciones, neutralizando las tracciones ocasionadas por retracción de secado, gradientes térmicos y cargas de tráfico y/o estáticas. En consecuencia, se evitan por completo grietas y fisuras. *Todas las losas alabean, excepto las losas de concreto postensado, bien construidas y bien diseñadas*" (1)

El alabeo es el efecto que se produce en losas de piso por diferencia de velocidad de secado, de humedad y temperatura,



entre las caras superior e inferior de la losa, y que se traducen en el levantamiento de las esquinas de la placa. Este efecto en losas de piso de concreto armado no se puede evitar, solo se pueden minimizar mediante un eficiente curado. Una vez producido, las cargas concentradas en el extremo elevado trabajan en voladizo, generando muchas veces la rotura del concreto. Mediante el postensado de la losa se evita este efecto a través de la precompresión de la zona, luego traccionada por diferencia de temperatura y/o humedad.

El uso del postensado permite eliminar la curvatura o alabeo progresivo de los pavimentos. Las deficiencias en el curado causan la curvatura de los pavimentos que a su vez, generan problemas de fisuras, fallos en las juntas, disminución de la capacidad de carga del pavimento, golpeteo del pavimento y lo más importante, la disminución de la velocidad de trabajo de las grúas, cargadores o montacargas.

Al igual que todas las estructuras postensadas, existen dos posibles formas de introducir el preesfuerzo, una con sistema de torones No adheridos y otra con torones completamente adheridos al concreto de la placa.

- La ventaja de los sistemas no adheridos es su limpieza y rapidez porque no requiere inyecciones y preparaciones de lechadas.

- La ventaja de los sistemas adheridos es su alta capacidad de resistencia para grandes cargas. En este caso el acero de los cables postensados es adherido al concreto mediante inyecciones de lechada de agua-cemento-aditivo en el interior de los ductos que alojan los torones después de efectuar la transferencia o tensionamiento. Este sistema permite hacer cortes o modificaciones a la losa de piso.

El uso del postensado en pavimentos permite una drástica reducción de juntas

(Constructivas, de control de fisuras o de dilatación). "El postensado permite eliminar el 90% de las juntas lo que equivale decir que elimina el 90% de las causas de futuros problemas." También permite menores costos de mantenimiento ya que según datos de un estudio hecho en Australia en 1992 por VSL International, los costos de mantenimiento se reducen casi a un tercio.

Finalmente, permite construir pavimentos de menor espesor a igualdad de cargas y condiciones del suelo, lo que se traduce en ahorros en excavación, concreto y armadura pasiva.

Se reduce el plazo de ejecución en obra al tener:

- Menor excavación
- Menor plazo de instalación de materiales
- Menor plazo en colados
- Menor plazo de instalación de juntas

Las estructuras postensadas presentan en general mayor durabilidad y menor costo de mantenimiento, por lo que representan una solución más económica para el cliente si se considera el costo de mantenimiento a mediano y largo plazo en comparación de costos con pavimentos tradicionales. **C**

## Aplicaciones:

- 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.

Conforme a:

| ASTM C39 – AASHTO T22 |

## Nuevas prensas automáticas **AUTOMAX y PILOT** El poder de la innovación

**CVI TECH**

CUSTOMER'S VALUE  
DRIVES THE INNOVATION



Distribuidor exclusivo en México:

EQUIPOS DE ENSAYE CONTROLS, S.A DE C.V.

Av. Hacienda 42, Col. Club de Golf Hacienda,

Atizapán de Zaragoza, C.P. 52959, Estado de México.

Tels. (+52 55) 55 32 07 99, 55 32 07 22, 53 78 14 82

**CONTROLS** Your Partners  
Masters of Technology

[info@controls.com.mx](mailto:info@controls.com.mx)

[www.controls.com.mx](http://www.controls.com.mx)

# ADVANTEST

**Un sistema  
servo-hidráulico  
multifunción para  
ensayos bajo**

**CONTROL  
DE CARGA**

**CONTROL DE  
DESPLAZAMIENTO Y  
DEFORMACIÓN**

Conforme con normas y métodos:  
ASTM, AASHTO, EN, EFNARC, NMX



- ▶ Control en lazo cerrado de alta sensibilidad
- ▶ Control automático de hasta 4 bastidores
- ▶ Control integral vía PC
- ▶ Rapido set up a través del módulo software de calibración

**VARIAS CONFIGURACIONES**

**CONCRETOS, BLOQUES Y MORTEROS**



**CONCRETO LANZADO Y  
REFORZADO CON FIBRAS**



**ROCAS: PRUEBAS UNIAIALES  
Y TRIAXIALES**



## ASOCRETO

# PATRONES DE FISURACIÓN EN PAVIMENTOS DE CONCRETO: ALGUNOS CONCEPTOS BÁSICOS

## INTRODUCCIÓN

Como profesional de la construcción, hace más de un par de décadas he tomado conciencia de que el concreto es el material de construcción más utilizado por el ser humano. Su impresionante penetración en el mercado se debe fundamentalmente a que es un material económico por estar elaborado en altísimo porcentaje con materias primas simples, en muchos casos abundantes y de disponibilidad local como son los agregados que componen del orden del 65% al 75% del volumen total, más el agua que suma otro 15% a 18%, quedando sólo un pequeño porcentaje ocupado por insumos algo más refinados como el cemento Portland, los aditivos químicos y, eventualmente, las adiciones minerales.

Sin embargo, me ha llamado poderosamente la atención que un material tan utilizado sea al mismo tiempo tan mal conocido desde el punto de vista de sus propiedades reales, y que desde el diseño de estructuras se conciba como un material con propiedades de extensibilidad, resistencia, módulo de elasticidad, creep, contracción, durabilidad, etc., sin dar suficiente importancia a que tales propiedades del material no sólo son únicas para cada conjunto de materiales y composición sino que, además, todas sus propiedades evolucionan en el tiempo. Además, suelen relacionarse entre sí, por lo que un adecuado conocimiento de las mismas permite que los responsables de los proyectos puedan anticipar el comportamiento del material y controlar los riesgos potenciales de deterioro.

Sin duda, uno de los principales riesgos de deterioro temprano de las estructuras es la presencia de fisuras no previstas en el diseño: las que podemos llamar fisuras no controladas, es decir, aquellas que aparecen por fuera de las juntas.



**Ing. Edgardo Becker**  
Gerente de  
Desarrollo y  
Servicios Técnicos.  
Cementos  
Loma Negra,  
Argentina



Reproducción autorizada por la revista Noticreto # 120, de Septiembre – Octubre 2013. Editada por la Asociación Colombiana de Productores de Concreto – ASOCRETO.



Pavimento urbano en el centro de la localidad de Villaguay, Provincia. Entre Ríos, Argentina donde losas grandes (15 m de longitud) sufrieron fisuración por contracción y alabeo dejando un patrón de losas más pequeñas formado naturalmente.

## CAUSAS FRECUENTES DE FISURAS

Como se sabe, el concreto es un material susceptible de fisurarse debido a su limitada capacidad de deformación (extensibilidad). En particular, los pavimentos de concreto son una prueba importante para el concreto como material ya que, sumado a los naturales cambios dimensionales que sufre durante su evolución (sobre todo durante las primeras horas y días), es una estructura muy expuesta al medio ambiente, que le induce importantes cambios dimensionales por calentamiento y enfriamiento tanto por acción de la temperatura ambiente como por las variaciones en la radiación solar; sufre también intensos cambios de humedad y, en algunos casos, fuertes gradientes de temperatura y humedad que causan deformaciones diferenciales, lo cual lleva a fisuras en el concreto en estados tanto fresco como endurecido.

La Figura 1 muestra una clasificación de fisuras en función del estado del concreto y de la causa principal que la produce, para estructuras de este material en general. Nótese que, a excepción de los movimientos no previstos y de creep, las demás causas pueden estar presentes en un pavimento de concreto.

## FISURAS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO

El concreto es un material que se transforma desde un estado que podríamos asimilar al líquido, al que denominamos estado fresco, a un estado semejante a un sólido –aunque no presenta las características reales de tal condición– al que conocemos como estado endurecido.

En ese proceso de transformación –durante el cual se desarrolla buena parte de las reacciones de hidratación de la pasta cementicia– se producen diversos cambios internos (asimilables a las reacciones de hidratación), y al mismo tiempo se da una influencia muy importante de otros factores relacionados con aspectos ambientales, constructivos y de diseño. Todos ellos contribuyen a los cambios dimensionales que se producen en el proceso, que deben ser controlados para evitar la aparición de fisuras.

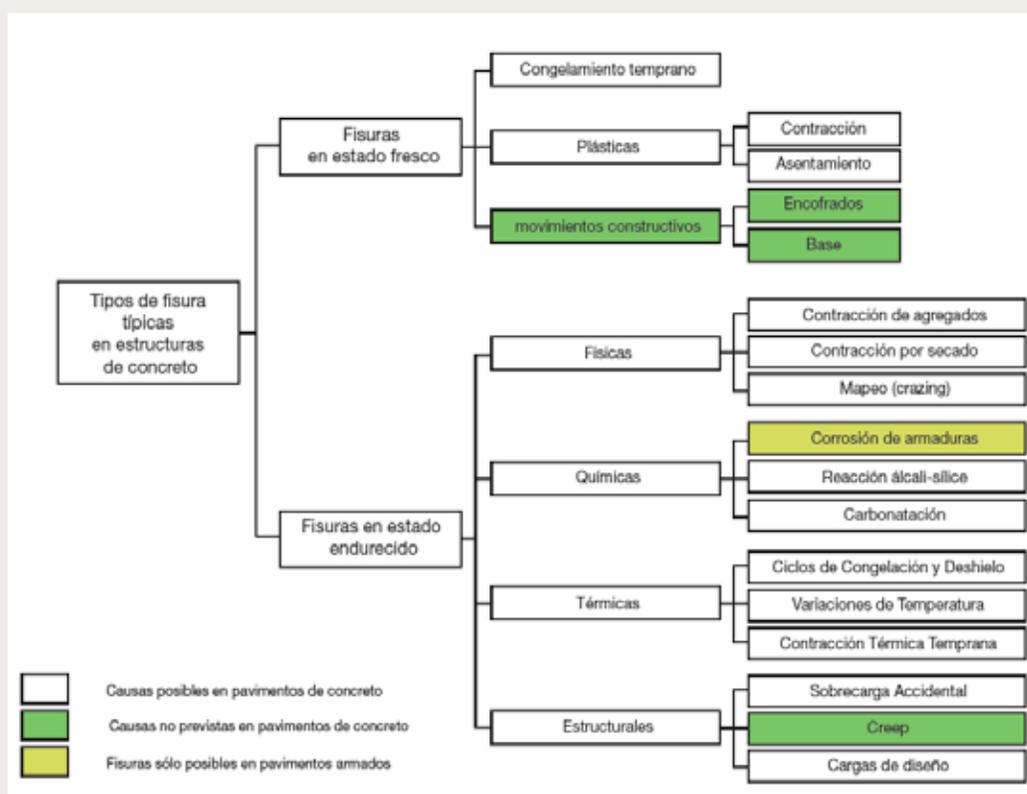
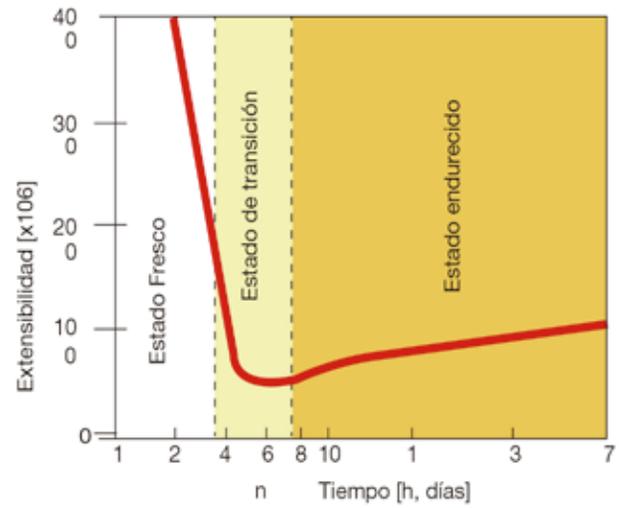


Figura 1: Clasificación de fisuras en función de la causa principal que la produce

Fuente: Concrete Society, 1992. "Non-Structural Cracks in Concrete", Third Edition, Technical Report N°22.

Conceptualmente es difícil establecer un límite entre los estados fresco y endurecido del concreto, por lo cual se incluye un estado intermedio al que llamaremos "de transición". Como se observa en la Figura 2, el concreto presenta en sus primeros minutos una muy elevada extensibilidad o capacidad de deformación (comportamiento asimilable a un líquido), que se va perdiendo rápidamente a medida que avanzan las primeras reacciones de hidratación hasta encontrar un mínimo dentro del estado de transición. Después, a partir de la interacción entre los productos de hidratación de la pasta cementicia y el consecuente desarrollo de resistencia mecánica, el concreto entra al estado endurecido con ganancia de extensibilidad o capacidad de deformación.



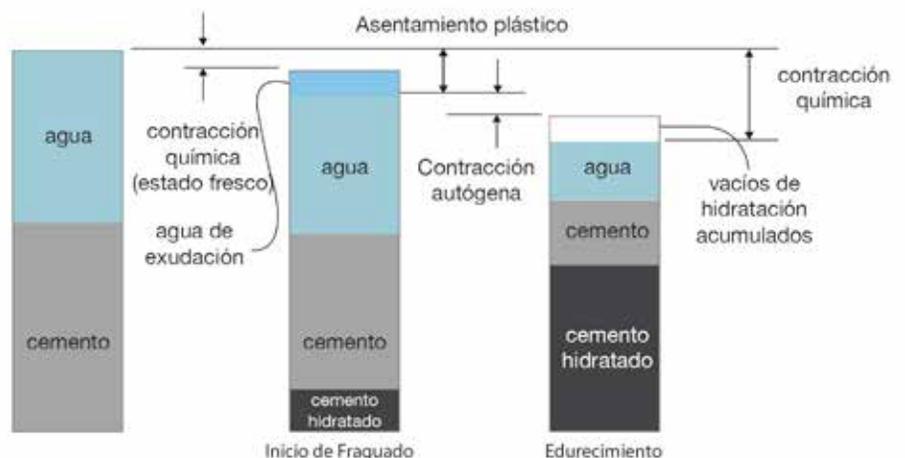
**Figura 2: Posible desarrollo de extensibilidad de un concreto.**  
 Fuente: Concrete Society, 1992. "Non-Structural Cracks in Concrete", Third Edition, Technical Report N°22. Adaptado por E. Becker

En consecuencia, es evidente que el concreto presenta un riesgo muy marcado de fisuración durante el estado de transición, por lo cual es un período en que el constructor deberá tener un especial cuidado sobre las variaciones dimensionales. Debido a que los pavimentos de concreto presentan muy alta relación entre el área expuesta y su volumen, resulta fundamental proteger la superficie de las losas para controlar la evaporación del agua y controlar de esa forma el riesgo de fisuración plástica.

En general, es bien conocido que al evitar el secado prematuro de la superficie de las losas de concreto se controla el riesgo de fisuración plástica. Sin embargo, muchas veces es imposible actuar con el único fin de controlar la evaporación, pues sobre pavimentación siempre se trabajará con cierta tasa de evaporación (baja, pero no nula), por lo que se recomienda ayudar a que la exudación controlada del concreto contribuya a evitar el secado superficial. Otro aspecto a considerar es el diseño de la pasta cementicia. Ya Powers en 1968 publicó una expresión que relaciona la presión capilar con la superficie específica del cemento, la tensión del agua capilar y la relación A/C, donde se demuestra que la presión se incrementa en forma directamente proporcional al aumento de la superficie específica del cemento y de la tensión superficial del agua capilar, e inversamente proporcional a la relación A/C. Por lo cual, trabajando sobre los tamaños de partícula del cemento o sobre los aditivos que afectan la tensión superficial del agua capilar y/o la relación A/C, es posible moderar la presión capilar y, en consecuencia, moderar la tendencia a fisuración del concreto en los estados fresco y de transición.

En la Figura 3 se muestran conceptualmente las principales contracciones de la pasta durante las primeras edades por efecto de la hidratación del cemento y la exudación, demostrando que este fenómeno forma parte de la naturaleza del material y que, como tal, es inevitable. Por lo mismo será necesario asumirlo en el diseño del concreto como material a través de reducir el contenido de pasta cementicia mejorando al máximo el esqueleto granular de la mezcla; también, considerarlo tanto en el diseño de la estructura como en los cuidados necesarios durante la construcción. A propósito,

**Figura 3. Relación volumétrica entre asentamiento, contracción química y contracción autógena.**  
 Fuente: S. Kosmatka y otros, 2004. "Diseño y Control de Mezclas de Hormigón" (Portland Cement Association)



# Comex<sup>®</sup>

## Industrial Coatings

Desarrollamos un producto que ofrece resistencia a la abrasión, funcionalidad y bajo mantenimiento en pisos interiores de talleres y bodegas.

Sistema con excelente desempeño mecánico para pisos de concreto: **Ultracryl primer / Ultracoat 120**



[www.comexindustrialcoatings.com](http://www.comexindustrialcoatings.com)  
[solucionesindustriales@comex.com.mx](mailto:solucionesindustriales@comex.com.mx)  
Atención al consumidor:  
Del D.F. y área metropolitana: 5864-0790 y 91  
Del interior de la República: 01800-71-26639  
División Profesional



la disponibilidad permanente de agua en la pasta reduce considerablemente la contracción. Es más, la disponibilidad de agua de curado a partir del final (o algo antes) del estado de transición tiende a hinchar la pasta (Fig. 4) por lo cual, lejos de contraerse, el concreto tiende a incrementar levemente su volumen evitando contraerse mientras se mantiene el curado húmedo, lo que asegura la ausencia de tensiones inducidas de tracción.

## FISURAS EN ESTADO ENDURECIDO DEL CONCRETO

Todas estas deformaciones obedecen a algún tipo de restricción, ya sea interna o externa, que genera tensiones inducidas que resultan proporcionales a las deformaciones no desarrolladas. El efecto positivo del creep en la relajación de tensiones y el momento de aparición de la fisura, es cuando la tensión inducida supera la resistencia a tracción del material. Esto nos indica que la forma de evitar la formación de fisuras será mantener las tensiones inducidas por debajo de la resistencia a tracción del concreto.

Las tensiones inducidas por restricción a la contracción (por secado o térmica) como las que se desarrollarían por restricción por adherencia losa-base (ver los esquemas incluidos en la Figura 5). Allí es posible establecer las distancias que separan a las fisuras transversales de contracción de una losa a partir de las propiedades del concreto (contracción, módulo de elasticidad, resistencia a la tracción y extensibilidad y su evolución en el tiempo), las condiciones de exposición (temperatura, asoleo, evaporación, etc.) y, por supuesto, la restricción entre la cara inferior de la losa de pavimento y la superficie de la base de apoyo.

En definitiva, es inevitable la formación de fisuras en pavimentos de concreto y controlarlas será función del proyectista; es decir, llevar a que se formen en los lugares adecuados a través de un buen diseño de losas y del constructor realizando los trabajos de acuerdo con las reglas del arte. Como ejemplo, en la Figura 6.a se muestra el patrón de fisuración "natural" de una sección de pavimento convencional de concreto simple de 7.30 m de ancho por unos 40 m de longitud al que no se le han aserrado las juntas. En primera instancia, la contracción del concreto (fundamentalmente la contracción por secado, pero también hay contracción autógena por hidratación, generalmente pequeña, y también puede haber efectos acumulativos de contracción por enfriamiento que favorecen la formación de las primeras fisuras). Luego, podrán desarrollarse nuevas fisuras que resultan de

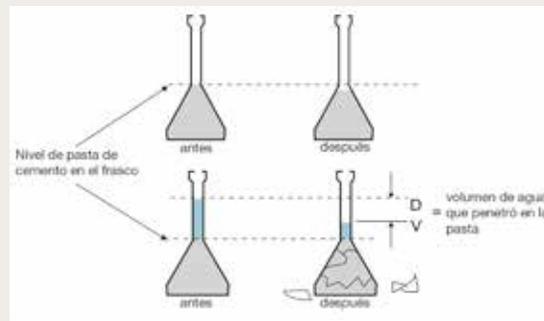


Figura 4: Esquema de la experiencia de Le Chatelier.

Fuente: P.C. Aïtcin, G. Haddad & R. Morin, 2004. "Controlling Plastic and Autogenous Shrinkage in High-Performance Concrete Structures by an Early Water Curing", ACI SP-220, Autogenous Deformation of Concrete, pp 69-82.

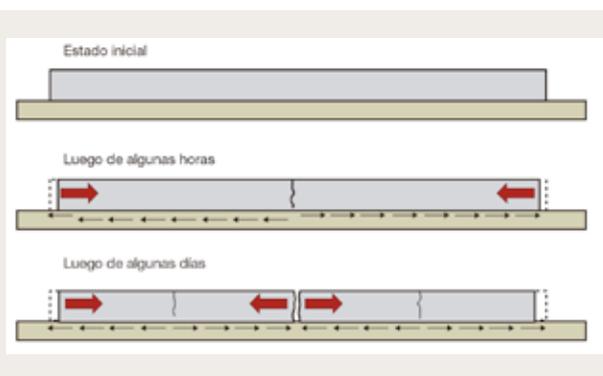


Figura 5: Efecto de la contracción restringida por la subbase o base sobre el patrón de fisuración de las losas de pavimento.

Fuente: E. Becker, 2008. "Contracción temprana del hormigón", jornadas de actualización ICPA orientadas a las reparticiones, consultoras y constructoras viales.

una combinación de contracción uniforme e importantes gradientes de humedad con un secado superficial de las losas de concreto claramente mayor que en la masa que inducen los alabeos cóncavos, que también se favorecen cuando la losa se enfría por la noche

La figura 6.b muestra que un corte de juntas realizado a tiempo y con un patrón adecuado puede controlar las fisuras asegurando que al formarse coincidan con las juntas, y así se logra un pavimento de concreto simple convencional. Si bien está claro que ambos pavimentos presentan exactamente el mismo patrón de fisuración, las juntas aseguran no sólo que las losas se vean pulidas sino que también tendrá importantes ventajas respecto del confort de quienes circulan en sus vehículos sobre el pavimento, y también la calidad de las juntas tanto en la durabilidad de los bordes como en la facilidad y confiabilidad en el sellado.

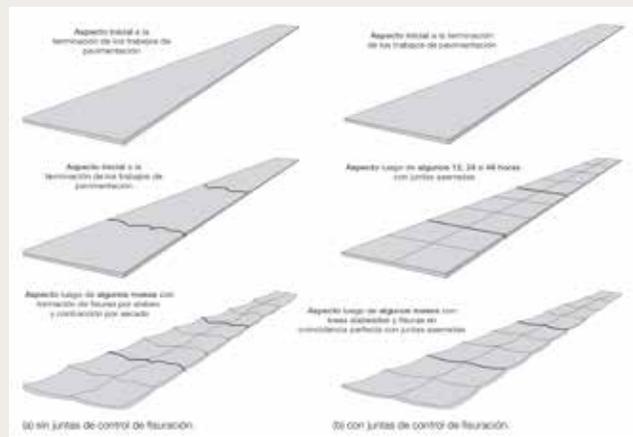
En la misma figura se observa que las losas presentan alabeo después de algunos meses. Aunque este fenómeno es constructivamente casi inevitable, un curado adecuado reduce el alabeo constructivo (también conocido como “permanente”) a niveles casi imperceptibles, permitiendo obtener buenos niveles de rugosidad y, con ellos, mayor confort de circulación y durabilidad ya que se producirán menores cargas de impacto, habrá menor tendencia a fisuración de esquinas y menor desgaste de bordes de junta.

Algo diferente es el caso de los alabeos “reversibles” que se dan en las losas de concreto a causa de los gradientes de temperatura o humedad. La Figura 7 muestra casos típicos de fisuración cóncava y convexa producidos por enfriamiento y calentamiento de la superficie, respectivamente. De manera similar a los alabeos constructivos, los alabeos “reversibles” deben controlarse para asegurar la durabilidad del pavimento. Para esto, el proyectista tendrá que conocer las condiciones medioambientales de la zona en que se construirá el pavimento y, también, los materiales a utilizar para la elaboración del concreto, y con ellos estimar las propiedades del mismo porque necesitará utilizar una relación entre espesor de losa y lados de la losa adecuados para mantener los alabeos en niveles tolerables y así evitar fisuras inducidas por este efecto y, de esta manera, asegurar la durabilidad del pavimento.

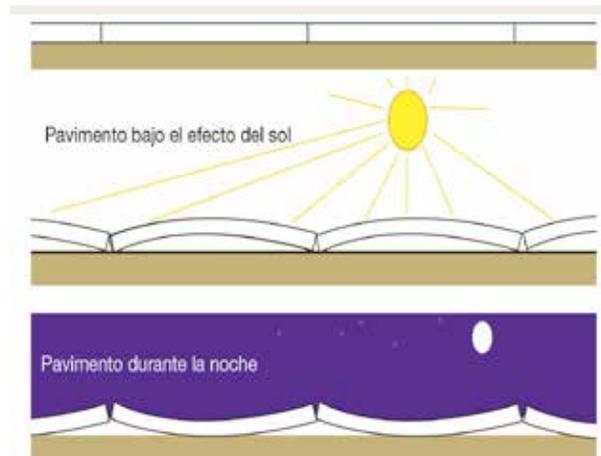
También existen otras alternativas como trabajar con losas pequeñas que reducen los alabeos o pavimentos de concreto continuamente reforzados que inducen un patrón de fisuración muy diferente con fisuras transversales muy delgadas (del orden de 200 a 600  $\mu\text{m}$ ) separadas a intervalos típicos de 30 a 150 cm dependiendo fuertemente de la cuantía de armadura utilizada que controla la contracción del concreto como efecto directo y el alabeo como efecto indirecto.

## CONSIDERACIONES FINALES

En resumen, se puede afirmar que los pavimentos de concreto se fisuran y que será responsabilidad del proyectista establecer un diseño de pavimento adecuado para controlar estas fisuras a través de un adecuado tamaño de losas. Si se consideran pavimentos de concreto continuamente reforzado u otras alternativas siempre se deben tener en cuenta las condiciones de tránsito, ambientales y características de los materiales locales disponibles. Por otro lado, será responsabilidad del constructor realizar un trabajo adecuado para asegurar que el proyecto cumpla con los requisitos solicitados por el patrocinador del mismo. Para ello, además de tener la suficiente pericia para ejecutar los trabajos y evitar las denominadas fisuras tempranas, previamente deberá verificar que con los materiales disponibles podrá ejecutar el proyecto en las condiciones consideradas en la etapa de proyecto. De no ser así, realizar una verificación del mismo en las nuevas condiciones. Y por último –aunque de ninguna manera lo menos importante– el patrocinador, a través de sus representantes, deberá realizar los controles necesarios en todas las etapas incluidos el diseño, control de especificaciones, el control de características y propiedades de los materiales y, por supuesto, de cada una de las etapas constructivas del proyecto. Sólo el trabajo responsable y mancomunado de diseñador, constructor e inspección de obra aseguran al patrocinador un resultado exitoso. **C**



**Figura 6: Patrón de fisuración básica en pavimentos de concreto** Fuente: E. Becker, 2004. “Seminario sobre pavimentos de hormigón”



**Figura 7. Influencia del efecto del sol y temperatura superficial sobre el alabeo.**

Fuente: E. Becker, 2009. Seminario Internacional sobre Construcción de Pavimentos de Hormigón Durables. Bogotá, Colombia (07/05/2009).

EL AUTÓDROMO HERMANOS RODRÍGUEZ:

# UN REDISEÑO A LA VELOCIDAD DE FÓRMULA UNO



Raquel Ochoa Martínez

 Cyt imcyc

 @Cement\_concrete

Imágenes cortesía CIE



**La remodelación del Autódromo Hermanos Rodríguez constituye una obra ingeniería que vuelve a encender los motores de la Fórmula Uno.**

**E**l legendario Autódromo Hermanos Rodríguez, en el oriente de la capital mexicana, es uno de los recintos de mayor trascendencia histórica en México.

Tras más de cinco décadas como sede de grandes espectáculos deportivos y artísticos, además de un rediseño que modificó y transformó radicalmente su circuito, el complejo de la Magdalena Mixhuca luce totalmente listo, para el regreso de la máxima categoría del automovilismo deportivo: la decimoséptima carrera de la temporada 2015, del Gran Premio de México de Fórmula Uno.

Este mega-proyecto no solo busca cumplir con los estándares internacionales de seguridad que exige la Federación Internacional del Automóvil (FIA), sino también crear el segundo circuito más rápido del calendario, con velocidades que alcanzarán los 328 kilómetros por hora. El ingeniero Christian Epp, directivo para las Américas de la firma alemana Tilke Engineers & Architects, explicó, en entrevista para la revista Construcción y Tecnología en Concreto, como surge la necesidad del rediseño de este recinto deportivo y como se alcanzaron los requerimientos de la FIA.

## El arranque

La remodelación del Autódromo Hermanos Rodríguez tiene su origen en “el interés de México por traer nuevamente la categoría reina del automovilismo deportivo: la Fórmula Uno. En un primer momento se visualizaron dos alternativas para albergar el Gran Premio de México: la Ciudad de Cancún y la Ciudad de México. No obstante, por las características y áreas de oportunidad que ofrecía el Distrito Federal, tanto la compañía como el promotor del gran premio optaron por concebir al legendario complejo deportivo de la Magdalena Mixhuca, como la sede para alojar al Gran Premio de México”, explicó Christian Epp.



Pero, transformar radicalmente el recinto automovilismo mexicano para alcanzar los estándares de la Fórmula Uno y, al mismo tiempo, resguardar su valor histórico fue todo un desafío para Tilke Engineers & Architects, la empresa designada para diseñar el megaproyecto de remodelación. Una vez acordado el plan de remodelación, todos los involucrados en la transformación y modernización del recinto deportivo -Instituciones gubernamentales, Corporación Interamericana de Entretenimiento (CIE) y representantes de Fórmula- designaron a la firma alemana Tilke Engineers & Architects el diseño y dirección de la obra de remodelación.

Y es que, la firma alemana es una de las empresas más reconocidas en la creación y remodelación de los circuitos automovilísticos de F1 -entre los que destacan el de Bahrein, Hockenheim, Sochi, Shanghai y Austin-. De tal suerte que, entre diseñadores, ingenieros, arquitectos y equipo operativo se dan a la tarea de conseguir que el Autódromo Hermanos Rodríguez alcance los estándares de seguridad que exige la FIA a las pistas que integran su calendario.

## El diseño

Ondear nuevamente la bandera a cuadros de la F1 requirió un rediseño drástico del recinto construido en 1959. La solución creativa le dio la vuelta a todo el autódromo, no solo buscando responder a los estándares de la FIA, sino también para colocarse a la vanguardia de los avances tecnológicos en telemetría y comunicación, así como lograr un espacio confort y emoción para los espectadores y pilotos. Los cambios fueron radicales, principalmente en el trazo de la pista, la construcción del un túnel, el

edificio de los pits-building, la torre de control, el centro de medios, entre otras modificaciones, comentó el representante de Tilke.

Entre las edificaciones más importantes resalta la de los pits-building, el edificio de garajes -con una superficie de 27,000 metros cuadrados- albergará los 33 garajes para las escuderías que estarán presentes en el Gran Premio de México de F1. Este edificio fue concebido a partir de un volumen flotante en las entrañas mismas de los cimientos. “La solución fue crear como un sótano cuyo volumen equivalente sería el peso que del edificio. En realidad es como un barco que flota en un lago”, declaró Christian Epp.

## La pista

La pista -de 4,300 de longitud, con ancho promedio de entre 12 y 15 metros y todas sus vías de escape- es el elemento central del nuevo circuito Hermanos Rodríguez. El concepto creativo dio un giro total al trazo

original asumiendo que el mejor sitio para un circuito de F1 es aquel que permite jugar con los desniveles y los grados de dificultad. El concepto: crear a un circuito liviano, duradero, seguro y atractivo.

De acuerdo con el representante de la firma alemana, no se conservó ninguna curva de la pista anterior, lo que se hizo fue un rediseño completo de la misma contemplando, en primer instancia, el tema de la seguridad, para responder a los estándares de la FIA. Entre los trabajos claves están las excavaciones a lo largo de todo el circuito, el cambio en las eses y la construcción de los escapes de seguridad. En la pista se trabajó con especialistas locales para dar respuestas concretas a los problemas de mecánica de suelo. Los trabajos en pista implicaron el desprendimiento total de la capa de asfalto para reencarpetar e introducir un moderno sistema de drenaje.

En este sentido, agrega Christian Epp, “se realizaron excavaciones de un metro a un metro y medio de profundidad. Además, por las condiciones del suelo, fue necesario trabajar por bloques. En cada bloque donde se cambiaba la pista sólo se podía cargar el 95 por ciento del material que se extraía, esto significó que por cada tonelada de tierra extraída únicamente era posible colocar 95 por ciento de material implicando extraer cantidades mayores de material para alcanzar la carga necesaria a colocar”.

Entre las modificaciones claves del circuito está el traslado de algunos metros la recta ubicada al salir de la curva peraltada. La idea fue buscar que los aficionados, ubicados en la zona Main Grandstands, gocen de una perspectiva completa del evento automovilístico. Con la remodelación, el Autódromo Hermanos Rodríguez se sitúa entre las mejores pistas de automovilismo del mundo y México se posiciona a la par de las mejores pistas de la F1. Y es que las pistas de F1 tienen un grado de homologación que va desde el 1 al 6, el grado más alto de una pista es el Uno y, esto significa que es apto para la fórmula Uno. México automáticamente por tener el evento de F1, va a obtener antes la homologación grado Uno.



## Grandes desafíos

Posicionar al Circuito Hermanos Rodríguez dentro de los más veloces del mundo significó grandes desafíos para la firma alemana. A decir de Christian Epp, en cada fase del proyecto surgían desafíos que únicamente el profesionalismo y el trabajo en equipo -con las 19 firmas mexicanas- hicieron posible vencer. “Los desafíos estuvieron presentes en todo el proyecto de remodelación, desde la concepción hasta el más mínimo detalle del proceso constructivo. Todo dependía de la fase del proyecto”, manifestó el ejecutivo de Tilke.

De acuerdo con lo anterior, en la primera fase de estrategia y conceptualización, el reto fue alcanzar acuerdos entre las instituciones gubernamentales involucradas en el proyecto, los representantes de F1 y la promotora CIE. Lo medular fue integrar el apoyo político, financiero y viabilidad económica. Mientras que, en la segunda fase, correspondiente a la etapa de Planeación, el reto fue elegir a las 19 firmas mexicanas que apoyarían y permitirían alcanzar las metas de todo el proyecto. Las empresas focales fueron la articulación de todo el proyecto. “La idea fue crear un equipo que trabajara junto con nosotros, con estudios estratégicos del terreno, y la solución a los problemas constructivos a que nos enfrentábamos cotidianamente.

Para la tercera fase, la del proceso constructivo, el principal desafío fue brindar una solución concreta al problema del tipo de suelo fangoso -que característica a la Ciudad de México-. La Ciudad se hunde entre tres y ocho centímetros al año. En general no hay problema mientras que el hundimiento sea constante. Los hundimientos diferenciales son catastróficos y necesitarían de otras soluciones, explicó Christian Epp. Una de las medidas para superar los desafíos que imponían las condiciones de suelo de la capital mexicana, fue el apoyo que brindaron ingenieros mexicanos, especialistas de mecánica de suelo. Se contrato una empresa de geotecnia, especializado en el suelo de la ciudad de México. La filosofía de la firma Tilke es apoyarse en el conocimiento de los especialistas más calificados de la región. No hay que reinventar la rueda, sino partir del conocimiento concreto de los ingenieros mexicanos especialistas en geotecnia”.

Finalmente, y no menos importante, fue vencer el desafío de la memoria colectiva, del legado histórico, de la plaza pública y de la lucha contra el reloj. El reto de trabajar en un parque público como es el complejo deportivo de la Magdalena Mixhuca en donde cada semana se congregan miles de personas a practicar deporte y en espectáculos artísticos fue muy complejo. En ese sentido, había que trabajar contemplando todos los eventos y variables cotidianas del complejo deportivo y de espectáculos. Asegurar que todo funcionará de la manera en que se había planeado, para terminar el trabajo en tiempo y forma con la calidad necesaria de F1.

## El concreto en la obra

Uno de los principales materiales utilizados para el proceso constructivo fue el concreto. A decir de Christian Epp, “el concreto se manejó básicamente en el complejo de edificios y estructuras como el túnel, en algunos sitios de la pista como son en los pianos o lavaderos y en todo el sistema de drenaje ubicado alrededor de toda la pista, entre otros sitios”.

Así las cosas, México cuenta nuevamente con el Gran Premio de México de F1. Los trabajos de remodelación permitirán albergar, sin inconvenientes, los próximos cinco años a la F1. No obstante, será necesario un mantenimiento especial que permita la conservación del circuito. **C**



# El concreto en la planta AUDI-Puebla

Audi México será la planta automotriz más moderna del continente americano.

Ubicada a unos 2,400 metros sobre el nivel del mar, la planta de Audi México será la planta de producción más grande de Latinoamérica



# S

an José Chiapa, es un municipio muy pequeño localizado en la zona centro-oriental tiene su origen en un asentamiento de grupos náhuatl dominados por la cercana Tepeaca. Tras la conquista española recibió el patrocinio de San José y se convirtió en un punto de paso entre el camino de Puebla y el puerto de Veracruz.

En palabras de Matthias Muller, esta importante planta generará una importante fuente de empleos para la región, estimando que serían aproximadamente 20,000. Tan solo a finales de 2014 el número de empleados será de 1,000 personas y se cuentan ya con 30,000 solicitudes recibidas. La empresa realizará una inversión final de aproximadamente 1.3 mil millones de dólares y la capacidad instalada será para producir 150,000 vehículos.



Unos de los materiales indispensables para la construcción de este imponente proyecto ha sido sin duda alguna el concreto, ya que se utilizó no sólo en los pisos de las diferentes áreas, sino en exteriores y edificios de oficinas.

Estas resistencias se requirieron para áreas específicas como fueron: la pista de pruebas, el inbound, la gasolinera, los estacionamiento, patios de descarga, entre otras. Todo lo anterior bajo una estricta supervisión y vigilancia del laboratorio de la empresa Sistemas de Ingeniería y Pavimento del Valle de Puebla S.A. de C.V., que antes de enviar el concreto a obra obtuvieron muestras para determinar el contenido de aire, peso volumétrico, revenimiento, temperatura, elaboración y curado de especímenes de concreto, muestreo y tiempo de fraguado de las mezclas de concreto.

Se realizó también un tendido de concreto con equipo pavimentador auto propulsable, utilizando cimbras deslizantes y con una mano de obra altamente calificada. Las exigencias de construcción de sus plataformas de carga y descarga requirieron colocar espesores de hasta 30 cm e implementar monitoreos climatológicos para el suministro y colocación de estos productos durante el día y la noche, cubriendo así la necesidad de la nueva planta. De igual manera se tuvo la oportunidad de suministrar concretos drenantes y porosos para la zona de la pista de pruebas la cual cuenta con diversos acabados para simular todo tipo de terrenos.

## ÁREAS DENTRO DE LA PLANTA

Existen diversas áreas dentro de la planta, mismas que corresponden a labores específicas en la producción de los automóviles. De esta forma, se construyeron:

### • Nave de Estampado

En la nave de estampado se fabrican las piezas con las que más adelante se ensambla la carrocería. El material se suministra en forma de grandes rollos. Estos se cortan en las piezas del tamaño adecuado, para entonces ser moldeadas en la forma deseada en grandes estampados. Gracias a las potentes estampados de tamaño XL, las precisas máquinas para cortar las láminas y las flexibles servo estampados, la nave de estampado de México es la más moderna de América.

**2,400 m**

La planta de Audi situada a mayor altitud

**1,300 millones de USD**

Está invirtiendo el Grupo

**3,800 empleados**

Trabajarán en San José Chiapa

**560 campos de fútbol**

Es la superficie que ocupará la planta de México

**150 Mil unidades del Audi Q5**

Esta capacidad se alcanzará en 2017

### • Nave de Construcción de Carrocerías

En esta nave se ensamblan las piezas de la nave de estampado para formar la carrocería en bruto. Las piezas se ensamblan mediante diversas técnicas. Desde los diferentes tipos de soldadura, pasando por tecnología láser, entre otros. En este caso se utiliza un gran número de robots de última generación.

### • Nave de Pintura

Antes de recibir la Pintura deseada por el cliente, las carrocerías se someten a varios procesos de inmersión en los que se les aplican capas protectoras. Una vez que se haya aplicado la Pintura, la carrocería se sella con un esmalte transparente. En México el proceso de pintura supone un desafío especial, puesto que a 2,400 metros de altitud la presión del aire es sensiblemente inferior. Para compensar la presión inferior es necesario utilizar motores con un tamaño y potencia claramente superiores.

### • Montaje

El ensamblaje de la carrocería con el motor se conoce en la industria de producción de automóviles como “matrimonioado”. Posteriormente, se lleva a cabo el Montaje del interior, moquetas, revestimientos interiores y otras piezas. La labor del área de montaje se ve apoyada por la TI más moderna: con sistemas como “pick by light” o “pick by voice”, la industria 4.0 se hace presente en la planta mexicana.

### • Edificio central (Spine)

El “spine”, como columna vertebral de la fábrica, constituye la plataforma de comunicación central en el núcleo de las tres áreas de hojalatería, pintura y montaje. En el “spine” se encuentra la tecnología más moderna. El taller, la tecnología de medición, el laboratorio y las áreas de ensayos y análisis son sinónimo de calidad Premium en la planta de Audi México.

## Tipos de concreto

Una vez establecida la planta de concreto cerca de la planta Audi, se suministraron 22,640 m<sup>3</sup> de concreto con diferentes resistencias:

MR424006TD,	MR42N4008TD,
MR424010TD,	MR42R3D4010,
100N2010TD,	100N2014TD,
100N2012TD,	150N1304TD,
200N2010TD,	200N2014TD,
200N2018TD,	250N2010TD,
250N2014TD,	300N2018TD,
350N2014TD,	350N2018TD.



### • El centro de capacitación

La planta cuenta con uno de los centros de formación más modernos en torno al mundo automotriz de todo México: el Centro de Capacitación de San José Chiapa combina ciencia, formación y capacitación continua. Como socio gubernamental para este fin, cuenta con la colaboración de la Universidad Tecnológica de Puebla (UTP), que administra el Centro de Capacitación. El personal de la UTP se encarga de impartir la formación en el centro bajo la dirección de Audi México. En Alemania, instructores calificados forman a los empleados y becarios en tecnologías y procesos.

Se comprueba una vez más la versatilidad y utilidad que posee el concreto en obras de tan importante magnitud y sus beneficios tangibles de durabilidad, resistencia y estética. **C**

**MEJORANDO EL CONCRETO Y REDUCIENDO  
EL CONSUMO DE CEMENTO  
CONSTRUIMOS CONFIANZA**



## **Línea Sika® Plast**

**Reductores de agua y plastificantes de alto desempeño para concretos convencionales.**

- Permiten fabricar concretos con mejor costo-desempeño al reducir el consumo de cemento y agua por metro cúbico.
- Fabricar concretos más durables.
- Fabricar concretos convencionales con menores contenidos de aire.

 Sika Mexicana  @Sika\_Mexicana

01 800 123 74 52  
[www.sika.com.mx](http://www.sika.com.mx)

**CONSTRUYENDO CONFIANZA**





SISTEMA POSTENSADO PARA  
PISOS Y PAVIMENTOS, UNA  
GRAN ÁREA DE OPORTUNIDAD:

**MAESTRO MARIO A.  
LÓPEZ RODRÍGUEZ**

La especialización alrededor de los distintos pisos y pavimentos se ha hecho más notoria en los últimos tiempos, y es por ello que no es lo mismo la técnica que debe utilizarse para el acabado de una superficie en un hangar, que en un centro de distribución industrial o una planta automotriz.

Dentro de este universo, destaca la rentabilidad y funcionalidad de los pisos postensados (ya sean adheridos o no adheridos), un sistema que elimina hasta 98% de las juntas y uniones del piso y que ofrece un cambio radical en la estética y uso de una nave. Para hablar al respecto, *Construcción y Tecnología en Concreto* entrevistó al ingeniero civil Mario A. López Rodríguez, egresado de la Universidad Lasalle y director general de Astro Floors de México, una de las pocas empresas, si no la única, que se especializa en la construcción de pisos postensados en nuestro país, circunstancia que por sí misma llama poderosamente la atención.

El también maestro en Estructuras por la Universidad Nacional Autónoma de México, empezó su trayectoria profesional en el ámbito de las plataformas marinas para luego internarse en el mundo de los pisos epóxicos y pisos para quirófanos. En esa época (1987) observó que las superficies de concreto tenían graves problemas de comportamiento y desempeño.

## LA VISIÓN DEL EXPERTO

Las fallas relativas a las juntas, las grietas y la resistencia a la abrasión en la superficie es muy común, y le sucede en mayor o menor medida a toda la industria del país. Sucede así, explica el Mtro. López Rodríguez, porque hay lugares en donde tenemos menor o mayor contracción por secado debido al origen y la calidad de los agregados locales. Un caso es el de Monterrey, lugar en el que se trabaja con arenas trituradas, lo que hace menor el problema; sin embargo, en el centro del país, “en donde tenemos arenas de banco, hay más complicaciones. Hay muchos elementos que influyen, pero básicamente el contenido de finos es el fuerte y lo que más afecta”, señala el entrevistado.

Dicha situación, explica López Rodríguez, “nos obligó a estudiar alternativas para encontrar mejores resultados ya que no íbamos a cambiar la producción de arena a nivel nacional. Esto derivó en la tecnología de los pisos postensados, los cuales tienen muchas ventajas: la principal de ellas, que reduce de forma dramática el número de juntas, la mayoría de las veces entre el 95 y el 98%”.

El director general de Astro floors de México explica a detalle que “las juntas tienen problemas de alabeo y de despostillamiento, lo que genera daño a los montacargas; de modo contrario, cuando tenemos un piso postensado sin juntas el problema se cancela inmediatamente. Un ejemplo claro de lo que digo es el centro de distribución que hicimos para la tienda Liverpool, una superficie de 50 mil m<sup>2</sup> que tiene solamente tres juntas, una longitudinal y dos transversales.

“Esto quiere decir que tenemos tamaños de piedra de casi 10 mil m<sup>2</sup>. Lo mismo sucedió con el centro expositor de Puebla, una construcción de 30,000 m<sup>2</sup> en la que hay piedras de cien por cien sin juntas, lo cual le otorga otra apariencia y otra calidad y lo convierte en uno de los mejores centros expositores a nivel latinoamericano”, afirma.



Juan Fernando González G.



Cyt imcyc



@Cement\_concrete

Imágenes: Mario A. López Rodríguez



## ¿Y LA COMPETENCIA?

Ser el mejor en medio de una feroz competencia tiene mucho mérito, pero cuando no hay referencias con las que una empresa pueda compararse existe el riesgo de caer en una zona de confort. El ingeniero López Rodríguez escucha con atención y serenidad el planteamiento y ofrece su opinión:

“En forma práctica casi no tenemos competencia ya que nadie tiene nuestro curriculum, aunque hay gente que está empezando y experimentando. Nadie ha hecho pisos tan grandes y tan viejos como nosotros y en la actualidad si alguna empresa, llámese Ford o Cervecería Modelo, quisiera convocar a compañías importantes y fuertes para un concurso prácticamente nosotros seríamos los únicos que acudiríamos a la convocatoria. A pesar de ello, queremos hacer más pisos y tener más clientes.



Sucede que la mayor parte de los industriales en México no conoce el tema, no sabe de la existencia de esta tecnología y, por lo tanto, no la solicitan. Eso es un reto para nosotros ya que tenemos que convencerlos de algo que nunca han visto; de allí que cada piso nuevo sea una vitrina que podemos enseñarle a 10 ó 15 clientes potenciales”.

Un ejemplo por demás aleccionador es el ya citado Centro de Distribución Liverpool, en Huehuotoca, Estado de México, lugar donde se colocaron 50 mil metros de piso con el sistema tradicional que a final de cuentas presentó al poco tiempo problemas de grietas. La empresa hizo una propuesta, llevaron a los directivos de la tienda departamental a ver otras

obras semejantes y los convencieron de hacer la modificación. Hoy día, rememora el Mtro. López Rodríguez, el piso funciona perfectamente y solamente tiene tres juntas, “Liverpool está encantado”, señala.

## TECNOLOGÍA SUB UTILIZADA EN MÉXICO

El sistema postensado para pisos es una tecnología vieja que se ha utilizado en Europa y Estados Unidos desde hace más de 50 años, pero en México hay un gran desconocimiento al respecto. “Estoy seguro que si pudiéramos juntar a la mayoría de los industriales del país en un salón para explicarles las ventajas del postensado, se convencerían de inmediato y no querrían colocar otra cosa.

En una fábrica lo más costoso es lo que va arriba; el huacal, como decimos los ingenieros, generalmente es lo menos caro. Un ejemplo es el de Coca Cola, que invirtió 100 millones de dólares en Tampico y gastó la mayor parte de su presupuesto en equipos.

Tal vez la nave industrial le costó originalmente 5 millones de dólares y el piso 1 millón, por lo que invertir 400 mil dólares en una solución como la nuestra no le quita el sueño al industrial, sobre todo si se considera que la inversión total es de 100 millones de dólares”, dice el especialista.

## PASO A PASO

Los especialistas en pisos postensados empiezan a trabajar cuando ya están contruidos los muros y el techo de una nave industrial, con lo cual cancelan los problemas derivados del

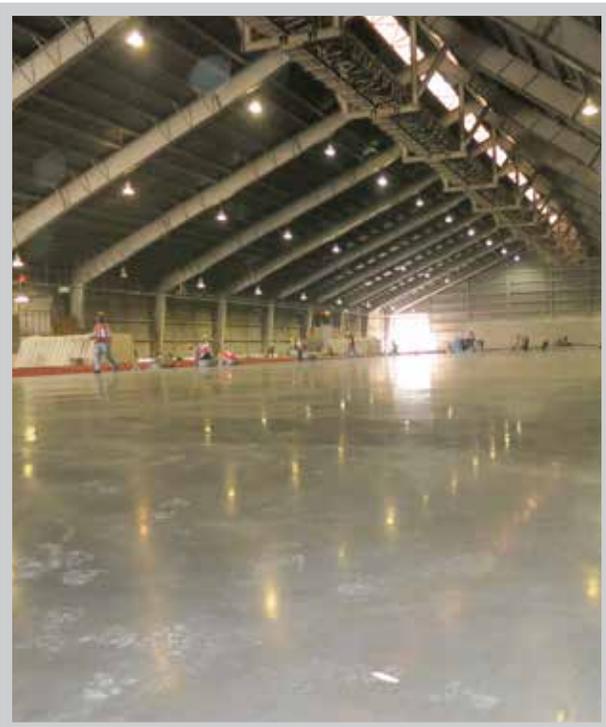
viento, el sol y la lluvia, entre otros. Contar con una terracería en óptimas condiciones, es decir, con

una que posea la suficiente capacidad de carga, es fundamental.

“Generalmente pedimos una prueba de placa de 5 kilos por  $\text{cm}^3$ , a menos que las cargas sean mayores, y una planicidad más exigente que la tradicional; la norma de terracerías nos da  $\pm 2$  en planicidad, pero nosotros pedimos  $\pm 1$ . Con esta situación resuelta procedemos a colocar plástico como si fuera, que no lo es, una barrera de vapor, de manera que se reduzca el factor de fricción. Tiene que ser así porque colamos una pieza muy grande de piso, la cual, al sufrir contracción por secado se mueve. De allí la importancia de usar un sistema postensado”, señala el especialista.

La parte final de la explicación está vinculada con el acabado, el cual, dice el entrevistado, depende del gusto del cliente, quien puede elegir un proceso de brillado con diamante o el de cualquier piso tradicional: que tenga color, endurecedor, densificador, recubrimientos epóxicos o poliuretanos de cualquier ipo, no hay ninguna limitación.

*“Depende del gusto del cliente, quien puede elegir un proceso de brillado con diamante o el de cualquier piso”*



## RETROALIMENTACIÓN CON LA INDUSTRIA CEMENTERA

La relación de Astro Floors México es sumamente estrecha con la industria cementera, principalmente con Cemex. De hecho, hay una simbiosis muy productiva entre ambas entidades ya que, en ocasiones, la empresa de pisos postensados participa como subcontratista en muchos de los proyectos llave en mano del gigante cementero; otras veces, actúa como la empresa al frente de la obra.

### Para saber más

- Pisos Astro México
- Av. Río Consulado 681, colonia
- Santa María La Ribera, Del. Cuauhtémoc. CP 06400
- Teléfonos: 55471409 y 01 800 284 ASTRO
- Correo: [ventas@pisosastro.com](mailto:ventas@pisosastro.com)

## Algunos proyectos de Astro Floors México

- Piso postensado para una superficie de 1,500 m<sup>2</sup> para Sabritas, en Querétaro, Querétaro.
- Centro expositor, en Puebla, Puebla. Piso postensado en una superficie de 35,000 m<sup>2</sup>.
- Centro de Distribución Liverpool, en Huehuotoca, Estado de México. Se colocaron 46,200 m<sup>2</sup> de piso postensado
- Recubrimiento en un área de 20,000 m<sup>2</sup> para Coca Cola Tampico (Tamaulipas)
- Tienda Walmart en Saltillo, Tamaulipas, 14,000 m<sup>2</sup> firmes de concreto pulido
- Planta Daewoo, Querétaro, Querétaro; 30 m<sup>2</sup> firmes de concreto pulido
- Piso postensado para Mission Hills Guanajuato, en 10,400 m<sup>2</sup>

Sea como sea, el equipo que se forma es el mismo. Tenemos contacto con muchas áreas de Cemex, de los departamentos de Producción, de Calidad y del Centro Tecnológico, entre otros. Nos conocemos muy bien y ambos sabemos nuestras necesidades, lo cual nos permite dar los mejores resultados.

## QUE NOS PERCIBAN COMO...

Me gustaría decirles a los lectores de Construcción y Tecnología en Concreto que conozco a muchos colegas, pero sobre a industriales, que se quejan frecuentemente porque no encuentran una solución para sus pisos. "La constante es que no quedan contentos después de contratar a varias empresas, por lo que yo los invitaría a conocer este sistema y a que comprueben que sí se puede obtener respuestas eficientes, estéticas y de bajo costo. Nosotros nos preocupamos por dejar a los clientes satisfechos, algo que es más rentable que cualquier campaña publicitaria. México tiene muchas áreas de oportunidad y los pisos de concreto son una de ellas". **C**



EL CONCRETO EN LA OBRA

# PROBLEMAS, CAUSAS Y SOLUCIONES

CONCRETÓN - Octubre 2015



EDITADO POR EL INSTITUTO MEXICANO  
DEL CEMENTO Y CONCRETO, A.C.



## Tiempo de **fraguado** de mezclas de concreto

Norma Mexicana

NMX-059-ONNCCE-2013

Número

# 98

SECCIÓN  
COLECCIONABLE



# Determinación del tiempo de fraguado de cementantes hidráulicos (Método VICAT)

**I**ndustria de la construcción - Cementantes hidráulicos – Determinación del tiempo de fraguado de cementantes hidráulicos (Método Vicat).  
**NMX-C-059-ONNCCE-2013.**

Building industry – Hydraulic cements – Time of setting of hydraulic cements (Vicat Method).

**NMX-C-059-ONNCCE-2013.**

Usted puede usar la siguiente información para familiarizarse con los procedimientos básicos de la misma. Sin embargo, cabe advertir que esta versión no reemplaza el estudio completo que se haga de la Norma.



## OBJETIVO

Esta norma mexicana establece el método de ensayo bajo el cual se efectúa la determinación del tiempo de fraguado de las pastas de cementantes hidráulicos, midiendo su resistencia a la penetración de la aguja del aparato de Vicat. El tiempo de fraguado determinado por este método no necesariamente coincide con los valores de tiempo obtenidos mediante el empleo de otros métodos de ensayo en pasta de cemento, de mortero o de concreto. La determinación del tiempos de fraguado de cemento hidráulico puede realizarse mediante el método A, definido como de referencia, operado manualmente y el método B, mediante un aparato automático de Vicat, el cual ha demostrado que cumple con los requerimientos de éste método.

## CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma aplica para determinar el tiempo de fraguado de las pastas de cementantes hidráulicos, elaboradas con cemento hidráulico nacional o de importación, que se comercialice en territorio nacional.

**NORMAS QUE SUSTITUYE**  
**NMX-C-059-ONNCCE-2010**

**NORMAS DE REFERENCIA**  
**NMX-C-057-ONNCCE-2010**

Industria de la construcción - Cementantes hidráulicos - Determinación de la consistencia

normal.

### **NMX-C-061-ONNCCE-2010**

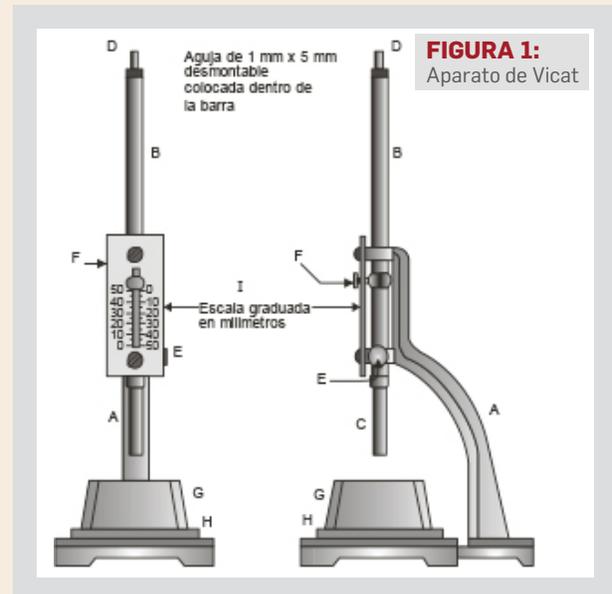
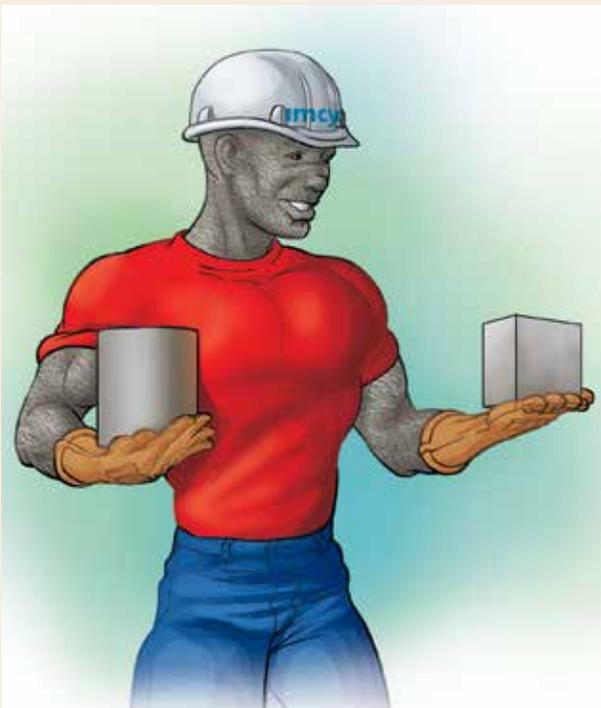
Industria de la construcción – Cementos hidráulicos  
- Determinación de la resistencia a la compresión de cementantes hidráulicos.

### **NMX-C-085-ONNCCE-2010**

Industria de la construcción - Cementos hidráulicos  
- Determinación estándar para el mezclado de pastas y morteros de cementantes hidráulicos.

### **NMX-C-148-ONNCCE-2010**

Industria de la construcción - Cementos y concretos hidráulicos - Gabinetes, cuartos húmedos y tanques de almacenamiento - Condiciones de diseño y operación.



### **DEFINICIONES**

Para los efectos de esta norma mexicana se establecen las siguientes definiciones:

#### **EQUIPO:**

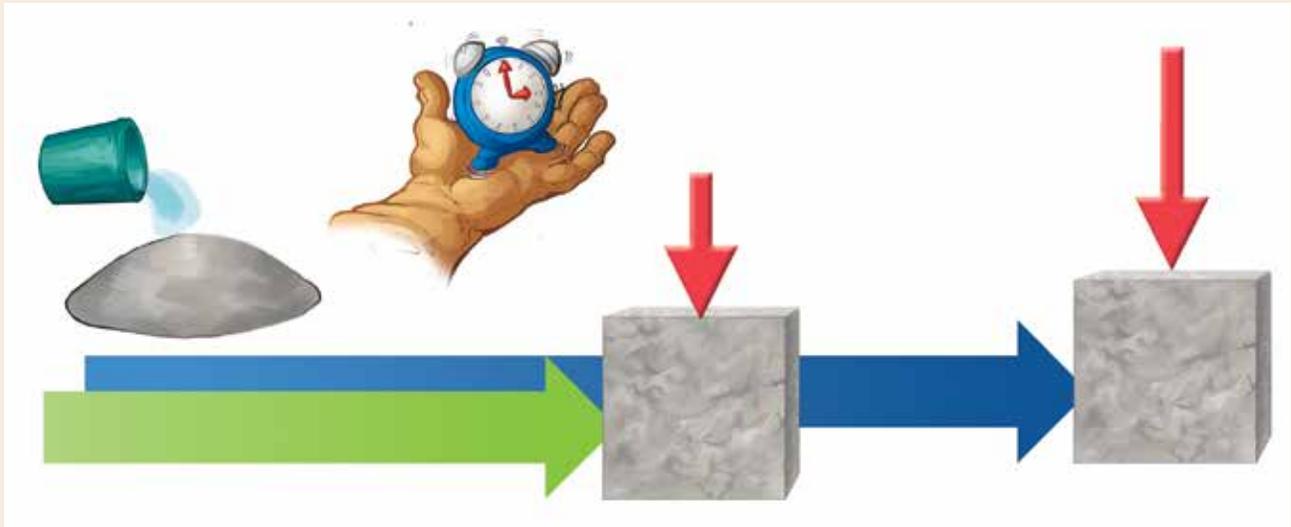
- Balanzas que cumplan lo establecido en la norma mexicana **NMX-C-057-ONNCCE-2010**.
- Pesas que cumplan lo establecido en la norma mexicana **NMX-C-057-ONNCCE-2010**.
- Probetas que cumplan lo establecido en la norma mexicana **NMX-C-057-ONNCCE-2010**.
- Aparato de Vicat que cumpla lo establecido en la norma mexicana **NMX-C-057-ONNCCE-2010** (ver Figura 1).
- Cuchara plana (cuchara de albañil) que cumpla lo establecido en la norma mexicana **NMX-C-061-ONNCCE-2010**.
- Mezclador mecánico que cumpla lo establecido en

**NOTA:**

Tomado de la Norma Mexicana Industria de la construcción - Cementantes hidráulicos.

**NMX-C-059-ONNCCE-2013.**

Especificaciones y métodos de ensayo. Usted puede obtener esta norma y las relacionadas con agua, aditivos, agregados, cementos, concretos y acero de refuerzo en: [normas@mail.onncce.org.mx](mailto:normas@mail.onncce.org.mx), o al teléfono del ONNCCE 5663 2950, en México, D.F. O bien, en las instalaciones del IMCYC.



la norma mexicana **NMX-C-085-ONNCCE-2010.**

**DESCRIPCIÓN GENERAL**

En el apartado PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS se establece que la pasta de cemento de consistencia normal se debe preparar de acuerdo con el procedimiento establecido en la norma mexicana NMX-C-057-ONNCCE-2010.

En el apartado CONDICIONES AMBIENTALES se indica la temperatura y la humedad relativa que debe tener el laboratorio; y la temperatura que debe tener el equipo utilizado, los materiales y el agua de mezclado. Para las condiciones del gabinete o cuarto húmedo refiere a lo establecido en la norma mexicana **NMX-C-148-ONNCCE-2010.**

En el apartado PROCEDIMIENTO se establece la frecuencia con la que se deben

realizar las mediciones de la penetración de la aguja del Aparato de Vicat, así como el manejo que se le debe dar a este para asegurar que las penetraciones se hagan adecuadamente y las lecturas obtenidas sean correctas.

En el apartado CÁLCULO DE LOS RESULTADOS se establece la ecuación para determinar el tiempo de fraguado inicial y el método para calcular el fraguado final.

En el apartado PRECISIÓN se establece las diferencias máximas que se pueden registrar en los tiempos de fraguado, entre pruebas realizadas por el mismo operador en el mismo laboratorio y entre pruebas multi-laboratorio. **C**

**PUBLICACIÓN EN DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN**

**23 de julio de 2014.**



# PAVIMENTOS ELÉCTRICOS

## Carriles cargapilas

**E**n Inglaterra ya se esta dando otro impulso a los autos eléctricos. Para atenuar la angustia que tienen los conductores de este tipo de vehículos, o como le llaman en inglés, range anxiety, de quedarse varados y sin impulso porque no encuentran una estación de recarga de sus pilas, el Gobierno del Reino Unido introdujo, mediante la empresa pública Highways England, la encargada de las autopistas y principales carreteras del país, unos carriles adyacentes a la carretera, claramente señalados a la distancia, que producen electricidad para recargar a los autos eléctricos y a los híbridos. Así que el pretexto sobre la autonomía de los autos eléctricos podría quedarse sin argumentos.

El pavimento de ese carril podría medir más o menos un kilómetro de longitud y genera hasta 400 kW de potencia, suficiente como para alimentar a ocho pequeños vehículos eléctricos. El sistema funciona a través de cables y equipos especiales enterrados bajo el pavimento, los cuales generan campos electromagnéticos que establecen contacto con un receptor colocado en la parte inferior de los coches, que los convierte en energía eléctrica.



Algunas firmas de autos, como Scania, BMW y Renault, están pendientes de los resultados del proyecto (basada a partir del efecto piezoeléctrico, un fenómeno que da por resultado una diferencia de potencial eléctrico entre las caras de un cristal cuando éste se somete a presión mecánica). La idea es de ingenieros israelíes, quienes llevan años probando la eficiencia de sus cristales piezoeléctricos. Por lo pronto, los ingenieros británicos han comenzado su experimento, que durará año y medio (18 meses), en una autopista cargada en un carril con los famosos cristales. Inclusive, hablan de un plan a cinco años con una inversión de 500 millones de libras esterlinas, para poner en la punta de esta solución a Gran Bretaña.

Cuando un buen número de conductores de vehículos eléctricos o híbridos, que producen cero emisiones, puedan viajar largas distancias sin necesidad de parar y cargar las baterías de sus coches gracias a la transferencia inalámbrica de energía por parte del pavimento, la industria automotriz seguramente tendrá una importante transformación.

Junto a esta innovadora tecnología, el Gobierno Británico se ha comprometido a la instalación de puntos de recarga cada 32 kilómetros en su red de autopistas. **C**

### Índice de anunciantes

IMCYC	2º DE FORROS
COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE MÉXICO A.C.	3º DE FORROS
EUCLID CHEMICAL MÉXICO	4º DE FORROS
HENKEL CAPITAL S.A. DE C.V.	1
JLG SERVICES	3
BASF MEXICANA, S.A. DE C.V.	7
HENKEL CAPITAL S.A. DE C.V.	25
EQUIPO DE ENSAYE CONTROLS S.A. DE C.V.	30-31
COMEX	35
SIKA MEXICANA S.A. DE C.V.	45
PENDIENTE	55

**Si desea anunciarse en la revista, contactar con:**

- **Lic. Renato Moyssén**  
(55) 5322 5740 Ext. 216  
rmoysen@mail.imcyc.com
- **Lic. Martha P. Velázquez Briseño**  
(55) 5322 5740 Ext. 211  
mvelazquez@mail.imcyc.com
- **Verónica Andrade Lechuga**  
(55) 5322 5740 Ext. 230  
vandrade@mail.imcyc.com



/Cyt imcyc



@Cement\_concrete

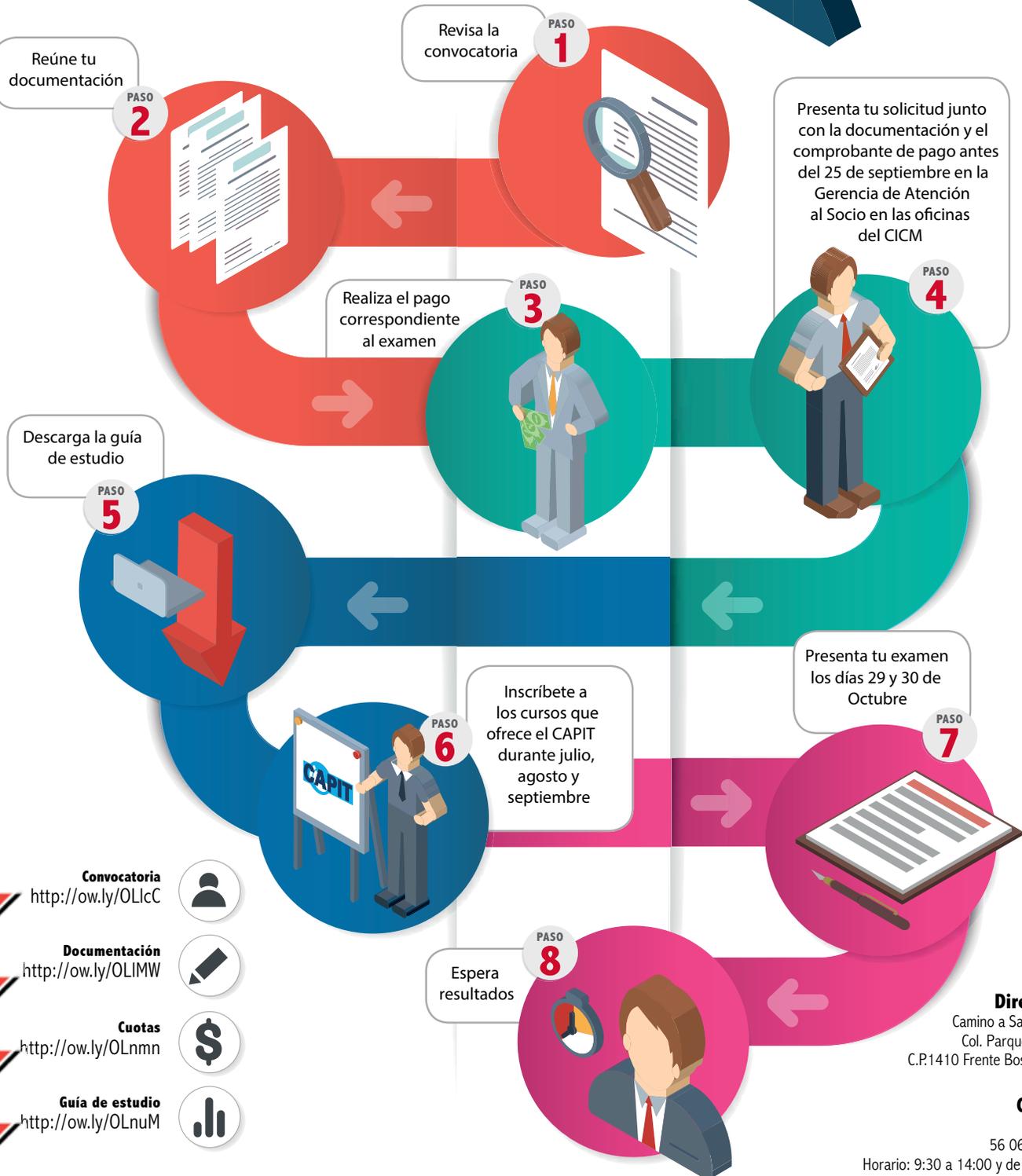


buzon@mail.imcyc.com

# CONVOCATORIA

# CERTIFICACIÓN PROFESIONAL PARA INGENIEROS CIVILES

Colegio de Ingenieros Civiles de México, A.C.



 Convocatoria <http://ow.ly/OLlC>

 Documentación <http://ow.ly/OLIMW>

 Cuotas <http://ow.ly/OLnmn>

 Guía de estudio <http://ow.ly/OLnuM>



**Dirección CICM**  
Camino a Santa Teresa 187  
Col. Parques del Pedregal  
C.P.1410 Frente Bosque de Tlalpan

**Curso CAPIT**  
Mónica Valero  
56 06 2323 Ext. 121  
Horario: 9:30 a 14:00 y de 16:00 a 19:30



## UN MUNDO DE SOLUCIONES PARA SU OBRA

# CALIDAD. SERVICIO. EXPERIENCIA

Durante más de un siglo, **The Euclid Chemical Company** se ha distinguido por ser un proveedor líder de la industria de la construcción al ofrecer una completa gama de aditivos y productos químicos para la construcción. En Euclid Chemical nos esforzamos por suministrar tecnologías innovadoras y sustentables para la industria con productos de vanguardia y una variedad de servicios de soporte y apoyo técnico.

Nuestra oferta de soluciones incluye:

- Impermeabilizantes
- Protección Pasiva Contra Fuego
- Fibras Sintéticas Estructurales
- Adhesivos & Agentes Adherentes
- Recubrimientos
- Grouts
- Selladores Estructurales para Fachadas
- Aditivos para Concreto y Morteros
- Reparadores de Concreto
- Concreto Decorativo
- Selladores & Rellenos para Juntas
- Densificadores Líquidos & Selladores de Penetración
- Endurecedores de Piso de Regado en Seco
- Agentes de Curado & Sellado

(55) 5864 9970  
01 800 8 EUCLID (382543)

[www.eucomex.com.mx](http://www.eucomex.com.mx)