

CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGÍA

**EN**

**CONCRETO**

Julio 2014

Volumen 4  
Número 4

WWW.REVISTACYT.COM.MX



# El Toreo prefabricado



\$50.00

ISSN 0187-7895  
Una publicación del  
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.

**ARQUITECTURA**

CONTINUIDAD  
EN CONCRETO

**ESPECIAL**

TALENTO  
A PRUEBA

**QUIÉN Y DÓNDE**

MAGNÍFICO, EL PRESENTE Y EL  
FUTURO DE LA PREFABRICACIÓN

# SERVICIOS IMCYC

*Un mundo de soluciones  
en concreto*



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

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



**COMPROMETIDOS**  
con la calidad y el ambiente

**ISO 9001:2008**  
**ISO 14001:2004**

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

**Soluciones de calidad,  
integrales e innovadoras**  
en productos químicos  
para **su construcción**



**ADITIVOS PARA CONCRETO**



**IMPERMEABILIZANTES**



**MORTEROS REPARADORES**



**SELLADORES Y RELLENOS DE JUNTAS**



**RECUBRIMIENTOS INDUSTRIALES**



**GROUTS CEMENTICIOS Y EPÓXICOS**



**ADHESIVOS Y PUENTES DE ADHERENCIA**



**TRATAMIENTOS DE MUROS**



**DENSIFICADORES LÍQUIDOS Y SELLADORES  
DE PENETRACIÓN**



**FIBRAS ESTRUCTURALES**



**EUCLID CHEMICAL**

An **RPM** Company



QUIÉN Y DÓNDE

56



ESTADOS

52



ESPECIAL CONCURSO

40

2 EDITORIAL

6 BUZÓN

8 NOTICIAS

- Seminario Técnico de las "Nuevas Tecnologías en aditivos para concreto".
- Premio Nacional de Ingeniería Civil a José Calavera Ruiz.
- Nueva pintura Comex.

12 POSIBILIDADES DEL CONCRETO

- **Adiciones:**  
Concreto con alto volumen de ceniza volante. Revisión bibliográfica (Parte II).
- **Construcciones antiguas:**  
Teorías acerca de las construcciones de los Incas.
- **Novedades en concreto:**  
Sustitución de puentes por deslizamiento de una estructura previamente prefabricada.
- **Aditivos:**  
Aditivos químicos para mezcla semi-seca de concreto prefabricado (Parte I).



PORTADA

# El Toreo prefabricado



16



30

TECNOLOGÍA



ARQUITECTURA

34



- 22** INGENIERÍA  
Torre Al Hamra: Esplendor de la ingeniería y la arquitectura.
- 26** VOZ DEL EXPERTO  
Hacia una construcción industrializada y sustentable con prefabricados de concreto.
- 30** TECNOLOGÍA  
Muros estructurales prefabricados Tilt-up para naves industriales (Parte I).
- 34** ARQUITECTURA  
Continuidad en concreto.
- 40** ESPECIAL CONCURSO  
Talento a prueba.
- 46** INTERNACIONAL  
Los prefabricados llevados al límite: El Hotel T30 de China.
- 52** ESTADOS  
Precolados definen la perfección.
- 56** QUIÉN Y DÓNDE  
Carlos Galicia: Magnífico, el presente y el futuro de la prefabricación.
- 62** APPS - CONCRETO VIRTUAL - MI OBRA
- 63** PROBLEMAS, CAUSAS Y SOLUCIONES  
Norma Mexicana NMX - C - 132 - ONNCCE - 2010: Industria de la construcción - Cemento hidráulico - Determinación del fraguado falso del cemento hidráulico (método de pasta).
- 68** PUNTO DE FUGA  
Residencia prefabricada: Casa Hemeroscopium.

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

f /Cyt imcyc

t @Cement\_concrete



Escanee el código para ver material exclusivo en nuestro portal.

#### Cómo usar el Código QR

La inclusión de software que lee Códigos QR en teléfonos móviles, ha permitido nuevos usos orientados al consumidor, que se manifiestan en comodidades como el dejar de tener que introducir datos de forma manual en los teléfonos. Las direcciones y los URLs se están volviendo cada vez más comunes en revistas y anuncios.

Algunas de las aplicaciones lectoras de estos códigos son *ScanLife Barcode* y *Lector QR*, entre otros. Lo invitamos a descargar alguna de éstas a su *smartphone* o *tablet* para darle seguimiento a nuestros artículos en nuestro portal.



INSTITUTO MEXICANO  
DEL CEMENTO Y DEL  
CONCRETO, A.C.

#### CONSEJO DIRECTIVO

Presidente

Lic. Jorge L. Sánchez Laparade

Vicepresidentes

Lic. Juan Rodrigo Castro Luna

Ing. Daniel Méndez de la Peña

Lic. Pedro Carranza Andresen

Secretario

Lic. Roberto J. Sánchez Dávalos

#### INSTITUTO

Director General

M. en C. Daniel Dámazo Juárez

Gerencia Administrativa

Lic. Ignacio Osorio Santiago

Gerencia de Difusión  
y Promoción

M. en A. Soledad Moliné Venanzi

Gerencia de Enseñanza

M en I. Donato Figueroa Gallo

Gerencia Técnica

Ing. Luis García Chowell

#### REVISTA

Editor

M. en A. Soledad Moliné Venanzi

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

Arte y Diseño

David Román Cerón

Inés López Martínez

Rodrigo Morales

Dante López

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

Colaboradores

Juan Fernando González,

Isaura González Gottdiener,

Gregorio B. Mendoza,

Raquel Ochoa,

Antonieta Valtierra

Eduardo Vidaud

Fotografía

a&s photo/graphics y

Gregorio B. Mendoza

Comercialización

Lic. Adriana Villeda Rodríguez

(55) 5322 5740 Ext. 273

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

Lic. Renato Moysén

(55) 5322 5740 Ext. 216

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



Circulación Certificada por:  
PricewaterhouseCoopers México.

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

# LOS PREFABRICADOS COMO UN SISTEMA CONSTRUCTIVO DE VANGUARDIA

# E

**L DESARROLLO ACTUAL** de las grandes urbes y su constante necesidad de expansión y crecimiento requiere antes que nada de sistemas constructivos no solamente de alta calidad, eficacia y rapidez, sino que además se ajusten a los tiempos de la misma ciudad y permitan continuar con el flujo de actividades y dinámicas de quienes la habitan.

Por lo anterior, hemos decidido dedicar el tema de portada a uno de los sistemas constructivos más versátiles y de calidad con que se cuenta hoy en día, la prefabricación. Su origen puede remontarse al siglo XVI, con Leonardo da Vinci, aunque fue hasta 1889, cuando aparecía en EEUU la primera patente de edificio prefabricado mediante módulos tridimensionales en forma de "cajón" apilable, ideada por Edward T. Potter.

Un ejemplo claro de las posibilidades de este sistema es la magna obra que se está realizando en el Toreo de Cuatro Caminos, un espacio que por muchos años se intentó revitalizar sin éxito, pero que con el actual proyecto, proporcionará de grandes beneficios, empleos e infraestructura a la zona aledaña al nuevo Polanco.

En nuestro afán de ilustrar los beneficios y bondades de los prefabricados de concreto, la sección de QUIÉN Y DÓNDE presenta una entrevista con el Ing. Carlos Galicia, donde se plasman algunas de sus tendencias y sus múltiples aplicaciones. Por ejemplo, en cuanto a la infraestructura industrial, la sección de TECNOLOGÍA nos presenta un panorama claro de como los prefabricados y el sistema Tilt-up son una solución idónea para la construcción de naves industriales en varios Estados de la República .

Otras de las autoridades en el tema es el Ing. Alejandro López Vidal quien representa a ANDECE, la Asociación Española de la Industria del Prefabricado de Concreto, y nos explica la relevancia y beneficios sustentables del prefabricado. Presentamos también algunos de los proyectos más reconocidos a nivel internacional por su uso de este ágil y versátil sistema constructivo como son la obra galardonada en China: el Hotel T30, la Plaza Cívica de Monterrey, entre otros proyectos donde los prefabricados se han destacado por su belleza, adaptabilidad y sustentabilidad.

Finalmente, presentamos una reseña del muy concurrido y exitoso **4° Concurso Nacional de Mezclas de Concreto** organizado por IMCYC, como cada año el entusiasmo y dedicación de los participantes fue patente en los reñidos resultados. Deseamos agradecer a cada una de las universidades por su esfuerzo, dedicación y desempeño. ¡Los esperamos de nueva cuenta en el 2015! **C**

**Los editores**

Acero de calidad para  
la realización de tus proyectos.



Nuestros productos cumplen con las normas nacionales y extranjeras vigentes, garantizando la calidad y seguridad de tus obras.

Varilla  
corrugada



Varilla  
habilitada



Perfil IR



Ángulo LI



Solera SOL



Canal CE



Perfil TR



Cuadrado CS



Redondo OS



Ángulo LD



**GO GERDAU CORSA**

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



## > Comentarios

*"Primero que nada me permito felicitarles por tan buena revista, gracias por compartir sus artículos. Saludos".*

**José Ferreol Z.**

*"¡Hola!. Acabo de acceder por primera vez a su revista electrónica y quisiera hacerles llegar todo mi reconocimiento por tan interesantes artículos. Gracias por ser una tan importante referencia para los ingenieros".*

**Javier Luckie.**

*Sr. Director:*

*"Me ha gustado mucho su revista ya que aporta una visión distinta del ingeniero de cara al exterior. Felicidades por sus atinadas secciones y merecido reconocimiento al Ing. Zambrano".*

**Lucía G. (Zaragoza, España).**

*"Quiero felicitar al equipo de esta gran revista que va tomando forma en cada nuevo número, reconozco su gran trabajo ya que el resultado es fantástico. Enhorabuena".*

**Jessica Ancona Reyes.**

*"El motivo de este correo es para felicitarlos por la espléndida revista que realizan. Su contenido es excelente. Son temas de actualidad. ¡Les deseo mucho éxito!".*

**Ing. Jorge Chávez T.**

### RESPUESTA:

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



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

### IMCYC ES MIEMBRO DE:

 American Concrete Institute	 Asociación Nacional de Compañías de Supervisión, A.C.	 Comisión Nacional del Agua	 Instituto Tecnológico de la Construcción.
 American Concrete Institute Sección Centro y Sur de México	 Asociación Nacional de Industriales del Presfuerzo y la Prefabricación	 Comisión Nacional de Vivienda	 Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.
 American Concrete Institute Sección Noroeste de México A.C.	 Asociación Nacional de Industriales de Vigüeta Pretensada, A.C.	 Consejo de La Comunicación	 Precast/Prestressed Concrete Institute.
 American Concrete Pavement Association	 Asociación de Fabricantes de Tubos de Concreto, A.C.	 Federación Mexicana de Colegios de Ingenieros Civiles, A.C.	 Post-Tensioning Institute.
 Asociación Mexicana de Concreteros Independientes, A.C.	 Cámara Nacional del Cemento	 Fundación de la Industria de la Construcción	 Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C.
 Asociación Mexicana de la Industria del Concreto Premezclado, A.C.	 Cámara Nacional de la Industria de Desarrollo y Promoción de Vivienda	 Fédération Internationale de la Précontrainte.	 Secretaría de Comunicaciones y Transportes
 Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres, A.C.	 Colegio de Ingenieros Civiles de México	 Federación Interamericana del Cemento	 Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica
 Asociación Nacional de Laboratorios Independientes al Servicio de la Construcción, A.C.	 Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción	 Formación e Investigación en Infraestructura para el Desarrollo de México, A.C.	 Instituto Mexicano del Edificio Inteligente, A.C.

Construcción y Tecnología en Concreto. Volumen 4, Número 4, Julio 2014, es una publicación mensual editada por el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., ubicado en Insurgentes Sur 1846, Col. Florida, Delegación Álvaro Obregón, C.P. 01030, tel. 5322 5740, [www.imcyc.com](http://www.imcyc.com), correo electrónico para comentarios y/o suscripciones: [smoline@mail.imcyc.com](mailto:smoline@mail.imcyc.com). Editor responsable: M. en A. Soledad Moliné Venanzi. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2010-040710394800-102, ISSN: 0187 - 7895, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. Certificado de Licitud de Título y Contenido No. 15230 ante la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Distribuidor: Correos de México PP09-1855. Impreso por: Prerensa Digital, S.A. de C.V., Caravaggio 30, Col. Mixcoac, México, D.F. Tel.: 5611 9653. Este número se terminó de imprimir el día 30 de Junio de 2014, con un tiraje de 10,000 ejemplares.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. (IMCYC).

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

**ESTA REVISTA SE IMPRIME EN PAPEL SUSTENTABLE**



# SOMOS MÁS DE LO QUE IMAGINAS



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



SELLADORES  
Y RESANADORES

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

Henkel

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

ADHESIVOS PARA  
CONCRETOS

AUXILIARES Y ADITIVOS  
PARA CONCRETOS

GROUTS Y  
ANCLAJES

TRATAMIENTOS  
PARA SUPERFICIES

REPARADORES

IMPERMEABILIZANTES

## ✓ Seminario Técnico de las “Nuevas tecnologías en aditivos para concreto”

**SILKROAD C & T EMPRESA** líder en materiales de la construcción, especializada en químicos para aditivos de concreto, realizó un Seminario Técnico sobre las “Nuevas Tecnologías en Aditivos para Concreto”, el pasado 22 de Mayo en Centro Banamex, con la finalidad de dar a conocer su marca, productos y servicios.

El evento, fue presidido por el C.E.O. de Silkroad C&T Cha Cheol Yong, el cual hizo una presentación de su empresa y los grandes proyectos que han realizado a lo largo del tiempo con sus productos; de la misma manera se tuvo un invitado de honor el Ing. Carlos Uriel de la Rosa (ICA) el cual compartió sus conocimientos en la materia de aditivos de concreto de última generación, presentado proyectos que se han realizado y la importancia en utilizar el material adecuado para ellos.

La empresa Coreana se estableció en 1990 teniendo un gran éxito y aceptación de sus productos para llegar a tener el reconocimiento como empresa de Clase Mundial 300 por el Gobierno de Corea, cuenta con 22 patentes registradas y 4 patentes en trámite. Hoy en día abre su mercado en México introduciendo productos de primera calidad enfocándose en aditivos de tercera generación Policarboxilatos (PCE).



Algunas de las grandes obras donde se utilizó los productos de la empresa:

- Puente de Geoga en Corea, el cual incluye 3.7 km de túnel de tubo sumergido en el mar.
- Puente de Incheon en Corea ( 18.4 km de longitud).
- Torre Hanoi Landmark, Vietnam.(336 metros de altura)
- Estadio de Futbol Turk Telekom , Istambul, Turkia. **C**

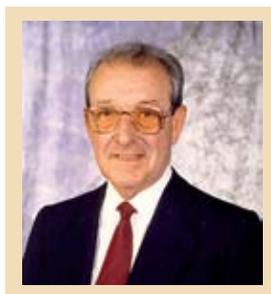


# Premio Nacional de Ingeniería Civil a José Calavera Ruiz

**A TRAVÉS DEL** jurado del premio Nacional de Ingeniería Civil, designado por la ministra de Fomento, Ana Pastor, y presidido por el secretario de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda, Rafael Catalá, el pasado viernes 30 de mayo se otorgó el **Premio Nacional de Ingeniería Civil 2014** al Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos e Ingeniero Técnico de Obras Públicas José Calavera Ruiz.

El premio se le otorga en reconocimiento a su larga y fructífera trayectoria profesional, iniciada en 1958 como ejecutor del proyecto y dirección de obra de numerosas estructuras singulares e instalaciones industriales.

José Calavera Ruiz, nacido en Melilla en 1931, fundador de la empresa INTEMAC (Instituto Técnico de Materiales y Construcciones), de la que en la actualidad es Presidente de Honor. El doctor José Calavera es una figura muy reconocida en el campo de las estructuras, del hormigón armado y pretensado, la prefabricación y la edificación, dentro y fuera de España, lo que le ha hecho merecedor de numerosas distinciones y premios recibidos a lo largo de su fructífera carrera



profesional. Entre sus proyectos más destacados figuran el Teleférico de Fuente-De (Cantabria), las cubiertas espaciales del Pabellón de Deportes del Real Madrid, la fábrica de cervezas Mahou (Madrid) y el Mercado Nacional de Ganado de Torrelavega; así como numerosas instalaciones industriales.

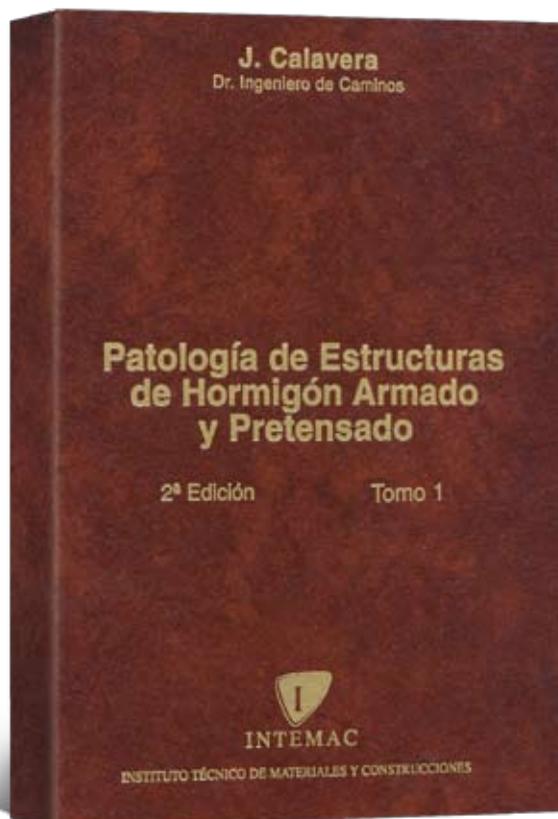
Catedrático Emérito de la Cátedra de Edificación y Prefabricación en la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, en la que operó una profunda renovación. Escritor de numerosas publicaciones, entre las que destacan las relativas al cálculo de estructuras, al hormigón armado y pretensado, y a la prefabricación, se han convertido en referentes para la práctica profesional en el campo de la edificación.

José Calavera, gran humanista siempre preocupado por la historia de la ingeniería, los textos científicos y sus protagonistas ha sabido transmitir a muchas generaciones de ingenieros no solo sus conocimientos, sino también el espíritu investigador y de superación.

El IMCYC se complace en enviarle las más sinceras felicitaciones por tan distinguido y merecido reconocimiento, así como toda nuestra admiración por tan brillante trayectoria. **C**

Adquiera su obra en:  
<http://tienda.imcyc.com.mx/tiendaimcyc/dep02.asp>

Contacto:  
**Michael López**  
Tel: (55) 5322 5740, Ext. 210  
[mlopez@mail.imcyc.com](mailto:mlopez@mail.imcyc.com)





## Nueva pintura Comex

**COMEX LANZA** a la venta nueva *pintura a base de agua para pizarrón*, con la que se podrán crear áreas de expresión y creatividad. Además de transformar paredes, tiene adherencia sobre diversos materiales y convierte simples accesorios en detalles personalizados. Dicha pintura podrá ser utilizada en paredes, mesas, escritorios, cajones, bancos, entre otros muebles para hacer dibujos, escribir o dejar

mensajes con gises.

Te recomendamos hacerlo sobre:

- Barro y cerámica en macetas, platos o tazas.
- Metal en loncheras, sillas y mesas.
- Vidrio en copas y floreros.
- Madera en puertas, muebles, letreros.

El objetivo es que todos en la familia se sientan libres de escribir o dibujar sus emociones. Comex pone a tu disposición una amplia oferta de colores, misma que podrás consultar en la página: <http://www.comex.com.mx/pizarron-hogar> **C**



### CALENDARIO DE ACTIVIDADES

Julio de 2014

Nombre  
Fechas  
Lugar  
Contacto  
Teléfono  
Mail  
Páginas web

#### SUPERVISOR ESPECIALIZADO EN OBRAS DE CONCRETO

1-3 Julio 2014.  
Auditorio IMCYC.  
Verónica Andrade.  
(55) 5322 5740, ext. 230.  
cursos@mail.imcyc.com  
www.imcyc.com

Nombre  
Fechas  
Lugar  
Contacto  
Teléfono  
Mail  
Páginas web

#### TECNOLOGÍA DEL CONCRETO

16-17 julio 2014.  
Auditorio IMCYC.  
Verónica Andrade.  
Tel.: (55) 5322 5740, ext. 230.  
cursos@mail.imcyc.com  
www.imcyc.com

Nombre  
Fechas  
Lugar  
Contacto  
Teléfono  
Mail  
Páginas web

#### TÉCNICO PARA PRUEBAS AL CONCRETO EN LA OBRA. GRADO I

Fechas: 23-24 julio 2014.  
Auditorio IMCYC.  
Verónica Andrade.  
(55) 5322 5740, ext. 230.  
cursos@mail.imcyc.com  
www.imcyc.com

Nombre  
Fechas  
Lugar  
Teléfono  
Mail  
Páginas web

#### EXPO SOLUCIONES EN CEMENTO Y CONCRETO

29-31 Julio 2014.  
Centro de Convenciones de Puebla.  
(55) 5874 5887.  
edificare.angelica@gmail.com  
www.expoedificarepuebla.com

Nombre  
Fechas  
Lugar  
Teléfono  
Mail  
Páginas web

#### SOLUCIONES EN EDIFICACIÓN SUSTENTABLE

29-31 Julio 2014.  
Centro de Convenciones de Puebla.  
(55) 5874 5887  
edificare.angelica@gmail.com  
www.expoedificarepuebla.com

Nombre  
Fechas  
Lugar  
Teléfono  
Mail  
Páginas web

#### EXPO EDIFICARE

29-31 Julio 2014.  
Centro de Convenciones de Puebla.  
(55) 5874 5887  
edificare.angelica@gmail.com  
www.expoedificarepuebla.com

Nombre  
Fechas  
Lugar  
Contacto  
Teléfono  
Mail  
Páginas web

#### TÉCNICO Y EL ACABADOR DE SUPERFICIES PLANAS DE CONCRETO

31 julio 2014.  
Auditorio IMCYC.  
Verónica Andrade.  
(55) 5322 5740, ext. 230.  
cursos@mail.imcyc.com  
www.imcyc.com

**Integramos Beneficios**



**Ingeniería Confiable,  
Creativa y Conciliada**

**Tecnología en  
Concreto**

**Industrialización  
y Limpieza**

**Servicio y Cobertura  
Nacional**

**Adaptabilidad**

**Creamos soluciones  
a sus ideas  
de infraestructura**



**Parque Toreo**  
140,000m<sup>2</sup> de estructura prefabricada de concreto.  
Columnas de hasta 39m de longitud



**Plantas fijas y móviles.**

Constituyentes #1070, 4to piso Col. Lomas Altas  
México, D.F., CP. 11950  
Tel. (55)1500-8585 01800-2-itisa-2

**ventasitisa@itisa.com.mx**  
**www.itisa.com.mx**



**Eduardo de J. Vidaud Quintana**

Ingeniero Civil/Maestría en Ingeniería.

Su correo electrónico es: [evidaud@mail.imcyc.com](mailto:evidaud@mail.imcyc.com)



## ADICIONES

# Concreto con alto volumen de ceniza volante (Parte II)

**E** L EMPLEO DE LA Ceniza Volante (FA por sus siglas en inglés) en Concretos de Alto Desempeño (CAD) ha sido tratado por diferentes autores.

Igualmente se conoce que todas las FA no tienen las mismas propiedades, dependiendo de las características de la fuente de origen y del momento en que se obtienen; pues muchas veces al obtenerla de una misma fuente, pero en momentos diferentes pueden variarse las propiedades de esta adición mineral. Esta razón limita, como es lógico, la aplicación de resultados disponibles de FA de un contexto a otro; por lo que es importante estudiar el efecto de contenidos diferentes de FA con diversas propiedades, en las distintas calidades de concreto.

La ceniza volante comúnmente se utiliza en concreto como puzolana. Las puzolanas son materiales silíceos o silíceo-aluminosos, que finamente molidos y en presencia de agua, reaccionan con el hidróxido de calcio a temperatura normal, produciendo compuestos cementicios. La forma esférica y la distribución del tamaño de las partículas de FA mejoran la fluidez, reduciendo la demanda de agua en la mezcla y contribuyendo al aumento de la resistencia del concreto a largo plazo.

El empleo de FA en concretos de alta resistencia y alto desempeño ha sido muy estudiado. Naik y otros colaboradores publicaron en 1989 el resultado del aumento de resistencia del concreto de un 23 % y un 38 % a los 28 y 56 días respectivamente; con una sustitución del 40 % de cemento por FA. También Raju y colaboradores en 1994 expusieron el logro de una resistencia característica de 45 MPa a los 28 días con una relación agua-cemento (a/c) de 0.4, utilizando el mismo reemplazo del 40 % de cemento por FA.

A partir de ahí, los beneficios de la incorporación de FA en el concreto se han demostrado en un sinnúmero de proyectos de construcción de carreteras y puentes; variando según el tipo de FA, la proporción utilizada

y otros componentes de la mezcla, el procedimiento de mezclado, y las condiciones de vertido. La Asociación Americana del Carbón declaró en 1995 algunos de los beneficios del empleo del FA en el concreto, entre los que pueden citarse: mayor resistencia a la compresión; mejoría en la trabajabilidad; reducción del sangrado, del calor de hidratación y de la permeabilidad; incremento de la resistencia ante el ataque de sulfatos; reducción de costos; reducción de la contracción y aumento de la durabilidad.

La dosificación del FA en el concreto para fines comerciales suele limitarse a una magnitud de entre 15 y 20% por masa de material cementante total; sin embargo, este pequeño porcentaje es beneficioso para lograr una adecuada trabajabilidad y economía; pero no mejora la durabilidad de forma considerable.

Respalda la literatura que para mejorar la durabilidad del concreto se necesita mayor cantidad de FA, mayor al 25%; tal concreto es el denominado Concreto con Alto Volumen de FA (HVFC). Malhotra en 1999 aseguró que, a partir de consideraciones teóricas y de la experiencia práctica, pueden lograrse mezclas sustentables de CAD con un reemplazo del 50% o más del cemento por FA. Estas mezclas resultan en una mayor trabajabilidad, resistencia a la compresión y durabilidad.

Sin embargo, para lograr estas propiedades en los HVFC es necesario el uso de aditivos superplastificantes (agentes reductores de agua). Con estos aditivos, los concretos con relaciones a/c tan bajas como 0.2, podrían ser mezclas trabajables que lograrían tener más de 80 MPa a los 28 días de resistencia a la compresión.

Estudios similares fueron desarrollados por Raju en 1991, y Bhanumathidas y Kalidas en 2002. Estos últimos se centraron en la incorporación de materiales cementantes complementarios como FA, escorias, humo de sílice y cáscara de arroz a la mezcla de concreto. **C**

### REFERENCIAS:

Aggarwal V., Gupta S. M., Sachdeva S. N., "CONCRETE DURABILITY. Through High Volume Fly Ash Concrete (HVFC) A Literature review", Revista Internacional de Ciencias de la Ingeniería y la Tecnología, Vol. 2 (9), 2010, 4473-4477.



## CONSTRUCCIONES ANTIGUAS

# Teorías acerca de las construcciones de los Incas

**E**N EL VALLE SAGRADO del sitio de Ollantaytambo permanecen muchos bloques de ryolita sin terminar. Fueron recolectadas de avalanchas de rocas a 2.17 millas de distancia, a través del río Urubamba. ¿Cómo estas enormes piedras pudieron ser extraídas, transportadas, acabadas y colocadas en el lugar? La falta de información histórica escrita nos obliga a descubrirlo haciendo uso de la observación, la comparación y la experimentación.

Los incas no extraían las rocas de canteras como hoy se hace; sino que buscaban desprendimientos de estos bloques de piedra que se adaptasen a sus propósitos. A menudo, los bloques en bruto se fueron formando parcialmente en la cantera o durante su transportación. La colocación final y el acabado de las piedras se hacía ya en el sitio de trabajo.

Este trabajo con las piedras en bruto se logró mediante dos técnicas principales. En la base de la rampa que conduce al Templo del Sol en Ollantaytambo se encuentran varios edificios abandonados; en uno de los cuales pueden verse pequeños agujeros hechos en un sendero natural en el que se vieron obligados a ubicar las cuñas para fraccionar las piedras.

El otro método para trabajar las piedras era simplemente tallar una franja alrededor de la piedra hasta que la parte no deseada se desprendiera. Este método funcionaba para cualquier área de la piedra y no necesariamente se basaba en una fisura natural.

El transporte de los grandes bloques en Ollantaytambo se realizaba desde la zona de extracción, lo que hacían arrastrándolos por el suelo del valle, sobre el río Urubamba, y hasta el lugar del Templo.

Como se mencionó anteriormente, hoy existen varias piedras grandes situadas en la base de una gran rampa que conduce al templo, que se les denomina "piedras cansadas". Según puede evidenciarse de otras piedras que han quedado en el campo, estos

bloques fueron arrastrados sobre una cama preparada de adoquines. Vincent Lee, arquitecto, arqueólogo y explorador especialista en el tema, tiene algunas hipótesis acerca del método con el que los incas conseguían trasladarlos por la empinada rampa, y llevarlos al sitio.

La preparación y configuración de las piedras para las famosas construcciones Incas no se conocen de la historia escrita con exactitud. Ninguno de los métodos de los albañiles de entonces, ha sobrevivido hasta nuestros días y por ello se han propuesto muchas teorías.

La teoría mejor aceptada sobre cómo los Incas daban acabado a las piedras era mediante la utilización de otras piedras como martillo hasta darles forma. Grandes martillos de piedra eran utilizados para simular rugosidad en los bloques, así como piedras pequeñas para terminar y suavizar los bloques. Ensayos de prueba han demostrado que este es un método viable para la reproducción de la obra de los albañiles Incas.

La configuración de los bloques presenta un problema obvio. Las piedras son enormes y muchas pesan varias toneladas. El traslado y montaje debía ser entonces un proceso eficiente y sencillo. Existen muchas teorías acerca de cómo esto se llevó a cabo. Nuevamente Vincent Lee ha propuesto una solución razonable que no se basa en intervenciones alienígenas espaciales.

Lee propuso un proceso que no está lejos de ser el método utilizado por los leñadores para construir sus cabañas de madera. Esencialmente una piedra debía ser maniobrada en el lugar por encima de la colocación prevista. Luego, la piedra podía ser descrita con la forma exacta de colocación y rebajada en el sitio. El Arq. Lee ha desarrollado un método para sostener las piedras en su lugar por encima de su ubicación final; sus ideas parecen funcionar bien al haber descubierto pequeñas protuberancias y concavidades en la base de muchas piedras. **C**

### REFERENCIAS:

[http://www.webpages.uidaho.edu/arch499/nonwest/inca/construction\\_theories.htm](http://www.webpages.uidaho.edu/arch499/nonwest/inca/construction_theories.htm), "Inca Architecture. Construction Theories", visita 26 Agosto, 2013.



## NOVEDADES EN CONCRETO

# Sustitución de puentes por deslizamiento de una estructura previamente prefabricada

**E**L DEPARTAMENTO de Transporte de Michigan en los Estados Unidos (MDOT) está probando una nueva forma de reemplazar puentes existentes sin causar retrasos en el tráfico durante la construcción de nuevas estructuras; se trata del reemplazamiento de la estructura de un puente construido, por una nueva estructura construida a su lado, que posteriormente se coloca en su posición de proyecto mediante un simple deslizamiento.

El método de "slide bridge" o "puente deslizado" se realizará durante éste año en un puente sobre una carretera Interestatal de Lowell, en los Estados Unidos. El viaducto estará fuera de servicio durante mucho menos tiempo, que el comúnmente utilizado cuando se usan técnicas convencionales; la nueva estructura se construirá en el lado oeste de la carretera necesitándose de una subestructura temporal durante la construcción. Luego de que el puente antiguo haya sido completamente demolido y la nueva subestructura permanente se haya construido, entonces la superestructura será deslizada a su lugar de proyecto.

Básicamente, se trata de "construir el nuevo puente junto al ya existente y luego demoler el viejo" dijo un portavoz de MDOT. También señaló, "es como si el nuevo puente se construyera sobre patines". Como antes se comentó, el propósito fundamental es reducir considerablemente el tiempo en que el puente permanecerá fuera de servicio, con una evidente reducción de la afectación al tráfico. De acuerdo a esto el puente original seguirá en operación mientras el nuevo se construye,

prácticamente hasta antes de que este sea deslizado a la posición de proyecto.

En el caso del proyecto de referencia, la estructura existente tiene 4 claros, pero se tiene la intención de ampliarla unos 10 metros para dar cabida a dos carriles adicionales, que serán carriles para giro a la izquierda, esencialmente.

La idea provoca incertidumbre en el equipo de especialistas involucrados; es novedosa y prometedora en sus beneficios, considerando el bajo impacto que la construcción significará para el tránsito por el puente.

"La razón por la que estamos arrastrando el puente es básicamente debido a los grandes impactos que se logran con el intercambio", dijo el portavoz de MDOT. "Nos hemos dado cuenta de que si tuviéramos que construirlo y demoler el puente existente, no habría viabilidades que puedan utilizarse como alternativa". Es un proyecto con el que se prevé reducir al mínimo todo tipo de inconvenientes e impacto negativo en el tráfico.

Este año MDOT también proyecta un puente empleando "slide bridge" para reemplazar el puente 131 sobre Mile Road 3 en el Condado de Mecosta, al norte de Howard City. Por otra parte, funcionarios de transporte de Kentucky utilizaron esta misma técnica en el año 2013, en la sustitución de la estructura de un puente sobre el río Ohio, que conecta Milton (Kentucky) y Madison (Indiana) en Nevada. También fue utilizado en el año 2012 sobre la Interestatal 15 en Mesquite, entre Las Vegas y Salt Lake City, y en Iowa en el puente de Massena en la carretera 92 en el condado de Cass County. **C**



### REFERENCIAS:

Adaptado de: "How MDOT will use dish soap to help replace I-96, U.S. 131 bridges". Febrero 2014.

[http://www.mlive.com/news/grand-rapids/index.ssf/2014/01/how\\_mdot\\_will\\_use\\_dish\\_soap\\_to.html](http://www.mlive.com/news/grand-rapids/index.ssf/2014/01/how_mdot_will_use_dish_soap_to.html).

"Michigan using 'bridge slide' for overpass project". Febrero 2014.

<http://finance.commerce.com/2014/01/michigan-using-bridge-slide-for-overpass-project/#ixzz2zREDAbvc>  
"MDOT discusses bridge slide method at last Lowell Township public meeting". Febrero 2014. Mayo 2014.

<http://lowellbuyersguide.com/mdot-discusses-bridge-slide-method-at-last-lowell-township-public-meeting-p1623-1.htm>



## ADITIVOS

# Aditivos químicos para mezcla semiseca de concreto prefabricado (Parte I)

**N**O CABE DUDA que el desarrollo de la tecnología del concreto y de los aditivos químicos, ha permitido un avance considerable a nivel mundial en la industria de los prefabricados elaborados a base de mezclas semisecas.

Al igual que en el resto de la industria del concreto, los aditivos químicos juegan un papel fundamental en la tecnología y producción del concreto semiseco. Los aditivos especialmente desarrollados para la elaboración de las mezclas de consistencia semiseca usada en prefabricados, mejoran diferentes aspectos muy importantes tanto para el productor como para el usuario final, resultando en una mejor calidad y en una producción más económica.

Se presenta en este escrito el efecto de aditivos especialmente desarrollados para estas mezclas empleadas en prefabricados, mostrando su influencia en los parámetros más importantes; tanto para el productor como para el usuario final. El propósito fundamental se radica en mostrar evidencias de que con los aditivos se logra un gran número de mejoras en la producción de los elementos; resultando en una mejor calidad y en una producción más económica.

El concreto semiseco, como su nombre lo indica, se caracteriza por tener una consistencia muy seca, sin valor de revenimiento en el cono de Abrams; se fabrica con agregado fino de tamaño máximo entre 8 y 10 mm, y un bajo contenido de pasta de cemento. Entre otras de las características generales del concreto semiseco pueden citarse: aspecto granular, requerimientos de compactación intensa, y sensibilidad a la deshidratación.

Es un material utilizado en la manufactura de productos de concreto asociados con un desmolde instantáneo, es decir, el concreto semiseco debe tener la capacidad para mantener su forma y dimensiones sin estar en su molde, inmediatamente después de aplicada la compactación.

Se utiliza para fabricar diversos tipos de elementos prefabricados, entre ellos: adoquines para pavimentos, bloques para edificaciones, tuberías y cámaras de alcantarillado, tejas para cubiertas, jardineras, soleras, entre otros. Particularidades de este tipo de productos son: la compactación por vibro-compresión, la facilidad de desmolde, el mantener su forma una vez compactado, la presencia frecuente de eflorescencia, la variación en intensidad de color y la durabilidad a largo plazo.

La calidad del producto manufacturado con concreto semiseco es influenciada por diferentes factores propios de esta tecnología; tanto el proceso de producción como el manejo de la tecnología del concreto juegan un papel preponderante en el resultado final. Los materiales están sujetos a variaciones, lo cual lleva a mayores costos por rechazos o productos de segunda clase, además de que una mezcla ineficiente lleva a un consumo innecesario de cemento así como a grandes márgenes de seguridad. Asimismo, una calidad insuficiente se traduce en reclamos de los clientes.

Los principales factores que afectan la calidad son: la tecnología de producción, la tecnología del concreto, la densidad de la mezcla, el tiempo de compactación, la eflorescencia y los factores que afectan el color.

Respecto a los factores que afectan el color se pueden referir entre otros: la relación agua-cemento, que cuanto mayor sea más claro es el tono resultante; el tipo de cemento (la mezcla adquiere la tonalidad según el tono del cemento), la temperatura de almacenamiento, al respecto considera la literatura especializada que es más claro en verano. Otros posibles factores son los aditivos especiales, que suelen resaltar el color, el contenido de cemento y la textura de la superficie; en general a mayor contenido de cemento, más pigmentación para igual porcentaje de pigmento y en lo que respecta a la textura, se refiere que esta afecta la reflexión de la luz. **C**

### REFERENCIAS:

De la Peña B., "Aditivos químicos para concreto de prefabricados de mezcla semiseca", publicado en XV Jornadas Chilenas del Hormigón, Octubre del 2005.

# El toreo prefabricado



Gregorio B. Mendoza

[www.facebook.com/Cyt.imcyc](https://www.facebook.com/Cyt.imcyc)

[@Cement\\_concrete](https://twitter.com/Cement_concrete)

Fotografías: Cortesía ITISA



## ESPACIO CON HISTORIA

El Toreo de Cuatro Caminos fue un emblemático recinto de convivencia social para los capitalinos y habitantes de la zona norte del Estado de México. Localizado en el municipio de Naucalpan, su construcción tuvo origen cuando Don Armando Bernal adquirió en la década de los 40 la antigua plaza de toros de la Condesa para dar paso a lo que hoy en día es el Palacio de Hierro Durango (colonia Condesa). El recinto se construyó intentando su reubicación y comenzó a ser utilizado como plaza de toros, fue ampliada, techada y dotada de un ruedo que mediante una compleja mecánica debió haberse movido, lo cual nunca sucedió.

Con el tiempo, la mancha urbana lo rodeó y en los 60 se construyó el Boulevard Manuel Ávila Camacho (Anillo Periférico). Al paso de los años, este espacio siempre inacabado, la presencia del campo militar, la llegada en los 70 de la terminal del Sistema de Transporte Colectivo Metro y su gigantesca estación de transferencia, hizo que el deterioro de la zona aledaña al recinto se hiciera más notorio. El



declive continuó durante casi tres décadas, con intentos esporádicos de los dueños o de empresarios externos para revitalizar el inmueble. Uno de los ejemplos más claros fue la propuesta de construir un centro comercial dentro del domo, proyecto del arquitecto Juan José Díaz Infante que nunca llegó a buen fin.

La ciudad continuó su extensión y los predios se hacían más escasos, iniciándose una tendencia inédita de adquisición y demolición de inmuebles en uso para sustituirlos por desarrollos más modernos y





## 10 razones para usar prefabricados Andece

eficientes. A esta inercia inevitable se sumó todo este predio y por lo tanto, al concluir la primera década de este siglo se consolidó su adquisición por parte de Grupo Danhos con la finalidad de albergar uno de los proyectos inmobiliarios más importantes de los últimos años, El Toreo.

Esta zona vio así la gran oportunidad de transformarse por su localización y vincularse a zonas estratégicas del Estado de México y del Distrito Federal, por ejemplo al nuevo Polanco. Adicionalmente, con las nuevas vialidades realizadas en segundos pisos permitían que zonas más alejadas como el Pedregal de San Ángel en el sur o Cuautitlán Izcalli en el norte, pudieran llegar a este sector en tan sólo 20 minutos, con lo que el proyecto competirá de manera muy favorable con centros comerciales urbanos en colonias, que aunque de altos ingresos, presentan niveles de congestión significativos.

El predio con una superficie de 27,000 m<sup>2</sup> sería un nuevo polo de desarrollo comercial que acorde con los tiempos actuales permite una mejora sustanciosa de su entorno, el diseño urbano arquitectónico recaería en la figura del despacho Sordo Madaleno Arquitectos, el cual es encabezado por el arquitecto Javier Sordo Madaleno, heredero y conocedor de una larga lista de proyectos de esta naturaleza.

### PREFABRICADOS A ESCENA

Como se sabe, ITISA se ha convertido en uno de los grandes referentes de la industria de la construcción y muy específicamente del sector de los prefabricados. Hoy en día su participación en obras de gran envergadura sigue creciendo y no se reduce al campo de la ingeniería, por el contrario en años recientes el sector del diseño arquitectónico ha encontrado en esta empresa un gran aliado para dar soluciones de gran calidad y nivel constructivo a todo tipo de propuestas.

En el caso de El Toreo, la empresa formó parte de un concurso de licitación para adquirir el contrato como proveedor

#### **1. Construcción Industrializada**

Productos a medida fabricados en plantas industriales.

#### **2. Mínimo tiempo de ejecución**

Montaje en obra que permite mayor agilidad en la ejecución.

#### **3. Seguridad en su construcción y uso**

Resistencia garantizada desde la salida de la planta y a lo largo de toda la vida del producto.

#### **4. Durabilidad**

Control de materias primas y acabados que posibilita la máxima durabilidad de los productos.

#### **5. Máxima resistencia: estructural, al fuego**

Conservación de todas sus características de resistencia incluso en situaciones adversas, por ejemplo, en incendios.

#### **6. Aislante acústico y térmico**

Mejora del aislamiento acústico y optimización energética mediante la masa térmica.

#### **7. Excelente relación coste/beneficio**

Reducción de tareas en todo el proceso de la construcción que redonda en un mejor balance entre la inversión y sus beneficios.

#### **8. Calidad controlada**

Calidad del producto avalada por la empresa e independiente de la ejecución.

#### **9. Versatilidad y diseño**

Adaptación a cualquier necesidad técnica o de diseño y alta competitividad en productos seriadados.

#### **10. Sostenible**

Óptimo control de impactos ambientales, sociales y económicos tanto durante la construcción como durante el uso posterior.

de los elementos estructurales en dos de sus sectores de relevancia, el centro comercial y el estacionamiento, la primera fase de este desarrollo que en un futuro se complementará con un sector de oficinas y viviendas, así como un hotel.

*Construcción y Tecnología en Concreto* conversó con el ingeniero Rafael Diez Gutiérrez, Director de Prefabricados de ITISA, quien afirmó que "haber ganado la

licitación y participar en esta encomienda es muy relevante para la empresa, debido a que se trata indudablemente de un proyecto emblemático y muy ambicioso que va a desarrollar y detonar toda la economía de la zona y que representa una gran conjunción de factores entre el gobierno, la parte del desarrollador inmobiliario, la arquitectura y la ingeniería conceptual del ingeniero estructural José María Rioboó”.

El encargo no era algo sencillo pero tampoco algo que la empresa no tuviera la experiencia o el conocimiento para realizar. Sin embargo, hay que decir que tenía un alto grado de complejidad: había que desarrollar más de 180,000 mil m<sup>2</sup> de construcción en menos de diez meses, tomando en cuenta una alta precisión en la logística para sacar adelante el reto de trabajar en una zona caracterizada por calles sin detrimento de la innovación y el cumplimiento cabal de las necesidades del cliente en tiempo y forma.

Al comenzar los trabajos, los prefabricadores definieron un sistema constructivo de acuerdo al área de trabajo y tiempos de construcción que requería el proyecto, considerando que ahí es donde juega un rol importante. “El prefabricado tiene la gran ventaja de hacer ingeniería y producción cuando se está llevando a cabo la excavación, lo cual representa ventajas para mantener el ritmo de construcción programado y reducir las incomodidades que puede implicar una obra de esta escala en las zonas aledañas”, explica Diez.

Se sabía que este proyecto requería un sistema constructivo eficiente y aunque previamente se evaluaron otras alternativas como realizar la estructura con concreto armado o acero, ambas fueron descartadas por el costo y lo difícil que resultaba implementarlos en la obra. “Meter un cúmulo de gente muy grande para colar en sitio era complicado además de que la calidad siempre es difícil de controlar, y un sistema metálico era algo costoso y no garantizaba los claros requeridos para la estructura necesaria -por normas de seguridad había ciertas limitaciones-. Y así fue como entre la parte de ingeniería, arquitectura y la desarrolladora optaron por el prefabricado, resultando la mejor opción”.

## ENSAMBLE Y LOGÍSTICA

Una vez planteado todo el escenario, se realizaron varias reuniones con el personal del ingeniero José María Rioboó, el desarrollador, los arquitectos y en su conjunto se definieron todos los detalles de los elementos a emplear, así como las revisiones técnicas pertinentes para la obra.

Diez Gutiérrez explica un hecho significativo “el haber cubierto claros de hasta 22 metros con una estructura bastante limpia, conjuntada arquitectónicamente a base de columnas monolíticas prefabricadas de aproximadamente 34 m y algunas de 37 m y hasta 39 m de altura en secciones de 1.20 metros x 1.20 metros. En otros sectores se realizó la ingeniería en columnas segmentadas debido al peso de la misma estructura y también se utilizó el sistema de entrepiso en doble T, toda una solución innovadora por parte del equipo de Rioboó que nos exigió varios acercamientos técnicos para desarrollar adecuadamente el producto y que a la postre fue un éxito rotundo”.

Trabes portantes y de rigidez, así como losas TT son parte de las soluciones que se emplearon con un ancho de 4 m para claros de 16 m (claros de 8m x 16m y 16m x 16m). Todos estos elementos fueron empleados en tres sótanos del estacionamiento, el Power Center,





## Datos de interés

**Desarrollador:**

Grupo Danhos.

**Ingeniería estructural:**

Grupo Rioboó.

**Prefabricados:**

ITISA.

**Proyecto Arquitectónico:**

Sordo Madaleno Arquitectos.

**Año de Construcción:**

2012-2014.

**Fotografía:**

Cortesía ITISA.

la Planta Baja y los tres niveles del centro comercial, teniendo un montaje promedio mayor a 12,000 m<sup>2</sup> por mes, instalándose al término de la obra más de 140,000 m<sup>2</sup> de estructura prefabricada de concreto.

No puede dejar de mencionarse que todas las piezas cuentan con un registro de calidad que cumple con la certificación ISO 9000 y procesos industrializados avalados no sólo en México sino en Europa y parte de Sudamérica donde la empresa ha compartido las mejores experiencias, gracias a lo cual ha tenido también la oportunidad de desarrollar productos de alta calidad.

Sin dejar de lado la mención, es el director de prefabricados de ITISA quien enfatiza que el concreto usado en esta obra posee un  $f'c = 600 \text{ kg/cm}^2$ , un concreto de alta resistencia fabricado en sus propias plantas, verificado en conjunto con el acero, los moldes y toda la materia prima necesaria para lograr que cada elemento estructural obtenga el mejor comportamiento al cuidar cada una de sus variables de fabricación, curado, pruebas y ensayos del concreto, que para esta primera fase a cargo de ITISA demandó un total de 11,000 mil m<sup>3</sup>.



## SIEMPRE FAVORABLE

Como se sabe, el aprovechar todos los procesos del prefabricado tiene varias ventajas: el poder comenzar la producción antes de iniciar la obra, la velocidad de montaje, así como la seguridad de todos los involucrados. En este caso la ejecución en obra fue limpia, no se reportó accidente alguno. Y viendo otros aspectos, debe tomarse en cuenta que un mismo proyecto colado in situ se tardaría aproximadamente un 30% más de tiempo y costo, así como depender rigurosamente de la calidad de los recursos humanos, la cimbra y la logística para involucrar a tantas personas, lo que sería altamente complicado.

El prefabricado –indica Diez– como sistema constructivo se comportó en esta obra a la altura y “yo creo que poco a poco se está viendo que el prefabricado es una opción altamente recomendable para la edificación comercial, adicional a lo que por tradición se ha usado en distribuidores viales, pues su proceso implica en ambos casos altos estándares de ingeniería, desarrollo y lo más impórtate, la logística en conjunto de arquitectura-desarrollador-ejecución para lograr grandes resultados”.

El prefabricado como sistema constructivo ha evolucionado y hoy en día es altamente competitivo: hay mayores claros con menores peraltes y esto abre una ventana arquitectónica bastante interesante. “Por eso es motivo de orgullo saber que con el mismo grupo desarrollador hace años hicimos Plaza Delta (Ciudad de México) y hoy con una renovación y avances significativos hemos dado otra solución a un proyecto de mayor envergadura. Que la misma empresa nos siga seleccionando es motivo de nuestro más amplio orgullo, la fórmula es simple: para nosotros toda obra de nuestro cliente pequeña o grande es el proyecto más importante que tenemos”, concluye. **C**

## TORRE AL HAMRA

# Esplendor de la ingeniería y la arquitectura

### Eduardo de J. Vidaud Quintana

Ingeniero Civil/Maestría en Ingeniería.

Su correo electrónico es: [evidaud@mail.imcyc.com](mailto:evidaud@mail.imcyc.com)

### Ingrid N. Vidaud Quintana

Ingeniero Civil/Doctorado en Ciencias.

Su correo electrónico es: [ingrid@fco.uo.edu.cu](mailto:ingrid@fco.uo.edu.cu)

Con 77 pisos de oficinas (Fig. 1), 3 subterráneos y casi 413 metros de altura, se yergue imponente en el distrito AL-Magwa'a Al-Shargi; en pleno corazón de la ciudad de Kuwait, el rascacielos que hoy ostenta el record de ser la construcción más alta del mundo con una fachada de piedra continua.

El edificio, proyectado por la compañía Skidmore, Owings and Merrill (SOM), se ubica en la ciudad de Kuwait, capital del emirato de Kuwait; ciudad que es actualmente el centro económico, comercial y cultural del país. La riqueza de sus yacimientos petrolíferos han convertido a Kuwait en una de las ciudades más modernas del Medio Oriente constituyéndose hoy en un floreciente núcleo mercantil y financiero. Se encuentra ubicada en la costa noroeste del Golfo Pérsico en la bahía de su mismo nombre; a unos 100 km al norte de la frontera con Arabia Saudita y 150 km al sur de la de Irak.

La ciudad comenzó su reconstrucción en 1991, posterior a la ocupación iraquí; dedicando grandes esfuerzos a la modernización, donde los grandes edificios son un elemento muy importante. Su pujante economía se refleja, entre otros aspectos, en la carrera hacia las alturas de imponentes rascacielos, entre los que el Al Hamra es un escultural ícono.

La Torre Al Hamra, tal y como se evidencia en la Fig. 2, exhibe dos espesos muros de concreto que la envuelven y protegen del clima desértico imperante en Kuwait. Ofrece espectaculares vistas del Golfo Pérsico y está considerado el edificio más alto del país (Fig. 3), el cuarto del Medio Oriente y entre los 15 rascacielos más altos del orbe.



Figura 1

Torre Al Hamra.

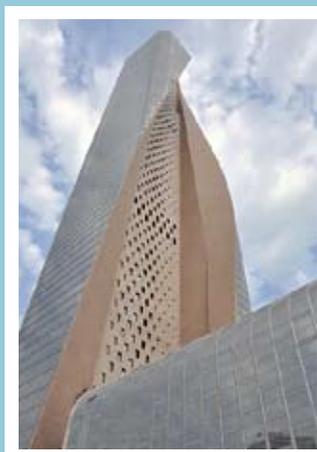


Fuente: [http://www.peri.com/en/projects/projects/skyscrapers-towers/al\\_hamra\\_tower.cfm](http://www.peri.com/en/projects/projects/skyscrapers-towers/al_hamra_tower.cfm).

Figura 2



Muros de concreto que envuelven la torre Al Hamra.



Fuente: <http://www.ctbuh.org/TallBuildings/FeaturedTallBuildings/FeaturedTallBuildingArchive2012/AlHamraFirdousTowerKuwaitCity/tabid/3859/language/en-GB/Default.aspx>

Además de la firma de Arquitectos e Ingenieros Estructurales SOM, la firma Al-Jazera Consultants se desempeñó también como arquitectos asociados, y la Ahmadiyah Contracting & Trading Co. como contratista. El proyecto data del año 2005, comenzándose la construcción hacia el 2006, y realizándose la apertura oficial en noviembre de 2011.

La construcción estuvo a cargo de Turner Construction Co. International, en un terreno de 18.000 m<sup>2</sup>, llegando a abarcar una superficie construida de 195,000 m<sup>2</sup> de espacio comercial y oficinas. Se levanta hacia las alturas en forma rectilínea con tres fachadas acristaladas que posibilitan visuales hacia el norte, este y oeste a través de 11 mil vidrios planos y curvos. Marca la literatura que los vidrios curvos (8°) llegan a ser cerca de un tercio del total de los cristales que cubren las tres fachadas.

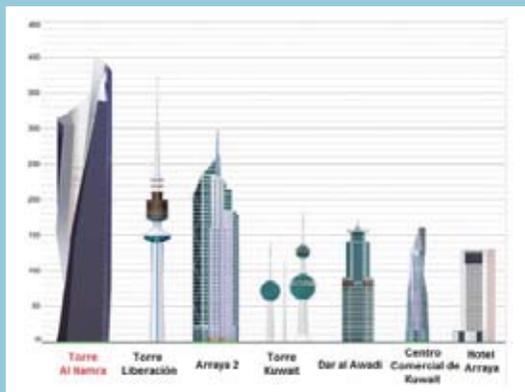
Al Hamra es la estructura revestida de piedra más alta del mundo. Señalan algunas fuentes que la cubierta de piedra caliza de 258,000 m<sup>2</sup> sería suficiente para revestir el Parque Central de Nueva York. A inicios del proyecto los ingenieros se inquietaron ante la preocupación de que los muros pudieran derrumbarse ante el peso de la piedra caliza; de ahí que los diseñadores idearan instalar baldosas de piedra caliza en las plantas inferiores, y una malla de baldosas cubierta con caliza triturada en los niveles superiores; logrando reducir con ello el peso y mantener la estética deseada.

La fachada sur fue recubierta en las superficies planas con paneles de piedra caliza de 0.8 x 1.35 m, separados a una distancia de 1 cm para permitir la posible expansión del material dadas las elevadas temperaturas de la región. En el caso de las superficies curvas de los muros se utilizó una especie de mosaico del mismo material triturado o en trozos, denominado Trencadis; el que resultó ser más liviano y flexible para revestir.

Se afirma en distintas fuentes que el espesor de la pared del lado sur de casi 5 metros es capaz de regular la variación térmica entre la temperatura ambiente y el interior. De esta manera, bajo elevadas temperaturas en el exterior, el interior se mantiene fresco; y viceversa, cuando la temperatura ambiente descende en la noche, la pared irradia entonces el calor que fue capaz de absorber durante el día. Esta fachada esta compuesta por ventanas plateadas y anguladas que posibilitan las visuales hacia el sur de la ciudad sin que se infiltre la luz solar directamente.

Figura 3 Figuras 4 y 5

Torre Al Hamra en Kuwait.



Fuente: Sun Kim, 2012.

Tipología de las fachadas de la Torre Al Hamra.



Fuente: [http://es.wikiarquitectura.com/index.php/Torre\\_Al\\_Hamra\\_Firdous..](http://es.wikiarquitectura.com/index.php/Torre_Al_Hamra_Firdous..)

La torre no solo es bella y audaz en su estilo arquitectónico; en su proyecto también se cumplieron con determinadas utilidades prácticas. Su forma torsionada asegura visuales óptimas desde el interior del edificio; mientras que el muro revestido de piedra actúa como protección solar pasiva, no solo por el crudo sol del desierto; sino también por los vientos y las temperaturas que pueden llegar a alcanzar los 55 °C.

Los dos muros acampanados de concreto armado en el lado sur, en forma de paraboloides hiperbólicos con 7500 toneladas cada uno, se extienden desde la esquina suroeste al sureste del núcleo central hacia lo alto de la torre y le ofrecen a esta la apariencia de estar cubierta por un ondulado manto. Esta fachada sur, con un giro de 130° y especie de dos alas que la recorren de arriba abajo en direcciones opuestas, es la fachada que funciona como aislante de las altas temperaturas imperantes con el recubrimiento de piedra caliza. En cada piso, ambas alas se conectan a través de puentes que permiten una vista privilegiada desde el edificio hacia la península. Las Fig. 4 y 5 ilustran de manera general las características de las fachadas de la construcción.

De la torre sorprende entonces, su geometría, cuyos principios estuvieron sustentados no solo en las estrategias de los futuros clientes, sino también en los requerimientos impuestos por factores ambientales como la radiación solar y el viento. Su exquisitez arquitectónica deja ver una sutil, elegante y moderna escultura en cuya superficie acristalada puede reflejarse el contorno de la península, con visuales hacia el golfo y completa opacidad hacia el crudo desierto.

En principio, el diseño debía ser simétrico; pero los kuwaitíes intentaron la construcción del primer rascacielos con un exterior 100% asimétrico, lo que consiguieron retirando una porción de cada piso. Iniciando por la esquina suroeste y avanzando en contra del sentido de las agujas del reloj, se extrajo un cuarto del entrepiso en cada nivel de la fachada sur; eliminando todo el espacio de oficinas de ese sector (Fig. 6).

En esta región del planeta son frecuentes las corrientes de viento que forman remolinos y pueden causar la inclinación u otros movimientos indeseables en los edificios altos. El modelo de esta torre fue estudiado bajo varios softwares profesionales



Figura 6

Figura 7



Geometría y estructura del Al Hamra.



Fuente: Adaptado de Subramanian N., 2013.

Geometría del lobby en planta baja, empleando estructuras laminares.

Fuente: Sun Kim, 2012.  
Subramanian N., 2013.



de análisis estructural, incluido ensayos en túnel de viento; los que concluyeron que dada la altura de la torre, la mejor solución para mitigar estos efectos era la asimetría en las masas.

Las cargas gravitatorias de los muros acampanados en la esquina suroeste son mayores que los pesos de los muros de las fachadas norte y sureste; razón por la que los ingenieros diseñaron una losa reforzada para la base de 60 x 69 y 4 metros de espesor. Debajo de esta losa se instalaron 289 pilas de 120 cm de diámetro y entre 20 y 27 metros de longitud, ubicadas en las zonas de mayores esfuerzos. La cimentación exhibe entonces una losa con 27 mil m<sup>3</sup> de concreto, colocados en un período de 4 meses y en 15 tandas de vertido.

En la entrada principal del Al Hamra se ubica un lobby de 24 metros de altura, en el que aplicando principios de estructuras laminares se genera una singular geometría (Fig. 7). Para aumentar esta área (mayor espacio libre de columnas), las columnas en el lado norte se curvan hacia afuera alejándose del centro. Los elementos que componen estas estructuras tienen aproximadamente 1.2 m<sup>2</sup>, conformando el denominado sistema Lamella; gracias al cual la estructura del lobby puede soportar 55 mil toneladas y tributar las cargas hacia la cimentación.

La torre termina en un espacio público de 40 metros de alto donde se ubica un restaurante y un mirador con vista hacia el norte y oeste. Al producirse en esta zona un giro de los muros, no había dónde soportar los cristales, por lo que se utilizó un sistema de voladizo entramado de acero de 9 metros que soporta la estructura de la cubierta y la cristalería del mirador, sin necesidad de acudir a columnas perimetrales y maximizando con ello las vistas.

En el interior del Al Hamra, los clientes se trasladan haciendo uso de ascensores en tres líneas de traslado con capacidad de hasta 40 pasajeros. Igualmente cuenta con elevadores "exprés" que se trasladan a una velocidad de 10 m/s. El edificio se conecta con un centro comercial que consta de 5 niveles, lo que totaliza 23,000 m<sup>2</sup> de espacio comercial. Incluye también un complejo de teatro integrado y un estacionamiento de 11 niveles.

Siendo galardonado con disímiles premios internacionales, muchos de los cuales le fueron otorgados entre los años 2007 y 2008 antes de su inauguración, el proyecto del Al Hamra se concibió con el empleo de 195,000 m<sup>3</sup> de concreto, 38,000 toneladas de acero de refuerzo y 6,000 toneladas de acero estructural.

Desde que finalizó su construcción, la torre ha recibido diversas distinciones internacionales, incluyendo una mención en la lista de los "50 mejores inventos" del año 2011, según la revista Time; así como otra mención en el conteo de innovaciones de la revista Popular Science del 2012. En este mismo año quedó dentro de los finalistas en la categoría de Mejor Edificio Alto del Consejo de Edificios Altos y Hábitat Urbano (CTBUH), y obtuvo el Premio a la Excelencia, otorgado por la Asociación de Ingenieros Estructurales de California.

A diferencia de muchos de los rascacielos modernos construidos en el mundo, en donde es común usar acero estructural, en el Al Hamra se necesitaba emplear un material más maleable para poder proporcionar su escultura moldeada. Se eligió entonces el concreto; convirtiéndose en uno de los principales desafíos de este proyecto bombear 500 mil toneladas de mezcla de concreto fresco verticalmente a más de 400 m de altura.

La torre Al Hamra de Kuwait, también conocida como el rascacielos del desierto, materializa un reto no solo por su altura y su singularidad estructural; es en síntesis un proyecto atrevido en su arquitectura y majestuoso en su ingeniería. **C**

## REFERENCIAS:

- Saavedra A., *Obra Internacional "Torre Al Hamra. Kuwait"*, Revista BIT 89, 2013.
- Subramanian N., "Al Hamra Tower, Kuwait City" <http://www.sefindia.org/forum/viewtopic.php?p=51140>, 2013.
- Sun Kim, "SOM's Al Hamra Firdous, a concrete twist on skyscraper design", <http://www.smartplanet.com/blog/decoding-design/soms-al-hamra-firdous-a-concrete-twist-on-skyscraper-design>, 2012.
- [http://es.wikiarquitectura.com/index.php/Torre\\_Al\\_Hamra\\_Firdous](http://es.wikiarquitectura.com/index.php/Torre_Al_Hamra_Firdous).

Ingeniero Industrial por la Universidad de León (España). Desde 2008 ha desempeñado distintos cargos en la Asociación Española de la Industria del Prefabricado de Concreto, ANDECE, y en 2013 asumió su Dirección Técnica. Entre otras funciones, es delegado español en el comité europeo de normalización de prefabricados de concreto, miembro de las Comisiones Técnica y Medioambiental de la Confederación Europea de Prefabricados y participa en dos grupos de trabajo de la Federación Internacional del Hormigón FIB sobre control de calidad y sostenibilidad.



# Hacia una construcción industrializada y sustentable con prefabricados de concreto

La prefabricación debe entenderse como la “industrialización de la construcción en concreto”, es decir, la aplicación de técnicas de producción en instalaciones fijas de alto rendimiento, con elevados niveles de control que aseguran una mayor calidad a través de la eliminación de incertidumbres en el resultado final de los elementos constructivos, que conducen no sólo a mejores acabados sino también a mejores precios de la solución final (por las economías de escala y el empleo de medios y técnicas de producción especializados) de los que puedan alcanzarse en realizaciones a pie de obra.

Otros hablan del refinamiento o perfeccionamiento del uso tradicional del concreto, ya que el diseño y fabricación en un entorno más técnico y controlado, se traduce en elementos y soluciones más precisas dimensionalmente. No obstante, su avance y consolidación depende de un mayor grado de industrialización en la construcción en un enfoque donde deben progresar criterios de sustentabilidad.

## DESDE LOS PRIMEROS TIEMPOS HASTA LA ACTUALIDAD

La tecnología de concreto prefabricado es una forma de construir todavía joven, si nos atenemos a que su espectacular desarrollo se produjo a partir de la segunda mitad del siglo XX, que devastó amplias regiones de Europa obligando a una reconstrucción generalizada de edificios e infraestructura.

La evolución tecnológica que ha experimentado la prefabricación desde entonces, en cuanto a mejora de los materiales (uso extendido de aditivos, fibras, nuevas adiciones como el humo de sílice, concretos autocompactables), las instalaciones (centrales de mezcla, piezas más esbeltas, procesos más automatizados, moldes, aplicación del pretensado), la capacidad de los medios de transporte y elevación en obra, y por supuesto los propios conocimientos técnicos, tienen como resultado una forma de construir que tiene todavía un extraordinario potencial de crecimiento en los próximos años, más aún partiendo de que el concreto es el material de construcción más utilizado universalmente, y el entorno (reglamentaciones más exigentes) es propicio para validar las numerosas soluciones constructivas en que el prefabricado puede y debe ser la opción idónea en términos prestacionales (resistencia mecánica, mejor comportamiento frente al fuego, mayor inercia térmica, durabilidad superior).

No obstante, el mercado sigue percibiendo al prefabricado como una solución industrial que necesita producir grandes cantidades de elementos para conseguir optimizar costos, aspecto que puede resolverse si la opción prefabricada es la elegida desde la fase de proyecto.

No obstante, el mercado sigue percibiendo al prefabricado como una solución industrial que necesita producir grandes cantidades de elementos para conseguir optimizar costos, aspecto que puede resolverse si la opción prefabricada es la elegida desde la fase de proyecto.



**Fig. 1:** Estacionamiento cuyo forjado ha sido resuelto con placas alveolares pretensadas, que ofrece una mejor optimización estructural (espacios diáfanos) y una mayor rentabilidad para los inversores propietarios de las plazas de aparcamiento.

## CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA FRENTE A CONSTRUCCIÓN CONVENCIONAL

CARACTERÍSTICAS	CONSTRUCCIÓN CONVENCIONAL	CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA
Definición	Más posibilidades de cambios a lo largo de todo el proceso, menor indefinición.	Etapas claramente definidas, empezando desde el proyecto.
Calidad	Elementos se manufacturan y/o ejecutan en la propia obra, mayor influencia del error humano (más rechazos).	Mayor control (cada pieza tiene su destino), menor influencia del error humano.
Costo	En origen, normalmente menor. Pero mayor riesgo de imprevistos y desviaciones económicas.	Precio cerrado en proyecto.
Tiempo	El mayor grado de indefinición y la mayor interacción entre los distintos agentes provoca desviaciones en tiempo y, por tanto, en costos.	Mayor grado de cumplimiento en la planificación de la obra, rápida apertura de tajos para otros gremios, menor dependencia a las condiciones climatológicas.
Limpieza	La obra es la fábrica al mismo tiempo. Muchos excedentes de materiales.	Menor generación de residuos.
Impacto	Mayor tiempo y mayor necesidad de espacio para el desarrollo de todas las tareas.	Menor impacto en las zonas aledañas (menores molestias causadas a las personas que habitan o transitan por ellas por ruido, cortes de tráfico, generación de polvo) y durante menor tiempo (ejecución más ágil).

El concreto prefabricado es una forma de construcción con entidad propia, ya que presenta una serie de cualidades inherentes y que deben servir para diferenciarlo de la construcción tradicional, ya sea con concreto premezclado u otros materiales.

En la actualidad hay muchos motivos para decidirse por una construcción que utiliza un alto porcentaje de procesos industrializados, ventajas que van desde un control más ajustado de los gastos y de los tiempos de ejecución; la posibilidad de poder acceder a elementos producidos en fábricas lejanas – lo cual tiene una múltiple perspectiva, la del empresario que busca costos más baratos en la producción, la del proyectista de un país con una industria local poco desarrollada, etc.–; el asegurar una calidad final superior y también el cumplimiento de normas cada vez más exigentes en todos los apartados de la construcción. Además, la construcción industrializada aporta la opción de que las piezas pueden ser desmontadas y reutilizadas, concepto determinante, por ejemplo, en muchas de las obras realizadas para los Juegos Olímpicos de Londres 2012.

Frente a los primeros pasos en la industrialización, los recursos tecnológicos posibilitan la variación dentro la producción, no sólo la repetición. En ocasiones estas variaciones se abordan con medios modestos y con ingenio, pero también hay opciones para la sofisticación técnica y para el gusto hacia lo excepcional. Los procesos informáticos que facilitan el control de la forma y su aplicación industrial son recursos hoy muy habituales y que permiten la realización de elementos constructivos que ya no sería fácil llevar a cabo mediante procedimientos manuales.

En definitiva, el concreto prefabricado no debe reducirse a ser considerado como un simple producto para una función predeterminada, sino a una solución constructiva completa o parcial que pretende dar respuesta óptima a una necesidad determinada (funcional, estética, etc.) Se puede concluir que como solución constructiva con un alto componente de ingeniería implícito (dos obras distintas pueden requerir dos soluciones diferentes, que con-



**Fig. 2:** Las fachadas y los pavimentos son dos buenos ejemplos de las ilimitadas posibilidades arquitectónicas que ofrece la construcción con elementos prefabricados de concreto.

cierto recelo, probablemente porque los requerimientos formales actuales escapan de la rigidez o la ausencia de versatilidad que se le presupone (¿equivocadamente?) a la prefabricación.

El carácter moldeable del concreto, que le permite adaptarse fielmente a casi cualquier forma constructiva requerida y a cualquier diseño que se quiera llevar a cabo, permite asegurar que el concreto es el material de construcción con un mayor abanico de posibilidades y, por tanto con un mayor campo de aplicaciones. En el caso del prefabricado, prácticamente todo lo que sea susceptible de proyectar y ejecutar en concreto, puede prefabricarse.



**Fig.3:** Casa Hemeroscopium, del arquitecto Antón García Abril. Uso de elementos prefabricados habituales en la construcción de puentes, en una aplicación residencial.

llevarán un número de horas de dedicación técnica), con sus respectivos componentes individuales (productos) necesita un estudio detallado específico que busque la máxima eficiencia en todo el proceso de desarrollo de la solución: desde la misma fase de concepción de la obra hasta su ejecución (incluso el mantenimiento posterior para alargar al máximo la vida útil de los elementos).

### USOS PRINCIPALES Y TENDENCIAS

Debe diferenciarse en cómo ha evolucionado en la obra civil (ingeniería) frente a la edificación (arquitectura). En el primer caso, el desarrollo del concreto prefabricado pertenece por derecho propio a la ingeniería. Hoy son sobradamente conocidos los prefabricados que mejor se adaptan a la obra civil. Sin embargo, en la arquitectura no se ha logrado avanzar a la misma velocidad y todavía se percibe

- **Edificación:** residencial, industrial, públicos, oficinas, comercial, centros sanitarios, recintos deportivos, aparcamientos, correccionales, instalaciones militares, módulos tridimensionales, etc.

- **Obra civil:** puentes, carreteras, vías de ferrocarril, obras subterráneas, redes de canalizaciones, contención de empujes, diques, pavimentos, mobiliario urbano, soportes para aerogeneradores, etc.

La apuesta decidida por las soluciones constructivas con prefabricados de concreto dependerá básicamente de dos conceptos claves, relacionados entre ellos: la industrialización de la construcción y la introducción de la sustentabilidad.

Hoy en día, estamos viviendo un proceso de "sustentabilización" de la construcción, impulsado entre otros por certificaciones medioambientales tipo

LEED o BREEAM cada vez más demandadas en edificios, y que se está trasladando al desarrollo de políticas reglamentarias que incentiven aquellas soluciones y técnicas constructivas que sean más respetuosas con el medio ambiente (ej. menos impactos, menos emisiones, etc.), que garanticen un beneficio para los ciudadanos (aspectos sociales) y que sean justificables económicamente. Pero también hay quien apunta a que se trata de recuperar el sentido común a la hora de construir, algo que quizás se haya perdido en tiempos recientes.

En este nuevo frente, el prefabricado de concreto tiene mucho que decir, resultado del cómputo global de todas las cualidades técnicas y funcionales citadas. Se muestran algunos beneficios en la siguiente tabla. **C**

## — POTENCIALIDAD DE LOS ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO EN UN MARCO DE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE

CARACTERÍSTICAS	AMBIENTAL	SOCIAL	ECONÓMICA
Energía	Ahorro consumo energía.	Mayor confort.	Menores costos de operación: calefacción y refrigeración.
Inercia térmica	Emisiones CO <sub>2</sub> evitadas	Protección vida ocupantes Protección bomberos.	Menores primas seguros
Protección frente al fuego	Ausencia de emisiones tóxicas.	Protección patrimonio.	Posibilidad de reconstrucción.
Aislamiento acústico Adaptación al cambio climático Durabilidad		Mayor confort Mayor intimidad Mejor comportamiento ante terremotos, inundaciones, ciclones y huracanes. Confiabilidad.	Menor mantenimiento.

## — REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Soluciones constructivas con elementos prefabricados de hormigón. Web ANDECE [www.andece.org](http://www.andece.org).
- 2) Evolución de la prefabricación para la edificación en España. Medio siglo de experiencia.
- 3) Fabricar en lugar de construir. El Mundo.
- 4) Principales prestaciones y características del hormigón que mejoran la Sostenibilidad. IECA.
- 5) Prefabricados de hormigón: Las 100 mejores razones para utilizarlo. ANDECE.
- 6) TECTÓNICA 5 hormigón (II) prefabricado.
- 7) TECTÓNICA 38 industrialización. Una construcción optimizada.
- 8) En perfecta sintonía con una construcción sostenible: ventajas del sector prefabricado desde un punto de vista eficiente y medioambiental. CIC.
- 9) I Foro Técnico ANDECE de Construcción Industrializada con Prefabricados de Hormigón. Libro de citas: ventajas de la construcción industrializada con prefabricados de hormigón.

# Muros estructurales prefabricados Tilt-Up para naves industriales (Parte I)

**Raúl Jean Perrilliat  
y Carlos Humberto  
Huerta Carpizo**

**A**unque en México no existen especificaciones ni códigos para el análisis y diseño de muros prefabricados de carga tipo Tilt-Up, en la actualidad se construyen muchas naves industriales con este tipo de sistema. En este escrito se describe el sistema, sus orígenes, así como las diferencias, ventajas y desventajas con respecto a los sistemas tradicionales. En la segunda parte del documento se definirá de manera general el proceso para la construcción e izaje de los muros Tilt-Up.

Dada la gran popularidad que el sistema de muros Tilt-Up está adquiriendo como sistema constructivo de naves industriales en México y debido a la ausencia de normas locales para su diseño, se presentan algunas inquietudes sobre la conveniencia de su aplicación, las cuales se deben principalmente a que este sistema al ser desarrollado en los Estados Unidos emplea una serie de técnicas y especificaciones particulares de diseño y construcción y en algunos casos existe la posibilidad de que no sean congruentes con las demandas de carga y efectos locales como sismicidad, tipos de suelo y empujes debido al viento de nuestro país. Lo que daría como resultado diseños que podrían ser demasiado conservadores o inadecuados para las demandas a las que estaría sometida la estructura.

La principal característica de estos muros es su alta relación de esbeltez debida a que su altura, por lo regular entre 9 y 12 metros y su espesor entre 12 y 22 cm dependiendo de las solicitaciones (relación altura/ancho entre 40 y 60), por lo cual es necesario considerar efectos de segundo orden en el diseño. A su vez, existe incertidumbre tanto en la longitud libre de pandeo, la cual es delimitada por los elementos



Figura 1



Figura 2

Iglesia metodista en Monte Sión, IL.



**Fuente:** <http://lakecountyhistory.blogspot.mx/2013/11/robert-h-aiken-tilt-up-construction.html>

Nave industrial construida con "Tilt Up".



**Fuente:** Jean Perrilliat R. (2010).

del sistema de techo y de la cimentación, así como en la parte del desempeño sísmico, pues no se cuenta con estudios suficientes que involucren tanto las condiciones de apoyo, como los niveles de carga, para definir su comportamiento y capacidad de disipación de energía y por consiguiente su ductilidad.

Otro punto que causa inquietudes es el factor económico en la construcción de naves con este sistema. En estudios realizados en Norteamérica y en diversos manuales de fabricantes de este tipo de muros se destacan sus bondades económicas. Sin embargo, tales documentos se refieren a naves cuyos muros son fabricados por empresas especializadas que cuentan con la infraestructura suficiente para realizar la producción en serie permitiendo reducir significativamente los costos, contrario a lo que sucede en México, donde se construyen por lo general en obra, además el costo de la mano de obra es diferente.

## DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE MUROS TIPO TILT-UP

El término Tilt-Up se aplica a un sistema destinado a construir muros delgados de concreto hechos en obra que han de dividirse en secciones, llamadas paneles, los cuales son colados directamente sobre la losa del piso de la estructura o sobre una plataforma de trabajo para que una vez alcanzada su resistencia de proyecto sean izados con una grúa y colocados sobre los cimientos, formándose así la fachada de la nave.

El Tilt-Up es un concepto sencillo que ha evolucionado desde la antigüedad pasando por la Edad Media, época en la cual se tiene conocimiento de un método utilizado muy similar al actual, dicha técnica, de acuerdo a la referencia 2, se describe a continuación: "En Bassora, donde no se tenían maderos... hacían marcos sin entramados. El albañil, con un clavo y un trozo de hilo, marca un semicírculo en la tierra, acomoda sus ladrillos, los junta con cemento de yeso sobre las líneas trazadas y habiendo formado así su arco, lo iza cuidadosamente..."

Haciendo referencia a registros más recientes, se le da crédito a Robert Aiken por ser uno de los primeros constructores en utilizar muros precolados en el sitio de la obra con concreto reforzado, que se coló horizontalmente y luego se izó por medio de gatos y grúas, construyendo así un almacén de dos pisos en Camp Logan (Illinois, 1908) y una iglesia metodista en Monte Sión (Illinois, 1912).



Figura 3

Fachada estéticamente muy agradable en nave industrial construida con "Tilt Up".



Fuente: Jean Perrilliat R. (2010).

Figura 4



Ausencia de columnas en el perímetro de una nave industrial en construcción, con perímetro concebido a base de muros Tilt Up.



Fuente: Jean Perrilliat R. (2010).

Sin embargo, fue a partir de 1950 que la técnica del Tilt-Up se empezó a desarrollar de manera importante en Estados Unidos, principalmente en la zona de California, debido en parte a los avances en la tecnología así como por diseños arquitectónicos aplicados a naves industriales (Fig. 2), almacenes, centros de distribución, edificios para oficinas, centros comerciales, escuelas, hoteles, estacionamientos, terminales de transporte, teatros y bibliotecas.

Existen diferencias entre el proceso constructivo de naves industriales tradicionales construidas a base de muros de lámina y/o mampostería, con respecto a los fabricados a base de muros Tilt-Up. Por un lado se tiene que para naves industriales construidas con muros de lámina y/o mampostería la estructura metálica se coloca después de construida la cimentación, más tarde se colocan los muros de fachada con lo cual es posible instalar posteriormente la lámina de cubierta y fachada, construyendo el piso industrial hasta el final.

Por otro lado, para naves industriales construidas a base de muros Tilt-Up, primero se construye la cimentación, que dado el mayor peso de los muros deberá tener una mayor capacidad, y luego se cuela el piso. Más tarde y de manera independiente, se prepara el armado y se cuelan los muros prefabricados. Una vez que los muros alcanzan suficiente resistencia para ser izados, éstos se montan, para proceder a la colocación de la estructura metálica del interior. Por último se procede a la fijación de las conexiones entre los muros y la estructura, para finalmente colocar la lámina de cubierta.

En cuanto al aspecto económico, el sistema de Tilt-Up es aproximadamente un 10% más costoso que el sistema a base de muros de lámina y/o mampostería. Existen varias razones que justifican lo anterior, entre las que pueden mencionarse: la pintura de los muros y su constante mantenimiento, el proceso constructivo es más lento requiriéndose apuntalamientos provisionales y no pudiéndose hacer varias actividades simultáneas. Aunado a esto, el proceso constructivo es más especializado ya que durante el montaje se requiere un doble proceso para los muros y para la estructura metálica, mientras que para las conexiones de elementos de fachada se requiere precisión en la colocación de placas embebidas al muro para la conexión entre piezas y las colocadas en la cimentación.

En lo que respecta a los sistemas de muros de lámina y/o mampostería, éste resulta ser más económico, pues únicamente se requiere aplicar un sellador en los muros de mampostería; el proceso de montaje para muros y estructura metálica es uno solo y se pueden abrir varios frentes de trabajo con actividades simultáneas durante el proceso constructivo. El grado de especialización en las conexiones de los elementos



Figura 5



Trasiego de grúas sobre el piso industrial durante el montaje de la estructura de la cubierta de una nave industrial en construcción.

Fuente: Jean Perrilliat R. (2010).



Figura 6



Zonas para aberturas a futuro en el perímetro de una nave industrial construida con Tilt Up.

Fuente: Jean Perrilliat R. (2010).

de soporte de la fachada es sencillo si se realizan con soldadura; lo que no sucede si se trata de conexiones atornilladas, en donde se necesita mucha precisión.

En cuanto a las propiedades físicas de estos sistemas, los muros Tilt-Up son más resistentes al fuego y generan un mejor aislamiento térmico, en comparación con el sistema a base de muros de lámina y/o mampostería, en el cual la lámina de fachada tiene un mal aislamiento térmico, pudiéndose resolver con la colocación de una "colchoneta", semejante a la que se suele utilizar en la cubierta. El sistema de Tilt-Up requiere de un proceso de análisis y diseño estructural detallado y complejo, que como antes se comentó, no está reglamentado en México.

Aunque cabe mencionar que desde el punto de vista arquitectónico las naves industriales con muros Tilt-Up son más estéticas que las que se conciben de lámina y/o mampostería. Algunas ventajas y desventajas del sistema de éste tipo de sistemas frente a los tradicionales son:

- 1) Generalmente se logran fachadas más estéticas (Fig. 2 y 3).
- 2) Estructuralmente se eliminan las columnas del perímetro (Fig. 4).
- 3) Se logran mejores propiedades de aislamiento térmico, así como una mayor resistencia al fuego, sobre todo a partir del perímetro.

Entre las desventajas más significativas se encuentra el hecho de que los muros Tilt Up son susceptibles a agrietarse en las primeras edades debido al fenómeno de las contracciones en el concreto; requieren de un mantenimiento continuo de la pintura de los muros tanto interiores, como exteriores; adicionalmente, se ha calculado, que en naves industriales relativamente cuadradas, aumenta el costo de un 7 a un 10 % respecto al sistema de lámina y/o mampostería, mientras que en naves rectangulares aumenta hasta en un 12 %. Bajo estos costos se tienen que realizar los colados de estos muros sobre el piso definitivo de la nave, y en caso de realizar camas de colado (casting slab) fuera del piso de la nave el costo aumenta en un 5 %, aproximadamente.

El hecho de que el piso industrial se cuele antes de la fabricación de los muros tiene dos importantes desventajas, la primera es que se cuele sin que exista protección alguna contra los agentes del medio ambiente, que suelen incidir de manera importante en el desarrollo de agrietamientos debido al efecto de las contracciones. Por otra parte, ese mismo piso se suele usar como superficie de rodamiento de los equipos de montaje, que en ocasiones suelen provocar daños, debido a los esfuerzos generados durante el proceso de montaje tanto de los muros Tilt-Up, como de los elementos de cubierta (Fig. 5).

En general se trata de un proceso de construcción que toma más tiempo y se complica aún más en lo que respecta a la fabricación e izaje de los muros. Por otra parte el perímetro exterior debe dejarse libre de excavaciones aledañas, para el paso de la grúa durante el proceso de montaje, lo que impide, entre otras cosas, la construcción de obras de infraestructura como drenajes. Otra posible desventaja es el manejo de las aberturas a futuro (knockouts), para adecuaciones futuras o para el paso de instalaciones (Fig. 6).

En general el acabado final al muro se prolonga debido a los resanes de las zonas en donde se colocan los insertos, y el proceso de montaje es muy especializado, en el que se requiere experiencia y dos grupos de especialistas, uno para el montaje de la estructura metálica y otro para el de los muros de la fachada. En los muros Tilt-Up es difícil hacer ampliaciones con grandes aberturas, si no se han concebido de inicio; tampoco, se podrán concebir instalaciones subterráneas, si no se han tenido en cuenta desde el principio. **C**

## REFERENCIAS:

1. American Concrete Institute; (2005); "Requisitos del código de construcción para concreto reforzado (ACI 318-05)"; ACI, Estados Unidos.
2. Brooks; H; (2002); "Ingeniería de Muros Tilt Up"; Manual TCA; Segunda Edición; Estados Unidos.
3. Carter J., Neil M.; "Seismic Response of Tilt-Up Construction"; Departamento de Ingeniería Civil universidad de Illinois; Estados Unidos.
4. Forsythe, G. E.; (1954); "Generation and use of orthogonal polynomials for data-fitting with a digital computer", Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics, Vol 5, No 2; p 74-88.
5. Huerta Carpizo C., Jean Perrilliat R. Rivero Peña B., Treviño Treviño A.; (2008); "Comparativa en el desempeño estructural y de costos de naves construidas con sistemas de marcos y con muros Tilt-Up"; Memorias del XVII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Veracruz, Veracruz.
6. Huerta Carpizo C., Jean Perrilliat R.; (2009); "Diseño de naves industriales con muros Tilt-up en zona sísmica"; Memorias del XVIII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Puebla, Puebla.
7. Jean Perrilliat R.; (2010); "Muros estructurales prefabricados Tilt-up para naves industriales" (Presentación ppt.); curso: "Análisis y Diseño de Estructuras Prefabricadas" en el marco del 3er Simposio de Edificios y Sistemas Presforzados, Tuxtla Gutierrez, Chiapas.
8. Tilt Up Concrete Association, "Manual de diseño y construcción Tilt-Up"; TCA; Segunda Edición; Estados Unidos.

# Continuidad en concreto



## E

n 1981 el arquitecto yucateco Augusto Quijano Axle tuvo la responsabilidad de diseñar el Plan Maestro para el campus de la Universidad Anáhuac Mayab, más de tres décadas después, es él quien retoma el proyecto para incorporar en el planteamiento original el nuevo edificio para el Instituto de Biotecnología, el cual está destinado a la investigación y el desarrollo de empresas enfocadas a la producción alternativa de energías renovables. Con un lenguaje renovado que conserva la esencia original, este magno proyecto se suma a la larga tradición de la arquitectura de calidad del sureste mexicano.

## VIENTO A FAVOR

Debido a las condiciones de viento y radiación solar que son particularmente favorables en la Península de Yucatán se presentan necesidades muy específicas de investigación; oportunidades de todo tipo dentro de un marco internacional muy dinámico

de innovación y desarrollo que se fundamentan inicialmente en la formación académica de más jóvenes emprendedores, profesionistas futuros.

Por tal motivo, la Universidad Anáhuac Mayab determinó necesario e impostergable la construcción de una extensión arquitectónica, misma que en una primera etapa será destinada a albergar laboratorios y espacios para las empresas que apoyan las investigaciones que realiza este centro académico. A través del patronato universitario se

determinó llamar al autor del Plan Maestro original (el arquitecto Augusto Quijano) para que lo interviniera diseñando un edificio que diera solución a sus nuevas necesidades, sabiendo que sería la persona idónea para mantener el espíritu del lugar sin perder el compromiso de reflejar la contemporaneidad institucional, el resultado es un conjunto en dónde cada edificio muestra orgulloso su momento histórico.

Ubicado en el extremo poniente del campus, en un terreno asignado como espacio de crecimiento futuro, el edificio integra elementos arquitectónicos o características constantes como las cartelas, la linealidad, y los materiales (principalmente concreto) para dar continuidad al lenguaje existente y también impactar lo menos posible en el espacio. Se trata de una construcción de forma oblonga con orientación norte-sur que le permite aprovechar mejor la iluminación y ventilación del sitio para convertirse en un espacio muy comfortable para sus usuarios.

Cabe mencionar que con su posición y geometría se recupera al mismo tiempo la traza marcada por el Plan Maestro vinculando el espacio abierto y los andadores que conectan desde Rectoría -pasando por la escuela de Medicina- hasta llegar al nuevo edificio, el cual a distancia se lee como uno de escala pequeña, permeable a las visuales y ligero en su emplazamiento.

## EL DISEÑO DEL ESPACIO

La nueva sede del Instituto de Biotecnología continúa el mismo principio de los edificios que le anteceden: espacios lineales orientados correc-



Gregorio B. Mendoza



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



@Cement\_concrete

Fotografía: Cortesía Augusto Quijano Arquitectos SCP (Tamara Uribe)



tamente en donde se busca atrapar la luz uniforme del norte, cortando y protegiéndose del asoleamiento del sur. De este modo, el nuevo edificio se desarrolla en tres niveles perfectamente diferenciados de las actividades que se desarrollan en el programa arquitectónico propuesto.

La organización interior del edificio surge del análisis de las actividades y va desde lo más público a lo privado, del exterior hacia el interior, desde lo abierto hacia lo cerrado. En la planta baja se localizan los laboratorios, las oficinas de dirección y los servicios de apoyo como cafetería y espacios de reunión como un auditorio. En el primer nivel se encuentran los espacios de trabajo para las empresas pequeñas y en el último nivel se ubican los espacios para empresas mayores.

Los niveles se van arremetiendo en los extremos del edificio, generando entonces terrazas-jardín que se abren al campus y están contenidas por una serie de peculiares celosías prefabricadas de concreto que acentúan la geometría empleada y se integran a la inclinación de las fachadas, produciendo una zona de jardín que sirve para proteger del sol y genera un ambiente fresco y ventilado al interior al tomar los vientos dominantes del oriente y dirigirlos hacia las circulaciones.

Las fachadas representan la organización funcional que sin perder la unidad arquitectónica, busca destacar sus diferentes funciones en un solo lenguaje a través de cartelas de concreto prefabricado. Elementos verticales que en la fachada norte se encuentran a 7.20 metros de distancia en sentido vertical y al sur cada 3.60 metros. Una variación en el ritmo que corresponde a la incidencia solar de cada sector donde se han instalado.

Finalmente, el arquitecto Quijano Axle, explica que "las circulaciones perimetrales enlazan las diferentes partes del programa arquitectónico y permitirán a futuro, ajustes y cambios en su organización sin perder el orden planteado en el diseño. Mientras tanto, la escalera principal conecta todos los niveles y se localiza en la parte central del edificio, mismo que inevitablemente nos evoca las proporciones y formas de los basamentos prehispánicos al observarse en perspectiva".

## PREFABRICADOS PROTAGÓNICOS

Para la selección de los materiales y acabados de la obra, se tomó en cuenta los elementos ya característicos del entorno existente, de tal modo que este aspecto fuera una cualidad más que permitiera la integración del nuevo edificio con el resto del Campus sin sobresalir inadecuadamente. A decir de sus creadores, "el criterio para el empleo de materiales siempre fue utilizarlos de forma contemporánea, a partir del concreto aparente como elemento expresivo principal".





## Datos de interés

**Nombre de la obra:**

Instituto de Biotecnología,  
Universidad Anáhuac Mayab.

**Ubicación:**

Mérida, Yucatán.

**Arquitectura:**

*Augusto Quijano Arquitectos SCP.*

**Prefabricados de concreto:**

PREDECON.

**Fecha de construcción:**

2014.

**Fotografía:**

Tamara Uribe.

Por lo anterior, se buscó que todos los acabados se vincularan al tratamiento formal del edificio y se rigieran por un módulo compositivo que se expresa en las fachadas por medio de las cartelas que ordenan la composición como ya se mencionó anteriormente. El módulo gobierna todos los elementos tanto en alzado como en planta y así, la solución estructural está vinculada directamente al diseño del edificio, una integración mediante la modulación rigurosa del proyecto a cada 90 cm y piezas estructurales de 7.20 x 10.80 metros.

Siendo la estructura el lenguaje que da unidad arquitectónica y constructiva a todo el conjunto, se buscó cumplir con la intención básica de que el aspecto constructivo permitiera una racionalización del proceso constructivo, que se reflejara directamente en una economía de los recursos empleados (tiempo y costo) para la edificación del inmueble. Tomando en cuenta lo anterior, se propuso el uso de concreto aparente por medio de elementos prefabricados que aportan rapidez en la ejecución y requieren poco espacio de maniobra y almacenaje para evitar afectaciones a la vida diaria de la Universidad.

"Además de eso, sabíamos que trabajando con PREDECON tendríamos muchas bondades a favor: desde la limpieza de obra y la rapidez del trabajo, hasta la claridad de las soluciones y los acabados de alta calidad controlada desde la planta de producción. La colaboración con la empresa y el ingeniero Enrique Escalante ha sido una constante debido a que tiene muy claro que es más importante la arquitectura, que simplemente construir una cantidad de piezas prefabricadas. Su trabajo va mucho más allá de ser un proveedor, es un diseñador de piezas estructurales y asume siempre una responsabilidad enorme para mejorar el proyecto desde la perspectiva constructiva", enfatiza Quijano Axle.

Por su parte, el Ing. Escalante comparte para *Construcción y Tecnología en Concreto* que el proceso más complejo de todo el proyecto fue por un lado la realización de



los volados de losa (realizada con el sistema prefabricado tipo Doble I, acabado aparente) que van de lado a lado del edificio y por otro, la fabricación de la celosía (un elemento estructural de 40 cm de espesor que tiene módulos promedio de forma rectangular de 7.3 metros x 5.7 metros y uno triangular, el más demandante que logra cerrar el detalle como punto diferencial de esta solución estructural que en conjunto con las cartelas producen juegos de luz y sombra bastante atractivos".

## COLOFÓN

Augusto Quijano concluye: "sin duda, el principal reto fue proyectar un edificio 20 años después dentro de un conjunto que ha permanecido 30 años en perfectas condiciones y poder representar la vigencia de su arquitectura". Lo ha concluido satisfactoriamente empleando la evolución de los materiales y las técnicas constructivas, en este caso los avances de la industria de la prefabricación, el resultado es para la institución motivo de orgullo. **C**





# Talento a prueba

Texto y Fotografías: Gregorio B. Mendoza



Miembros del jurado.



Cilindros de los participantes.

# E

l pasado jueves 29 de Mayo se realizó en las instalaciones del Centro Banamex de la Ciudad de México, el

**4° Concurso Nacional de Diseño de Mezclas de Concreto**, organizado por el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C. (IMCYC) en conjunto con la Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería (ANFEI).

Con una sorprendente participación, el evento reunió a más de 660 participantes, 116 equipos conformados por alumnos, académicos e investigadores representando a 70 instituciones de nivel superior de todo el país. Los entusiastas equipos se dieron a la tarea de realizar desde sus instalaciones académicas la preparación de la mezcla para la elaboración de los cilindros de concreto, con la finalidad de entregarlos posteriormente en la ciudad de México y realizar en presencia de todos los inscritos, así como del jurado calificador los ensayos de compresión y definir de acuerdo a un sistema de cómputo a los finalistas en una primera fase y, posteriormente

dar a conocer a los seis equipos ganadores en la etapa final.

Tal como lo afirmó el maestro en ingeniería y director general del IMCYC Daniel Dámazo Juárez, "el objetivo principal de este concurso es colaborar con las instituciones de educación superior, en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la tecnología del concreto de los estudiantes de ingeniería civil, a través del conocimiento

de una de las fases fundamentales en el empleo de este material en la construcción: el diseño de mezclas".

De este modo, en su cuarta edición, este certamen

de carácter nacional demostró que se ha posicionado dentro de la agenda oficial de la actividad académica, al tiempo de consolidarse como un clásico obligado dentro de los eventos de la comunidad estudiantil en sólo cuatro años. Sin lugar a dudas, la oportunidad inigualable de tomar este ejercicio como un sano instrumento de superación y competencia ha afianzado el hecho de que, año con año se celebre en medio de un ambiente festivo y jovial este concurso

## 4<sup>TO</sup> CONCURSO NACIONAL DE DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO<sup>®</sup>



Equipo de laboratorio IMCYC.

que reconoce la capacidad de los futuros ingenieros mexicanos para brindar soluciones precisas a temas relacionados con la industria del concreto.

Así, agradecemos y felicitamos a todos los participantes quienes con su entusiasmo hicieron esto posible, a las empresas patrocinadoras y al equipo de laboratoristas del IMCYC que apoyaron en todo el proceso. Los invitamos a seguir participando y esperar la convocatoria de

la siguiente edición. Aquí la lista de los equipos ganadores, quienes obtuvieron como parte de su premio: un diploma oficial, un trofeo, equipos de cómputo, tablets, IPod's y colecciones de libros del Fondo Editorial IMCYC.

Estamos seguros que ganadores o no, la enseñanza llegará a cada una de las aulas de las instituciones participantes y esto es en realidad el primer gran premio que todos obtienen.

¡Enhorabuena! **C**

## RESULTADOS

### > Primer lugar

#### Instituto Tecnológico del Istmo (Oaxaca)

**Asesora:**  
Ing. Petra Vela Toledo.

**Integrantes:**  
Eric Orozco Figueroa.  
David Magariño López.  
Yazmin Rasgado Toledo.  
Miguel Ángel Jiménez Laureano.

### > Segundo lugar

#### Instituto Tecnológico de Pachuca (Hidalgo)

**Asesores:**  
Ing. Jorge Rangel Gómez.  
M.I. Martín Antonio Silva Badillo.

**Integrantes:**  
Eduardo Cordero Hernández.  
Jessica Escalante Chávez.  
Jesús Daniel Hernández Escalante.





**andamios atlas**<sup>®</sup>  
*manufacturas metálicas*

- **ANDAMIOS**  
PARA USO INDUSTRIAL Y CONSTRUCCIÓN
- **APUNTALAMIENTO**  
PARA LOSAS Y OBRA CIVIL
- **ENCOFRADOS**  
PARA LOSAS, MUROS Y COLUMNAS
- **SOLUCIONES DE INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN**  
DISEÑO DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

NOSOTROS TENEMOS LO QUE TÚ NECESITAS

**01 800 ANDAMIO**

[SERVICIOACLIENTES@ANDAMIOSATLAS.COM](mailto:SERVICIOACLIENTES@ANDAMIOSATLAS.COM)

**Tercer lugar** <

**FES Aragón - UNAM (Estado de México).  
División de ciencias Físico-Matemáticas  
y de las Ingenierías**

**Asesores:**

Ing. José Paulo Mota.  
Ing. Héctor Iván Morales Huerta.

**Integrantes:**

Sergio Berumen Pérez.  
Agustín Hernández Taguja.  
Luis Eduardo Miranda Pérez.



**Cuarto lugar** <

**Instituto Tecnológico de Pachuca (Hidalgo)**

**Asesores:**

M. I. Pánfilo Estanislao Santander Pastén .  
M.I. Martín Antonio Silva Badillo.

**Integrantes:**

Aquiles Suárez Suárez.  
Hugo Herrera Noriega.  
Aldo Eduardo Jiménez González.



**Quinto lugar** <

**Universidad Autónoma de  
San Luis Potosí (San Luis Potosí)**

**Asesor:**

Dr. Ángel Ismael Cárdenas Martínez.  
Ing. Enrique Macías de la Torre.

**Integrantes:**

Maribel Silverio Santiago.  
Arturo Sergio Rodríguez Flores.  
Juan Diego Lozano González.  
Daniel Alexis Rodríguez Álvarez.



**Sexto lugar** <

**FES Aragón - UNAM (Estado de México).  
División de ciencias Físico-Matemáticas  
y de las Ingenierías**

**Asesor:**

Ing. María Elena Solís Estrada.  
Ing. Luz María Villaseñor González.

**Integrantes:**

Javier Sánchez Ochoa.  
Román Cruz Santibañez.  
Blanca González Martínez.



# Comex®

## Industrial Coatings

### Ultracryl / Ultracoat 110 Sistema para pisos de concreto de excelente resistencia a la abrasión

Ultracryl está compuesto por dos productos con los que se obtiene excelente protección y se mejora la resistencia mecánica. De fácil aplicación, curado rápido y con tiempo corto de puesta en servicio. Para lograr la mejor apariencia y preservación de este sistema lo ideal es utilizar como acabado la pintura de poliuretano para pisos Ultracoat 110, que presenta buena resistencia al tráfico peatonal y a la exposición a agentes químicos.

Nuestra tecnología. Tus resultados.



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



## LOS PREFABRICADOS LLEVADOS AL LÍMITE:

# El Hotel T30 de China



*"Broad no es una compañía de construcción es una revolución estructural".*

**Zhang Yue, Director y Fundador de Grupo Broad, China**

Adriana Valdés

Fotografías cortesía de: Grupo Broad.



Será posible construir un hotel de 30 pisos en 15 días? La compañía de origen chino Grupo Broad hizo de esta inusitada idea una realidad y erigió en el 2011 el hotel T30 que actualmente opera en la ciudad de Changsha ubicada en China. Dicho proyecto es un vivo ejemplo de los principales pilares y conceptos que rigen a este enorme conglomerado, así como de su compromiso y filosofía por generar proyectos altamente sustentables que conllevan la aplicación de tecnologías y procesos de producción con materiales prefabricados desarrollados por esta empresa.

Dadas sus invaluables aportaciones dentro de este campo, el Hotel T30 fue condecorado con la distinción CTBUH (Council on Tall Buildings and Urban Habitat) Innovation Award en el 2013 por el método de construcción con prefabricados aplicado en este proyecto que, de acuerdo a dicha renombrada organización, revoluciona la tecnología, sustentabilidad y eficiencia en la construcción de edificios de gran altura. De forma paralela, en el 2011 el Director y Fundador de Broad Zhang Yue fue reconocido como Campeón del Medio Ambiente (Categoría de Emprendedores Visionarios) por el programa de Medio Ambiente de las Naciones

Unidas. A su vez, la compañía fue catalogada como una de las veinte compañías más admiradas en China por la Universidad de Beijing y otras instancias.

Cabe señalar que Grupo Broad comenzó su trayectoria en China en 1988 desarrollando sistemas de aire acondicionado y diversos tipos de aditamentos para climatizar interiores de manera eficiente y con bajo costo exportando materiales a más de 70 países. A raíz de esta experiencia los directivos de la empresa fueron identificando los aspectos que eran fundamentales para reducir el consumo de energía en los rascacielos y para estandarizar los procesos de producción. En específico, tras el terremoto de Wenchuan del 2008, decidieron establecer formalmente Broad Sustainable Building Co. Ltd. en el 2009 como una subsidiaria de Grupo Broad cuya función es crear y operar proyectos sustentables altamente resistentes a los sismos con procesos eficientes de construcción con base en materiales prefabricados.

La sede de la empresa está ubicada en Xiangyin dentro de la provincia de Hunan, ubicada en el sur de China. En el 2013 registraba 360,000 m<sup>2</sup> de talleres y 19,000 empleados llegando a tener una capacidad de producción anual de alrededor de 10 millones de metros cuadrados. Su proceso constructivo se caracteriza por una limpieza y orden



**T30 ahorra 8.8 millones de KWh al año.**



**Reducción de 2000 toneladas de CO<sub>2</sub> al año.**



absoluto ya que los empleados trabajan guiados por una filosofía ideada por su Director General que contempla conductas para proteger el medio ambiente y penaliza altamente el desperdicio de cualquier material o alimento dentro de las instalaciones.

El primer proyecto que realizó la subsidiaria Broad Sustainable Building Co. Ltd. fue una residencia piloto de tres niveles terminada en el 2009 dentro de su complejo. Posteriormente en el 2010 erigieron e

l Hotel New Ark, el cual es empleado en su gran mayoría por personas que visitan los diversos sectores del Grupo por viajes de negocios. El hotel cuenta con 15 pisos y fue construido en 6 días. De forma paralela, erigieron un pabellón de 2000 m<sup>2</sup> con seis niveles en la sede de Expo Shanghai 2010 que fue completado en un lapso de 24 horas. Aunado a esto, desarrollaron el Pabellón "COP

16 Broad" para la Conferencia de Cambio Climático del 2010 en Cancún México, el cual fue inaugurado por el entonces Presidente Felipe Calderón Hinojosa. Dicho pabellón estuvo compuesto por dos pisos con un área de 1,060 m<sup>2</sup>.

Como se ha mencionado anteriormente, el proyecto que ejemplifica más claramente la visión y tecnología aplicada por esta empresa así como sus alcances es el Hotel T30, el cual representa el octavo edificio más alto dentro de la ciudad de Changsha con una altura de 104.23 metros hasta su punto más alto. El proyecto se completó en únicamente 3 meses y cuenta con 30 niveles sobre el nivel del piso y con un nivel subterráneo. El hotel presenta 330 habitaciones, 64 lugares de estacionamiento y 3 elevadores que van a una velocidad de 2.5 m por segundo. El lobby se encuentra localizado en una estructura piramidal



que es adyacente al edificio principal, la cual desentona en cierta forma con el diseño del conjunto. En el sótano se ubican las instalaciones, servicios y sistemas de monitoreo tales como lavandería, purificación de aire, estación central de climatización y un sofisticado centro de disposición de basura. Entre sus amenidades se encuentra un restaurante, un área de negocios y un helipuerto.

Este es un edificio inteligente al contar con controles en cada habitación que miden los niveles del aire, operan las cortinas y las persianas que bloquean el sol y evalúan si hay alguna fuga o mal funcionamiento dentro de las instalaciones de cada habitación.

En lo que se refiere al proceso constructivo el elemento que más resalta es que el proyecto del T30 fue completado en un 93% al interior de las plantas de producción de Broad y no en la obra misma. En palabras de Zhang Yue: "la construcción tradicional es caótica, por lo que nosotros tomamos la construcción y la metimos dentro de una fábrica".

Lo anterior se logró gracias a una tecnología estandarizada que utiliza módulos prefabricados de 3.9 por 15.6 metros con un peso de 18

toneladas métricas en los cuales se incluye pisos y techos, así como ductos de ventilación, instalación de agua y drenaje, electricidad e iluminación. Lo único que se requiere para conectar estos módulos son pilares, abrazaderas diagonales, puertas, ventanas, paredes e instalaciones sanitarias y de cocina que son colocadas para su envío en camiones especializados. Cada camión tiene la capacidad de transportar alrededor de 120 m<sup>2</sup> de módulos y hacerlos llegar al sitio de la construcción. En cuanto los materiales prefabricados arriban a su destino la labor de los trabajadores ubicados en el sitio de construcción consiste en armar estas estructuras de acuerdo a un plan extremadamente detallado que no permite margen de error o desperdicio. Incluso, en el T30 la decoración interior y el mobiliario instalado también fue prefabricado y se instaló dentro del lapso de los 15 días que contempló el proyecto.

De forma paralela, las características de los módulos permiten dar versatilidad al proyecto y adaptarlo para diversos usos dado que, si bien fue diseñado para ser un hotel de tres estrellas, puede ser transformado en

un conjunto de lofts y si se decide, ser vendido como unidades individuales.

Gracias a esta tecnología la instalación de los módulos en el sitio de construcción representa únicamente el 7% de las horas dedicadas al proyecto. Lo anterior es completamente revolucionario con respecto al resto de las empresas que aplican un método de construcción con prefabricados, ya que de acuerdo a Grupo Broad el máximo que se tiene registrado en otros lugares es un avance del 40% del proceso en el interior de las fabricas.

Por otra parte, esta tecnología sistematizada también tiene repercusiones en el presupuesto empleado al ser entre un 10% y 30% más barata que proyectos similares. A su vez, su aplicación implica que se consuma entre un 10 y 25% menos de acero que en otros proyectos comparables y se optimiza el uso del concreto. Sorprendentemente, al realizar este tipo de proyectos se presenta un desperdicio de materiales de únicamente un 1%. Como parte de su compromiso con el medio ambiente, se busca emplear materiales reciclados y libres de formaldehidos, asbesto o radiación. No se realizan ductos para la construcción y no hay emisiones de polvos o partículas contaminantes despedidas por el proceso de la construcción.

Además de la tecnología aplicada para construir la estructura, en el T30 Broad

# SERVICIOS IMCYC

## Publicaciones



*“Un mundo de  
soluciones  
en concreto”*

### MANOS A LA OBRA II



**\$470 M.N.**

Más gastos de envío.

### REQUISITOS DE REGLAMENTO PARA CONCRETO ESTRUCTURAL Y COMENTARIOS (2011)



**\$680 M.N.**

Más gastos de envío.

### GUIA DEL CONTRATISTA PARA LA CONSTRUCCIONES DE CONCRETO DE CALIDAD



**\$650 M.N.**

Más gastos de envío.

Compre las publicaciones IMCYC en línea:

<http://tienda.imcyc.com.mx/tiendaimcyc/>

CONTACTO:

Michael López Villanueva  
Tel.: 01 (55) 5322 5740. Ext. 210  
E-mail: mlopez@mail.imcyc.com



Sustainable Building Co. Ltd. maneja un sistema integral de instalaciones y características técnicas que buscan garantizar su sustentabilidad, durabilidad y eficiencia por medio de las características que se enumeran a continuación. Antes que nada el edificio es altamente resistente a sismos de una magnitud de hasta 9 grados.

En particular, este interés surgió a raíz del terremoto Wenchuan en 2008 cuando los ingenieros y técnicos de Grupo Broad comenzaron a desarrollar una tecnología que implementaba "estructuras de acero con abrazaderas diagonales y peso ligero", la cual fue sometida a diversas pruebas especializadas con el fin de verificar su resistencia a los sismos. Los resultados revelaron que la estructura es entre 3 y 12 veces más resistente a este tipo de fenómenos naturales que el resto de las construcciones de su tipo en el mundo.

Por otra parte, el consumo de energía en el edificio resulta ser cinco veces más eficiente que el que se presenta en el resto de las construcciones del mismo tipo. Lo anterior se logra por medio

de la aplicación de materiales aislantes con un espesor de 35 cm y de ventanas con 5 capas de grosor. Dichos elementos también garantizan el silencio al interior de las habitaciones. Aunado a esto, la luz solar es bloqueada por medio de persianas en las ventanas y los interiores cuentan con luces LED, así como con elevadores que generan energía al descender.

De forma paralela, el edificio presenta una calidad de aire que es veinte veces más pura que la del exterior en las habitaciones y diez veces más pura que el exterior en el área del lobby. Lo anterior se verifica continuamente gracias a los detectores de la calidad del aire instalados en cada habitación. Uno de los elementos que hace posible esta calidad del aire es el sistema de "súper filtrado" de bajo costo inventado por el grupo, el cual generalmente se emplea en salas quirúrgicas especializadas.

La tecnología empleada para este hotel pareciera no presentar falla alguna, sin embargo, será necesario continuar evaluando su operación real en el día a día y analizar qué tan flexible realmente resultan este tipo de estructuras en términos de diseño arquitectónico. Por otra parte, su reciente instalación no permite aún presentar un análisis sobre los desafíos que conlleva la operación y mantenimiento de este proyecto, así como del tipo de personal altamente especializado que se requiere para operar sus

complejos sistemas eléctricos y mecánicos.

El plan a futuro para esta compañía es hacer de su proceso constructivo una franquicia que sea comercializada hacia diversos países. Por el momento cuentan con dos franquicias en Ningxia y Fujian con fábricas de producción en cada caso y hay otros diez socios potenciales interesados en esta tecnología tanto en China como en Brasil, India y Rusia. El plan es desarrollar entre 5 y 10 franquicias por año, que de acuerdo a Zhang Yue, tendrán un costo aproximado de 35 millones de dólares en países con una población de diez millones de personas y un costo de 50 millones de dólares para países con una población superior a los 50 millones de personas. El formato de negocio contempla el acceso y uso de la tecnología desarrollada por Broad por un lapso de 70 años. Parte fundamental de este proceso sería la construcción de fábricas en los países interesados y la capacitación del personal.

Otro de los proyectos de esta magna empresa es la construcción del Sky City One, un rascacielos que será construido en 9 meses en la ciudad de Changshá en China. Dicho edificio pretende ser el más alto del mundo superando con diez metros al Burj Khalifa en Dubai. Por el momento dicha obra se encuentra en su fase de preparación, trámites, obtención de permisos y desarrollo del proyecto. **C**

**“DECIDÍ  
ARRIESGARME  
A EMPRENDER  
Y AHORA TENGO  
MI FÁBRICA”**

LUPITA  
EMPRENDIÓ COMO



**DECÍDETE TÚ TAMBIÉN.  
ENTRA A [yomedecidi.com](http://yomedecidi.com)**

 /PepeyTono  /PpyTono  /PepeyTono

**Consejo de la Comunicación  
Voz de las Empresas**





# Precolados definen la perfección

52

Los detalles precisos que se logran en los prefabricados de concreto fueron la clave para la definición de las formas únicas de la torre Centro de Gobierno Plaza Cívica. Dichos materiales conceden a este proyecto un sentido de perfección, aún con sus enormes dimensiones.

Antonieta Valtierra

Fotografías: Cortesía Preteca

# E

l nuevo y colosal edificio del Centro de Gobierno Plaza Cívica ubicado en el Paseo Santa Lucía, en Monterrey, Nuevo León, es parte del Proyecto de Integración Urbanística Macroplaza Parque Fundidora y extensión del Río Santa Lucía, que se encuentra bajo la supervisión del Consejo Consultivo Ciudadano.

Dicho programa fue parte de los cinco proyectos estratégicos para transformar Nuevo León presentados dentro del Plan Estatal de Desarrollo, cuya finalidad fue fortalecer el ordenamiento urbano y fomentar el desarrollo sustentable de diversas actividades para transformar a la ciudad en una gran metrópoli, y así impulsar la actividad turística, el esparcimiento de los nuevoleonenses y promover a nivel internacional su imagen urbana. El proyecto también incluyó la realización de 13 nuevas vialidades para dar mayor fluidez al tránsito vehicular en la zona, en donde existen varios desarrollos.

La torre alcanza los 180 m de altura –actualmente es la estructura más grande de la ciudad–, y el espacio del que dispone es de 61 mil metros cuadrados distribuidos en 42 pisos, los cuales están ocupados por dependencias del Gobierno Estatal y en donde se brinda servicio a los ciudadanos, y otros cinco niveles de estacionamiento con capacidad para tres mil cajones. Conforman una moderna insignia que se eleva en el área urbana de una creciente metrópolis y en cuya arquitectura queda de manifiesto la versatilidad, alto rendimiento, agilidad en la construcción y rentabilidad de los prefabricados de concreto, atributos que le aportaron valiosos puntos para ser uno de los ganadores del programa de premios Design Awards PCI edición 2013, en la categoría de Edificios Públicos y de Gobierno. Este esquema de premios es realizado desde hace 52 años, su objetivo es reconocer la excelencia del diseño y la calidad de la construcción con prefabricados de concreto.

Al proyectar la tan alta pieza arquitectónica, los diseñadores se avocaron a evitar que el volumen de la estructura abrumara al centro de la ciudad, por lo que la solución fue “adelgazar” visualmente la torre desde abajo hacia arriba, combinando líneas rectas verticales en un



- Versatilidad y requisitos estéticos.
- Mínima perturbación en el sitio de construcción.
- Construcción acelerada.
- Costos reducidos.
- Durabilidad, aumento de la vida útil.
- Aumenta la resistencia a la tormenta, a la explosión y a sismos.
- Incrementa la seguridad de los ocupantes.
- Sustentabilidad y rentabilidad (costo-beneficio).

diseño curvo, lo cual se logró utilizando precolados de concreto. “A pesar de su volumen y la complicada geometría de los paneles curvos resultó una obra artística, en la cual destacan las superficies armónicas con líneas precisas en una construcción visual homogénea”, comentó el ingeniero Alejandro Fastag, CEO de Pretecsa, compañía que manufacturó los paneles para el proyecto.

El edificio del Centro de Gobierno requirió de 2,117 paneles prefabricados de concreto curvos y 815 rectos, que varían de tamaño de 93 a 190 m<sup>2</sup> y cuyo peso va de 800 a 1,900 kg. Algunos fueron fabricados en concreto regular





y otros con GFRC (Glass fiber reinforced concrete), con agregados de mármol blanco y con un acabado grabado al ácido. También fueron utilizados materiales como acero, concreto y vidrio. Los 815 elementos rectos con diferentes geometrías fueron colocados en la estructura adjunta cuya superficie total es de 27,260 m<sup>2</sup>; en dicho recinto existen comercios y prestadores de otros servicios como parte de la oferta del mismo complejo.

Por otra parte, dicha estructura está calificada como edificio inteligente, pues posee –entre otros–, sistemas de iluminación controlada en su totalidad mediante un mecanismo llamado B (el mismo que poseen grandes rascacielos de la ciudad de México como la Torre Mayor, la Torre Latinoamericana y el edificio Reforma 222, entre otros). Asimismo, cuenta con ocho

elevadores de alta velocidad que da acceso a todos los pisos y otras tecnologías de punta.

Adjunto a la torre se encuentra un cuerpo de tres niveles donde se ofrecen servicios de ventanilla única. Igualmente, en zonas aledañas, existe un área de servicios comerciales, una plaza para actividades exteriores y un estacionamiento público con capacidad para 3 mil 500 automóviles.

## EJECUCIÓN PRECISA

La edificación de un rascacielos de forma retadora, significó una construcción puntual, donde la fachada de prefabricados de concreto resultó ser la solución ideal para satisfacer tanto los requisitos como el diseño del proyecto. Más que la forma (que condicionó el uso de una fachada prefabricada por encima de cualquier otro sistema constructivo), la altura del edificio complicó, sobre todo, la instalación de los prefabricados en los niveles superiores de la torre; donde los fuertes vientos dificultaron el izaje y la presentación de las piezas antes de fijarlas definitivamente.

Los segmentos fabricados en GFRC (Glass fiber reinforced concrete) fueron instalados en los niveles más altos con la intención de disminuir su peso, mejorar su maniobrabilidad sin reducir los requisitos de seguridad del edificio. No obstante, colocar de manera precisa y sin contratiempos



Los paneles prefabricados en el modo y tiempo previstos, así como la fabricación de las formas de panel curvo para lograr la imagen sinuosa del diseño original, fueron los dos mayores desafíos que enfrentó el desarrollo del proyecto, expresó el ingeniero Fastag.

Pese a las dificultades, gracias a la experiencia que posee Pretecsa y la calidad de su ingeniería, la producción de los prefabricados de concreto le tomó poco menos de tres meses. El modelado 3-D demostró, una vez más, ser un recurso útil para llegar a la solución del desafiante diseño de los paneles; además un sistema de moldes flexibles redujo significativamente el número de matrices necesarias. Un sistema propio de troqueles ajustables permitió al fabricante producir las piezas curvas de un modo muy ágil y preciso, lo mismo que el método para colocarlos y ajustarlos al siguiente segmento sin la necesidad de reconstruir nuevas formas.

## ACERCA DE LOS INVOLUCRADOS

El proyecto arquitectónico fue realizado por la Constructora Andrade Gutiérrez, S.A. de C.V., filial en México del Grupo Andrade Gutiérrez, cuya sede se encuentra en Brasil. Actualmente el Grupo participa activamente en más de 40 países en sectores de Ingeniería (plantas de energía nuclear, petroquímica, minería, acerías, refinerías, puentes, saneamiento y urbanización, subterráneos, aeropuertos, ferrocarriles y construcción civil), Construcción, Energía, Concesiones, Telecomunicaciones y Urbanización, entre otros. Una de sus obras emblemáticas es la Planta Hidroeléctrica de Itaipú.

Es pertinente destacar que la mexicana Pretecsa es uno de los fabricantes más importantes de precolados de concreto en nuestro país, cuenta con una trayectoria de más de 46 años desde su fundación. Además exporta sus productos principalmente a Estados Unidos, donde han sido



## Créditos

### Propietario:

Gobierno del Estado de Nuevo León.

### Arquitectura:

Constructora Andrade Gutiérrez, S.A. de C.V.

### Prefabricados:

Prefabricados Técnicos para la Construcción (Pretecsa).

### Contratista:

Consorcio en Innovación y Construcción, S.A. de C.V.

### Inicio de la construcción:

Octubre 2007.

### Terminación de la obra:

Abril 2012.

### Área del proyecto:

61,000 m<sup>2</sup>

### Inversión:

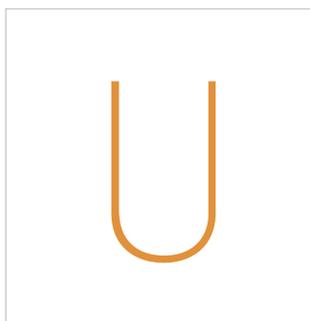
1000 millones de pesos.

reconocido y certificado al cumplir con los más estrictos niveles de calidad. La firma ha sido reconocida por su trabajo en varios proyectos, especialmente en los Design Awards PCI –donde es miembro activo, participa y aporta soluciones en el desarrollo de la tecnología y los estándares de prefabricación mundial–, en donde ha figurado entre los ganadores desde hace varios años. **C**



# Magnífico, el presente y el futuro de la prefabricación

**LOS INICIOS** de la prefabricación en México podrían situarse en la cuarta década del siglo XX. Desde ese entonces, ha demostrado ser una gran herramienta para la realización de proyectos que serían más complicados de llevar a cabo mediante la técnica del colado en sitio.



Uno de los personajes más experimentados en este terreno es el ingeniero civil Carlos

Galicia Guerrero, director general de Prefamovil, que en diez años ha hecho de su empresa una de las más confiables del mercado nacional.

*Construcción y Tecnología en Concreto* tuvo la oportunidad de charlar con el ingeniero Galicia Guerrero, en una entrevista que pone de manifiesto lo que sucede actualmente en el mundo de la prefabricación en México y que muestra la personalidad del ingeniero civil egresado del Instituto Politécnico Nacional, quien afirma que su filosofía de vida es prácticamente la misma que su filosofía en el ámbito empresarial.

## MÚLTIPLES BENEFICIOS

El mundo de la prefabricación ha tenido un boom en la industria de la construcción en los últimos tiempos, y la razón es simple: se trata del método constructivo con más beneficios dentro de los procesos que actualmente existen. Resulta sorprendente la relevancia que ha tomado, ya que es un hecho que muchas de las obras de edificación e infraestructura de los últimos años no podrían haberse concebido sin el concurso de los prefabricados.

Así lo establece el entrevistado, quien enfatiza que es tan grande el crecimiento de los prefabricados que puede afirmarse que más del 90 por ciento de las estructuras o superestructuras se



Juan Fernando González G.



[www.facebook.com/Cytimcyc](http://www.facebook.com/Cytimcyc)



@Cement\_concrete

Fotos: Cortesía de Prefamovil S.A. de C.V.





## Obras recientes

- Participaron en el 80 por ciento de los puentes de la carretera Arco Norte (Grupo Carso).
- Estamos trabajando en más de 1,500 traveses para puentes de infraestructura en la carretera Salamanca-León.
- Estadio Territorio Santos Modelo.
- Estadio de usos múltiples para el gobierno de Nayarit.
- Centro comercial Vía Vallejo, en 300 mil metros cuadrados de estructura prefabricada.

hacen con este tipo de sistemas. Un sector que paulatinamente está aceptando nuestro trabajo, dice quien fuera presidente de la Asociación Nacional de Industriales del Presfuerzo y la Prefabricación (ANIPPAC), es el inmobiliario, "el cual tenía ciertos tabúes que se han ido desterrando paulatinamente una vez que se han comprobado las bondades de nuestra técnica. Hoy, vemos que los prefabricados están en todas partes: estacionamientos, centros comerciales, estadios, naves industriales, etcétera".

El ingeniero Galicia Guerrero no duda al destacar algunos de los beneficios de los prefabricados: "si nos comparamos con el sistema tradicional, es decir, el colado en sitio, podemos aseverar que ofrecemos mejores tiempos de ejecución y procesos de calidad, ya que no es lo mismo que construyas una estructura a 20 metros de altura—donde la supervisión y el control de calidad es muy escaso— a que la prefabriques en una planta donde los sistemas de control de calidad son muy altos. Somos, en suma, una opción muy rentable y competitiva", afirma.



## Otros proyectos

- Segunda etapa del distribuidor vial San Antonio, en la ciudad de México.
- Puente Hernán Cortés, en Lomas Verdes, Estado de México.
- Estacionamiento de Plaza Cuicuilco, en la ciudad de México.
- Estacionamiento y edificio del Centro de Comunicaciones del Grupo Santander Serfín, ciudad de Querétaro.
- Estacionamiento de Grupo Modelo, en Toluca, Estado de México.
- Foro Imperial en Acapulco, Guerrero.

## TRANSPORTACIÓN

Uno de los aspectos que pudieran parecer más complejos es el relativo a la transportación de las piezas prefabricadas, muchas de ellas de gran longitud y peso, en un espacio tan caótico como la ciudad de México. El director general de Prefamovil lo ve de manera optimista: "yo diría que incluso en esos casos la prefabricación tienen grandes beneficios.

Si hablamos del segundo piso, en el que se utilizan piezas sobredimensionadas como las famosas ballenas, se hace forzoso que la transportación se haga de noche y que se utilicen equipos especializados, pero es algo excepcional ya que si nos referimos a la edificación no hay mayor problema porque cada una de las piezas se colocan en una plataforma, es decir, que no hay restricciones ni por peso ni por dimensiones. Es lo mismo que si movieras un contenedor de jitomates.

Sólo en el caso de piezas especiales hay un cierto problema, pero a pesar de ello tenemos más ventajas. Imagina lo que significaría haber fabricado las columnas del segundo piso en el mismo sitio, si tan sólo para realizar la cimentación profunda necesitan confinar algunos carriles y eso provoca un caos vial en la ciudad. Colar en sitio significa ruido y contaminación, y dotar de servicios básicos a los trabajadores, además del riesgo inherente al paso de la gente", apunta.

## TECNOLOGÍA DE PRIMERA

Mucha gente podría pensar que la tecnología relacionada con los elementos prefabricados es la misma de hace muchos años, pero la realidad es que se va ajustando conforme a las necesidades de los nuevos tiempos.

Así lo explica el ingeniero Galicia Guerrero: "cuando empezó la prefabricación no hablábamos de traveses de más de 20 metros, que hace unas décadas eran piezas de una longitud importante; consecuentemente, los equipos de transporte y montaje se adecuaban a dichas dimensiones. Hoy en día, la industria mueve piezas de 350, 400 toneladas y de una mayor longitud. Como es lógico, la industria se debe adecuar a las nuevas exigencias y condiciones del mercado. Antes no había grúas para mil toneladas de capacidad, y ahora hay equipos muy grandes. La tecnología ha cambiado y también el transporte, actualmente es común que se elaboren elementos de 30 ó 40 metros. Las empresas



## La planta de producción

- Con una superficie de 20,000 m<sup>2</sup> y la posibilidad de crecer aún más, la planta de producción de Prefamovil se localiza en Zumpango, Estado de México.
- La capacidad de producción es considerable y cuenta con personal altamente especializado para la fabricación de elementos de concreto.

prefabricadoras nos debemos adecuar a las condiciones actuales del mercado, y por ello hemos generado plantas móviles para poder hacer frente a la demanda en toda la República".

## CONCRETOS ESPECIALES Y ALGO MÁS

"A los prefabricadores no nos interesa fabricar concreto, sino transformar este elemento en distintas piezas. Muchas veces nos vemos obligados a hacer nuestro propio concreto, pero sucede así porque no encontramos una concretera cercana a nuestras plantas. Si la tuviéramos, entonces evitaríamos costos de mantenimiento, así como tener en nuestras instalaciones ollas, laboratorios y dosificadoras", dice el especialista.

"Los prefabricadores tampoco podemos estar sujetos a algún horario específico, debido a que nuestros procesos son industrializados y tenemos que colar prácticamente todos los días en los mismos moldes. A ello hay que sumar que necesitamos concretos de alta resistencia, muy por arriba del estándar, y por ello nos hemos especializado en fabricar concretos de 350 a 600 kg/cm<sup>2</sup>. Tenemos muy buena relación con las cementeras y la realidad es que sería muy conveniente para ambas partes llegar a acuerdos específicos. Los cementos mexicanos son muy homogéneos y tienen una gran calidad, de tal manera que podemos utilizar uno u otro aunque





## Transporte y montaje de Prefamovil

- Grúa estructural de 20 toneladas de capacidad.
- Grúa estructural de 75 toneladas de capacidad.

haya variaciones en algunas características. Estamos ante una gran área de oportunidad que espero pueda concretarse muy pronto", enfatiza el entrevistado.

### PREFAMOVIL, EN EL TOP TEN DE LA PREFABRICACIÓN

"Somos una compañía joven con 10 años de experiencia, que compite contra empresas que tienen más de 40 años de vida. Cuando empezamos esta aventura no había más de 10 empresas prefabricadoras y hoy hay más de 30, lo cual significa que ha habido un gran crecimiento por las bondades de este sistema de construcción.

Decir en qué lugar nos ubicamos es complicado, pero yo diría que estamos entre las primeras diez, merced a nuestra calidad, servicio y experiencia, características que nos permite participar en cualquier tipo de obra o reto que se nos presente. La empresa está conformada en forma directa por 45 personas, todas ellas con mucha experiencia en el área técnico administrativa. Por otro lado, en la parte operativa trabajamos con un promedio de 100 trabajadores, aunque en ocasiones la cifra puede llegar a 300, como ha sucedido en los últimos meses".

### FILOSOFÍA PERSONAL Y EMPRESARIAL

"Siempre he buscado la congruencia entre lo que pienso y lo que hago, lo mismo en mi vida personal que en la empresarial. Me preocupo por lo que pasa en mi país y busco la manera de ayudar a la gente. Estoy convencido de que la prefabricación le puede brindar muchos beneficios a la humanidad, por ejemplo

en el caso de los desastres naturales. Si pudiéramos hacer módulos prefabricados podríamos solventar un sismo, una inundación u otras eventualidades.

La preocupación de la compañía también se dirige a la sustentabilidad, por lo que ahora estamos investigando y estamos en un proyecto experimental para combinar el uso de la basura con el concreto, y aplicarlo en banquetas, bancas, adoquines o fuentes públicas.

Le dedico el tiempo necesario a mi empresa, pero busco un equilibrio entre mi familia y la empresa, y para ello es muy importante la división de funciones y la participación de mi hermano, el arquitecto Marco Antonio Galicia Guerrero, que además funge como mi socio y es el responsable de la parte operativa.

Las expectativas de la prefabricación son magníficas, existen grandes retos y tengo mucho optimismo de que nuestra empresa y el sector en general crezcan de manera importante. En los países desarrollados como Japón, Estados Unidos o Alemania, el porcentaje de los elementos prefabricados de todo tipo (aluminio, madera) alcanza el 92%. En México estamos rezagados porque solamente se utiliza un 5%, pero esto, lejos de verlo pesimistamente, nos debe dejar ver que hay un área de oportunidad enorme que seguramente vamos a aprovechar", concluye. **C**





# INFRAESTRUCTURA Y DESARROLLO EN MÉXICO

**La revista líder en infraestructura,  
obra y construcción**



**De venta en tiendas de prestigio**

- INFRAESTRUCTURA CARRETERA
- INFRAESTRUCTURA URBANA
- INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA
- INFRAESTRUCTURA ENERGÉTICA
- MAQUINARIA
- INFRAESTRUCTURA EN SALUD
- INFRAESTRUCTURA LOGÍSTICA
- INFRAESTRUCTURA TURÍSTICA
- INFRAESTRUCTURA SUSTENTABLE
- VIVIENDA
- MATERIALES

**[www.revistainfraestructura.com.mx](http://www.revistainfraestructura.com.mx)**

**Oficina Ciudad de México: 5550 0846, Oficina Toluca: 01 722 5420817 al 19**



Revista Infraestructura



@Revista\_IDM



## APP DEL MES



Progress

Gratis

CATEGORÍA: Referencias

IDIOMA: Español

COMPATIBLE: Android

<https://play.google.com/store/apps/details?id=me.kokku.progress&hl=es-419>

**DICHA APLICACIÓN** es de gran utilidad para la planificación y producción de elementos prefabricados de concreto y la construcción de los objetos de concreto. Se pueden encontrar en esta aplicación soluciones eficientes y sustentables con elementos prefabricados de concreto, tipos de productos prefabricados y los diferentes sistemas automatizados que permitan una variedad de diseños para ingenieros y arquitectos.



## CONCRETO VIRTUAL

[www.andece.org](http://www.andece.org)

ANDECE



**HOY EN DÍA** las soluciones constructivas con elementos prefabricados de concreto son unas de las metodologías cada vez más aplicadas en la construcción, dentro de las distintas posibilidades que ofrecen en edificación y obra civil. Esto se debe a que la prefabricación de concreto ha evolucionado significativamente en los últimos 50 años, de forma que se ha convertido en una tecnología perfectamente integrada a cualquier proyecto constructivo.

ANDECE, Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón, es una organización sin ánimo de lucro que representa a los fabricantes de elementos prefabricados de hormigón. Creada en 1964, ha venido desarrollando su actividad de forma ininterrumpida al servicio de sus empresas asociadas y de los restantes agentes relevantes del sector. Está integrada por las empresas más dinámicas de la industria del prefabricado de hormigón en España, con una producción que supera el 70% del volumen de negocio de nuestro sector industrial. Durante su casi medio siglo de historia, se ha esforzado en prestar con agilidad y eficacia todos aquellos servicios que los asociados precisan para realizar su actividad de la forma más óptima y rentable posible. **C**

## MI OBRA EN CONCRETO

**¿QUIÉN ESTÁ EN LA FOTO?**

Estadio Corona en el Territorio Santos Modelo.

**¿DÓNDE ESTÁ?**

En Torreón, Coahuila.

**¿POR QUÉ LE INTERESÓ TOMARSE UNA FOTO EN ESTA OBRA?**

El momento en que se está montando toda la grada principal, se ve la estructura de concreto al atardecer.

**DATOS RELEVANTES DE LA OBRA:**

Fue un proyecto muy interesante porque se planteó totalmente en prefabricados y los tiempos se ajustaron por un programa financiero de planes de mercadotecnia deportiva y es un estadio con hotel, museo del fútbol, escuela de fútbol, gimnasio e iglesia, llamado "Territorio Santos Modelo".

Julio 2014

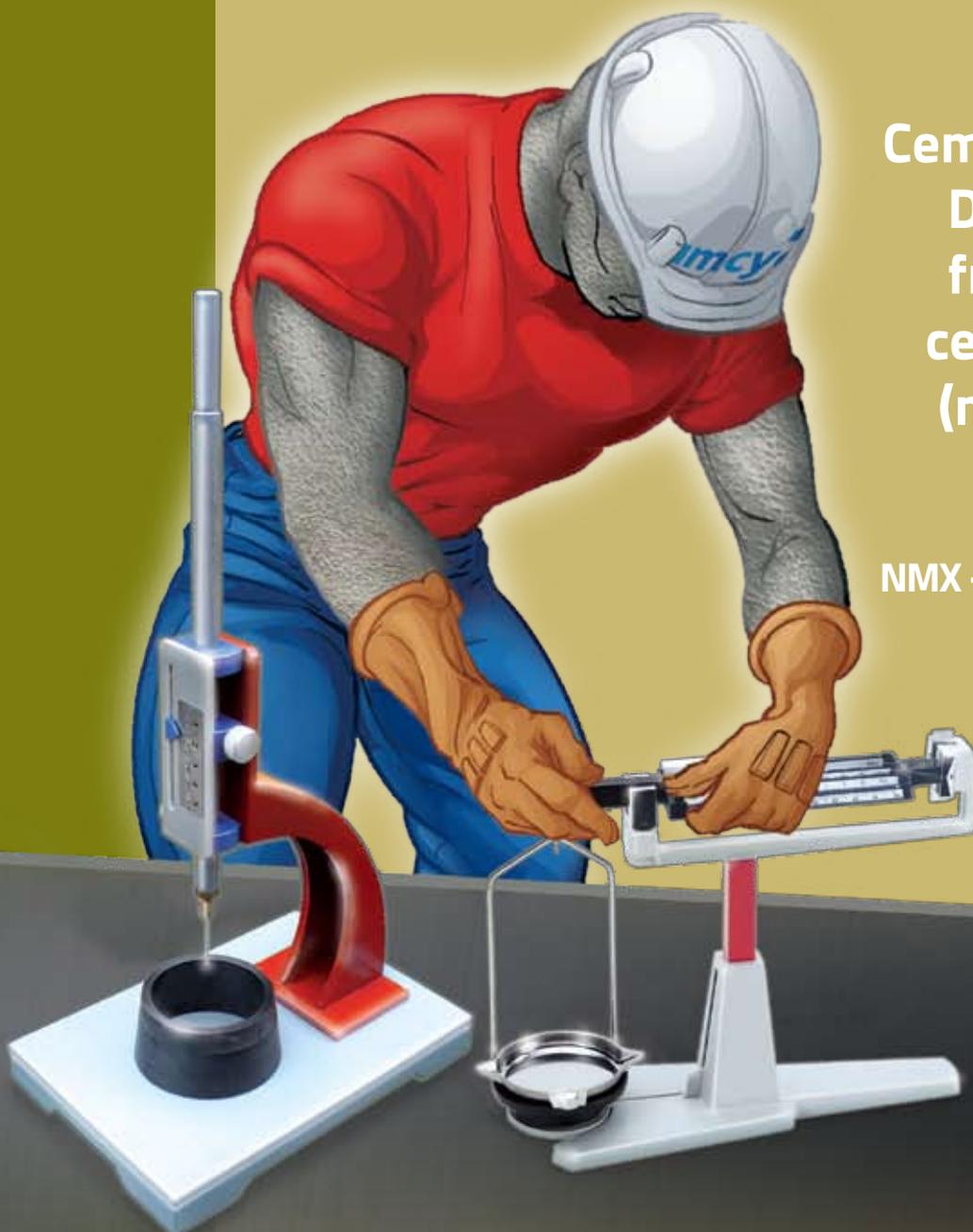


EDITADO POR EL INSTITUTO MEXICANO  
DEL CEMENTO Y CONCRETO, A.C.



**Industria de la  
construcción -  
Cemento hidráulico -  
Determinación del  
fraguado falso del  
cemento hidráulico  
(método de pasta).**

**Norma Mexicana  
NMX - C - 132 - ONNCCE - 2010**



Número

**83**

SECCIÓN  
COLECCIONABLE



# Industria de la construcción - Cemento hidráulico - Determinación del fraguado falso del cemento hidráulico (método de pasta).

**E**

En este resumen se presenta la Norma Mexicana NMX - C - 132 - ONNCCE - 2010. El lector puede acceder a la siguiente información únicamente para familiarizarse con los procedimientos básicos de la misma. Sin embargo, cabe aclarar que no reemplaza el estudio completo que se haga de la norma.

## Objetivo y campo de aplicación

Esta norma mexicana establece el método de ensayo para determinar el fraguado falso de pastas de cementantes hidráulicos, empleando el aparato de Vicat.

## REFERENCIAS

Esta norma se complementa con las siguientes normas mexicanas vigentes, o bien, con las que las sustituyan:

- NMX-C-057-ONNCCE:  
Industria de la construcción - Cementantes hidráulicos determinación de la consistencia normal.
- NMX-C-085-ONNCCE:  
Industria de la construcción - Cementantes hidráulicos - Método estándar para el mezclado de pastas y morteros de cementantes hidráulicos.
- NMX-C-148-ONNCCE:  
Industria de la construcción - Cementos y concretos hidráulicos - Gabinetes, cuartos húmedos y tanques de almacenamiento - Condiciones de diseño y operación.

## DEFINICIONES

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

**Fraguado falso** - Se entiende por fraguado falso el desarrollo rápido de la rigidez de una pasta de cemento hidráulico de mortero o de concreto hidráulico, sin desarrollo de calor, esta rigidez puede desaparecer y volver a ser plástica mediante mezclado posterior sin adición de agua, a diferencia del fraguado instantáneo.

**Fraguado instantáneo** - Es el desarrollo rápido de la rigidez en la pasta de cemento hidráulico, de mortero, o de concreto hidráulico, sin desarrollo de calor, y cuya rigidez no puede ser destruida ni volverse plástica por medio de mezclado posterior sin la adición de agua.

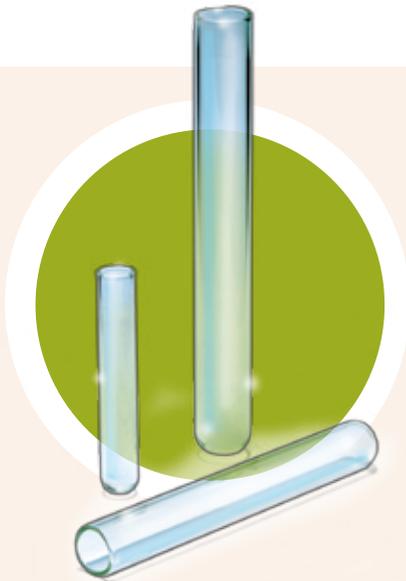
## MATERIALES AUXILIARES

- Guantes de hule.
- Tela absorbente (toalla, franela).

## EQUIPO

Todo el equipo que se detalla a continuación debe cumplir los requisitos establecidos en la norma mexicana NMX - C - 057 - ONNCCE.





- **Balanza.**
- **Pesas.**
- **Probetas.**
- **Aparato de Vicat.**
- **Cuchara plana (cuchara de albañil).**

Todo el equipo que se detalla a continuación debe cumplir los requisitos establecidos en la norma mexicana NMX - C - 085 - ONNCCE.

- **Mezclador mecánico.**
- **Olla y paleta de mezclado.**

## **PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS**

### **Preparación de la pasta de cemento**

Mezclar el cemento hidráulico con la cantidad requerida de agua para obtener una pasta que permita una penetración inicial de la barra del aparato de Vicat, con el siguiente procedimiento.

- Colocar la paleta dentro de la olla de mezclado, limpia, seca y en posición de mezclado.
- Vaciar el agua en la olla de mezclado; el agua debe ser destilada.
- Agregar el cemento hidráulico dando el tiempo necesario para la absorción.
- Arrancar el mezclador y mezclar a baja velocidad.
- Detener el mezclador (en ese lapso se reincorpora a la pasta el material que se haya adherido a las paredes de la olla de mezclado).
- Encender el mezclador a velocidad media.

### **Moldeo de los especímenes de ensayo**

Con las manos protegidas con guantes de hule, se forma una bola con la pasta de cemento hidráulico; en seguida, con la bola en la palma de la mano, y con el anillo troncocónico "G" del aparato de Vicat, se introduce la bola dentro del anillo por la base mayor, empujándola hasta que se llene completamente. El sobrante de la pasta sobre la base mayor se remueve mediante un simple movimiento de la palma de la mano. Más adelante se coloca el anillo por su base mayor sobre la placa "H" (Fig. 1) y el sobrante de la pasta sobre la base menor se quita mediante un corte oblicuo con el filo de la cuchara inclinada un poco sobre la base menor. Si es necesario se alisa la parte superior del espécimen con una o dos pasadas ligeras del filo de la cuchara plana. Durante las operaciones de cortado y alisado, tenga la precaución de no oprimir la pasta.

## **CONDICIONES AMBIENTALES: TEMPERATURA Y HUMEDAD**

### **Condiciones de temperatura**

La temperatura ambiente del laboratorio, así como la de los materiales y el equipo utilizado en el ensayo deben estar en sintonía con la presente norma.

**FIGURA 1:**

Aparato de Vicat.



### Condiciones de humedad

La humedad relativa del laboratorio y la humedad del gabinete deben estar de acuerdo a lo estipulado en la norma mexicana NMX - C - 148 - ONNCCE.

### PROCEDIMIENTO

#### Determinación de la penetración inicial

Se debe colocar debajo de la barra "B" del aparato de VICAT (Fig. 1) el molde que contiene la pasta confinada, incluyendo la placa "H". El extremo "C" de la barra se pone en contacto con la superficie de la pasta y se fija apretándola con el tornillo "E", luego se ajusta el indicador móvil "F" en la marca cero superior de la escala y se suelta la barra después de haber terminado el mezclado.

El aparato debe estar libre de vibraciones. Se considera que la pasta tiene la consistencia deseada cuando la barra penetra dentro de ella; después de haber sido soltada, se hacen pastas de ensayo con diversos porcentajes de agua hasta obtener la penetración mencionada, y ésta debe ser considerada como la penetración inicial. Haga cada ensayo usando cada vez una nueva porción de la muestra de cemento hidráulico. Durante el intervalo de la penetración inicial, se regresa al exceso de la pasta a la olla de mezclado y ésta, con la paleta de mezclado, se cubren con una tapa o tela húmeda.

#### Determinación de la penetración final

Después de haber determinado la penetración inicial se retira la barra de la pasta y se limpia. La placa con el molde conteniendo la pasta se coloca en una nueva posición, cuidando de evitar vibraciones a fin de que no se altere la pasta confinada. Colocar de nuevo la barra en contacto con la superficie de la pasta, ajustar el indicador, soltar la barra después de haber terminado el periodo de mezclado y determinar la penetración final a los segundos de haber soltado la barra.

#### Procedimiento de remezclado

Si en la determinación de las penetraciones (de acuerdo con ciertos aspectos de esta norma), la pasta presenta rigidez, es probable que se deba a la existencia de fraguado falso; para verificarlo debe procederse como se indica a continuación:

- Después de haber efectuado la penetración final, se regresa de inmediato a la olla de mezclado la pasta moldeada. Se pone en marcha la mezcladora, se coloca la olla de mezclado en posición de mezclado y se remezcla la pasta. **C**



### BIBLIOGRAFÍA:

NOM - 008 - SCFI - 1993:  
Sistema General de Unidades de Medida.  
NNMX - Z - 013 - CSFI - 1977:  
Guía para la redacción y la presentación de normas mexicanas.  
ASTM - C - 451 - 2005:  
Standard Test Method for Early Stiffening of Hydraulic Cements (Paste Method).

### CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma no es equivalente con otra norma internacional por no existir referencia alguna al momento de la elaboración.

### NOTA:

Tomado de la Norma Mexicana NMX-C-132-ONNCCE-2010. Industria de la construcción - Cementos Hidráulicos - Determinación del fraguado falso del cemento hidráulico (método de pasta).

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



**Colegio de  
Ingenieros Civiles  
de México, A.C.**

## Los grandes proyectos se construyen en equipo

Si ejerces la profesión, eres pasante o estudiante,  
esta es la gran oportunidad de afiliarte a la  
organización gremial más reconocida del país.

Somos el puente de comunicación entre los  
distintos sectores vinculados con la Ingeniería Civil



Informes: [membresia@cicm.org.mx](mailto:membresia@cicm.org.mx)

5606-23-23    5606-2923    5606 4798  
5606 2673 ext. 103

SÍGUENOS EN **TWITTER** @CICMOFICIAL 

Y EN **FACEBOOK**/CICMOFICIAL 

VISÍTANOS EN  
[www.cicm.org.mx](http://www.cicm.org.mx)

Gregorio B. Mendoza

# ➤ Residencia prefabricada

Fotos: Cortesía Ensemble Studio.

**L** A CASA HEMEROSCOPIUM, ubicada en Madrid, España fue realizada a finales del siglo XX por el arquitecto Antón García-Abril, director de la firma ENSEMBLE Studio. Única en su tipo, esta residencia unifamiliar hace uso de diferentes elementos prefabricados de concreto que comúnmente son empleados en el campo de la ingeniería por su escala monumental. Con ello logró, recuperar el equilibrio entre esta disciplina y la arquitectura, fusionando de manera singular lo industrial y lo doméstico, revelando un código estético singular.

El acomodo estructural con el que se diseñó esta casa, organiza todo el espacio en un helicoide que parte de un apoyo estable,

una viga madre de 2.65 metros de altura, por 20 metros de longitud, con un espesor de alma de 20 cm, la cual soporta elementos estructuralmente similares pero de menor peso hasta cerrar el sistema de equilibrio integrado



por siete vigas distintas y una roca de granito rectangular de 20 toneladas que actúa como contrapeso y ornamento.

La obra –considerada toda una referencia– requirió un año y medio de ingeniería y logística para construir la estructura en el sitio en tan sólo siete días, lo cual ocurrió gracias al empleo total de la prefabricación de cada uno de los componentes y la planeación minuciosa de la secuencia de montaje estrictamente sistematizada.

Originalidad y creatividad son dos de los elementos principales que describen este audaz y bello proyecto. **C**



## Índice de Anunciantes

IMCYC	2º DE FORROS
IMCYC	3º DE FORROS
CONTROLS	4º DE FORROS
EUCLID CHEMICAL	1
GERDAU	3
HENKEL	7
ITISA	11
ANDAMIOS ATLAS	43
COMEX	45
IMCYC	49
CONSEJO DE LA COMUNICACIÓN	51
IDM	61
CICM	67

Si desea anunciarse en la revista, contactar con:

Lic. Adriana Villeda Rodríguez  
(55) 5322 57 40 Ext. 273  
avilleda@mail.imcyc.com

Lic. Renato Moyssén  
(55) 5322 5740 Ext. 216  
rmoyssen@mail.imcyc.com

✉ buzon@mail.imcyc.com.

f /Cyt imcyc

t @Cement\_concrete

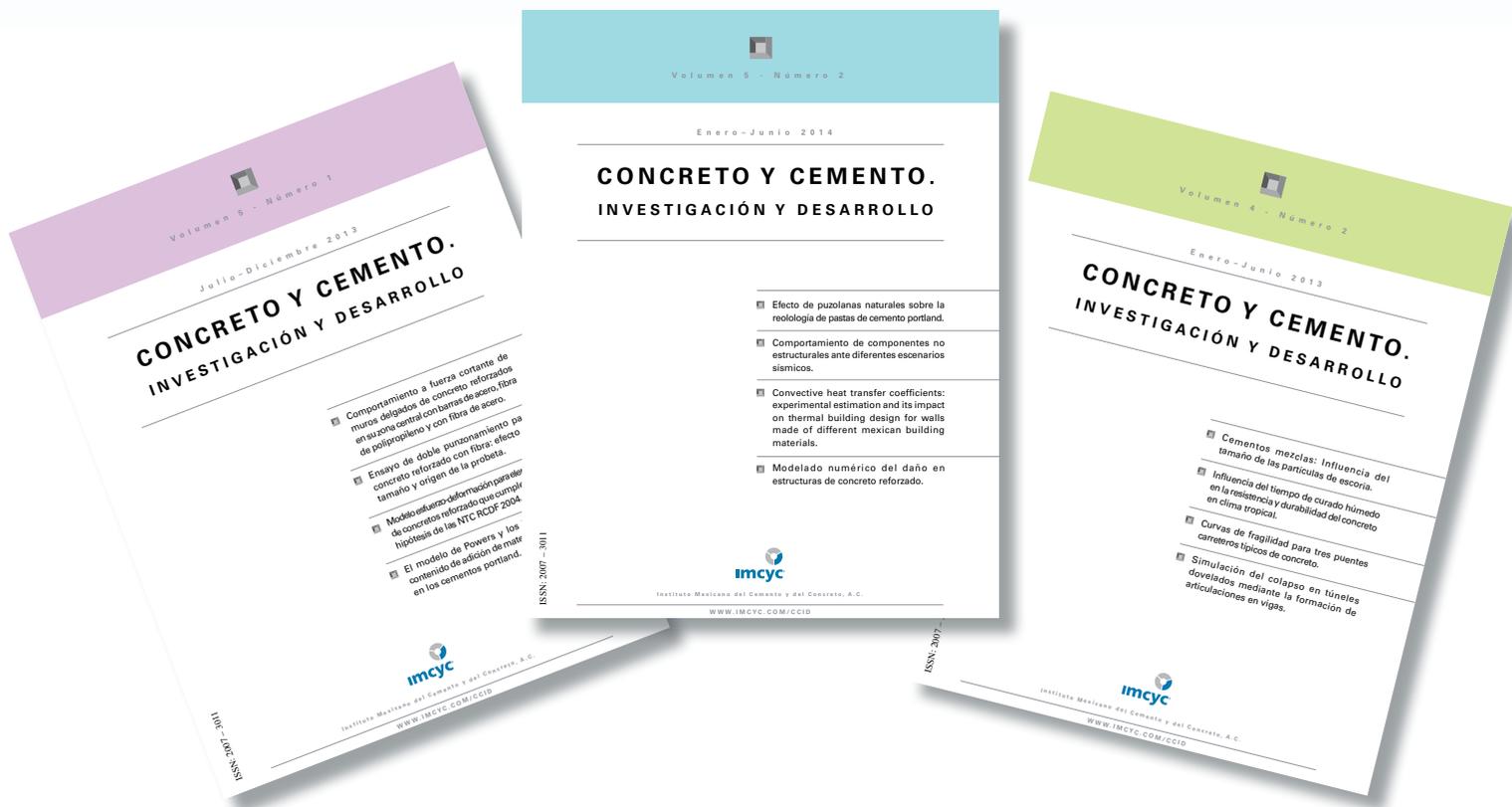




"Un mundo de  
soluciones  
en concreto"

# CONCRETO Y CEMENTO

## Investigación y Desarrollo



## Invita a los investigadores

de México, América Latina, Estados Unidos, Canadá,  
España y Portugal a publicar los resultados  
de sus investigaciones.

La única revista arbitrada  
en la materia, en América  
Latina



Consulte Requisitos para Autores  
[www.imcyc.com/ccid](http://www.imcyc.com/ccid)  
y suba su artículo ON LINE

Conforme a:  
| ASTM C39 – AASHTO T22 |

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

**CVI TECH**

CUSTOMER'S VALUE  
DRIVES THE INNOVATION



**Distribuidor exclusivo en México:**  
**EQUIPOS DE ENSAYE CONTROLS, S.A DE C.V.**  
Av. Hacienda 42, Col. Club de Golf Hacienda,  
Atizapán de Zaragoza, C.P. 52959, Estado de México.  
Tels. (+52 55) 55 32 07 99, 55 32 07 22, 53 78 14 82

**CONTROLS** Your Partners  
Masters of Technology

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