

# Un grandioso paradigma carretero

Juan Fernando González G.

1 Agradecemos las facilidades otorgadas por parte de los ingenieros Carlos Vélez y Francisco Ovalle, de PACCSA, para la realización de las tomas fotográficas. Las imágenes mostradas corresponden al tramo Sanctórum San Martín Texmelucan.

Como parte fundamental del desarrollo económico, la infraestructura carretera nacional no puede quedar a la zaga de las necesidades que imponen los nuevos tiempos. En este sentido, el Gobierno Federal ha encontrado la manera de construir, modernizar y mantener el sistema nacional carretero con la participación de la iniciativa privada (IP), esfuerzo que, al mismo tiempo, le permite al usuario pagar lo justo por obras hechas con altos estándares de calidad y tecnología.



principal [imprimir](#) [enviar a un amigo](#) [galería de imágenes](#) [su opinión](#)



[agregar a favoritos](#)

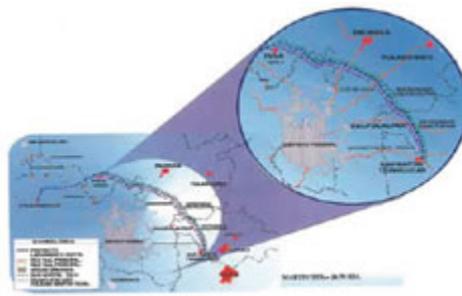
◀ Página 1 de 1 ▶▶

El Gobierno Federal creó en el pasado sexenio el programa Nuevas Concesiones de Autopistas de Cuota, con lo cual se asegura la modernización y expansión de la infraestructura existente así como la calidad de la prestación de servicios de comunicaciones y transportes.

El esquema en cuestión no puede tener mejor ejemplo que el Libramiento Norte de la Ciudad de México —coloquialmente llamado Arco Norte—, obra magna a concluirse el próximo año. El proyecto, que tendrá un costo total de poco más de 6 mil, 732 millones de pesos, será un corredor de transporte que incentive la formación de polos de desarrollo a lo largo de su trazo.

Lo anterior desmotivará la inmigración hacia la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y será importante para disminuir el paso de vehículos por la referida zona, lo cual redundará en una baja en la contaminación ambiental y en el consumo de combustible.

Algo fundamental es el hecho de que será un gran enlace en el transporte de personas, bienes y productos



algo fundamental es el hecho de que será un gran enlace en el transporte de personas, bienes y productos entre las regiones norteoccidente (15 entidades federativas) y sur-sureste (9 estados), lo que en conjunto suman 24 estados y un total de 63 millones de habitantes.

### Hacer más con menos

Para conocer los puntos finos de esta obra, CyT charló con los responsables directos del proyecto. En principio, el ingeniero José San Martín Romero —encargado de la Dirección General de Desarrollo Carretero de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)— quien comentó que las necesidades anuales para construir, modernizar y conservar las carreteras del país rondan los 60 mil millones de pesos, de los cuales se obtienen menos de la mitad (este año fueron exactamente 30 mil millones de pesos) del presupuesto de la Federación. “El año entrante se perfila con un presupuesto menor; hablamos de entre 22 y 23 mil millones de pesos y, como consecuencia de esto, para compensar o complementar la inversión del gobierno es que estamos instrumentando tres modelos de asociaciones públicas privadas, donde participa de manera importante la IP”, explica San Martín Romero.

#### Ficha técnica

#### Carretera: Libramiento Norte de la Ciudad de México

**Localización:** Este tramo forma parte del Libramiento Norte de la Ciudad de México, con una longitud de 223 Km., con inicio en Atlacomulco, Estado de México y concluye en San Martín Texmelucan, Puebla. Obra que comunicará a las principales autopistas del centro de la República: México-Guadalajara, México-Querétaro, México-Pachuca, México-Tuxpan y México-Puebla. Está conformado por los siguientes tramos carreteros:

**Tramo Carretero "I":** El tramo carretero Atlacomulco-Piedras Negras, tipo A", de pavimento flexible, de 26 Km. de longitud, que inicia en el Km. 65+000 de la carretera Toluca-Palmillas y termina en el km. 25+000 del Libramiento Norte de la Ciudad de México.

**Tramo Carretero "II":** El tramo carretero Piedras Negras-entronque autopista México-Querétaro, tipo A2 de pavimento flexible, de 25 km de longitud, que inicia en el km. 25+000 del Libramiento Norte de la Ciudad de México y termina en el km. 89+477 de la autopista México-Querétaro, en el Estado de México.

**Tramo Carretero "III":** El tramo carretero entronque autopista México-Querétaro a entronque Tula I, tipo A4 de pavimento flexible, de 26 Km. de longitud, que inicia en el Km. 89+477 de la autopista México-Querétaro y termina en el Km. 58+800 del Libramiento Norte de la Ciudad de México.

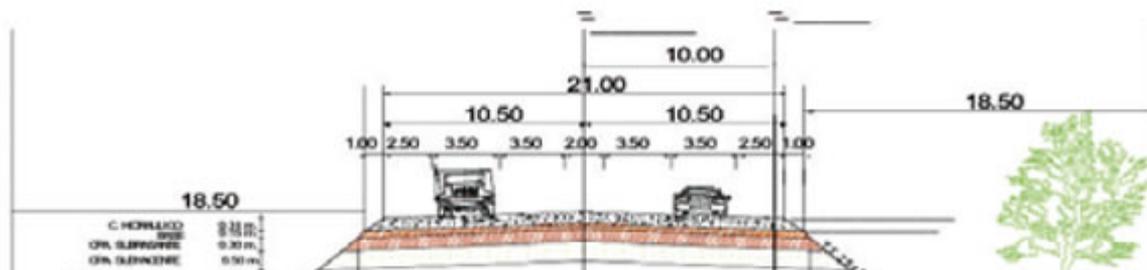
**Tramo Carretero "IV":** El tramo carretero entronque Tula I-entronque Sanctórum, tipo A4S de pavimento rígido, de 115 Km. de longitud, que inicia en el Km. 58+000 At=0+000 Ad del Libramiento Norte de la Ciudad de México y termina en el Km. 73+750 de la carretera federal Los Reyes-Zacatepec, en el Entronque Sanctórum, en los estados de México, Hidalgo y Tlaxcala.

**Tramo Carretero "V":** El tramo carretero entronque Sanctórum- entronque San Martín Texmelucan, tipo A4 de pavimento rígido, de 27 Km. de longitud, que inicia en el Km. 73+750 de la carretera federal Los Reyes-Zacatepec en el entronque Sanctórum y termina en el entronque San Martín Texmelucan de la autopista federal San Martín Texmelucan-Tlaxcala, en el estado de Tlaxcala.

**Tramo Carretero "VI":** El tramo carretero Entronque San Martín Texmelucan-Entronque Autopista México-Puebla, tipo A4S de pavimento flexible, de 4 Km. de longitud, que inicia en el Entronque San Martín Texmelucan de la Autopista de Cuota San Martín Texmelucan-Tlaxcala, en el Estado de Tlaxcala y termina en el Entronque con la Autopista México-Puebla, en el Estado de Puebla.

	TRAMO IV	TRAMO V
Longitud del tramo:	115 km	27 km
Tipo de carretera:	A4S	A4

<b>Tipo de terreno:</b>	Plano y lomerio suave	Lomerio fuerte y montañoso
<b>Velocidad de proyecto:</b>	110 km/hr	110 km/hr
<b>Tipo de pavimento:</b>	Pavimento rígido	Pavimento rígido
<b>Ancho de corona:</b>	10.50 m por cuerpo	21.00 m
<b>Ancho de derecho de vía:</b>	60 m a 80 m	60 m
<b>Sub-base estabilizada 4% de cemento Portland:</b>	15 cm	15 cm
<b>Losa de pavimento concreto hidraulico:</b>	29 cm	31 cm
<b>T.D.P.A. Inicial:</b>	6,000 vehículos	6,000 vehículos
<b>Fecha de concurso:</b>	15 de Diciembre de 2005	
<b>Fecha de inicio:</b>	27 de Febrero de 2006	
<b>Fecha de terminación:</b>	2008	
<b>Concesionaria:</b>	Grupo Inbursa	





El nuevo esquema de concesiones es muy diferente al que se aplicó hace 12 ó 13 años, dice el funcionario, “y lo hacemos así para no retrasar la infraestructura que se requiere, porque si nos basáramos sólo en el dinero del presupuesto federal nos llevaríamos más del doble del tiempo que lo que hacemos con la inversión privada.

“El ganador del concurso es aquel que solicita menos recursos públicos, o que ofrece inclusive una contraprestación al Gobierno Federal.

A la fecha hemos concesionado nueve proyectos y estamos por dar el fallo al décimo. En el caso de Arco Norte tuvimos cinco participantes; ninguno nos requirió recursos públicos para desarrollar la concesión; el ganador fue Grupo Financiero Inbursa”, explica. Para esto, Inbursa cambió su denominación por IDEAL (Impulsora del Desarrollo y el Empleo en América Latina), pero de cualquier manera forma parte de Grupo Carso.

### Un modelo a seguir

Para el ingeniero San Martín Romero, esta vía “es un parteaguas en las autopistas que se construyen en México, tanto, que le llamamos la ‘joya de la corona’ de las concesiones.

Es la carretera más importante que estamos desarrollando en este esquema; tiene unos estándares de altísima calidad, no sólo en su construcción o parte física, sino en la parte de la operación”, asevera.

Como ya se dijo, fue en 2003 cuando se publicó la convocatoria para obtener la concesión del proyecto que inicialmente se llamó Arco Norte de la Ciudad de México, el cual consideraba la construcción de 219 kilómetros, y que en su desarrollo comunicaría a los estados de Puebla, Tlaxcala, Hidalgo y Estado de México. Posteriormente, la denominación del nuevo trazo carretero cambió a Libramiento Norte de la Ciudad de México y se incorporó un tramo ya en operación, de 4 km, para llegar al total de 223 km.

De acuerdo con su trazo, el libramiento —en donde también participa CEMEX de manera trascendental— intercomunicará las autopistas México-Puebla, San Martín Texmelucan-Tlaxcala, Pirámides-Tulancingo-Tuxpan, México-Querétaro y termina donde inicia la autopista Atlacomulco-Guadalajara.

Además, intercomunica a las carreteras federales México-Puebla, Texcoco- Calpulalpan–Apizaco-Xalapa, México-Pachuca. Tula-Irobas. Atlacomulco-Palmillas v México- Toluca-Atlacomulco. El crucigramas incluye

México-Puebla, Tula-Veracruz, Huehuetlán-Panamá y México-Veracruz-Huehuetlán. El programa incluye muchas otras carreteras estatales de menor importancia. Por su parte, el ing. Alfredo Bonnin Arrieta —director general de SIGMA ingeniería civil, quien funge como asesor de SCT— interviene en la charla para explicar pormenores: “La carretera tiene 223 kilómetros de longitud y está dividida en varios tramos. La SCT lleva a cabo, como obra pública, un tramo que va de Atlacomulco, en el Estado de México, al entronque con la autopista México-Querétaro; en este tramo se espera menos tránsito que en el resto, por lo cual se está construyendo con una sección transversal con 12 metros de ancho de corona, lo cual permite que haya dos carriles de circulación siempre con altas especificaciones de pendiente y curvatura.

Hay una aportación de obra pública más, la del tramo que va de la México-Querétaro a la población de Tula, Hidalgo, el cual ya está en operación y es una clara demostración del éxito que va a tener la carretera ya que el tránsito de vehículos ha superado lo que se había previsto en los estudios correspondientes”, explica.

La SCT, señala Bonnin Arrieta, aportará a la concesión un total de 81 km, mientras que el concesionario será responsable de construir 142 km más, de Tula, Hidalgo, hasta el entronque con la carretera de San Martín Texmelucan-Tlaxcala. Así las cosas, “los usuarios van a contar con una autopista de cuatro carriles de circulación desde la México-Querétaro —que va a ser la que mayor tránsito va a inducir al libramiento norte—, hasta la autopista México-Puebla”, señala

### **El concreto, a escena**

Los expertos coinciden en señalar que los 143 km que construirá el concesionario se basan en la mejor tecnología existente. La carpeta será de concreto hidráulico —la cual ya está lista, por ejemplo, en el tramo Sanctórum-San Martín Texmelucan—, lo que ofrece un sinnúmero de ventajas ya que se evitarán las reparaciones constantes, frecuentes en otro tipo de superficies; también aumentará la seguridad para el usuario y alargará su vida útil, que se prevé sea de al menos 30 años. Bonnin Arrieta explica que “las técnicas empleadas son de colado continuo a base de inserción de barras en las puntas, de tal forma que la inserción de barras es automática, tanto longitudinales como transversales, lo que ofrece una garantía de mejor acabado y una mejor resistencia de las losas del pavimento.

El acabado es a base de un rayado con separación logarítmica, de tal manera que el ruido no sea monótono ni se incremente, sino que sea tolerable, con cierto confort y de características antiderrapantes a la misma losa de concreto.

Las máquinas usadas son de última tecnología, cuatro de diferentes tamaños para hacer los entronques, que tienen otras características geométricas, y para hacer los tramos de carretera abierta.

También hay plantas de concreto hidráulico para hacer las mezclas, que se llevan al tramo en transportes especiales para que no se segreguen los componentes de la mezcla. Posteriormente se aplica el curado y luego se aserran las juntas y se rellenan con materiales adecuados para permitir su impermeabilidad, por un lado, y por otro; que la propia junta se genere a partir de la junta aserrada. De esta forma, los 142 kilómetros ofrecerán un alto nivel de servicio”.

Los 81 kilómetros restantes —los que están a cargo de la SCT— serán de pavimento flexible porque, señala el asesor, “se empezaron a construir antes de que se decidiera la concesión. Sin embargo, cabe aclarar que hemos recibido instrucciones del subsecretario en Infraestructura de que esta vía fuera la que marcara un paradigma para que todas las carreteras que se construyan en el futuro sean con esas características, es decir, con concreto hidráulico”.

### **Otros materiales**

El ingeniero Bonnin Arrieta detalla cada punto del megaproyecto. Las estructuras prefabricadas son indispensables, afirma, porque una carretera tan larga tiene, dentro de sus criterios de diseño, que tomar en cuenta la estandarización lo que, por lógica, abarata costos y simplifica su montaje.

“En sí, Arco Norte, al tener que ser construido a través de las mesetas del altiplano y cruzar varios valles, pues no tiene grandes corrientes que salvar; más bien tiene algunos viaductos altos, muchos de los cuales ya están contruidos en el tramo entre la autopista de Querétaro y Tula; Se tiene un sinnúmero de estructuras de cruce a desnivel, tanto de pasos inferiores como superiores y muchos pequeños puentes.

La técnica empleada es a base de vigas precoladas, presforzadas, con lo que se generan ahorros y han probado sus bondades desde hace varias décadas”, afirma. Complicado resulta a primera vista pensar en la

elección de cada uno de los materiales propios de una construcción de esta envergadura, pero el panorama se aclara cuando los especialistas señalan que todo se fundamenta en la normatividad que marca la SCT.

Bonnin Arrieta señala que el material que más se utiliza es el material térreo de la zona. “Se extrajeron de los cortes 14 millones de metros cúbicos de materiales térreos, roca incluida, con lo que se construyen los terraplenes que tienen un poco más de 14 millones de metros cúbicos, y hablo nada más de los 142 kilómetros que lleva a cabo el concesionario. Los materiales que se usan en los terraplenes deben acatar una norma mínima de calidad y resistencia, y cumplir con lo que expresa la SCT en cuanto al tratamiento que se les da para integrar esas estructuras.

Encima de ellos se coloca una base de materiales seleccionados que pueden provenir de trituración de roca, o materiales naturales. En este caso es una sub-base estabilizada con cemento Portland, de los cuales se construyeron 533 mil m<sup>3</sup>; sobre esto se coloca la capa final, que en este caso es la carpeta de concreto hidráulico, un total de 956 mil m<sup>3</sup>”.

Las estructuras también tienen sus normas, abunda el asesor, “casi todas son a base de concreto reforzado o concreto presforzado. Este tramo tiene 344 obras de drenaje y 77 estructuras mayores entre cruces vehiculares de ferrocarril y pequeños puentes. En dichas estructuras se calcula emplear 97 mil m<sup>3</sup> de concreto, 9 mil ton de acero de refuerzo y 710 ton de acero de presfuerzo”, revela.

Para que las normas se cumplan en relación con el uso de materiales y los procedimientos recomendados, la SCT cuenta con un mecanismo de supervisión para vigilar el control de calidad de los constructores de la concesionaria; pero no sólo eso, el fideicomiso de la administración de la obra contrata también una supervisión externa y a un ingeniero independiente —en este caso, la empresa PACCSA Ingeniería— que audita a los dos niveles de supervisión anteriores y a la obra en sí misma.

Su labor es vigilar el cumplimiento de los programas y del título de concesión, en coordinación con la dependencia gubernamental, la cual interviene como autoridad cada vez que sea necesario a través de sus delegaciones en cada una de las entidades federativas.

## La primera carretera inteligente

El ing. Esteban Figueroa Palacios —director de AFH Consultores y Asociados, uno de los asesores de la SCT más cercanos al proyecto— menciona acerca de los sistemas con los que contará este libramiento carretero, lo cual lo situará como el más moderno de la República Mexicana. Se habían proyectado originalmente cinco casetas barrera para colectar el peaje de los usuarios; finalmente, sólo habrá dos, en Atlacomulco y San Martín Texmelucan; es decir, en los extremos. “Los usuarios podrán ingresar por cualquiera de los 16 entronques que habrá en la carretera fuera de la vía principal, sin molestar al tránsito de paso y sin formar colas.

### Obra sustentable

De acuerdo con la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la cantidad de vehículos que dejarán de circular anualmente —gracias a este libramiento— por la zona metropolitana del Valle de

México, será de 2.2 millones.

- Posiblemente, se dejarán de emitir 2,430 toneladas de CO<sub>2</sub>, 1,470 toneladas de óxidos de nitrógeno y 520 de hidrocarburos cada año. Dichas emisiones equivalen a las que genera la industria química instalada, la operación total de aeronaves y la industria mineral no metálica.
- El ahorro de combustible se estima en 946,820 litros al año (gasolina), y 507,432 litros de diesel.

A cada usuario se le entregará un boleto grabado en el que aparecerán las características del vehículo y cuál es la caseta por la que ingresó. Sin importar la distancia que recorra, podrá salir en el entronque que más le convenga y allí se calculará electrónicamente la tarifa. Así, en lugar de hacer varios pagos durante el trayecto, sólo va a hacer uno a la salida.

Otra ventaja más es que las 16 plazas de cobro contarán con fibra óptica, lo que le permitirá a la administración de las mismas comunicarse mediante mensajes de texto, voz e imagen. Algo relevante es que las carreteras tendrán pantallas que emitirán mensajes para avisar sobre las condiciones climáticas, lluvia, heladas, deslaves, invasiones de ganado, etcétera.

Este tipo de servicio advierte a los usuarios sobre las condiciones de la ruta en tiempo real para que puedan tomar decisiones. A esto se le denomina Sistema de transporte inteligente”. La obra luce espléndida en los tramos que se han abierto hasta el momento, pero habría que destacar el V. que corresponde a Sanctórum-

camión que se han abierto hasta el momento, pero hasta que decida el 1, que corresponde a San Martín Texmelucan, que es el primero que concluye el concesionario y que ya está operando.

### Detalles

- El Libramiento se desarrolla al norte de la zona metropolitana de la Ciudad de México. En el Estado de México se ubican 97 km, 78 km en Hidalgo, 44 km en Tlaxcala y 4 km en Puebla.
- El proyecto incluye 16 entronques, 155 estructuras mayores y 405 obras de drenaje.
- La velocidad será de 110 kilómetros por hora.
- Tendrá un tramo de 51 km de dos carriles, y otro de 172 km, de 4.
- El ancho de sección de los tramos de dos carriles será de 12 metros; el de los de 4 carriles será de 21 metros.

A finales del año entrante se espera la conclusión de la obra, establece el San Martín Romero, "con lo cual prácticamente se podrá conectar desde Tijuana por toda la carretera costera para llegar a Guadalajara, a Morelia, Atlacomulco y continuar a través de la autopista México-Puebla al puerto de Veracruz, hacia Yucatán o hacia Guatemala. Todo este flujo de tránsito se va a ver vinculado con una vía de transporte que le va a ahorrar entre dos y tres horas simplemente porque ahora no tendrán que atravesar la ciudad de México", concluye.

Temas relacionados

Su opinión

[El arquitecto de la blancura](#)

[El arquitecto que vino del frío](#)

[Gota de Plata](#)

[Problemas causas y soluciones](#)

[El arquitecto que no sabía dibujar](#)

[Vivienda de Concreto](#)

[El sello de Farrater el Castellon de la plana](#)

[Capacitar y asesorar tarea de primer orden](#)

[El arquitecto sin adornos](#)

[Un aeropuerto para el siglo XXI](#)

**Artículo Un grandioso paradigma carretero**

REGULAR

BUENO

MALO

Votar

1 [2](#) [3](#) [4](#) [5](#) [6](#) [7](#) [8](#) [9](#) [10](#) [11](#) [12](#) [13](#) [\[ siguiente >>\]](#)



# La cultura del concreto

Los Editores.



« « Página 1 de 1 » »

Las carreteras de concreto, como ha quedado demostrado con creces en todo el mundo, presentan importantes ventajas en comparación con las vialidades hechas con asfalto. Algunas de las más significativas son: una mayor duración y resistencia; mejor visibilidad; mayor adherencia; libre de deformaciones; mayor vida útil, y gracias a este tipo de obras, se logran reducir sustancialmente los costos de mantenimiento. En México, no obstante que contamos ya con cientos de kilómetros de vialidades hechas con concreto, aún nos falta mucho por andar en materia de construcción de carreteras de este tipo. En este sentido, consideramos conveniente que el Gobierno Federal —y también la iniciativa privada— propongan nuevos proyectos carreteros y genere una red mucho más amplia de vialidades desarrolladas con este material.

Dada la trascendencia del tema, en Construcción y Tecnología consideramos importante informarle al lector sobre uno de los proyectos carreteros más ambiciosos y con una enorme trascendencia para nuestro país. Dicho proyecto, conocido como Arco Norte, se encuentra en pleno desarrollo y se espera esté concluido para el 2008. En esta ocasión presentamos esta obra como nuestro tema de Portada, dada su relevancia, novedad y trascendencia. Este importante libramiento cuenta con la ventaja de ser construido en concreto, y además, servirá para unir a las más importantes autopistas del país. Lo anterior redundará en un mayor desarrollo comercial dado que, los transportistas de carga ya no tendrán que pasar por la Ciudad de México al transitar hacia las entidades sureñas de la República Mexicana. No cabe duda que Arco Norte es una clara muestra de que este tipo de obras son las que permitirán que nuestro país logre un mejor y mayor grado de desarrollo social y económico. Hoy más que nunca, debe fortalecerse la cultura del concreto en carreteras.

Su opinión

## Artículo La cultura del concreto

- BUENO  
 MALO  
 REGULAR

Votar

- [Crecimiento constante](#)
- [Merecido homenaje póstumo](#)
- [Haciendo caminos](#)
- [Llega Eurohypo a México](#)
- [El lugar ideal para vivir... ya tiene libro](#)
- [Crece Ciudad Juárez en Concreto](#)
- [Cosecha reconocimientos](#)



principal imprimir enviar a su agregar a  
un amigo opinión favoritos

◀◀ Página 1 de 1 ▶▶

## Crecimiento constante

El Consejo de Administración de la empresa Cementos Moctezuma el 2 de agosto pasado autorizó la construcción de una nueva planta productora de cemento, en el municipio de Apazapan, en Veracruz, ubicado a 47 km de Xalapa.

La inversión requerida para su construcción asciende a 150 mdd; dicha planta tendrá capacidad de producción de un millón 300 mil toneladas anuales de cemento.

Las expectativas de crecimiento de la empresa se sustentan aún más con esta obra, junto con el crecimiento del mercado mexicano de la construcción en infraestructura y vivienda de interés social, entre otros rubros.



Por otra parte, Cementos Moctezuma se ha caracterizado por ser una empresa socialmente responsable, por tanto realiza varias actividades para el cuidado del medio ambiente (acciones) y el 100% de las acciones especiales clase 1.

Entre ellas destaca la creación del programa Semana del Medio Ambiente realizada del 4 al 9 de junio de 2007, mediante el cual pretende contribuir a la conservación y uso sostenible de los recursos naturales con acciones como: mantener el orden y limpieza en los lugares de trabajo, reforzar su cultura organizacional a favor del medio ambiente y buenas prácticas ambientales, así como conferencias y video conferencias al personal, a sus familiares y a las escuelas vecinas de sus plantas Cerritos y Tepetzingo en donde son tratados los mismos tópicos. También llevó a cabo un programa de reforestación, mediante el cual logró plantar, con la participación de estudiantes de primaria, 3,500 árboles de distintas especies.

*Con información de la página web de Cementos Moctezuma.*

## Merecido homenaje póstumo

A principios de septiembre se rindió un emotivo homenaje en la UNAM al ingeniero Gilberto Borja Navarrete, quien, sin duda alguna, dejó profunda huella en el campo de la ingeniería. En su discurso, el rector de la máxima casa de estudios, Juan Ramón de la Fuente, destacó la labor profesional de Borja Navarrete —quien estuvo vinculado toda su vida a su alma mater— y sostuvo que “los



...sea su vida a su alma mater... y es claro que los grandes hombres y los grandes personajes se apartan físicamente de nosotros, pero quedan y perduran en la memoria y en su obra, en los sentimientos y en la memoria colectiva de todos nosotros”.



A cuatro meses del fallecimiento de quien fuera fundador y director de Ingenieros Civiles Asociados (ICA), De la Fuente dijo: “La Universidad procura, junto con un nutrido grupo de organizaciones, instituciones y asociaciones, rendirle más que un homenaje, un reconocimiento colectivo, sincero, genuino, a quien ha dejado una huella profunda en todos nosotros”.

La ceremonia se realizó en la sala Miguel Covarrubias del Centro Cultural Universitario, ante familiares, intelectuales, ex rectores —como José Sarukhán— y otras personalidades. Borja Navarrete sobresalió en el ámbito profesional al participar en la construcción de grandes obras y proyectos de infraestructura como presas de riego, hidroeléctricas, termoeléctricas, autopistas y unidades habitacionales.

En especial se le reconoce como pilar en las obras del Sistema de Transporte Colectivo Metro y en las del drenaje profundo de la Ciudad de México.

*Con información de La Jornada.*

## Haciendo caminos

A mediados del mes de septiembre, la mayor empresa de construcción de nuestro país, ICA (Ingenieros Civiles Asociados) anunció que participará en la construcción de una carretera que se localizará en la zona centro de la República Mexicana y que tendrá un valor aproximado a los 470 millones de dólares. Este hecho, sin duda alguna, es la incursión más reciente de ICA dentro del ambicioso plan de infraestructura que tiene el actual Gobierno Federal.



Sobre este gran proyecto, ICA comentó que compró una participación del 50 por ciento a la local Viabilis Infraestructura SA, la concesionaria para construir la autopista Río de los Remedios-Ecatepec, en el norte de la Ciudad de México. Por otro lado, según se informa en importante diario, la empresa es una de las constructoras más activas de todo el país y recientemente hizo pública su intención de participar en la ampliación del Canal de Panamá a través de una asociación con algún consorcio internacional y en otros proyectos en Colombia, República Dominicana, Guatemala, España, Portugal y el norte de África.

*Con información de El financiero.*

## Llega Eurohypo a México

El Banco Alemán Eurohypo surge al concretarse en 2002 la sociedad de tres bancos teutones de gran importancia: Deutsche Bank, Dresner Bank y el Commerz Bank. Hoy, esta sociedad especializada en desarrollos inmobiliarios y comercio ha anunciado su presencia en nuestro país para cumplir las expectativas de crecimiento planteadas al cierre de 2007.



al cierre de 2007.



Lo anterior lo informó el representante de Eurohypo en México, Armando Valencia Herrera, quien asegura que la decisión de la firma inmobiliaria es de suma importancia para México puesto que han observado un crecimiento económico, poblacional y de demanda de servicios lo que lo posiciona como un punto estratégico para un crecimiento global. Agregó que es una etapa importante para lograr su objetivo de incursionar en América Latina y posteriormente en Asia con miras a generar inversiones importantes en países como Brasil, Dubai e Israel, entre otros.

Como muestra, Hartwin Glatzki —director en Europa— afirmó que se dispone de mayor capital de inversión para México que hace seis meses; debido a ello actualmente consideran como cifra de arranque una inversión cercana a los 500 millones de dólares, visualizando un crecimiento a cuatro años de aproximadamente 1000 millones anuales.

A partir de hoy esta empresa estará trabajando en conjunto con inmobiliarias, desarrolladores, empresas de servicios e inversionistas institucionales, ofreciendo los servicios de financiamiento inmobiliario, consultoría estratégica y algunos derivados de la industria de oficinas y edificios administrativos.

Eurohypo ha sido parte fundamental como inversionista inmobiliario o asesor de ventas en algunos proyectos reconocidos en Europa, por ejemplo el Allianz Arena (Alemania) con 225 millones de euros, la City Life, de Milán (Italia) con 1,800 millones de euros y con la torre Gherkin, de Norman Foster, en Londres. En México han tenido participación en proyectos como Santa Fe II y la Torre Mexicana de Aviación, de FIVAMEX.

*Texto y fotos: Gregorio B. Mendoza*

## **El lugar ideal para vivir... ya tiene libro**

A principios de los años cincuenta, Luis Barragán, con un equipo de publicidad, promovía el fraccionamiento Jardines del Pedregal de San Ángel, como “El lugar ideal para vivir”. Hoy, a más de cincuenta años de esa promoción, esta zona residencial se muestra como una de las más exclusivas y bellas de la Ciudad de México. Sin embargo, el esfuerzo por hacer de este lugar —en ese entonces inhóspito— no fue sólo de Barragán; muchos arquitectos, ingenieros y urbanistas se dieron a la tarea de construir residencias que, en la mayoría de los casos, son reflejo de la propuesta arquitectónica imperante en la época.





Y son estas casas las protagonistas de un nuevo libro editado por Gustavo Gili: *Las Casas del Pedregal 1947-1968*, de Alfonso Pérez-Méndez y Alejandro Aptilon, el cual cuenta además con fotografías de época y otras contemporáneas de Luis Gordo. En términos generales el libro, que fuera presentado el 11 de septiembre, cuenta con una interesante Introducción donde se abordan temas como “La publicidad del Pedregal”, “Los años y las cifras del Pedregal” o “Los protagonistas del Pedregal y su contexto cultural”. A continuación se presentan 55 residencias ahí levantadas; en algunos casos aparecen fotos y planos procedentes de diversos archivos e información y en otros casos, fotografías contemporáneas.

De esta forma podemos conocer parte de la obra de notables arquitectos como Luis Barragán, Francisco Artigas, Max Cetto, Enrique Yáñez, Antonio Attolini, Jorge González Reyna y Enrique del Moral. Sin duda alguna, además del valioso aporte que el libro hace a la historiografía mexicana en materia de arquitectura, resulta una verdadera “memoria en papel” de algunas de las casas que ya “se han ido”, como la de la misma portada —la Casa Gómez, proyectada por Francisco Artigas—, que desgraciadamente fuera demolida en el 2004 para construir un conjunto de condominios.

*Gabriela Célis Navarro.*

## Crece Ciudad Juárez en concreto

Recientemente fue abierta la tercera etapa del periférico conocido como Camino Real, de Ciudad Juárez, en el estado de Chihuahua. Esta obra consta de poco más de 24 kilómetros. Tiene seis puentes elevados —uno de ellos aún no ha sido terminado—; la inversión total es de más de 850 millones de pesos, de los cuales 350 se destinaron a esta última etapa. La obra fue concluida en 15 meses, y estuvo a cargo de las empresas juarenses Yvasa y Urbanimaq.

Por su parte las primeras dos etapas, entregadas en marzo pasado, constan de 13 kilómetros de vialidad con una capa de concreto de 28 centímetros de espesor. Como se menciona en la fuente periodística: “estas fases de la obra requirieron de 103 mil metros cúbicos de concreto, el derecho de vía es de 60 metros como reserva para futuro crecimiento y el segmento tiene 23 obras hidráulicas tales como alcantarillas y colectores, así como 114 postes de alumbrado.”. Por su parte, la tercera etapa tiene 11 kilómetros, con 28 centímetros de concreto.

*Con información de: [www.diario.com.mx](http://www.diario.com.mx)*

## Cosecha reconocimientos

El mes pasado Holcim Apasco recibió el reconocimiento a la Mejor Práctica de Responsabilidad Social Empresarial, en la categoría de Medio Ambiente, que otorga anualmente el Centro Mexicano para la Filantropía (CEMEFI). La cementera fue merecedora del reconocimiento por la práctica de su Programa de Rehabilitación

de Canteras, proyecto que inició en 1993.

A lo largo de su trayectoria, la compañía ha implementado diversos programas para restaurar la flora y fauna de las canteras cuya vida útil ha terminado. Su finalidad es, por un lado, reducir al mínimo los impactos ambientales derivados de la obtención de la materia prima para fabricar cemento y por el otro, rehabilitar todas las canteras de la empresa y devolver a la sociedad un sitio estable, con un paisaje uniforme y con una riqueza biológica similar a la existente antes de la extracción de materia prima.

A la fecha se han rehabilitado más de 160 hectáreas de canteras y zonas cercanas a sus instalaciones y éste año implementó dentro de sus seis plantas cementeras un Plan Integral de Rehabilitación de Canteras. Aproximadamente 10% del monto total de sus inversiones anuales son destinadas a acciones relacionadas con el medio ambiente. Del 2002 al 2006 destinó cerca de 50 mdd a actividades ambientales; entre las que destacan la reducción de emisiones de CO2 a la atmósfera, la reducción del consumo de energía, el coprocesamiento de residuos, la rehabilitación de canteras y el apoyo a programas para la preservación de especies en peligro de extinción.

*Por Antonieta Valtierra con información de Holcim Apasco.*

- [Concreto a prueba de agua 1a. parte](#)
- [La calidad: un asunto de durabilidad 2a. parte](#)
- [El curado correcto 1a. parte.](#)
- [El Mortero seco en Europa 1a. parte.](#)
- [Alivio autógeno en los tubos de concreto](#)



PAVIMENTOS

**Concreto a prueba de agua 1a. parte**

En el noroeste del océano Pacífico, la lluvia es una manera de vida. Cuando los cielos se aclaran, todos quieren colar concreto al mismo tiempo. La legendaria precipitación también crea grandes problemas para nuestras comunidades.

En la ciudad de Pórtland, en los Estados Unidos, el promedio de la precipitación es de 97 pulgadas (94 cm), creando aproximadamente 10 billones de galones (37.5 billones de litros) de agua de tormentas, causando inundaciones y erosión, y contribuyendo a la excesiva afluencia en las coladeras.

Mientras que un proyecto de millones de dólares está en proceso de construcción para minimizar la afluencia excesiva en las coladeras, la ciudad está trabajando con propietarios privados, arquitectos, ingenieros y desarrolladores para explorar diversas maneras para manejar el agua de tormentas en el sitio. La compañía Glacier Northwest —con base en Seattle— ha proporcionado concreto a prueba de agua para sistemas de techos verdes y de recolección del agua de las tormentas. Ambas son maneras creativas y efectivas de minimizar las afluencias de las aguas de tormentas y reducir los impactos en el desarrollo.

**Infiltración del agua de tormenta**

Otra gran manera de manejar el agua de una tormenta consiste en infiltrarla directamente a través de un pavimento. El concreto permeable es una práctica ideal del mejor manejo para lograr esto, permitiendo que el agua de lluvia pase directamente a través del pavimento y entre a la tierra, de modo que pueda trasminar directamente al suelo. Se recarga el agua freática, se preservan los recursos acuíferos, se reduce la afluencia del agua pluvial o se elimina y se mejora la calidad del agua.

El contenido de huecos de 15% a 25% ofrece una amplia área superficial para captar aceites y contaminantes químicos. La investigación ha conducido a muchos expertos a concluir que las bacterias que viven en estos espacios descomponen los contaminantes, haciendo de este diseño un sistema efectivo para la filtración del agua. Esto evita mucho de la afluencia contaminada que normalmente ocurre con los pavimentos tradicionales.

Los estacionamientos particularmente tienen un tremendo potencial para este material debido a la cantidad de aceite y otros hidrocarburos que se escapan desde los coches estacionados. Debido al color ligero del concreto y a la capacidad del pavimento para “respirar” por evaporación y transpiración, también se reduce en forma importante el calor urbano.

Los contratistas certificados están previamente calificados para instalar concreto permeable. Aunque Glacier Northwest ha suministrado concreto permeable para varios grandes estacionamientos, aceras, espacios de recreación, y pisos de invernaderos, Pórtland es la primera ciudad en el país en usar concreto permeable para una calle completa de una ciudad. Así, el Proyecto Piloto de Pavimentación Permeable de la avenida North Gay permite a esa ciudad monitorear el desempeño del concreto, responder a preguntas, y proporcionar información a otros profesionales de obras públicas.

proporcionar información a otros profesionales de otras ciudades.

### Tres pavimentos

La EPA está ayudando a financiar el proyecto a través de su Innovador Programa de Clima Mojado. Para algunas calles en el área de Westmoreland, la ciudad seleccionó cuadras de pavimentación entrelazada. Se seleccionaron cuatro cuadras de la avenida North Gay para instalaciones de asfalto y concreto porosos.

Aunque la ciudad ya ha usado asfalto poroso en otra calle, el departamento de mantenimiento está preocupado por lo que pueda hacer un sellador de lechada al espaciamiento de huecos. El concreto permeable no necesita selladores adicionales. Los proyectos North Gay y Westmoreland probarán de qué manera estos tres materiales permeables para pavimentación se comportarán en las calles públicas residenciales.

La ciudad monitoreará qué tan bien el pavimento infiltra el agua, y vigilará de cerca la calidad del agua que entra al suelo. También evaluará y monitoreará las superficies de las calles para ver la durabilidad del pavimento (integridad estructural y superficial), las propiedades hidráulicas (desempeño de la filtración a través del tiempo), las necesidades de mantenimiento, la calidad del agua, la estética, y la aceptación del público. Si los materiales del pavimento permeable prueban ser tan durables como los materiales estándar, de fácil mantenimiento para el desempeño de la infiltración, que son rentables y aceptables al público, entonces la ciudad planea explorar su uso para proyectos de construcción de calles a escala más amplia.

Existe una relación directa entre la resistencia, la durabilidad, y la estructura de huecos al diseñar e instalar concreto permeable. Se requiere de un número mínimo de huecos para que el agua pluvial pase rápida y eficientemente, pero demasiados huecos reducen la resistencia y la durabilidad.

*Referencia: Dave Frentress, The Concrete Producer, enero 2006.*

## PREMEZCLADOS

### La calidad: un asunto de durabilidad 2a parte

En la entrega anterior se hizo referencia, entre otras cosas, a *¿qué es lo importante para el concreto en la actualidad?*; también se ha hecho referencia a que han tenido lugar una serie de conferencias en torno al tema de la durabilidad.

En esta ocasión cerramos el tema subrayando otros puntos a considerar dentro del interesante rubro de la calidad-durabilidad.

En la mayoría de las discusiones académicas se ha puesto poca o nula atención al líquido más agresivo en el planeta... ¡el agua! Sin duda alguna, el agua es necesaria para que ocurra la hidratación del cemento. Es la formación de los hidratos resultantes que aglomeran los varios componentes.

Estos hidratos no solamente contribuyen a la resistencia del concreto sino que también influyen en la permeabilidad y, por lo mismo, en la durabilidad del concreto. Por desgracia, es también el agua la que forma una parte crítica de casi todas las reacciones y que causan impacto en la deficiencia de la durabilidad del concreto. Las reacciones de corrosión del acero de refuerzo no pueden comenzar o no continuarían en ausencia de agua. La carbonatación del concreto puede avanzar rápidamente en un ambiente seco pero, en ausencia de agua, resulta poco probable que ocurra corrosión. La corrosión del refuerzo requiere de un potencial para activar la reacción, un electrolito (usualmente agua) y oxígeno para proveer el combustible para que continúe la reacción; sin alguno de estos componentes la reacción se detendría.

Entonces, donde se requiera una vida larga y viable para una estructura particular, es esencial que los

diseñadores y los contratistas tomen en cuenta tanto el ambiente general como el microambiente de la estructura, ya que es el ambiente local o el microambiente lo que juega el papel más importante en la durabilidad, debe de dársele cuidadosa atención en los detalles del diseño, la especificación y la documentación. Por ejemplo, las fachadas que dan al sudeste en los edificios de Melbourne, en Australia, son las que con mayor probabilidad mostrarán trastorno debido al fenómeno del cambio de clima fresco. Los edificios pueden estar sometidos por varios días a temperaturas de más de 26 °C cuando la temperatura de

edificios pueden estar sometidos por varios días a temperaturas de más de 30 °C cuando la temperatura de la superficie del concreto excede la temperatura, a la sombra, en 15-17 °C es decir sufre una caída de 20°C en la temperatura en un periodo de 10 a 20 minutos. El concreto no puede tolerar un cambio tan drástico en la temperatura sin agrietarse. Cabe decir que el agrietamiento incrementa la permeabilidad del concreto. La permeabilidad del concreto con frecuencia puede ser menos de lo esperado. ¿Por qué? Bien, para lograr una alta durabilidad se requiere poner atención a las cuatro C, las cuales son:

- Composición.
- Cemento.
- Compactación.
- Curado.

La mayor parte de la atención está enfocada en las primeras dos de estas cuestiones poniéndose mucho menos atención a las últimas. Desgraciadamente, son los dos últimos asuntos los que hacen la diferencia. Muchos edificios y estructuras antiguas han sobrevivido por un periodo de tiempo largo —ya que hace 60 o 70 años— cuando la compactación y el curado estaban cuidadosamente monitoreados y supervisados.

*¿Podemos nosotros decir que los nuevos edificios se desempeñarán bien por un periodo similarmente largo sólo porque nosotros tenemos aseguramiento de la calidad? ¿O deberían los clientes pagar porque los ingenieros pusieran un interés personal en sus edificios y estructuras y ser directamente responsables por la supervisión del trabajo de concreto?*

*Referencia: Brendan Corcoran, miembro vitalicio del Instituto del Concreto de Australia.*

## PREFABRICADOS

### El curado correcto 1a. parte

El curado del concreto es importante en la producción de miembros de concreto prefabricado. Recientemente se han hecho grandes avances para obtener un mejor curado y para entender qué es lo que pasa al interior del concreto en las etapas tempranas.

La industria evolucionó desde la confianza desarrollada gracias a las hojas plásticas que cubrían holgadamente una losa, hasta los dispositivos para el monitoreo del curado del siglo XXI. En este sentido, el Elizabethtown College ha estado trabajando en un ambicioso proyecto para desarrollar un sistema que permita entender mejor el curado del concreto. El sistema ahí desarrollado monitorea el estado químico del agua que se combina con el cemento Portland para formar el hidrato sólido en el concreto endurecido. El sistema hace esto monitoreando las rotaciones a alta frecuencia de la molécula de agua sin reaccionar, a medida que disminuye sus rotaciones a frecuencias más bajas cuando la molécula se combina con el cemento Portland.

Al monitorear la desaparición de la molécula sin reaccionar, el usuario puede determinar la cantidad de agua que ha sido incorporada al hidrato, factor crítico para la determinación de la resistencia a compresión. Al monitorear la aparición de rotaciones de frecuencias más bajas, el usuario también puede monitorear la

formación de la estructura que se está desarrollando, lo que proporciona información adicional. El sistema denominado Reflectometría con Dominio Temporal (Time-Domain Reflectometry: TDR) implica empotrar un pequeño y económico sensor en el producto de concreto e interrogar por medio de un pulso eléctrico muy rápido. La onda que retorna contiene información acerca del estado de la molécula de agua en la mezcla de concreto cuando el material se cura.

Al analizar esta onda se puede separar la cantidad de agua que no ha reaccionado, del agua que se ha combinado o que ha reaccionado con el cemento Portland. Hay varios componentes en nuestro espectro de agua reaccionante; sin embargo, ahora sólo se están enfocando en uno que tiene una aplicación comercial

inmediata y cuya interpretación es directa.

El componente más rápido en la onda de retorno representa la molécula de agua que no ha reaccionado, independiente de todos los otros componentes que no pueden responder a estas velocidades. Este componente proporciona así una medida de la relación instantánea agua/cemento como una función del tiempo de curado, una propiedad correlacionada con la resistencia a compresión. Si simplemente se monitorea este componente con un sensor empotrado, usando una unidad pulsadora portátil y un software de control, se puede monitorear la concentración de agua que no ha reaccionado durante el curado.

### **Usando microondas**

La estrategia desarrollada por los creadores del sistema utiliza altas frecuencias de microondas para aislar la molécula de agua sin reaccionar a velocidades a las cuales no puede responder ninguna otra molécula. Se usa un sensor empotrado para sondear el interior del material en donde los métodos de interrogación por medio de rayos no pueden usarse pues no pueden penetrar. En este sentido, hay por lo menos tres aplicaciones potenciales en la industria del concreto: para predecir la resistencia a compresión, para verificar el contenido de agua en el lugar y para detectar la humedad antes de la aplicación de la capa superficial.

*Referencia: Paul Ramsburg —autor de este texto— es director de calidad regional del High Concrete Group, Denver, Pa. Puede contactarlo en: PRamsburg@high.net. Nat Hagar, profesor adjunto en Elizabethtown College, ayudó a escribir el artículo.*

## **MORTEROS**

### **El mortero seco en Europa 1a parte.**

Desde 1990 la industria del mortero seco ha estado creciendo enormemente en el mundo. En 2006, por primera vez se produjeron más de 100 millones de toneladas en el mundo. Este crecimiento se debe principalmente a los nuevos mercados en Europa oriental, incluyendo Rusia, y el Medio Oriente y China. Hay un cambio en estos países de los métodos de construcción tradicionales con mano de obra intensiva hacia procesos de construcción más mecanizados e industrializados, en los que se usan cada vez más productos acabados en fábrica, tales como mortero seco y materiales secos para construcción.

Los morteros secos hechos en fábrica tienen dos ventajas decisivas: reducen las variaciones en la calidad que no pueden ser evitadas debido a mezclas no conformes y a la insuficiente verificación de las materias primas durante la producción en los sitios de la obra. Por otro lado, permiten un progreso más rápido en la construcción. En los mercados florecientes la capacidad para construir rápidamente y con alta calidad son factores de crecimiento decisivos.

#### **La industria del mortero seco en Europa**

El mortero seco es producido en plantas de mortero seco especialmente diseñadas. Por medio de la selección de materias primas específicas, condiciones de almacenamiento apropiadas, y procesos de mezclado confiables y automáticos, las plantas proporcionan morteros secos homogéneos de alta calidad uniforme.

Una planta de mortero seco tiene cuatro partes: varios silos para almacenar la materia prima; un contenedor de mezclado automático con un proceso controlado que es alimentado neumáticamente con las materias primas; una unidad empaquetadora automática, típicamente usando un robot para apilar y para apretar sacos de tipo válvula en tarimas de madera; y un área de almacenamiento para el producto acabado y para las materias primas.

En Europa, existen plantas de mortero seco con capacidades de hasta 0.5 millón de ton. La más grande de este tipo puede producir hasta 20,000 sacos por día. La alta producción por procesos automáticos es uno de los factores claves para la capacidad de obtener utilidades en tales plantas. Para lograr esto, se usan mezcladoras de una velocidad muy alta. Con ellas se logran mezclas homogéneas de 1 tonelada que

consisten de hasta 20 componentes diferentes en una dosificación en 3 minutos. Todo el proceso es controlado en línea desde un panel de control.

El mortero seco se propuso conquistar el mundo desde Europa en los sesentas. La industria europea del mortero seco todavía es considerada como líder en el mundo. El trabajo y las propiedades de los materiales de los productos manufacturados allí han sido optimizados a un grado alto. Por el momento, casi la mitad de los requerimientos del mundo son producidos en Europa. Los productos para restauración y rehabilitación juegan un papel cada vez más importante.

Los productos de mortero seco más importantes producidos en Europa son: Mortero para pegar ladrillos, pastas y enyesados (interior y exterior), adhesivos para azulejos y lechadas para juntas, capas de enrasado y contrapisos autonivelantes, sistemas para aislamiento externo y acabados (EIFS), pinturas en polvo y morteros para resane y reparación. Por su parte, los morteros para albañilería, son relativamente simples y contienen pocos aditivos (si acaso). Se usan principalmente para reducir la mano de obra en sitios de trabajo, y debido a su calidad más consistente.

### **Capas de enrasado para pisos**

Las capas de enrasado para pisos se colocan sobre el concreto o, rara vez, en una base de madera. Ellas, a su vez, son la base para el recubrimiento final del piso. Las capas de enrasado para pisos representan un gran mercado para los productos de mortero seco. Aún se usan capas de enrasado para pisos a base de cemento y tierra húmeda pero son difíciles de manejar. Por lo tanto, se trató de mejorar la trabajabilidad por medio de superplastificadores. Aunque se tuvo éxito, los superplastificadores incrementaron la contracción de las capas de enrasado para pisos hasta un grado inaceptable. Por esta razón, no se usan capas de enrasado para pisos con superplastificadores de cemento, que están basados exclusivamente en la tecnología de los superplastificadores. Sin embargo, recientemente, las capas de enrasado para pisos con superplastificadores de cemento, que están basados en un sistema aglomerante de contracción compensada, una tecnología de superplastificadores, así como también aditivos reductores de contracción, han probado ser un éxito.

Debido a las desventajas de las capas de enrasado para pisos de cemento convencionales mencionadas, las capas de enrasado a base de  $\text{CaSO}_4$  habían sido ya introducidas en 1995. Todas las clases de anhídrita II así como también los hemihidratos se usan como aglomerantes. Algunos aditivos se agregan a las capas de enrasado para piso con  $\text{CaSO}_4$  a fin de optimizar sus propiedades. Frecuentemente contienen superplastificadores de melamina que aseguran gran comportamiento reológico.

Hacen posible bombear las capas frescas de enrasado a un punto de colocación y las distribuyen uniformemente y libres de burbujas, simplemente acabándolas con una barra pulidora. Así pues, se logra un buen desempeño de colocación. Un equipo típico para la colocación de la capa de enrasado de pisos consiste de 3 trabajadores puede colocar de 500 a 750 m<sup>2</sup> de capa de enrasado con superplastificador a base de anhídrita, mientras que el mismo equipo puede colocar únicamente de 120 a 150 m<sup>2</sup> de capas de enrasado de cemento convencional por día. Las ventajas adicionales de las capas de enrasado de pisos con superplastificadores de anhídrita son su muy baja contracción, de modo que pueden colocarse hasta 250 m<sup>2</sup> sin juntas, así como también un secado mucho más rápido, comparado con las capas de enrasado de cemento, logrando así una madurez más rápida de la superficie.

## **TUBOS**

### **Alivio autógeno en los tubos de concreto**

La mayoría de las cualidades de los tubos de concreto tales como resistencia, durabilidad, versatilidad y economía, son bien conocidas por los ingenieros, diseñadores, supervisores y contratistas. Sin embargo, un aspecto de la durabilidad que con frecuencia pasa desapercibido y que se considera una propiedad importante del concreto es el alivio autógeno.

El agua en los poros del cemento hidratado es altamente alcalina, con un rango de pH que varía de 12 a 13.

La alcalinidad del agua en los poros del concreto proporciona un doble efecto: proporcionar una capa protectora pasivadora alrededor del refuerzo de acero que evita la corrosión y crear un proceso conocido como alivio autógeno. El alivio autógeno es la capacidad del concreto para reparar o aliviar grietas en la presencia de humedad e hidróxido de calcio. Cuando se expone al dióxido de carbono que proviene del aire, en la superficie de las grietas o los huecos, el hidróxido de calcio se convierte en el carbonato de calcio menos soluble. Esta sustancia se precipita hacia afuera en la superficie de la grieta y el lento proceso de deposición eventualmente llena la grieta o el hueco en el concreto, "aliviándolo" efectivamente.

Para un material frágil, sometido a cambios dimensionales que dependen de la cantidad de humedad presente, la propiedad de autoalivio del concreto es crucial para su aplicación en estructuras de retención de agua. Reconociendo la falta de atención que se ha dado al tópico en años recientes, el eminente tecnólogo del concreto y autor Adam Neville, revisó el alivio autógeno y los problemas asociados con el agrietamiento en 2002, que tratan con el mecanismo del proceso, de las condiciones necesarias para que tenga lugar y el ancho más grande conocido de las grietas que pueden aliviarse.

Se citan ejemplos de grietas de hasta 1.5 mm de ancho en un tubo de concreto, que han sido aliviadas al término de cinco años. El alivio autógeno es común en tubos de concreto reforzado enterrados debido a la presencia de humedad, ya sea en el lado del suelo o dentro del tubo mismo. Estas grietas que no se mueven, cuando son aliviadas autógenamente, son impermeables y pueden producir una estructura más fuerte que la original. Una de las razones es que el tubo de concreto sella la grieta con unos cristales de carbonato de calcio que se forman cuando el dióxido de carbono en el suelo circundante, el aire y el agua carbonatan el óxido de calcio libre en el cemento y el hidróxido de calcio es liberado por la hidratación del silicato tricálcico del cemento. La fórmula para esta reacción es:  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .

La ironía de este proceso es que en el concreto reforzado sometido a agrietamiento hay una estrecha interconexión del alivio autógeno y los procesos que podrían, en otras circunstancias, conducir a la corrosión del refuerzo. Para que el acero de refuerzo se corroa, debe haber presencia de humedad tanto para su parte en la reacción química en los sitios catódicos en la superficie del acero, así como para proveer una ruta de conducción a través del concreto para la corriente electrolítica. Esta misma humedad permitirá, por supuesto, el alivio autógeno. Para especímenes de concreto agrietados y expuestos a ambiente marino, se ha reportado que grietas de un ancho menor que, o igual a 0.5 mm, se aliviaron antes de que hubiera algún efecto significativo en el acero de refuerzo.

Informes: [www.concpipe.asn.au](http://www.concpipe.asn.au)

Temas relacionados

Su opinión

[Especialización en la ingeniería Mexicana una necesidad](#)

[Cimbras que incrementan la producción](#)

**Artículo Concreto a prueba de agua (Primera parte)**

- BUENO
- MALO
- REGULAR

Votar



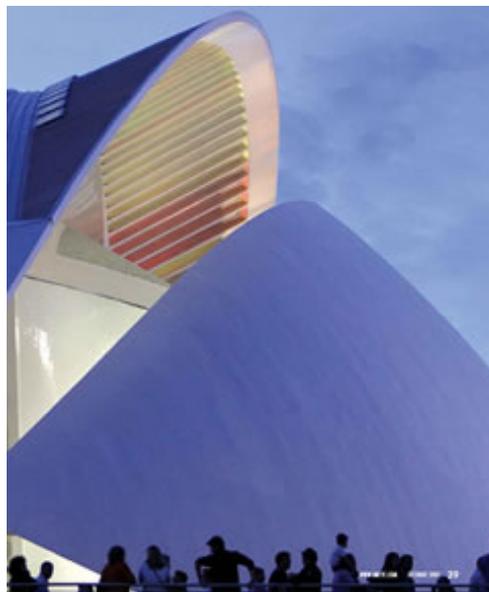
# Una joya valenciana

Gregorio B. Mendoza

Fotos: Cortesía Palacio de las Artes Reina Sofía

En la actualidad, la Ciudad de las Artes y de las Ciencias, localizada en Valencia, España, es uno de los lugares que recibe un mayor número de visitantes de toda España; como “broche de oro” de este gran conjunto: el Palacio de las Artes, recientemente inaugurado.

Bajo una superposición de caparazones construidos con concreto, acero y mármol, la ciudad de Valencia, en España, ha visto terminar el más ambicioso proyecto cultural de su historia; actualmente muestra al mundo la última joya de su afamado complejo cultural: El Palacio de las Artes, colofón arquitectónico de La Ciudad de las Artes y las Ciencias, plan maestro proyectado por el ingenieroarquitecto Santiago Calatrava y que iniciara su construcción en 1996.



Esta intervención estratifica la ciudad con un nuevo eje longitudinal localizado a lo largo de poco más de dos kilómetros por los que paralelamente se sigue el antiguo cause del río Turia. Desplantada en 35 hectáreas la Ciudad de las Artes y las Ciencias se ha convertido en el principal atractivo cultural, arquitectónico y de ocio de esa ciudad; sin embargo, sobresale el beneficio económico que generó su construcción: hasta el momento, Valencia ha captado un importante y creciente número de visitantes que anualmente concurren, provenientes de diferentes zonas de España y de otros países.

Con la inauguración en 1998 del Hemisferic, del Museo de Ciencias y del Umbráculo, en 2000, del Oceanografic en 2003, se suma ahora el Palacio de las Artes en el extremo oriente del eje. Su ubicación está próxima al centro urbano y refiere con un mismo lenguaje las formas de sus predecesores curvos. Tal como lo señalan las autoridades locales: “El proyecto refleja las características de la sociedad local beneficiada: la comunidad valenciana disfruta de una sólida tradición artística y de un público especialmente sensible, capaz de apreciar toda la riqueza y variedad artística que se ve representada en los espacios escénicos del Palacio de las Artes.

No obstante, más allá de tratarse de un escenario para las artes escénicas, este proyecto tiene el firme propósito de convertirse en el eje rector de todo el complejo urbano del cual forma parte; así, se concluyen y enfocan el conjunto de actividades docentes y divulgativas encaminadas a apoyar la tradición artística y musical de la ciudad”.

Esta escultórica obra cuenta con un sistema estructural resuelto por medio de una “columna vertebrada” de acero que recorre longitudinalmente el edificio y descansa en dos sendos anovos de concreto armado

acero que recorre longitudinalmente el edificio y descansa en dos grandes apoyos de concreto armado ubicados, uno en el extremo poniente —el cual descansa en el nivel de acceso— y otro en una zona intermedia del edificio —fungiendo al mismo tiempo como núcleo vertical de servicios, instalaciones y circulación vertical—. A partir de ahí, la majestuosidad del recinto blanco recae en la abstracción de las cubiertas de concreto armado que parecen abrirse y retar a la gravedad al suspenderse en 230 metros de longitud y 70 de altura aproximadamente.

En sus costados, justo donde las aberturas de las cubiertas presentan una forma romboide —casi caprichosa— se localizan los miradores, terrazas y plataformas que rodean en el interior a la sala principal; éstas tienen la finalidad de ocultar el núcleo estructural y abrir la visual de los elevadores panorámicos. El extremo se ubica al poniente en la cual fue desplantada una escalinata bifurcada que dirige al visitante a los corredores simétricos del vestíbulo. Entre los volúmenes interiores y la piel gris o blanca de los acabados expuestos como el cemento y el mármol se generan diversas plataformas en voladizo, escaleras, rampas, y paseos ajardinados, configurando especialmente para sorprender al espectador en cada uno de sus recorridos.

### Datos de Interés

**Nombre del proyecto:** Palacio de las Artes.  
**Ubicación:** Valencia, España.  
**Cliente:** Ciudad de las Artes y las Ciencias.  
**Proyecto arquitectónico:** Santiago Calatrava.  
**Consultores e ingenierías:** Acieroid (Ingeniería en cubierta); Alfonso García (Acústica); Frapont (Carpintería de madera).  
**Constructor:** UTE Nesco-Dragados.  
**Fecha de realización:** 1996- 2007.  
**Volumen de concreto utilizado:** 77 mil m3.  
**Movimiento de tierra:** 275 mil m3.  
**Metros de granito colocados:** 38.500 m2.  
**Metros de trecañdis (mosaico cerámico blanco) usados:** más de 20 mil m2.  
**Vidrio colocado:** 3.360 m2.  
**Acero corrugado estructural:** 20 toneladas.  
**Acero estructural (perfiles):** más de 10 toneladas.  
**Costo:** 373 millones de euros.

### Una gran sala

La sala principal de este recinto de las artes se encuentra en el corazón del edificio. Su manufactura estructural de concreto armado le da soporte a los espacios bajos del edificio así como a aquellos que lo recorren en sentido horizontal. Tiene una capacidad para 1,700 asistentes; no obstante que fue concebida como recinto para ópera, bien puede adaptarse para crear, por ejemplo, un escenario para ballet u otras artes escénicas.

Esta sala se distribuye con un patio y cuatro niveles de palcos conformados por franjas estilizadas de concreto blanco contrastadas con algunos paneles textiles de color azul. Dispone de los sistemas más avanzados para la representación operística; las butacas están dotadas de pantalla de texto que permiten el seguimiento de la ópera en varios idiomas. Por su parte, el foso de la orquesta puede adoptar —mediante cuatro planos móviles— distintas

configuraciones y alturas pudiéndose alcanzar la máxima calidad sonora. El escenario, dotado de piernas laterales y un amplio backstage a nivel de escena y en el nivel inferior, dispone de óptimas instalaciones que permiten el almacenaje de suficientes escenografías para la representación alternativa de dos óperas. Su superficie es de 460 m2.

La boca del escenario tiene un ancho de 17 m, una profundidad de 20 m y una altura de 36 m. Cabe decir que el foso de la orquesta tiene 166 metros cuadrados convirtiéndose así en el segundo más grande del mundo después de la Bastille, al tiempo que es igual al del Teatro Real de Madrid.

Otro de los espacios que destacan es el auditorio, que tiene una capacidad para 1,500 espectadores. Sus instalaciones, con avanzados sistemas de audición, cinematografía y vídeo, permiten la realización de espectáculos y presentaciones en vivo así como de ejercicios audiovisuales, mediante grandes pantallas. Su funcionamiento no interfiere en ningún momento con la representación operística que pueda realizarse al mismo tiempo en la Sala principal.

El escenario dispone de un sistema compuesto de elementos móviles que permiten su transformación en un graderío para grandes coros y orquestas. Además, tiene un foso de orquesta con plataforma móvil.

### Otras áreas

Situada en la parte oeste del edificio el Aula magistral tiene una capacidad para 400 personas. Su acceso se

### Un gran maestro

Santiago Calatrava, Valencia, ciudad de las artes y las ciencias

tiene una capacidad para 400 personas. Su acceso se realiza a través de las escaleras principales que la recorren lateralmente, mismas que van dando paso a las distintas terrazas del edificio. Sobre ésta, se ubica la sala de ensayo para danza y un nivel inferior alberga los camerinos y vestidores. Este espacio adquiere una gran versatilidad al poderse emplear para la presentación de pequeñas agrupaciones musicales, conferencias, ruedas de prensa y congresos. Finalmente el no menos importante Teatro Martín y Soler es un edificio destinado a las artes aplicadas. Se encuentra adyacente al Palacio y cuenta con una sala para teatro experimental, en el se ubicará la Academia de perfeccionamiento.

Contiene salas de exposiciones para pintura, escultura, y demás artes aplicadas, en las que se desarrollarán cursos específicos en las más variadas disciplinas artísticas. Cabe decir que desde su inauguración esta sorprendente obra llamó la

atención por las cualidades plásticas y constructivas de las cuales el arquitecto hizo uso. Su monumentalidad y fuerza expresiva la ha posicionado como el recinto más importante del complejo.

Sin duda alguna, con este palacio cultural, Calatrava reitera que las metáforas formales no han impregnado este proyecto, "está exento de simbolizar un barco navegando sobre el río, el yelmo de un guerrero troyano o un ciclista valenciano; este proyecto es autónomo y de identidad propia.

Santiago Calatrava Vallés es, sin duda alguna, uno de los más influyentes arquitectos españoles a nivel mundial gracias al uso de la tecnología y su frecuente trabajo escultórico con materiales como el concreto y el acero. Nacido en 1951 en el barrio de Benimamet de Valencia, a los ocho años, Calatrava ingresó en una escuela de arte para aprender dibujo y pintura, actividad que compaginó con sus estudios escolares. A los 13 años su familia le envió a París gracias a un programa de intercambio estudiantil. De regreso a Valencia, terminó sus estudios escolares y se matriculó en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia, donde se graduó como arquitecto y realizó un curso de posgrado en Urbanismo. Estudió durante cuatro años ingeniería civil en el Instituto Federal de Tecnología de Zúrich, Suiza, de donde obtuvo su doctorado. En 2007 le fue concedido el Premio Nacional de Arquitectura. Actualmente, sus proyectos se ubican en las ciudades más importantes del mundo y comienzan a tener un giro muy especial al comenzar a visualizar el verticalismo como eje rector de sus últimos trabajos realizados.

**Temas relacionados**

**Su opinión**

**Artículo Una joya Valenciana**

- BUENO
- MALO
- REGULAR

Votar

[El arquitecto de la blancura](#)

[El arquitecto que vino del frío](#)

[Gota de Plata](#)

[Problemas causas y soluciones](#)

[El arquitecto que no sabía dibujar](#)

[Vivienda de Concreto](#)

**El sello de Farrater el Castellon de la plana**

**Capacitar y asesorar tarea de primer orden**

**El arquitecto sin adornos**

**Un aeropuero para el siglo XXI**

**1** [2](#) [3](#) [4](#) [5](#) [6](#) [7](#) [8](#) [9](#) [10](#) [11](#) [12](#) [13](#) [\[ siguiente >>\]](#)

# El arte de proyectar y construir estructuras

segunda parte

**En este número, entregamos al lector la segunda parte del texto que amablemente nos brindó el doctor Paulo Helene y donde hace un recuento histórico del arte de proyectar y construir.**

\* Se conserva la numeración original continuación de la primera parte del texto, publicado en el número anterior. (Nota del editor).



[principal](#)
[imprimir](#)
[enviar a un amigo](#)
[galería de imágenes](#)
[su opinión](#)

[★](#)  
 agregar a favoritos

El concreto como material estructural Aunque el concreto simple se aplicó exitosamente en centenares de kilómetros de avenidas y pavimentos del imperio romano como en la Vía Apia —aún existente en los alrededores de Roma— su uso más espectacular fue en la cúpula de mayor vano libre de la antigüedad, el Panteón de Roma, con 44 m de luz, cuyo claro libre fue superado solamente en 1912, con la cobertura de un centro de exposiciones en Alemania<sup>6</sup>. Se trataba de un concreto primitivo, obtenido de la mezcla de cal hidratada con arcilla puzolánica, abundante en la región de Pozzuoli (cerca de Nápoles), que se transformaba en un material durable pero de baja resistencia, comparada con las resistencias actuales.



*En el concreto usado en el Panteón, en Roma, se trata de una mezcla de cal hidratada con arcilla puzolánica, abundante en la región de Pozzuoli, que se transformaba en un material durable pero de baja resistencia, comparada con las resistencias actuales.*

En esa cúpula se utilizó con maestría todo el saber de la época<sup>7</sup>, contraventeando los esfuerzos horizontales de la base con paredes estables y estructuras de 6 m de largo; el espesor de la cúpula es variable y decreciente desde los apoyos al centro; el concreto tiene densidad variable y decreciente de los apoyos al centro a través del uso de diferentes agregados (calcáreo,

carbón, ladrillo, y piedra poma); los moldes son de bronce con cajones tipo “cubetas” para reducir el peso del material y hacer eficiente la densificación y acabado superficial.

Después de esa hazaña estructural, la ingeniería no uso más ese concepto como material estructural en obras importantes y al parecer se olvidó ese conocimiento por muchos siglos.

importantes y, al parecer, se olvidó ese conocimiento por muchos siglos.

*La estructura en concreto armado del Cristo redentor, en el Corcovado, en Río de Janeiro, fue construida in situ en lo alto de la ladera, haciendo uso de pocas partes prefabricadas.*



El concreto de la era actual tuvo inicio sólo después de creada la patente del cemento Portland por John Aspdin, en 1824, en Inglaterra. En esos primeros años, lo mismo en Estados Unidos, que en Francia e Inglaterra —las tres naciones más desarrolladas de la época— tuvo poca aplicación significativa, destacándose las patentes de los franceses Joseph-Louis Lambot (en 1855), para construir barcos, y de Joseph Monier para construir contenedores en 1867 (y postes y vigas, en 1878), básicamente en argamasa armada.

A Monier también se acredita el proyecto y la construcción del primer puente de argamasa armada, inaugurado en 1875 en el Castillo de Chazelet.

Valorando el potencial de ese nuevo material estructural, el ingeniero alemán Gustav Adolf Wayss compró la patente de Monier y desarrolló el uso del concreto armado, dando gran impulso a su empresa Wayss & Freytag a partir de 1875, empresa que en los primeros años del siglo XX tuvo gran influencia en Brasil, Uruguay y Argentina, a través de sus filiales. Para 1878, Thaddeus Hyatt, patentó en Estados Unidos el concreto armado y en 1893 construyó el primer edificio en California, pero es más lento que los alemanes y franceses en la transferencia de esta nueva tecnología a los demás países.

En el Siglo XIX, investigadores de la talla de Louis Vicat<sup>8</sup>, Henry Le Châtelier<sup>9</sup>, y René Féret<sup>10</sup> trataron de hacer ese nuevo material —el concreto de cemento Portland— más conocido y más confiable, dando como resultando un gran interés en su uso generalizado en estructuras. Por su parte, con la base teórica y experimental sobre la confiabilidad de este nuevo material estructural, garantizado por ese y otros investigadores, y disponiendo de un producto industrializado, el constructor francés François Hennebique, desarrolló el sistema y obtuvo una patente, en 1892, para el proyecto y la construcción de edificios con base en el nuevo proceso constructivo bautizado por él como *béton armé* (concreto armado).

Hennebique —quien también proyectó y construyó el primer puente de concreto armado en Châtellerault, en 1899— demostró que había resuelto los problemas de uniones y amarres entre las vigas, pilares y losas. Para demostrar las ventajas y seguridad de este nuevo sistema constructivo, proyectó y construyó el primer edificio totalmente de concreto armado, con pilones, vigas, y losas, sistema similar al que hoy se practica en todo el mundo. Además, demostró que era posible, seguro y durable, sustituir las paredes soportantes por paredes de protección, y los pisos metálicos o de madera por losas de concreto armado, inaugurando en 1901 un edificio de 7 pisos en donde sentó su residencia y oficina de negocios

Su descubrimiento representa una tercera revolución, tan impresionante en la forma de proyectar y construir estructuras que, en apenas una década, su empresa construyó más de 7,000 edificios y construyó 62 oficinas esparcidas en las principales ciudades de los cuatro principales continentes de la época: Europa, América, África y Asia. El principal slogan de su negocio era: “Nunca más un riesgo de incendio”.

Gracias a los métodos de cálculo desarrollados por Möersch y Köenen en Alemania, y Coignet y Hennebique en Francia, en 1903, en Suiza y Alemania se publican las dos primeras normas de proyecto y ejecución de estructuras de concreto armado, seguidas por Francia en 1906, por Inglaterra en 1907, y por Estados Unidos en 1910.

Grandes cambios	Periodo y lugar	Obra emblemática	Proyectista	Comentarios
Primera revolución.	2,800 a.C. a 2,500 a.C., Egipto.	Pirámide de Zozer.	Imhotep.	La ingeniería y la arquitectura de estructuras podían construir obras durables y majestuosas de grandes proporciones.
Segunda revolución.	1179 Coalbrookdale, Inglaterra.	Iron bridge.	T.M. Pritchard con acero producido por Abraham Darby III.	La ingeniería estructural y la arquitectura podían proyectar obras antes inimaginables, en un menor tiempo y con seguridad para lograr grandes claros y construir en altura.
Tercera revolución.	1901, París, Francia.	Edificio Hennebique, rue Danton 1.	Francois Hennebique.	La ingeniería y la arquitectura estructural podían usar más recursos pues descubrían cómo combinar dos materiales: el concreto y el acero.
Cuarta revolución.	1997, Kuala Lumpur, Malasia.	Torres Petronas.	Arquitecto César Pelli; proyecto estructural de Thornton Tomasetti.	La ingeniería estructural y la arquitectura descubren las ventajas de la rigidez del concreto de alto desempeño así como sus beneficios para la sustentabilidad de la construcción civil

En Brasil se publicó la primera norma en 1931 después de haber proyectado e impuesto dos récords mundiales de altura, los edificios A Noite, en Río de Janeiro y el Martinelli, en Sao Paulo, ambos a fines de la década de los veinte, con más de 100 m de altura. Un poco antes —a mediados de la década de los veinte— el Palacio Salvo, en Montevideo, por primera vez alcanzó los 100 m de altura y pudo ser considerado el primer rascacielos de concreto armado en el mundo. A principios de la década siguiente, el rascacielos Kavanah, en Buenos Aires, alcanza la impresionante altura de más de 120 m en 1935 pasando a ser el edificio de concreto más alto del mundo.

Las cuatro grandes marcas de la evolución de las estructuras El concreto armado fue para Brasil, Argentina, Uruguay y otros países —en los cuales no existía industria siderúrgica capaz de producir perfiles estructurales— el más importante material estructural de construcción civil de la primera mitad del siglo XX, y continúa así hasta ahora.

En 1928, en Francia, Eugène Freyssinet<sup>12</sup> insertó su nombre en la historia al patentar el concreto presforzado que dio un enorme impulso al uso de las estructuras de concreto, no solamente para edificios, haciendo posible las losas planas, sino también para puentes, posibilitando procesos constructivos tan atrevidos con

equilibrios sucesivos para vencer grandes claros sin necesidad de apoyos.

En ese corto tiempo, el proyecto de estructuras había cambiado radicalmente. Ya no eran necesarios los arcos y bóvedas para vencer los claros, ni apoyos tradicionales, ni varios materiales sobrepuestos, ni paredes estructurales para soportar cargas; bastaban pilones, vigas y losas de concreto. Cabe recordar que data de esta época el proyecto de construcción de la estatua de Cristo redentor, en Río de Janeiro, situada sobre el Corcovado.

El proyecto estructural fue del ingeniero brasileño Heitor da Silva Costa con la colaboración de Albert Caquot, reconocido proyectista estructural francés. Para el diseño artístico, contó con la colaboración del artista plástico brasileño Carlos Oswald y del polaco Maximillien Paul Landowski, quien era un reconocido escultor en Francia. La estructura en concreto armado fue construida in situ en lo alto de la ladera, haciendo

uso de pocas partes pretabricadas.

Los sacos de cemento, arena, armaduras, cimbras, moldes, además del agua y del revestimiento final en piedra jabón, se subieron a repecho por las vías del pequeño tren de Corcovado, construido por don Pedro II. Inaugurado el 12 de octubre de 1931, el Cristo Redentor es considerado Patrimonio de la humanidad desde 1937 y santuario católico desde 2006. Hoy, con 76 años de edad, su estructura ha requerido apenas dos intervenciones para mantenimiento realizadas en las décadas de los ochenta y noventa, y que la caracteriza como de ejemplo de vida útil.

Por otro lado, la construcción civil de edificios en los países desarrollados ha usado intensivamente del acero estructural. Fue notable el desarrollo de la ingeniería de estructuras metálicas. En la misma época, en 1931, se inauguraba el Empire State Building, en Nueva York, con 383 m de altura, sorprendiendo a la ingeniería mundial y colocándose como el gran símbolo de poder y desarrollo de la civilización norteamericana. Conviene subrayar que durante los primeros noventa años del siglo XX, las estructuras metálicas para edificios altos prevalecieron sobre las de concreto, habiendo cambios solamente a finales de la década de los noventa.

### **La supremacía del concreto**

En 1976, la ingeniería canadiense impresionó al mundo con la construcción —en tiempo récord— de la CN Tower, hoy perteneciente a la CLR Real Estate Canada Lands Company; hecha en concreto presforzado y con 555 m de altura, está considerada hasta ahora la más alta estructura construida por el hombre, gracias a la osadía del arquitecto John Andrews y dos ingenieros proyectistas de NCK Engineering.

Otra marca de la ingeniería del concreto actual es el edificio que introdujo el estilo constructivo high-tech, inaugurado por los franceses en 1990: el gran arco de La Defense, en las cercanías de París, construido con concreto de alto desempeño. Fue proyectado utilizando en gran parte el concreto estructural presforzado, por los arquitectos Johann Otto von Spreckelsen y Paul Andreu.

En 1997, en Kuala Lumpur, Malasia, se dio un paso enorme en dirección de la cuarta revolución en el arte de proyectar y construir estructuras, con la construcción de las torres Petronas, en concreto de alto desempeño y con 452 m de altura, superando la estructura metálica de la torre Sears, en esa época la más alta estructura de un edificio en el mundo, situada en Chicago.

Con el proyecto arquitectónico de Cesar Pelli y el proyecto estructural de la firma americana Thornton Tomasetti, esa obra emblemática puede ser considerada parteaguas, pues a partir de ese periodo el mundo de las estructuras de edificios altos adopta definitivamente el concreto de alto desempeño como su principal protagonista.

De acuerdo con los inventarios del Council on Tall Buildings and Urban Habitat, relatados por Gilberto do Valle en el 48° Congreso Brasileño del Concreto (Río de Janeiro, 2006), existen cinco nuevos edificios con altura superior a los 450 m, entre ellos: el edificio Taipei 101 Shanghai World Financial Centre, en Taiwan, inaugurado en 2004, con 509 m de altura, construido con estructura mixta de acero y concreto de alto desempeño.

En los últimos 10 años, a partir de la construcción de las Torres Petronas (1997), hay 36 nuevos edificios con altura superior a los 300 m —que es el nuevo criterio para considerarse un rascacielos— que ya fueron construidos o están en construcción en el mundo. De ese total, trece son estructuras de concreto, incluyendo el más alto del mundo —actualmente en construcción en los Emiratos Árabes Unidos— denominado Burg (torre) Dubai, con una altura probable de 750 m, y que será inaugurado en 2008. De los 36 citados, otros 19 son en estructura mixta de concreto y acero, y sólo cuatro son estructuras enteramente de acero.

### **Conclusiones y perspectivas futuras**

En 100 años, el concreto, “vital construction material” (material vital de construcción), según el ACBM, superó todos los límites y fronteras del conocimiento en ingeniería de proyectos y de construcción. Se trata del más nuevo material de construcción estructural descubierto por la ingeniería, el cual todavía se encuentra en franca evolución, no siendo posible prever su futuro ni definir sus límites.

La historia reciente ha demostrado que aún vale la pena investigar, proyectar, dosificar y construir, buscando siempre obtener más provecho de ese versátil material de construcción, explorando su elevado desempeño y

usándolo correctamente desde el punto de vista de la protección ambiental y de sustentabilidad.

En la última década, muchas empresas y proyectistas del mundo —a veces sin estar plenamente conscientes— han sacado provecho de las nuevas tecnologías desarrolladas por los grandes centros de investigación y desarrollo en concreto, como el ACBM y el FHWA en los Estados Unidos, el Béton Canadá, en Canadá, y muchos otros en Europa, Asia y Australia. Tan sólo en Brasil, hay cerca de 130 Centros de Investigación y Desarrollo en concreto registrados en el sistema de ciencia y tecnología del país.

Las investigaciones, estudios y experimentos en esos centros generan tranquilidad y seguridad en los proyectistas, constructores y usuarios que, cada vez más, vienen prefiriendo esa opción revolucionaria de construcción de estructuras, encontrando mucho material de consulta y soporte para sus proyectos y alternativas de construcción. Investigación, conocimiento, confianza, y permanente transferencia de tecnología, son los pilares de sustentación del creciente y pujante mercado de las estructuras de concreto en el mundo actual.

## Referencias

6 Lepik, Andrés, Sky Scrapers, Nueva York, Prestel publishing, 2004.

7 Concreto. Ensino, pesquisas e realizações, ed.G.C. Isaia, Sao Paulo, Instituto Brasileño del Concreto, IBRACON, 2005, p. 01-43.

8 Louis Vicat (1786-1961) fue un ingeniero francés, inventor del cemento artificial. Se graduó en la École Polytechnique en 1804 y en la École des Ponts et Chaussées en Vicat estudió el fraguado de morteros e inventó nuevos cementos artificiales (white gold) en 1817. El material fue popular, pero fue sustituido por el cemento Portland. También inventó la aguja Vicat que aún está en uso para la determinación del tiempo de fraguado de los concretos y los cementos. Fue miembro de la Académie de Sciences de París. Cfr. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org).

9 Henry Louis Le Chatelier (1850-1936). Químico francés. Fue ingeniero consultor para una compañía de cemento, la Société des Chaux et Ciments Pavin de Lafarge. Su tesis doctoral en 1887 fue dedicada al tema de los morteros: Investigaciones experimentales sobre la constitución de los morteros hidráulicos. Le Chatelier fue electo a la Academia de Ciencias de París, en 1907. Cfr. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org). Para mayor información sobre este personaje, consultar el artículo "Recordando a un genio", de Juan Luis Cottier Caviedes, en Construcción y tecnología, de febrero de 2007 (Nota del editor).

10 René Ferét fue jefe del Laboratorio de Puentes y carreteras; en 1892 formuló la ley fundamental que relaciona la resistencia a compresión de las argamasas con su compactación. (Helene, Paulo, Terzian, Paulo, Manual de dosagem e controle dos concretos de cimento Portland, Sao Paulo, PINI, 1993-350 p.

11 Helene, Paulo, Terzian, Paulo, Manual de dosagem e controle dos concretos de cimento Portland, Sau Paulo, PINI, 1993, 350 p.

12 Eugène Freyssinet (1879-1962) fue un ingeniero estructural y civil francés. Trabajó en la École Nationale des Ponts et Chaussées en París, en donde diseñó varios puentes hasta la Primera Guerra Mundial. Su más significativo puente —de los primeros que construyó— fue el de Le Veurdure, de tres claros, cerca de Vichy, construido en 1911. En ese tiempo, los claros de 72.5 m eran los más largos construidos hasta entonces. La propuesta de Freyssinet era para tres claros de armaduras de concreto reforzado, y resultó significativamente menos costoso que el diseño de arcos de mampostería estándar. El diseño utilizó gatos para elevar y conectar los arcos, introduciendo efectivamente un elemento de presfuerzo. El puente también permitió a Freyssinet descubrir el fenómeno de fluencia en el concreto, por el que el concreto se deforma con el tiempo cuando se coloca bajo esfuerzo.

Él diseñó varios techos grandes de cascarón delgado, incluyendo hangares para aviones en Orly. También construyó barcos de carga con concreto. Obtuvo una patente para el concreto presfuerzo en 1928. Cfr. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org).

## Temas relacionados

[analisec](#)

[Pruebas no destructivas del concreto](#)

[Para conservar la tersura](#)

[Construyendo verde con concreto gris](#)

[Tecnología de punta y voluntad de servicio](#)

[Los vientos del cambio del concreto](#)

[Nanotecnología](#)

[Las pruebas de cilindros de concreto](#)

[Demolición y reciclaje del concreto y la mampostería](#)

[AVANCES EN TECNOLOGÍA DEL CONCRETO](#)

## Su opinión

**Artículo Paulo Helene: El arte de proyectar y construir estructuras (Segunda parte)**

MALO

REGULAR

BUENO

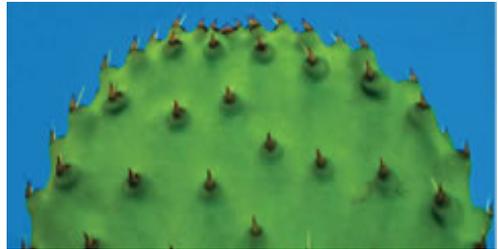
1 2 [[siguiente >>](#)]

# Las bondades del nopal

Andrés A. Torres Acosta, Prisciliano Felipe de J. Cano Barrita<sup>1</sup>

El comportamiento del mucílago del nopal en materiales base cemento es poco conocido. Escasas son las investigaciones que estudian ambos elementos juntos, y la pregunta por contestar sobre el papel de las adiciones del nopal en pastas de cemento, mortero y concreto aún existe.

<sup>1</sup>El primero trabaja en la Universidad Marista de Querétaro AC, mientras que el segundo en el CIIDIR Unidad Oaxaca, del Instituto Politécnico Nacional. La numeración que aparece a manera de pie de página, está relacionada con las citas colocadas al final del texto. (Nota del editor).



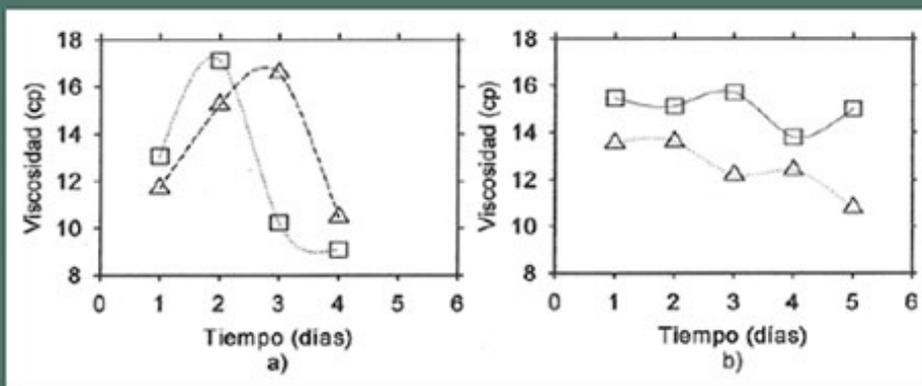
Las investigaciones sugieren que el mucílago mejora las características físicas de las pastas de cemento y morteros 6-10. Por ejemplo, en pastas de cemento, disminuye la permeabilidad 6 y aumenta la resistencia a la compresión 7-9. Se ha encontrado que adiciones de nopal y sábila deshidratada en concentraciones pequeñas pueden funcionar como acelerantes de fraguado de pastas de cemento y que disminuyen la trabajabilidad de morteros base cemento (disminuye su fluidez) 10. Es decir, para que la fluidez de esos morteros con adiciones sea igual a los morteros sin las adiciones se tendría que aumentar la cantidad de agua en la mezcla. Esto podría aumentar la porosidad de los morteros y, en consecuencia, disminuir su resistencia a la compresión.

**Tabla 1.** Resultados experimentales de la resistencia a la compresión de cubos de mortero en investigación previa <sup>10</sup>.

Tipo de mezcla	Relación agua/cemento	Resistencia a la compresión (MPa)			
		30 días	90 días	180 días	900 días
CPO (Control)	0,24	37,1	44,6	53,4	47,2
CPO + 1%N	0,27	36,4	47,9	54,5	48,3
CPO + 2%N	0,30	36,0	41,8	49,3	45,2
CPO + 4%N	0,36	2,9	23,8	37,8	38,4
CPO + 1%S	0,3	33,9	40,3	48,8	39,0
CPO + 2%S	0,33	21,3	28,5	37,6	36,2
CPO + 4%S	0,39	0,3	0,5	1,2	21,2

Figura 1

Viscosidad del extracto de nopal medida en función del tiempo (Huso No. 1 a una velocidad de 50 rpm) para relaciones agua/nopal en peso: (□) a/n=1 y (Δ) a/n=2. Extracto obtenido en a) reposo a temperatura ambiente y b) hervido.



Sin embargo, recientes estudios han probado que aunque el agua de mezclado se incrementó en los morteros con estas adiciones base nopal deshidratado, su resistencia no disminuyó siendo que ésta fue aumentando a edades mayores de 30 días a partir de la fabricación de los morteros (no se incluye a las adiciones con sábila por que en estas si disminuyó marginalmente la resistencia a la compresión del mortero)<sup>10</sup>. En este sentido, la Tabla 1 lista los resultados experimentales de la resistencia a la compresión (promedio de tres cubos por prueba) obtenidos en morteros base cemento usando adiciones deshidratadas

(promedio de tres cubos por prueba) obtenidos en morteros base cemento usando adiciones deshidratadas de nopal y sábila a diferentes edades después del mezclado (Los porcentajes son por reemplazo de cemento en peso).

Es interesante observar que las resistencias a la compresión de morteros con adiciones de nopal deshidratado se mantuvieron en valores similares a la mezcla control (sin adiciones) a pesar de que la relación agua/cemento (a/c) fue incrementada para obtener la misma fluidez<sup>10</sup>. A mayores edades, la resistencia a la compresión de los morteros con mayores porcentajes de adición de nopal deshidratado alcanzó valores similares a la mezcla control. En contraste, la resistencia a la compresión de los morteros con adiciones de sábila deshidratada (con bajo porcentaje de reemplazo) disminuyó hasta un 28% de los valores obtenidos en las mezclas de control, por lo que, hasta ahora, con los resultados obtenidos, no se encontró mejora alguna en su uso. Deben continuar las investigaciones en este tema y así corroborar lo que hasta ahora se ha obtenido: las adiciones de nopal mejoran las propiedades físicas y mecánicas de pastas y morteros base cemento.

Uso del extracto de nopal para mejorar la resistencia a la segregación en concretos base cemento Portland El concreto autoconsolidable (CAC) fue desarrollado en Japón en los años 80<sup>11</sup> y se caracteriza por su alta deformabilidad y resistencia a la segregación, así como porque no requiere vibración para consolidarse en zonas congestionadas de refuerzo. Para diseñar este concreto existen tres métodos: el primero consiste en utilizar un alto contenido de finos, el segundo requiere del uso de agentes modificadores de viscosidad para poder reducir la cantidad de finos, y el tercero es una combinación de ambos. Los agentes modificadores de viscosidad (AMV) son polímeros solubles en agua usados para incrementar la viscosidad de la pasta y mejorar la estabilidad del concreto autoconsolidable.

El AMV más común es la goma de “welam”, efectiva para mejorar las propiedades reológicas del concreto autoconsolidable. Sin embargo, los AMVs comerciales —como la goma de “welam”— tienen un costo alto y como resultado el CAC en el mercado no es competitivo con respecto al concreto ordinario. AMVs alternativos incluyen el almidón y sílice precipitado<sup>12</sup>, polisacáridos<sup>13</sup> y celulosa<sup>14</sup>. Con el objeto de utilizar un AMV de bajo costo se ha explorado el uso del extracto de nopal como agente modificador de viscosidad para concreto autoconsolidable<sup>15-16</sup>.

En principio se ensayaron dos formas para la obtención del extracto.

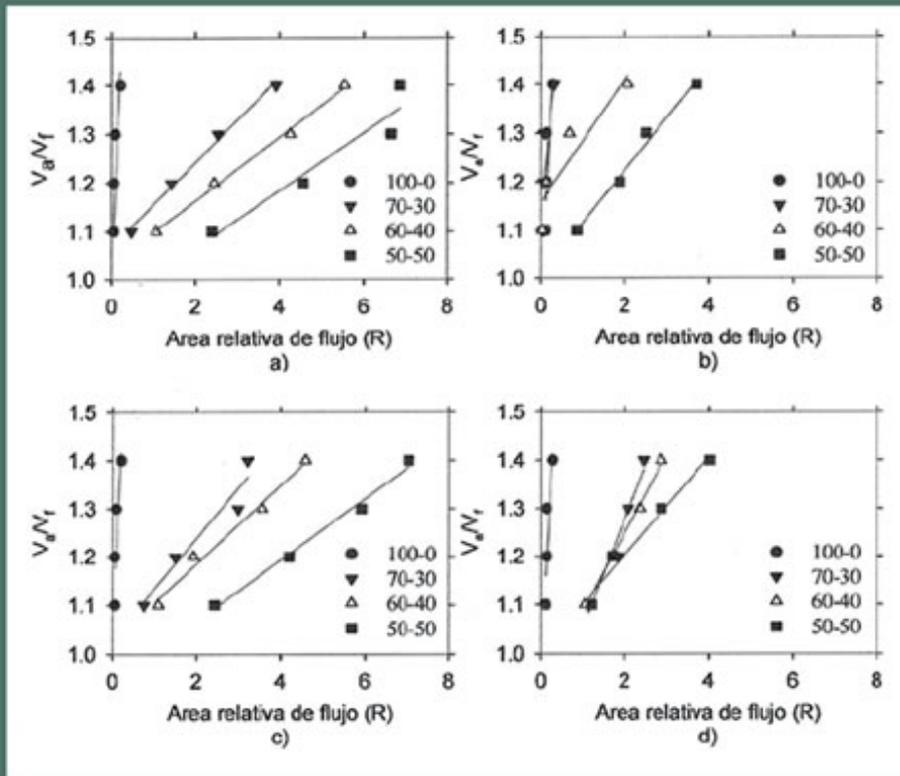
Primero se obtuvo simplemente cortando el nopal en pequeñas piezas que se mezclaron con agua potable en diferentes proporciones en peso, dejándolas reposar a temperatura ambiente durante algunos días.

El segundo extracto se obtuvo mediante la cocción de las piezas cortadas de nopal para acelerar el proceso de extracción del mucílago. Una vez que la solución estuvo a temperatura ambiente, se monitoreó la viscosidad de la solución durante varios días empleando un viscosímetro. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 1, e indican un incremento gradual de la viscosidad en la solución con extracto obtenido por el primer método —reposo a temperatura ambiente— entre el segundo y tercer día, debido a la liberación de mucílago de las piezas de nopal, que incrementa la concentración de la solución. Se puede observar que entre el tercer y cuarto día la solución empezó a descomponerse y la viscosidad disminuyó aproximadamente hasta un 50%. A este tiempo la solución tuvo un olor desagradable. En el caso de la extracción por medio de cocción, se observó que la viscosidad se conserva casi constante por lo menos durante 5 días. Las viscosidades máximas obtenidas con ambas formas de extracción son similares.

## Figura 2

Área relativa para pastas con diferentes relaciones agua/finos (a/f) en volumen. Los incisos a) y c) corresponden a pastas conteniendo polvo de caliza y ceniza volante, respectivamente, elaboradas con agua, y b) y d) a pastas conteniendo polvo de caliza

respectivamente, elaboradas con agua, y b), c) y d) pastas conteniendo polvo de caliza y ceniza volante, respectivamente, elaboradas con solución de extracto de nopal.



Posteriormente se estudió la viscosidad de pastas de cemento a diferentes relaciones agua/finos en volumen con y sin extracto de nopal. En estas se reemplazó cemento por polvo de caliza y ceniza volante al 0%, 30%, 40% y 50% en peso con el fin de disminuir el costo del material cementante. La Figura 2 muestra los resultados del área relativa de flujo en las pastas, la cual fue determinada de acuerdo al método usado por otros investigadores<sup>17</sup>. En esta prueba se utilizó un cono llenado con pasta; después de retirarlo se midió el diámetro de la pasta deformada por efectos de peso propio.

Puede observarse la efectividad del extracto de nopal para incrementar la viscosidad de la pasta, lo cual se refleja en una reducción del área relativa de flujo. En algunas pruebas la adición de superplastificante base policarboxilato a las pastas dentro del rango recomendado por el fabricante, causó un incremento proporcional del área relativa del flujo, indicando su compatibilidad con el extracto de nopal.

Finalmente, se utilizó una solución de extracto de nopal en proporción agua/nopal (a/n) igual a 1 como agente modificador de viscosidad en una mezcla de concreto autoconsolidable. Los resultados mostraron su efectividad para incrementar la viscosidad de la pasta y eliminar la segregación del concreto.

Con base en los resultados alentadores del uso del extracto como AMV, se elaboraron dos mezclas de mortero con relación a/c en peso de 0.35. La mezcla control contenía sólo agua, mientras que la otra tuvo 100% de solución de extracto de nopal relación a/n igual a 1. Se fabricaron cubos de 50 mm por lado en triplicado para determinar la resistencia a la compresión a 28 y 56 días, los cuales fueron curados en

húmedo por uno y siete días y después mantenidos en un ambiente a 38°C y 40% de humedad relativa. También se colaron cubos para realizar pruebas de absorción capilar. Los resultados de resistencia a la compresión indicaron un incremento de aproximadamente 16% en los especímenes que contienen extracto de nopal a 28 y 56 días comparados con los especímenes control.

Anteriormente se ha observado un incremento aproximado del 12% en la resistencia a la compresión en morteros conteniendo extracto de nopal comparado con el mortero control a una edad de 90 días y utilizando una solución menos concentrada (una parte de agua y tres de nopal)<sup>6</sup>.

Con respecto a la capacidad para absorber agua de los morteros, se observó que el curado húmedo de mortero conteniendo extracto de nopal por un día produce un mortero más impermeable comparado con la mezcla control.

Esto indica que la capacidad del extracto para retener agua 1-6 contribuye a lograr un mayor grado de hidratación del mortero aun con un periodo corto de curado.

Sin embargo, si el periodo de curado se incrementa a siete días, la absorción es similar para los especímenes preparados con ambas mezclas, debido a que en ambos casos existe humedad suficiente para hidratar el cemento y el extracto no produce una diferencia apreciable.

### Un gran potencial

Existen alrededor de 120 países en el mundo que producen alrededor de 1 500 millones de toneladas de cemento al año. México produce alrededor de 38 millones de toneladas en todos sus tipos. Si sólo en México se fabrica un cemento “verde” en donde se coloque este producto maravilloso para mejorar las propiedades físicas de materiales base cemento en los porcentajes obtenidos en los estudios previos 9-10, se necesitaría producir 350 mil toneladas de nopal deshidratado para cubrir la demanda. Se sabe que un 10% del peso del nopal verde se transforma en nopal deshidratado con todo y fibra, por lo que se necesitaría diez veces más en peso de nopal verde para producirse el aditivo para cubrir la producción total de los cementos mexicanos (unas 3,5 millones de toneladas de nopal verde). Se estima que el volumen comercial de nopal como producto alimenticio es de aproximadamente 0,5 millones de toneladas al año con una superficie de cultivo de sólo 10,400 has en 18 estados de México, que apenas alcanza un 6% de la superficie que puede ser utilizada para este caso<sup>18</sup>.

Imaginemos el poder reinventar el uso de esta materia prima que pudiera fomentar el sector agroindustrial en gran medida, e inclusive exportar los productos obtenidos en este trabajo para las fabricas cementeras de todo el mundo. Tenemos a la mano de obra calificada para su cultivo y la tierra idónea para que la planta sea cultivada. Hacen falta canales de producción, distribución y comercialización para que este producto vegetal llegue a convertirse de un proceso meramente artesanal a uno más industrializable. Así, no se tendría que continuar con un programa paternalista de apoyo al campo y se le ayudaría al campesino para convertirse en pequeños inversionistas y vender sus productos al mejor postor.

Figura 3

Mezcla de concreto autoconsolidable conteniendo ceniza volante tipo F. a) Mezcla control. Nótese la segregación de los constituyentes (pasta de cemento alrededor del círculo). b) Mezcla estabilizada conteniendo solución de extracto de nopal que sustituyó el 100% del agua de mezclado.





### Comentarios finales

Es sabido lo extenso de las aplicaciones industriales que los cactus mexicanos, y en especial el nopal, poseen 1-5. Se cree de la existencia de otras aplicaciones dentro de la industria de la construcción para que los cactus mexicanos puedan ser industrializados; como por ejemplo los impermeabilizantes y las pinturas<sup>1</sup>. Otras aplicaciones más sofisticadas se están implementando en otros países como la obtención de biopolímeros para la industria aero-espacial<sup>19</sup>.

Actualmente, investigadores del CIIDIR trabajan en métodos alternativos para mejorar el proceso de extracción y preservación del mucílago para la eventual industrialización del mismo. Hasta el momento se ha preservado la solución de extracto por más de 9 meses y también se ha obtenido en polvo a través de la precipitación y deshidratación del mismo.

En colaboración con la ESIQIE-IPN se está caracterizando la microestructura de pastas y la resistencia mecánica de concreto conteniendo extracto de nopal<sup>20</sup>, así como el secado, absorción de agua y la resistencia a la penetración de cloruros en concreto<sup>21</sup>. Además, se realizan trabajos enfocados al estudio de las propiedades reológicas de soluciones de mucílago, pastas de cemento y morteros conteniendo diferentes adiciones minerales, aditivos químicos y extracto de nopal. Por su parte, el grupo de la UMQ está investigando cómo el extracto de cactus mejora la durabilidad de metales en concretos<sup>22-23</sup> y en soluciones alcalinas simulando el agua del poro del concretos <sup>24</sup> para apoyar la idea que funcionan como inhibidores de corrosión.

### Referencias

1. C. Saenz, E. Sepúlveda, and B. Matsuhiro, "Opuntia spp Mucilage's: A functional component with industrial perspectives," en *Journal of Arid Environments*, 57, 2004, p. 275.
2. M.H. Bishop, and V.M. Funkhouser, "A consideration of the ethnobotany of nopal (Opuntia Spp) and conservation implications", en WAAC Annual Meeting, Western Association of Art Conservation, September, 21, 1998.
3. L. Torres-Montes, M., Reyes-García, J. Gazzola y S. Gómez, "Analysis of stucco floors from the citadel of the archeological zone of Teotihuacán, Mexico", en *Materials Research Symposium Proceedings*, Materials Research Society, Paper No. OO6.1, 2005, 1.
4. A. Cárdenas, W.M. Arguelles, and F.M. Goycoolea, "On the possible role of Opuntia Ficus Indica mucilage in lime mortar performance in the protection of historical buildings", en *Journal of the professional Association for Cactus Development*, 3, 1998, 64.
5. F.M. Goycoolea, and A. Cárdenas, "Pectins from Opuntia spp: A short review", en *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 5 (2003) 17.
6. S. Chandra, L. Eklund, and R.R. Villarreal, "Use of cactus in mortars and concrete," *Cement and concrete research*, 28 (1998) 41.
7. J.B. Hernández-Zaragoza, and G.R. Serrano- Gutiérrez, "Use of nopal in the construction industry", en *Proceedings IX Mexican and VII International Congress on Knowledge and Use of Nopal*, 2003, 286.
8. A.A. Torres-Acosta y M. Martínez-Madrid, "Mortar improvements from Opuntia Ficus Indica (Nopal) and Aloe Vera Additions," *Inter American Conference on Non-Conventional Materials and Technologies in Ecological and Sustainable Construction (IAC-NOCMAT) 2005*, Rio de Janeiro, Brazil, 11-15 November, ISBN 85-98073-06-7.
9. R.M. Martínez, "Adiciones de nopal y sábila deshidratado en mortero", tesis de licenciatura en ingeniería civil (Director: Torres Acosta A A ) Universidad Marista de Querétam. Santiago de Querétam. Querétam. diciembre. 2005

Acosta A.A., Universidad Marista de Querétaro, Santiago de Querétaro, Querétaro, diciembre, 2007.

10. C. Celis Mendoza, "Mejora en la durabilidad de materiales base cemento utilizando adiciones deshidratadas de dos cactáceas", tesis de licenciatura en ingeniería civil (Director: Torres Acosta A.A.), Universidad Marista de Querétaro, Santiago de Querétaro, Querétaro, diciembre, 2007.
11. H. Okamura, "Self-compacting high performance concrete", en Concrete International, American Concrete Institute, 19 (2007) 50.
12. R. Sebastien, A. Jean and P. Jean. "Effects of different viscosity agents on the properties of self-levelling concrete", en Cement and Concrete Research, 29, 1999, 261.
13. M. Lachemi, K.M.A. Hossain, V. Lambros, P. C. Nkinamubanzi, and N. Bouzabaa, "Performance of new viscosity modifying admixtures in enhancing the rheological properties of cement paste", Cement and Concrete Research, 34, 2004, 185.
14. M. Saric-Coric, K. H. Khayat, and A. Tagnit-Hamou, "Performance characteristics of cement grouts made with various combinations of high range water reducer and cellulose-based viscosity modifier", Cement and Concrete Research, 34, 2003, 185.
15. P. F. de J. Cano-Barrita, R. M. Alcántara Hernández, D. Chávez Valenzuela, S. Ruiz García, H. Álvarez Soto, H. Z. López Calvo, "Extracto de nopal como agente modificador de viscosidad para concreto autoconsolidable". (Artículo enviado a la revista Ingeniería, Investigación y Tecnología, de la UNAM, 2006).
16. S. Ruiz García, "Concreto autoconsolidante para climas calidos utilizando una solución de extracto de nopal y polvo de caliza", tesis de maestría en Ciencias en Ingeniería de la Construcción (Director: P. F. de J. Cano Barrita), Instituto Tecnológico de Oaxaca, 2005.
17. P. Domone, and C. Hsi-Wen, "Testing of binders for high performance concrete", Cement and Concrete Research, 27, 1997, 1141.
18. C.A. Flores Valdez, J.M. de Luna Esquivel, P.P. Ramírez Moreno, "Mercado mundial del nopalito," ASERCA, Universidad Autónoma Chapingo, diciembre 1995.
19. M. E. Malainine, M. Mahrouz, A. Dufresne, "Thermoplastic composites based on cellulose microfibrils from Opuntia Ficus Indica parenchyma cell," Composite Science and Technology, 65, 2005, pp. 1520-1526.
20. S. Ramírez Arellanes, "Determinación de las propiedades mecánicas y microestructurales del concreto conteniendo mucilago de nopal como aditivo natural", maestría en Conservación y aprovechamiento de los recursos naturales, (Directores: P.F. de J. Cano Barrita y Carlos Gómez Yáñez), CIIDIR IPN Oaxaca, en proceso.
21. F. Julián Caballero, "Secado, absorción de agua y difusión de cloruros en concreto conteniendo extracto de nopal", maestría en Conservación y aprovechamiento de los recursos naturales, CIIDIR IPN Oaxaca, en proceso.
22. A.A. Torres-Acosta, M. Martínez-Madrid, D.C. Loveday, and M.R. Silsbee, "Nopal and Aloe Vera Additions in Concrete: Electrochemical Behavior of the Reinforcing Steel", Paper # 05269 NACE CORROSION/2005 Symposium New Developments in the Protection of Steel in Concrete, April 3 to 7, Houston, Texas; USA.
23. A. Pérez Gallardo, "Adiciones de nopal en concreto y su efecto en la corrosión del acero ante cloruros," tesis de licenciatura en Ingeniería Civil, (Director: Torres Acosta A.A.), Universidad Marista de Querétaro, Santiago de Querétaro, Querétaro, en proceso.
24. A.A. Torres Acosta, "Opuntia Ficus Indica (Nopal) Mucilage as a steel corrosion inhibitor in alkaline media," Journal of applied electrochemistry, 2007, en prensa.

### Temas relacionados

#### analisec

Pruebas no destructivas del concreto

Para conservar la tersura

Construyendo verde con concreto gris

Tecnología de punta y voluntad de servicio

Los vientos del cambio del concreto

Nanotecnología

Las pruebas de cilindros de concreto

Demolición y reciclaje del concreto y la mampostería

**AVANCES EN TECNOLOGÍA DEL CONCRETO**

### Su opinión

#### **Artículo Las Bondades del Nopal**

- MALO
- REGULAR
- BUENO

Votar



# Un combustible de primera

Juan Fernando González G.

Cada año —de acuerdo con datos conservadores de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)— se producen en México seis millones de toneladas de residuos industriales, la mayoría de los cuales no son reusados o tratados de acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, vigente en México desde 2004.



◀◀ Página 1 de 1 ▶▶

Afortunadamente hay empresas que se preocupan por mitigar los efectos del problema de los residuos. Una de ellas es Ecoltec —filial de Holcim Apasco— que trabaja en el área del coprocesamiento, definido como la integración ambientalmente segura de los residuos generados por una industria o fuente conocida, como insumo a otro proceso productivo; puede aplicarse tanto a materiales sólidos como líquidos. Este procedimiento contribuye notablemente a la reducción del impacto ambiental producido por las diferentes industrias que usan combustibles durante el desarrollo de sus actividades.

El ingeniero Carlos Juárez Larios —gerente de Comunicación de Ecoltec— charló para CyT y explicó los detalles en torno a los residuos industriales y su aplicación para generar una gran parte de la energía requerida en los hornos usados para la fabricación del cemento, lo cual repercute en el cuidado del medio ambiente.

## Cambio de combustible

La industria cementera es intensiva en cuanto al uso de la energía, dice Juárez Larios, porque “se necesita mucho combustible para alcanzar las temperaturas tan altas que se manejan en nuestro proceso de elaboración del cemento; los combustibles usados durante mucho tiempo fueron el combustóleo, gas y últimamente el coque de petróleo (producto residual de elevado contenido en carbono)”.

“Por todo esto fue que Holcim empezó a buscar la manera de usar o captar energía de otros lugares con el fin de reducir el uso de estos combustibles, toda vez que los costos son altos y, sobre todo, porque son recursos naturales no renovables. Al tratar de cuidar ambos aspectos se descubrió que los residuos podrían generar gran parte del poder calorífico que requerimos”.

Ecoltec nace en 1993 como una pequeña empresa cuyo fin era tratar de recuperar energía de ciertos materiales no tan complicados, dice el miembro de Holcim Apasco, “como son las llantas de desecho o el

aceite usado; pero, a través del tiempo fuimos desarrollando una infraestructura para poder recibir una mayor cantidad de residuos que contengan esta energía y usarla como combustible alternativo en el proceso de elaboración de cemento.

elaboración de cemento.

En este negocio se tiene un enfoque interesante pues estamos relacionados con lo que se conoce 'desarrollo sustentable', el cual habla de un desempeño económico o una rentabilidad, que es lo que busca Holcim al reducir el costo de sus energéticos. Se trata de ser competitivo o no dejarlo de ser, pero al mismo tiempo ver los beneficios ambientales que se genera a la sociedad. Al manejar los residuos de una manera sustentable colaboramos para que haya menos desechos en tiraderos, ríos, o lagunas. Por otro lado, dejas de utilizar combustibles tradicionales con lo que puedes alargar y preservar estos recursos naturales que en algún momento de la vida del planeta se van a terminar", asevera.

### Condiciones

Ecoltec ofrece soluciones ambientales a través de un servicio profesional y especializado en el manejo integral de residuos, y para hacerlo de manera adecuada obviamente requerimos tener una infraestructura para todos los controles y análisis de los desechos que recibimos, dice el entrevistado. "Debemos tener gente especializada que conozca el proceso de materiales; gente enfocada a la industria química. Pero también necesitamos conocer lo relacionado con los permisos y autorizaciones de la autoridad. La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos marca que aquel que genera o contamina paga, por lo que el industrial es responsable de buscar la mejor alternativa para que los residuos que generó fueran dispuestos, por eso precisamente es que nosotros cobramos". Fuera de eso, podemos recibir cualquier tipo de residuos industriales, aceite usado, estopas, grasas, sólidos impregnados con hidrocarburos, plásticos, recortes de perforación, líquidos, solventes, natas de pintura. Realmente son residuos industriales genéricos al que le damos un valor a través de su disposición en el horno de cemento. Sin embargo, Ecoltec no acepta los materiales con los ojos cerrados porque éstos deben cumplir con tres condicionantes:

### Predicar con el ejemplo

- La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente le ha otorgado el certificado de industria limpia a tres de las plantas de Ecoltec: Apaxco, Tecomán y Orizaba.
- Certificación ISO 9001:2000, planta Apaxco y Tecomán.
- Certificación ISO 14001:2004, planta Tecomán.
- Durante 2005 y 2006, Holcim Apasco recibió varios reconocimientos en los rubros de Responsabilidad Social, Medio Ambiente y Seguridad y Salud ocupacional que respaldan sus acciones relacionadas con el Desarrollo Sustentable, entre ellos se cuentan: Empresa Socialmente Responsable por siete años consecutivos que otorga el Centro Mexicano de la Filantropía (CEMEFI); Reconocimiento al Reporte de Gases Efecto Invernadero de la SEMARNAT; Reconocimiento Excelencia a la seguridad de CANACEM, otorgado a las plantas de cemento Acapulco, Apaxco y Orizaba, entre otros.

- Que no pongan en riesgo la integridad ni la salud de sus colaboradores. Por eso es que, por ejemplo, no reciben residuos biológicos infecciosos provenientes de los hospitales.
- Que los materiales que reciben para su coprocesamiento no afecten el medio ambiente, porque se busca una solución integral que ofrezca beneficios económicos, sociales y ambientales.
- Que no pongan en riesgo la calidad de sus productos porque, finalmente, Holcim Apasco es una empresa que produce y comercializa cemento y no se permite arriesgar la imagen de la compañía a nivel mundial por haber utilizado materiales que no fueran compatibles con el proceso.

### Mercado inabarcable

Resulta complicado conocer las cifras precisas en torno a los residuos industriales que se generan en el país, pero se estima que el 60 por ciento de ellos no reciben ningún tratamiento, es decir, son enviados a tiraderos, ríos o lagunas, con el consecuente deterioro ambiental que ello implica. Es por ello que surge la pregunta en torno a la infraestructura de Ecoltec y su capacidad para atender la demanda existente. El ingeniero Juárez Larios lo resume así: "Ecoltec cuenta con una infraestructura a nivel nacional, tiene seis plantas para realizar lo que es la preparación y formulación de estos residuos y, posteriormente, coprocesarlos en los hornos de cemento. Las plantas están en Acapulco, Macuspana, Tabasco, en Apaxco, Edmex, Orizaba, Veracruz, Tecomán, Colima y en Bama, Arizona, Coahuila. Adicionalmente, cuenta con

Ecomex, Orizaba, Veracruz, Tecoman, Colima y en Ramos Arizpe, Coahuila. Adicionalmente, cuenta con cuatro centros de acopio o transferencia que sirven para hacer llegar a estas plantas residuos provenientes de otras localidades.

La capacidad instalada que ofrecemos es de 600 mil toneladas al año para ser coprocesados en los hornos de cemento, que es un porcentaje bajo de la generación total de residuos que se estima en aproximadamente seis millones de toneladas anuales. Se trata, como se ve, de uno de los problemas ambientales más graves que tenemos en México y es así por varios aspectos: "No hay suficiente infraestructura para manejarlos, y a ello hay que sumar que muchos de los residuos que se generan no son enviados a las alternativas ambientalmente más sustentables; es urgente que todo el mundo optimice sus procesos para generar menos desechos, y después ver cuáles residuos pueden ser reciclados o reusados. Hay que seguir una ruta y cumplir con la normatividad para que los productos que no pueden ser reciclados se dirijan al nivel de coprocesamiento, y si no califican a la incineración o que se degraden mediante tratamientos físicos y químicos, quedando al final el confinamiento.

El problema en México es que muchos generadores o industriales se van directamente a la etapa del confinamiento, que es más económica pero menos sustentable ambientalmente hablando. Los residuos no se envían a la alternativa adecuada, sino a la más barata".

### **¿Cuál es el cliente más importante de Ecoltec?**

"Uno de los principales es Pemex, que nos envía los residuos que genera por los recortes de perforación de sus pozos petroleros. Ellos tienen la obligación de enviar los residuos a las mejores alternativas y nosotros somos una de las mejores alternativas.

El problema no radica en las empresas grandes ni en aquellas que son de clase mundial, porque ellas se preocupan por este tipo de aspectos normalmente, tienen departamentos ambientales y responsabilidad social, el problema se encuentra en las medianas y pequeñas que no tienen ni la conciencia ni la infraestructura para asegurar y pagar para que sus residuos vayan a una alternativa adecuada.

### **¿Qué le diría a quienes creen que la industria cementera es una gran generadora de contaminantes?**

"En principio, que no somos el sector que más contamina en México, eso es falso. La industria cementera en general ha avanzado mucho en los últimos años en relación con la mejoría y eficiencia de estos procesos. De hecho, este sector fue el primero en obtener en todas sus plantas, el certificado de industria limpia que otorga la PROFEPA derivado de las auditorías voluntarias que se solicitan a la dependencia. Tenemos, como grupo, procesos muy eficientes en relación al control de las emisiones de gases y polvo a la atmósfera. En el caso específico de Ecoltec tenemos una gran ventaja: pertenecemos al grupo suizo Holcim, que tiene presencia en más de 70 países y más de 30 años desarrollando esta práctica de coprocesamiento en países como Bélgica, Francia, Inglaterra y Alemania, países que son muy avanzados en conceptos ambientales".

## **Más allá del cemento**

- Como parte integral de sus acciones a favor del medio ambiente, Holcim Apasco apoya actividades

relacionadas con la preservación de la fauna en peligro de extinción:

- En Colima, encabeza el Patronato Vida Silvestre A.C., dedicado a preservar la tortuga marina.
- En Acapulco, en unión con la SEMARNAT, a través de una Unidad de Manejo Ambiental (UMA), trabajan para preservar a la iguana verde. Producto de este esfuerzo se ha logrado que el 64% de los

### **¿Tienen informes sobre la reducción de contaminantes?**

"Hemos reducido de manera importante nuestras emisiones de CO2 a la atmósfera. Nuestra meta para el año 2010 es hacerlo en 20 por ciento con respecto

a 1990, fecha que la adoptamos como una referencia.

Holcim y Ecoltec siempre estamos interesados en desarrollar nuevos conceptos ambientales, reducir nuestras emisiones y tratar las explotaciones de nuestras canteras de forma sustentable, por lo que tenemos programas de reforestación muy intensivos con la finalidad de rehabilitar estas canteras que fueron explotadas para materia prima y que hoy día

huevos de iguana verde incubados sobrevivan. El iguanario de Holcim Apasco ha recibido más de tres mil visitantes en los últimos dos años, convirtiéndose en un lugar que apoya la educación ambiental de los guerrerenses.

- En el campamento tortugario “El Chupadero”, localizado en Tecomán, Colima, de 1998 al 2006 se han localizado más de 10 mil nidos de tortuga y se han liberado alrededor de un millón de crías.
- Grupo Holcim y la Unión Mundial para la Conservación (IUCN) firmaron, a principios del 2007, un acuerdo de cooperación para trabajar en equipo en temas relacionados con la conservación del ecosistema y la biodiversidad.

tengan que volver a la normalidad en cuanto a su vegetación”.

### Proyecciones

Juárez Larios asegura que Ecoltec se ha consolidado como la empresa líder en el manejo de residuos industriales en México, “no solamente hablando en comparación con la industria cementera sino a nivel general, en relación con otras empresas que ofrecen confinamiento o tratamientos físicos químicos. Somos los líderes toda vez que nuestros competidores en el área del cemento no tienen empresas tan estructuradas para manejar los residuos; realmente la única cementera que tiene algo similar a nosotros es Cemex; las demás empresas del ramo lo hacen de

manera directa, es decir, ellos mismos gestionan sus residuos y los integran directamente a su horno de cemento.

La gran diferencia es que nosotros, antes de alimentar nuestro horno con los residuos, por medio de bandas o por alguna maquinaria especial como lo hacen las otras cementeras, tenemos instalaciones de preparación o preproceso, en las que recibimos los residuos y antes de mandarlos a la planta de cemento directamente formulamos un combustible alterno para cuidar la homogeneización de nuestros hornos y no afectar la calidad. Esta infraestructura de preparación y comercialización de residuos sólo la tiene Ecoltec.

**Temas relacionados**

**Su opinión**

### Artículo Un combustible de primera

- BUENO
- MALO
- REGULAR

Votar

[Hacia un Concreto Ecológico](#)

[La construcción y los aspectos ambientales](#)

[Cemex 100 años construyendo](#)

[Festeja Cemex 100 años](#)



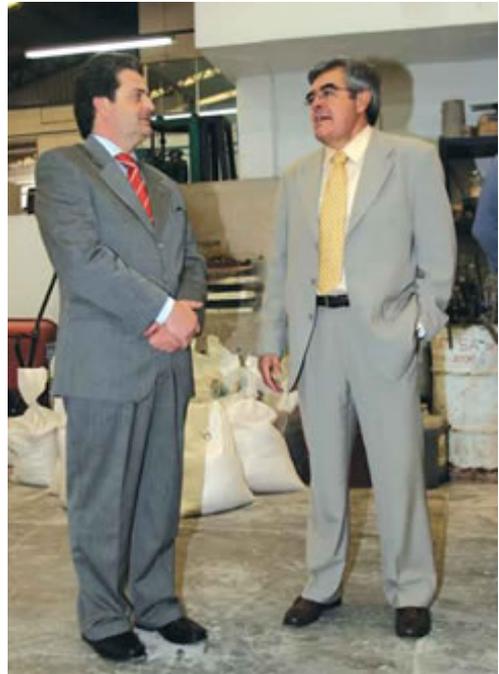
## Una gran visita

*Gregorio B. Mendoza  
Fotos: Jorge Romero*

A fines de agosto, el IMCYC recibió a Holcim Apasco en los laboratorios del área técnica del Instituto, ubicados en la colonia Escandón del Distrito Federal.

El evento, dirigido por el director del IMCYC, el ing. Daniel Dámazo Juárez, tuvo como objetivo dar a conocer los logros y posibilidades de avance-beneficio que se esperan con esta importante alianza estratégica.

En el evento se contó con la participación de miembros del IMCYC presididos por el lic. Jorge L. Sánchez Laparade. Por parte de Holcim Apasco estuvieron presentes: José Ricardo Pérez Schulz, director de Clientes Especializados; Martín Cevallos, gerente del Centro Tecnológico del Concreto, así como Emilio Zamudio, Reynaldo Cisneros, Alberto Sáenz, Jorge Javier Martínez, Carlos Gómez Toledo y Carlos Ibarra.



principal imprimir enviar a galería de su agregar a  
un amigo imágenes opinión favoritos

◀◀ Página 1 de 1 ▶▶

El presidente del IMCYC, Jorge L. Sánchez Laparade, al tomar la palabra destacó que el IMCYC es una asociación civil respaldada por la industria del concreto que busca promover la utilización óptima del cemento y del concreto para satisfacer las necesidades del mercado con calidad: “Trabajamos de la mano con las autoridades y usuarios, para tener una función de gestores, para especificar y promover los productos, además de trabajar con los asociados, calculistas y diseñadores de forma integral porque el IMCYC habla entre otras cosas sobre tecnología del concreto. Por ello creo que esta fusión es muy positiva y que todos los miembros del instituto son parte fundamental para lograr los objetivos mutuos.”

Dándoles la bienvenida exhortó a Holcim Apasco a hacer uso de todos los servicios con que pueden disponer como son el laboratorio de cemento, de concreto y de metrología, ya que con ello —agregó— esta empresa cementera podrá reducir costos directos e incrementar la calidad tecnológica de sus productos.

Por su parte Ricardo Pérez Schulz comentó sentir un gran agradecimiento por el recibimiento dado y destacó que para Holcim Apasco es muy interesante poder reincorporarse al IMCYC después de tantos años, puesto que creen que en esta nueva etapa se podrá interactuar muy bien entre las dos instituciones

bajo un punto importante que será entender el objetivo y las actividades del IMCYC para tomar el camino y aprovechar esta afiliación.

Recordó que Holcim es una empresa de clase mundial comprometida con el desarrollo de México: dedicada

recuerdo que Holcim es una empresa de clase mundial comprometida con el desarrollo de México, dedicada a la producción y comercialización de cemento, concreto premezclado y agregados para la construcción. Subrayó que actualmente la empresa se encuentra en una situación privilegiada al contar con alrededor de 3700 colaboradores directos que constituyen la base de su éxito: su producción se calcula en 11.3 millones de toneladas anuales instaladas. Durante el 2006, se reportó un volumen de ventas de aproximadamente 7 millones de toneladas de cemento, su infraestructura física la respaldan seis plantas productoras, 23 centros de distribución, cinco plantas de agregados, un centro tecnológico del concreto, y cuatro terminales marítimas.

Al finalizar la ceremonia los asistentes realizaron un recorrido por las instalaciones con lo cual los nuevos aliados tuvieron la oportunidad de conocer directamente lo que en breve se convertirá en parte medular de sus avances tecnológicos.

#### **Temas relacionados**

#### **Su opinión**

#### **Consideraciones para un buen curado**

#### **10, la constructora perfecta**

#### **De bandas, bombas y tractocamiones**

#### **México y la construcción industrializada**

#### **Nervi y el arte de la "construcción correcta"**

#### **México y la construcción industrializada**

#### **Curado del concreto fresco**

#### **Preparando superficies para recubrimientos**

#### **Situación de la industria de la construcción**

#### **Alta tecnología para estructuras de concreto bajo el agua**

#### **Artículo Una gran visita**

- BUENO  
 REGULAR  
 MALO

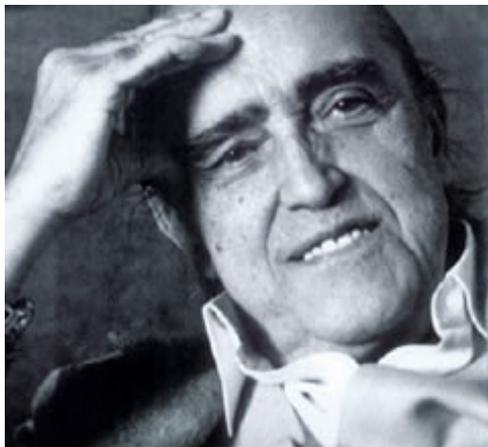
Votar

1 2 [\[ siguiente >> \]](#)

## Concretando un siglo de vida

Gregorio B. Mendoza

(Con información de la Fundación Óscar Niemeyer)



El 15 de diciembre próximo el arquitecto brasileño de mayor influencia contemporánea, Óscar Niemeyer, celebrará —si se lo permite la vida misma— un siglo de estar en este mundo.

Los festejos ya comienzan a organizarse y los medios especializados retoman con fuerza los fundamentos de su trabajo para revalorarlos y exponerlos ante las nuevas generaciones de jóvenes que aspiran a desarrollar una arquitectura de carácter escultórico.

Las intervenciones de este personaje han abarcado el ámbito arquitectónico y urbanístico, aunque claramente su reconocimiento internacional se multiplicó a partir de la creación de la ciudad de Brasilia —realizada en coautoría con su amigo Lucio Costa— a fines de 1950, generando de esta forma una importante pauta dada la concepción plástica de proyectos contemporáneos como la Plaza de los Tres Poderes, la sede de la Secretaría General de las Naciones Unidas en Nueva York o el recién terminado teatro popular de Niteroi, entre otras obras valiosas en países como Francia y Argelia.



principal imprimir enviar a su agregar a  
un amigo opinión favoritos

◀◀ Página 1 de 1 ▶▶

Su trayectoria personal ha soslayado seguir caminos rectos y fáciles. Él mismo lo expresa al referir su modo de vida: “creo en una vida llena de curvas, llena de sensualidad y de riesgos; me exijo vivir a pleno; ser modesto y siempre pensar en los que sufren”. Esto último lo ha llevado a asumir una postura socio-política no menos importante; actualmente Niemeyer apoya a la izquierdista agrupación campesina Movimiento de los Trabajadores Rurales Sin Tierra (MST), a la que describe como “el único movimiento importante en Brasil” y, sentencia que para él “la vida es más importante que la creación de arquitectura, puesto que la arquitectura no mejora la vida de los pobres”.

Hoy, este maestro del concreto —quien fuera galardonado con el Premio Pritzker en 1988— sigue pregonando el amor que siente por este material el cual —en su opinión— le brinda la oportunidad de ser absolutamente libre con su creatividad. “El contenido plástico del concreto armado es tan fantástico que en él se encuentra el camino a seguir de mis obras, siempre buscaré sorprender con nuevas creaciones que generen formas diferentes: no es ninguna coincidencia que las curvas de concreto que persiguen mis obras asemejen formas femeninas y sorprendan. La sorpresa es la clave de todo arte”.

---

**Artículo Concretando un siglo de vida**

- BUENO
- MALO
- REGULAR

Votar