

CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGÍA EN CONCRETO^{MR}

Volumen 2 • Número 9 • Diciembre 2012

www.imcyc.com • ISSN: 0187 - 7895



LA YESCA:
Obra **cumbre**
de la ingeniería
mundial

Nuevos ciclos

En esta ocasión, para cerrar el 2012, presentamos en nuestro Artículo de Portada, a la recientemente inaugurada Central Hidroeléctrica Ing. Alfredo Elías Ayub (La Yesca), una magna obra que generará grandes beneficios regionales y que, como sabemos, forma parte de un importante sistema hidroeléctrico que busca aprovechar al máximo el potencial del Río Santiago, en el occidente de México. Además, un homenaje digno en vida al Ing. Elías Ayub por su brillante trayectoria dentro de la ingeniería y como servidor público, ¡muy merecido; muchas felicidades!

No sólo estamos en el último mes del año, también México vive una nueva etapa al iniciar la presidencia del Lic. Enrique Peña Nieto. Nuevos retos que afrontar; acciones por continuar y estrategias diferentes para poder solucionar los problemas que nuestro país tiene. Le damos la más cordial bienvenida al Lic. Peña Nieto y le deseamos lo mejor en su administración.

El 2013 será un año, sin duda alguna, complejo para nuestro país; sin embargo, los mexicanos siempre nos hemos destacado por saber afrontar con optimismo lo que el futuro nos depara. En el rubro que nos compete, continuaremos con la implementación de mayores políticas "verdes" porque sabemos que ese el camino que debemos seguir. Tanto quienes vivimos en esta época, como las futuras generaciones así nos lo demandan. En este sentido, qué mejor que presentar en esta edición, los parques eólicos existentes en el estado de Oaxaca, los cuales, son símbolos de lo que en México debe imperar: La sustentabilidad.

Por otro lado, a nuestros amigos y lectores, no nos queda más que desearles un venturoso 2013. Juntos, seguiremos el derrotero que la industria de la construcción, en el rubro del cemento y del concreto, nos marca: el de la excelencia y el progreso por el bien del sector, y por ende, del país. ¡Feliz 2013! **c**

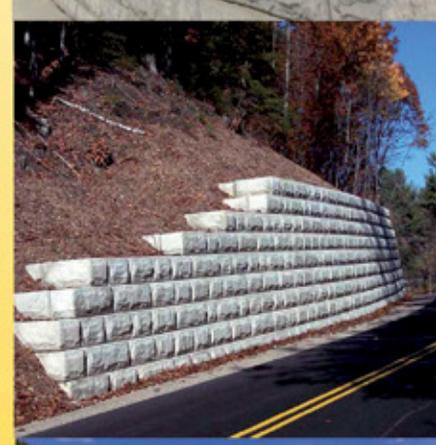
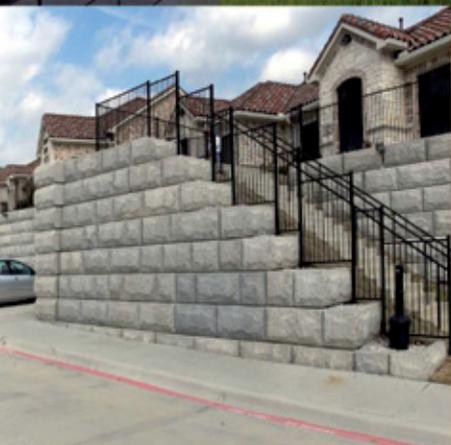
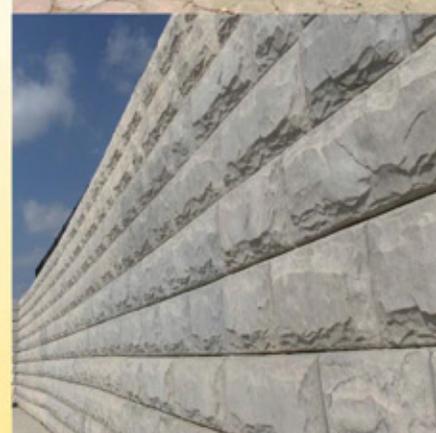
Lic. Jorge L. Sánchez Laparade

Presidente

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto AC.



STONE®
STRONG
systems



- ▶ **El ajuste perfecto para cualquier proyecto**
- ▶ **“Satisfacción” está escrito en piedra**
- ▶ **La única cosa más fuerte que nuestras paredes es nuestra reputación**
- ▶ **Disponibilidad a nivel nacional**
- ▶ **Sistema de bloques de fácil y rápida instalación**
- ▶ **Ingeniería aplicada en favor de un producto versátil, resistente y de alta calidad**

www.stonestrong.com.mx

ventasstone@stonestrong.com.mx

Los premios a la calidad

El pasado 1 de noviembre tuvo lugar en la ciudad de Monterrey, Nuevo León, la entrega del Premio Obras CEMEX, que año con año busca distinguir a lo mejor de la construcción en México y los países donde opera la empresa transnacional. Como sabemos, por medio de la generación de este certamen, CEMEX busca fomentar la cultura de la innovación continua en la construcción, al reconocer el talento de todos aquellos que hacen posible obras de calidad que ayudan a tener no sólo construcciones mejores, sino también ciudades mejores y un ambiente de mayor calidad para miles de personas.

Cabe decir que este premio comenzó en México hace 21 años y a partir de 2004 lanzó su edición internacional donde países como Alemania,



Fotos: www.cemexmexico.com

Austria, Bosnia & Herzegovina, Colombia, Costa Rica, Croacia, Egipto, entre otros, participan en las diversas categorías que tiene el galardón. Existen dos grandes momentos durante la premiación: En primer lugar, la entrega de la beca Arq. Marcelo Zambrano, la cual en esta edición le fue otorgada a Adriana Chávez Sánchez de la Universidad Iberoamericana. Los beneficios de esta beca son: contar con una manutención de 25 mil dólares anuales, utilizados para la colegiatura de una maestría en Arquitectura. Y en segundo lugar, el premio "Vida y Obra", que este año fue otorgado a un ingeniero de enorme prestigio, José María Garza Ponce por su destacada trayectoria

de 60 años en la industria de la construcción y por su significativa contribución al desarrollo de México.



La Yesca.



Grupo Dogo.



El estadio de la BUAP.



Foto: <http://juegolimpio.com.mx>.

Restauración de Palacio.

Entre los premiados en esta ocasión con el primer lugar conviene mencionar a la Planta de Producción y Corporativo de Grupo Dogo, ubicado en Toluca, Estado de México, primer lugar en el rubro de Desarrollo de obra industrial. Otra obra ganadora fue el Estadio Universitario de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), construido por Constructora y Urbanizadora Angelópolis, la cual obtuvo el primer lugar nacional en la categoría de Edificación Educativa y Cultural, del ramo Institucional Industrial. Cabe decir que tras saber el veredicto, el rector de la BUAP, afirmó que "Premiar al Estadio Universitario es premiar a cada universitario, este es el valor fundamental de este premio".

Otra de las obras ganadoras, en este caso en el rubro de Restauración fue el Antiguo Palacio Municipal de Linares, Nuevo León. En el rubro de Infraestructura, hubo dos primeros lugares: la Estructura de control de la obra de excedencias del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca, y el Puente Baluarte.

Para mayor información de las obras premiadas consultar:
www.cemexmexico.com/PremioObras.aspx



Geometrias complejas en concreto.

Foro sobre energía

Funcionarios de la Comisión de Energía del Estado de Sonora, personal de Texas General Land Office, integrantes del Consejo Mexicano de Edificación Sustentable, así como empresarios de la región y expertos ambientales acudieron a la planta de cemento de Holcim Apasco en Hermosillo, en el marco del XIX Foro de Energía Fronteriza (Border Energy Forum) México-Estados Unidos para conocer su diseño sustentable y sus sistemas de ahorro de energía y agua.

Para el Secretario de Economía de Sonora, Moisés Gómez Reyna, este foro busca el intercambio de experiencias sobre la producción y consumo de energías limpias en la zona fronteriza. En este sentido, indicó: "La misión del foro es unir esfuerzos entre los estados que componen la frontera entre México y Estados Unidos, a fin de lograr el



doble objetivo de impulsar el desarrollo económico de la región y al mismo tiempo proteger el medio ambiente". Asimismo, destacó que "este evento se ha convertido en el pilar de la política energética y el desarrollo de programas de energías "limpias" en los 10 estados que componen la frontera entre México y Estados Unidos".

Los participantes de este foro bilateral pudieron constatar en un recorrido por las instalaciones, los avances de la planta en Hermosillo, así como la optimización del uso de energía eléctrica, térmica y el mínimo consumo de agua, un ejemplo de construcción sustentable y manejo de energía renovable. Por su parte, Ana Silvia Arrocha, Directora General del Programa para el Desarrollo Bajo en Emisiones de México, expresó: "Realmente estoy muy impresionada. La tecnología, la inversión integrada es de primer nivel, cumplen con estándares nacionales e internacionales".

El edificio administrativo de la planta aprovecha la luz solar para iluminación mediante ventanas altas y difusores metálicos que la controlan y distribuyen; cuenta además con ductos de luz interna (Solatube) que recogen la luz del día en el techo del edificio y la llevan al centro del edificio con espejos reflectores. Esta condición permite un alto rendimiento energético y llevar a cabo prácticamente todas las tareas sin encender la luz eléctrica durante el día. De igual forma, cuenta con paneles fotovoltaicos en la azotea y en la cubierta del estacionamiento exterior, lo que permite generar la electricidad utilizada en el edificio de oficinas administrativas, además de contar con colectores solares utilizados para la operación del sistema de aire acondicionado. Todo ello representa un ahorro del 85% del consumo total de energía en el edificio de oficinas administrativas.

Para el sr. Soll Sussman, Coordinador de The US-Mexico Border Energy Forum, Texas General Land Office, "fue muy interesante la visita, es muy raro ver una planta que presta tanta atención a cada aspecto de su uso energético y su impacto ecológico". También Ricardo Vilchis, Director de la Planta de Holcim Apasco en Hermosillo, destacó las certificaciones que ha obtenido la planta cementera, entre las que destaca la certificación en el cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-008-ENER-2001, relacionada con la eficiencia energética en edificaciones. **C**

Conferencia magistral IMCYC en el Estado de México

El pasado 25 de octubre tuvo lugar la Conferencia Magistral IMCYC en el Colegio de Ingenieros Civiles del Estado de México A.C., la cual tuvo como patrocinador, la empresa GRACE. El ing. Edgardo Castañeda Espinosa, presidente del Colegio de Ingenieros Civiles del Estado de México, A.C., fue el encargado de dar las palabras de bienvenida a los presentes. A continuación tuvieron lugar las palabras del M. en C. Daniel Dámazo Juárez, director del Instituto

Mexicano del Cemento y del Concreto A.C. Para la Exposición técnica, se contó con la participación del ing. Juan Hegel Ayala Valentino del Grupo Constructor SEPSA, quien habló sobre "Prefabricados de concreto".

La conferencia magistral fue dictada por el ing. Carlos

Uriel de la Rosa, Gerente de Servicio Técnico de Grace Construcción, quien disertó sobre "Pisos y losas de concreto; problemas causas y soluciones". También tuvo lugar la firma de convenios de colaboración, así como la entrega de reconocimientos por parte del IMCYC a personalidades del mundo de la construcción con concreto en el Estado de México.

Cabe decir que en la mesa del presidium estuvieron el ing. Edgardo Castañeda Espinosa; el M. en Arq. Francisco Javier Serrano Dávila, Director General de Construcción y Obra Pública del Gobierno del Estado de México; el M. en C. Daniel Dámazo Juárez; el arq. Héctor Jaime Sánchez García, Director de Desarrollo Urbano del Ayuntamiento de Toluca; en M. en A. Eduardo Augusto Coyoli Lazcano, Subdirector administrativo de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma del Estado de México; el arq. Enrique Méndez Sosa, Presidente del Colegio de Arquitectos del Estado de México A.C.; el M. en Arq. Jorge Eduardo Valdés Garcés, Director de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma del Estado de México; el ing. Germán Miguel Jalil Hernández, Presidente de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, Delegación Estado de México A.C.; el Mtro. en Dis. Est. Joaquín Antonio Mondragón Valencia, de la Facultad de Arquitectura y Administración de la Construcción, de la Universidad del Valle de Toluca, así como el ing. Ricardo Marín Villar, Gerente General de ANIPPAC. **C**



Foto: www.colegiodearquitectosdomex.org.

Reinauguran la Cineteca Nacional



Las puertas de la Cineteca Nacional volvieron a abrirse después de casi un año de trabajos de remodelación. El público, desde muy temprano, hizo fila para disfrutar de la proyección de la mítica *Tiburón*, de Steven Spielberg, que en su versión remasterizada fue elegida para inaugurar el foro al aire libre Gabriel Figueroa.

Las encargadas de dar la bienvenida a los cientos de personas que se congregaron en la explanada que antes albergaba el estacionamiento, fueron la presidenta del Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Consuelo Sáizar, y la directora de la Cineteca Nacional, Paula Astorga. La primera expresó: "Qué viva el cine; que viva la Cineteca".

Con gran expectativa, los jóvenes y familias completas se fueron acomodando en la zona de pasto o en las pequeñas bardas que dan a las rejas del lugar, buscando el mejor sitio para ver la cinta filmada en 1975 y con la que la Cineteca Nacional arranca el ciclo: "Universal cumple 100 años". Cabe decir que se trata de un ciclo de funciones gratuitas en las que se reúnen algunos de los clásicos más representativos de esa casa productora, entre los que se encuentran: *La ventana indiscreta* (1954), *Los pájaros* (1963) y *Psicosis* (1960), de Alfred Hitchcock, así como *E.T. El extraterrestre* (1982), de Spielberg, *África mía* (1985), de Sidney Pollack y *Apocalipsis Now-Redux* (2001), de Francis Ford Coppola.

Luego de 10 meses de permanecer cerrada al público para su remodelación integral, la Cineteca Nacional abre la primera etapa de sus instalaciones, donde destaca una bella vista en lo que fuera el estacionamiento en la calle de Mayorazgo, que ahora funge como entrada al Foro al Aire Libre, donde el público podrá ver películas en una gran pantalla con sonido de alta fidelidad. Sin duda se trata de un cambio radical y vanguardista.

Con información de:

<http://yucatan.com.mx/imagen/reabre-sus-puertas-la-cineteca-nacional-tras-su-remodelacion/>

Premio a la excelencia 2012

El pasado 01 de Noviembre del presente año, el ACI Capitulo Noreste y la Facultad de Ingeniería de la UANL, entregaron el "Premio a la Excelencia 2012" que fue instituido hace tres años. En esta ocasión el galardonado fue el M. en C. Daniel Dámazo Juárez, ganador de la terna propuesta. Durante el evento, se presentó una semblanza del trabajo profesional que ha realizado el M. en C. Daniel Dámazo (director del IMCYC), dentro de la Industria, así como su aportación a las instituciones de enseñanza. Cabe subrayar que la trayectoria del maestro Daniel Dámazo durante sus más de 30 años está estrechamente vinculada a la industria del cemento y del concreto. Asimismo, una buena parte de su vida profesional la compartió en el noreste del país conviviendo con la comunidad universitaria e industrial, del cual fue parte del motivo del reconocimiento.

En este emotivo homenaje estuvo presente la familia de nuestro director, así como personalidades de la industria del concreto premezclado, de la construcción, autoridades universitarias y demás amigos y compañeros que hicieron que la noche fuera aún más emotiva. El premio le fue entregado por su presidente del ACI Capítulo Noreste, el Ing. Mario Perales Echartea, y por la mesa directiva. Por cierto, durante este evento se impartió la conferencia "Puente internacional Reynosa-Pharr. Reparación y nivelación a su carpeta de rodamiento", dictada por el ing. Fernando García Ayala.

Desde este espacio editorial le mandamos una gran felicitación al M. en C. Daniel Dámazo Juárez por este merecido reconocimiento. **C**



Inicia nuevo proyecto

Con la colocación de la primera piedra, recientemente inició la construcción de Andamar LifeStyle Center, un nuevo desarrollo inmobiliario de uso mixto en el Puerto de Veracruz, en el que se destaca el centro comercial, proyecto de Grupo Sordo Madaleno y un grupo de inversionistas locales y nacionales. Andamar LifeStyle Center será un espacio de vanguardia que integra el medio ambiente y áreas verdes dentro de una misma estructura arquitectónica.

Después del éxito de los centros comerciales Antara en la Ciudad de México, Andares en Guadalajara y Luxury Hall en Puebla, Andamar Lifestyle Center busca atender a toda la región con un concepto único y exclusivo. Andamar Lifestyle Center contará con una superficie de 30 mil m² de construcción; tendrá amplias áreas verdes, integradas por jardines, fuentes y caminos. Cabe decir que este proyecto, con una inversión de 1,800 millones de pesos y una potencial derrama económica en la región, que generará desde su construcción más de 1,200 empleos directos y cerca de 7,000 indirectos, además de 850 empleos directos y 5,200 indirectos a la apertura. **C**

**Con información de:
Extrategia Comunicación y Medios.**



Calendario de actividades Diciembre de 2012

Nombre: Reparación, rehabilitación y conservación de pavimentos de concreto.

Fecha: 4 de diciembre.

Lugar: IMCYC.

Tel.: (55) 5322 5740- ext. 230.

Contacto: Verónica Andrade
cursos@mail.imcyc.com

Página web: www.imcyc.com

Nombre: Técnico para pruebas al concreto en la obra. Grado I.

Fechas: 6 y 7 de diciembre.

Lugar: Instituto y Laboratorio IMCYC.

Tel.: (55) 5322 5740- ext. 230.

Contacto: Verónica Andrade
cursos@mail.imcyc.com

Página web: www.imcyc.com

Nombre: I Conference on Technological Innovation in a Mobile World.

Fechas: 7 y 8 de diciembre.

Lugar: Murcia, España.

Contacto: <http://es.droidcon.com/scientific-call-for-papers/>

Nombre: Técnico para pruebas al concreto en la obra. Grado I.

Fechas: 13 y 15 de diciembre.

Lugar: Instituto y Laboratorio IMCYC.

Tel.: (55) 5322 5740- ext. 230.

Contacto: Verónica Andrade
cursos@mail.imcyc.com

Página web: www.imcyc.com

Nota: El material didáctico para cada curso de enseñanza está a la venta con Michael Villanueva en el teléfono: (55) 5322 5740 ext. 210, o en el correo electrónico: mlopez@mail.imcyc.com

ESCORIAS DE ALTO HORNO

Influencia de la escoria en las características de los cementos resultantes

La escoria de alto horno es un producto producido durante la obtención del arrabio, en cantidades proporcionales a la producción. Los constituyentes son similares a los del clínker, pero en proporciones aleatorias como consecuencia de los materiales con que se carga el alto horno para la obtención del metal. Es interesante considerar la aplicación de la escoria a la elaboración del cemento desde tres aspectos importantes: tecnológico (mejora propiedades del cemento y del concreto), ambiental (menor contaminación), y económico (ahorro de combustible no renovable, y aumento de la capacidad de fabricación de cemento).

El cemento elaborado con escoria se aplica en la construcción de obras en general desde hace más de 100 años, contándose con resultados del concreto fresco (trabajabilidad) y otras propiedades en estado endurecido, como en particular su resistencia mecánica y química. La influencia de esta adición en las características de los cementos resultantes está vinculada con su composición, tamaño y distribución de partículas, el porcentaje utilizado, tiempo de curado, temperatura y humedad, entre otras variables. En este escrito se exponen teóricamente, de manera general, los resultados de un estudio en que se hacen consideraciones tecnológicas que evidencian una breve reseña de cómo varían algunas características de estos ligantes con base en las escorias más comúnmente utilizadas.

El estudio parte de reconocer que estas adiciones pueden tener diferentes orígenes locales o externos, y cómo además, proceden de un proceso industrial cuyo objetivo principal es la obtención del



hierro, así como el hecho de que puede ser variada su composición mineralógica y química. En este orden, un análisis químico evidencia que el uso de mayor porcentaje de escoria aumenta los tiempos de fraguado inicial y final del ligante.

Algunos datos experimentales investigados sugieren que en cuanto al calor de hidratación, como es de esperar, el incremento del porcentaje de escoria disminuye porcentualmente el calor de hidratación de los cementos resultantes y desplaza el tiempo en que se produce el pico máximo. Asimismo, en torno a la durabilidad, puede afirmarse que los cementos con escoria poseen adecuada respuesta frente a los factores externos agresivos. Igualmente esta adición suele ser muy deseada si se tiene en cuenta la acción externa de las sales de sulfatos en el concreto, dado que ésta puede ser atenuada entre otras alternativas reemplazando una parte del cemento por escorias.

En general, de este estudio puede resumirse que la escoria granulada de alto horno constituye un material el cual mediante estudios tecnológicos, puede ayudar a resolver diferentes dificultades en el concreto fresco y en el endurecido. Existe suficiente experiencia a nivel internacional para orientar los estudios previos en los porcentajes convenientes que se deben usar para lograr los objetivos deseados. Asimismo, es indispensable disponer de los resultados de las experiencias previas antes de aplicarlos a las obras. También es necesario realizar controles permanentes durante la producción para verificar la regularidad. Se observa que al introducir variaciones en la composición de la escoria, en los porcentajes, en la metodología o industrialización pueden aparecer consecuencias no deseadas.

Como se observa en los resultados de algunas experiencias mostradas, los reemplazos de diferentes porcentajes, conducen a respuestas diferentes; por lo que si se desean resultados homogéneos en obra es necesario limitar los ámbitos de variación.

Referencia: Batic O. R.; Sota J. D.; Falcone D. D., "Influencia de la incorporación de escoria en las características de los cementos resultantes", en *Reciclado de residuos de construcción y demolición (RCD) y de residuos de procesos (RP) PROCQMA*, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina, 2006, ISBN 950-42-0056-7.

AGREGADOS

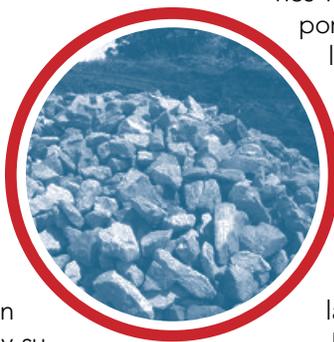
Influencia del tipo de agregado en las características de concretos de alta resistencia

La resistencia a la compresión del concreto ha sido aceptada universalmente como la característica mecánica más importante del concreto estructural. Disímiles investigaciones apuntan a que entre otros, los factores que más influyen en esta característica son: la cantidad y tipo de cemento; la relación agua-cemento (a/c); el tipo de agregado y su granulometría, la trabajabilidad de la mezcla en estado fresco, las adiciones minerales utilizadas y las condiciones de curado. En este sentido, no son pocas las investigaciones que afirman que la resistencia del concreto se muestra significativamente influenciada por las características del mortero, por el agregado grueso y por la matriz de interface. De acuerdo a esto, es común que al considerar una misma calidad de mortero, con diferentes tipos de agregado grueso, en lo que respecta a formas, texturas, mineralogía y resistencias, pueden resultar en diferentes resistencias.

En este trabajo se presentan los resultados de una investigación, que a nivel de laboratorio se desarrolló para estudiar la influencia de cinco tipos diferentes de agregados, en la resistencia a la compresión, a la tensión, a la flexión y a la abrasión de concretos de alta resistencia adicionados con Humo de sílice (SF por sus siglas en inglés). En el citado estudio se utilizó cemento Portland Tipo I. Asimismo, el SF fue suministrado por la fábrica de Ferrocromo de Antalya-Etibank en Turquía, con un peso específico y unitario de 2.32 y 2.45 kg/m³, respectivamente.

Los tipos de agregados empleados fueron: gabro, basalto, cuarcita, piedra caliza y arenisca, cuyas resistencias a la compresión uniaxial (UCS) se determinaron utilizando probetas cilíndricas con diámetro y longitud de 42 mm y 85 mm, respectivamente. Estas muestras fueron ensayadas además a la abrasión, dureza, peso específico, absorción y porosidad.

La proporción de las mezclas de concreto fue considerada en peso según 1:4:0.35; cemento, agregado



y a/c, respectivamente. La cantidad aproximada de contenido de cementante (NPC + SF) fue de 475 kg/m³, correspondiente a la categoría de un concreto de alto desempeño. Se utilizó una relación de reemplazo del cemento por SF del 15% en peso, así como un 4% (también en peso) de aditivo superplastificante, para mantener una trabajabilidad constante con un revenimiento en la mezcla oscilante entre los 10 y los 15 cm.

Las muestras de concreto fueron elaboradas cúbicas con lado de 100 mm y prismáticas con dimensiones 100 x 100 x 500 mm. Todas fueron compactadas por medio de la vibración, desmoldadas en 1 día, y luego curadas en agua a una temperatura de 22 ± 2 °C.

La resistencia a la compresión y flexión de los concretos fueron medidas a los 3, 7, 28 días y 3 meses. Para el ensayo de abrasión fueron elaboradas dos tipos de muestras: cúbicas con un lado 71 mm para abrasión superficial por medio del aparato Dorry Bohme, y prismáticas con dimensiones 50 x 50 x 100 mm para la abrasión por Los Ángeles (LA).

Los resultados de la investigación mostraron que la resistencia del agregado, así como su textura ejercen significativa influencia en la resistencia a la compresión, a la tensión, a la flexión y a la abrasión del concreto. La resistencia a la compresión del basalto, la piedra caliza y la arenisca limitaron la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con estos agregados. Por otra parte, la textura de la cuarcita limitó la resistencia a la compresión y a la flexión de este concreto, así como la resistencia de la pasta y el mortero se mostraron también limitadas en el caso del concreto elaborado con gabro. En general, puede afirmarse de este estudio que se presenta una buena relación entre la resistencia a la compresión y la abrasión del agregado (LA). La relación entre la resistencia a la compresión del agregado y la resistencia del concreto (a la compresión y flexotracción) mostró un coeficiente de determinación R² en el orden del 80%. También se presentó buena relación entre la resistencia del agregado y la abrasión (LA), así como también con la abrasión según Bohme; ambas con un coeficiente R² en el orden del 80%. Asimismo, con un coeficiente R² en el orden del 90% y superior, se presentó la relación entre la dureza del agregado y la abrasión LA y Bohme del concreto. **C**

Referencia: Kılıç A; Atis, CD; Teymen, A; Karahan, O; Özcan, F; Bilim, C; Özdemir, M, "The influence of aggregate type on the strength and abrasion resistance of high strength concrete", en *Cement & Concrete Composites*, 30 (2008), pp. 290–296, www.sciencedirect.com.

RASCACIELOS

La Torre Doha

En un sector de la arquitectura mundial, a menudo impulsado por una "carrera hacia la cima", las estructuras más altas frecuentemente ganan la aclamación mundial; sin embargo, hay algo más que ser simplemente el edificio más alto. El Consejo de Edificios Altos y Hábitat Urbano (CTBUH, por sus siglas en inglés) ha seleccionado al ganador en la competencia por el aclamado título de Mejor Edificio Alto del Mundo.

Desarrollos de todo el mundo, asociados a todas las zonas geográficas del planeta fueron seleccionados para entrar a tan magna competición; fueron estos el edificio Bligh Street, de Sydney, en la región de Australia y Asia (primer edificio rascacielos verde de Australia; diseñado por las firmas de arquitectura: Architectus and Ingehoven Architekten); el edificio Absolute Towers, ubicado en Mississauga, Canadá para la región de las Américas (edificación compuesta por dos torres circulares curvilíneas, diseñada por la compañía china de arquitectura MAD); el edificio Lombardía Palazzo, en Milán Italia, para la región de Europa (en la actualidad, el rascacielos más alto de la ciudad de Milán), y la Torre Doha, en Doha para la región del Medio Oriente y África.

Durante el prestigioso programa de premios, el jurado encargado en hacer la selección del mejor de los edificios altos, en esta ocasión, no solamente se enmarcó en la altura de los edificios, sino que evaluó otros aspectos de innovación, la importancia cultural y el diseño arquitectónico ambientalmente responsable; es ahí donde resultó la Torre Doha el Mejor Edificio Alto del Mundo.

El presidente de Cook+Arquitectos Fox, Richard Cook, refiriéndose al premio, plantea que el edificio estéticamente establece enlaces funcionales y agradables a la vista, entre lo tradicional y lo cultural, de lo más significativo de la arquitectura en Qatar; también implementa una manera de reducir el consumo de energía en el interior de la edificación, captando energía térmica de origen solar. Al respecto, refiere Cook dice que: "La piel (fachada) del edificio es



una hermosa expresión de la cultura local, que interconecta la modernidad de la edificación con los antiguos diseños islámicos". Comenta además que "también se proporciona un modelo fantástico de iluminación al interior del edificio, que de manera eficiente se amortiguan con las ganancias del calor interno de los rayos solares". Por otra parte, Anthony Wood, Director Ejecutivo de CTBUH reconoce que la eficiencia del edificio, va más allá de las ganancias de energía, sino también del uso inteligente del edificio de concreto armado.

Aunque los elementos tecnológicos, el diseño integral, la eficiencia energética y la promoción de la construcción como edificio verde, fueron elogiados, ninguno de estos aspectos fue reconocido más que la contextualización cultural y geográfica de la construcción, lo que permite que se destaque como un icono nacional.

"La Torre Doha es un excelente ejemplo de una torre moderna eficiente, que se inspira en la cultura local y en el entorno", dice Wood. "En una época de torres lisas homogeneizadas a nivel mundial, la Torre Doha está completamente arraigada a su sitio. No es un icono específico que se podría edificar en cualquier ciudad del mundo".

Referencia: Adaptado y traducido de: "Doha tower named World's Best Tall Building", en Architecture Source, octubre de 2012.

<http://designbuildsource.com.au/1-doha-tower-named-tall-building-globally>

AGREGADOS RECICLADOS

Uso de residuos industriales en el concreto

2^{da} parte.

Continuando con el tema planteado en la edición anterior, para el desarrollo del estudio de valoración de las propiedades asociadas al aislamiento térmico y a la densidad de concretos adiccionados con residuos plásticos industriales en el estudio, se dosificaron dos mezclas (CI y CII), con las

mismas proporciones de materiales, pero variando únicamente el tipo de agregado reciclado incorporado en cada una; en un caso (CI) se adicionó RPO (polietileno) y en la otra (CII) se adicionó RPP (polipropileno). En ambas mezclas, se utilizó un bajo contenido de cemento, próximo a los 200 kg/m³, con el objetivo de conseguir economía, y debido a que para los usos propuestos, no son determinantes elevados niveles de resistencia mecánica.

Al realizar el ensayo de revenimiento en el concreto en estado fresco, ambas mezclas presentaron falta de cohesión, pero con un buen nivel de terminación; la mezcla CI presentó mejor cohesión que la CII y adicionalmente, en esta misma mezcla se midieron mayores revenimientos; ambas mezclas se presentaron homogéneas y sin exudación.

Para los estudios del concreto en estado endurecido, se moldearon probetas para determinar la resistencia a compresión y a tensión por compresión diametral, así como el módulo elástico. Luego de moldeadas las probetas, se desmoldaron y se colocaron en pileta de curado. Posteriormente, se sacaron y se dejaron secar al aire, hasta la fecha de ensayo. Las probetas que se ensayaron a 28 días, fueron extraídas de la cámara de curado una semana antes de la fecha de ensayo, debido a que presentaban gran contenido de humedad en su interior. A los concretos estudiados se le determinó la densidad, obteniéndose para CI, 1.10 g/cm³ y para CII 1.40 g/cm³.

Del estudio de estimación de la resistencia a la compresión de las muestras, a 14 y 28 días, se resume que la evolución es similar en ambos concretos, y que en general CI, presenta un mejor comportamiento. En lo que respecta a la tensión por compresión diametral a 28 días para las mezclas en estudio, queda constancia de un mejor comportamiento del CI con respecto al CII. Esta variación de resistencia puede deberse a las características propias del RPP, que está constituido por materiales heterogéneos y de escasa resistencia. El módulo elástico, sólo se determinó para el concreto con mayor resistencia mecánica (CI). En este caso la prueba se llevó a cabo de acuerdo a la Norma ASTM C469, obteniéndose valores próximos a los 3 GPa.

La determinación de la conductividad térmica en muestras de cada concreto se realizó en probetas prismáticas. Comparando los valores de conductividad térmica presentados por la norma IRAM 11601, con los medidos en estas experiencias resulta que estos concretos tienen menor conductividad térmica que los convencionales y que adicionalmente, la capacidad de aislamiento térmico es similar al de una teja. De los dos concretos estudiados el que reporta mejor aislamiento térmico es el CII.

Luego de observar la lenta eliminación del agua dentro de la masa de concreto, se realizó el ensayo para determinar la capacidad y la velocidad de succión capilar de agua del concreto endurecido según Norma IRAM 1871 (recomendada para agregados y concretos de masa y densidad normal). La succión obtenida a las 24 horas en el CI de 0.493 g/cm², resultó menor que en la obtenida en el CII (0,686 g/cm²). Este comportamiento podría atribuirse a que el tamaño de las partículas de los agregados de polietileno es menor y proporciona una estructura más cerrada, por lo que es esperable que su comportamiento relacionado con la durabilidad sea mejor.

A pesar de que se trata de nuevos materiales, en donde es necesario el desarrollo de estudios adicionales, encaminados a la creación de las normativas y reglamentaciones correspondientes; de los estudios realizados se concluye que la incorporación de residuos plásticos reciclados contribuye a mejorar las propiedades de aislamiento térmico y disminuye la densidad del concreto. En los productos elaborados se ha encontrado un buen comportamiento frente a la succión de agua y se obtuvieron propiedades mecánicas y elásticas acordes para el uso planteado.

Referencia: Cáceres, GI; Positieri, M; Oshiro, A; Giaccio, G, "Utilización de residuos de procesos industriales en el hormigón", en Hormigonar: Revista de la Asociación Argentina del Hormigón Elaborado, año 4, edición 12. Agosto 2007. ©

Fe de erratas: En la pasada edición se menciona que el texto: "Uso de residuos industriales en concreto", es segunda parte, habiendo sido la primera.



LA YESCA:

Obra cumbre de la ingeniería mundial

Gregorio B. Mendoza

Fotos: Sófoles Hernández





El pasado 6 de noviembre el presidente saliente Felipe Calderón Hinojosa hizo entrega de uno de los proyectos más emblemáticos de la ingeniería mexicana: la Central Hidroeléctrica La Yesca.

Múltiples beneficios ha significado la construcción de la Central Hidroeléctrica Ing. Alfredo Elías Ayub (La Yesca). Su término es sin duda, uno de los más grandes logros de un sexenio que priorizó el desarrollo de la infraestructura nacional. En este sentido, una de las grandes promesas y desafíos que este sexenio encabezó fue la construcción de un gran proyecto hidroeléctrico. El antecedente obligado para ello fue la central de El Cajón, realizado en el sexenio del presidente Vicente Fox. Así, manteniendo su visión en el

futuro y destacando que la industria de la construcción es uno de los motores económicos que nunca deben detenerse, el presidente Calderón anunció el inicio de la gran construcción de La Yesca, el 27 de septiembre del 2007.

La obra, cuyo nombre rinde homenaje al ingeniero Alfredo Elías Ayub", ex director de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), generó durante todas sus fases de construcción cerca de 10

mil empleos en tierras nayaritas. Además, gracias a esta iniciativa se construyeron o rehabilitaron –en conjunto– 250 kilómetros de caminos en los municipios de



Hostotipaquillo, Tequila y La Yesca; una clínica de salud en la cabecera municipal de Hostotipaquillo y finalmente, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) electrificó 18 localidades rurales beneficiando a una población de 3 mil 610 habitantes y, arrojando una inversión de 700 millones de pesos (mdp).

El proyecto que se ubica en los márgenes del río Santiago, el cual ha sido utilizado para generar electricidad en centrales como la de Agua Prieta, la Presa Aguamilpa y El Cajón, conforma un sistema de 27 proyectos con un potencial hidroenergético para producir en conjunto 4,300 MW, de lo cual hasta el momento se ha desarrollado el 32% mediante la construcción de seis centrales. Así, esta obra recién inaugurada, de acuerdo a fuentes presidenciales tendrá una capacidad de generación de 750 MW, generará en promedio mil 210 Giga watts/hora al año, que equivalen al 50% de la demanda de electricidad de la zona metropolitana de la ciudad de Guadalajara o a encender simultáneamente 25 millones de focos ahorradores de 30 watts.

No sólo eso, La Yesca es además un proyecto emblemático de la política emprendida por el presidente Calderón porque se trata de una obra que impulsa la generación de electricidad a partir de fuentes renovables, con lo que ha contribuido de manera importante a alcanzar la meta planteada que indicaba que al término de esta administración federal el 25% del parque de generación provendría de fuentes de bajo impacto ambiental. Lo anteriormente dicho representa el generar energía limpia y evitar la emisión de 800 mil toneladas de bióxido de carbono anuales o la quema de alrededor de 21 mil barriles de petróleo al año.

Datos de interés

Nombre de la obra: Proyecto Hidroeléctrico Ing. Alfredo Elías Ayub (La Yesca).

Ubicación: Nayarit, México.

Superficie de construcción: 4,419.86 Km².

Construcción: Ingenieros Civiles Asociados, S.A. de C.V. (ICA)

Proyecto: Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Proveedor de concreto: CEMEX.

Aditivos de Concreto: BASF.

Total de concreto empleado: 900,000 m³.

Área de la cuenca drenada: 51,990 km².





El gran proyecto

La planta hidroeléctrica en cuestión fue desarrollada bajo el esquema de Obra Pública Financiada (OPF) por el consorcio formado por las empresas Ingenieros Civiles Asociados (ICA)/Promotora e Inversora Adisa/La Peninsular Compañía Constructora/Constructora de Proyectos Hidroeléctricos, el cual fue el ganador de la Licitación Pública Internacional.

Para hacerla realidad ICA, la mayor constructora de México, informó en el primer trimestre de 2008 que el Consorcio Constructora de Proyectos Hidroeléctricos, en el cual detenta una participación del 67%, cerró el financiamiento a largo plazo por 910 millones de dólares (mdd) que serían destinados a La Yesca.

Es evidente que esta obra representa la fusión de un sinfín de voluntades y constituye, junto con la presa El Cajón, uno de los dos proyectos hidroeléctricos más importantes realizados en el país durante los últimos 12 años, que es representativo de la calidad de la ingeniería mexicana tanto por las innovaciones en su proceso constructivo como por los adelantos tecnológicos incorporados para su operación, misma que se contempla sea mayor a los 50 años, que lo traduce en un activo rentable.

El proyecto hidroeléctrico consistió en la construcción de una cortina tipo enrocamiento con cara de concreto de 210 metros de altura desde el desplante donde se une el plinto de margen derecha con el de izquierda hasta el parapeto (obra de contención), la corona tiene una elevación de 580 metros sobre el nivel del mar y una longitud de 624 metros; para esto se construyeron dos túneles de desvío de aproximadamente 700 m de longitud con una sección tipo portal de 14 m de altura (obras de desvío) que fueron ubicados en el margen izquierdo. Esta cara de concreto está apoyada en el plinto que, además de esta función, sirvió como plataforma para realizar las inyecciones de consolidación y pantalla impermeable, misma que junto con un sistema de galerías excavadas en ambas laderas adyacentes al empotramiento de la cortina conforman el plano de estanqueidad. Adicionalmente, ésta cuenta con una ataguía integrada de 77 m en donde se consumieron aproximadamente 11,900,000 m³ de material, así como más de 52,000 m³ de concreto en la cara principal, que cuenta con una superficie de 123,476 m².

Por lo que representa este elemento construido y las exigencias físicas a las que se someterá, cuenta con un sistema de sellos y juntas

de cobre y PVC que también irán en la junta perimetral plinto-cara de concreto. Estas protecciones garantizan que las filtraciones sean mínimas. Para medirlas, se ubicó una galería filtrante al pie de la cortina en la zona aguas abajo, de tal manera que se captan todas las que ocurren por el cuerpo de la presa y se puede medir el gasto de filtración en cualquier época del año. Asimismo se construyó un vertedor a cielo abierto con seis vanos para las compuertas radiales y de doble canal (32 metros de ancho cada uno), localizado en la margen izquierda, así como una central hidroeléctrica tipo caverna de dos unidades de 375 MW cada una ubicada en el margen derecho (obras de generación). También se concluyó una subestación blindada de 400 KV en hexafluoruro de azufre, que forma parte de las obras de generación y destaca la estructura de control integrada por seis compuertas radiales con un gasto de 16,000 m³/seg.

Protagonista constructivo

De acuerdo a CEMEX, en el sector mencionado –el más impactante y evidente– fueron empleados más de 373,500 m³ de concreto (obras de contención); mientras tanto, en toda la obra el número supera los 900,000 m³ en diferentes modalidades: lanzado, extruido, vía húmeda, con fibras, con impermeabilizante, etc. Las resistencias empleadas van de los 8MPa a los 35 MPa.

Para lograr que toda esta cantidad de concreto funcione en el tiempo correctamente se emplearon diversos productos de BASF. En este caso podemos mencionar que se trata de aditivos especialmente formulados para CEMEX con propiedades de desempeño



especial para el control de corrosión, retardo del fraguado y reducción de agua: CMX-R04; aditivo retardante de fraguado; CMX-SP02; aditivo inhibidor orgánico de corrosión; CMX-HP-200; aditivo reductor de agua de alto rango; CMX-CDH01-Inhibidor orgánico de corrosión.

Otros productos de BASF que fueron utilizados en la obra son: RHEOMAC® SF-100; aditivo mineral de microsilíce compactada en polvo formulado para producir concreto o mortero extremadamente fuerte y durable con características especiales de desempeño y, MEYCO® SA-160; acelerante líquido, libre de álcali, de alto desempeño para concreto lanzado. Además fue extremadamente necesario vigilar la temperatura del concreto. Para esto, se emplearon chillers para reducir la temperatura del agua a un gasto de 13 litros/segundo a 2°C; se habilitó un almacén de agregados a la sombra para lograr un estado no mayor a 8°C; se instalaron dos equipos para la producción de 200 toneladas

diarias de hielo para emplearlo en sustitución (70%) del agua en escamas de -4°C; todo ello teniendo en el sitio de construcción en una temperatura ambiente de hasta 50°C .

Un verdadero reto resultó también el contar con dos plantas de mezclado que producían 270 m³/hora; una planta dosificadora con capacidad nominal de 80 m³/hora, y 10 diferentes frentes de suministro simultáneo de concreto que al final de la obra registraron un total de 54 mezclas diferentes producidas.

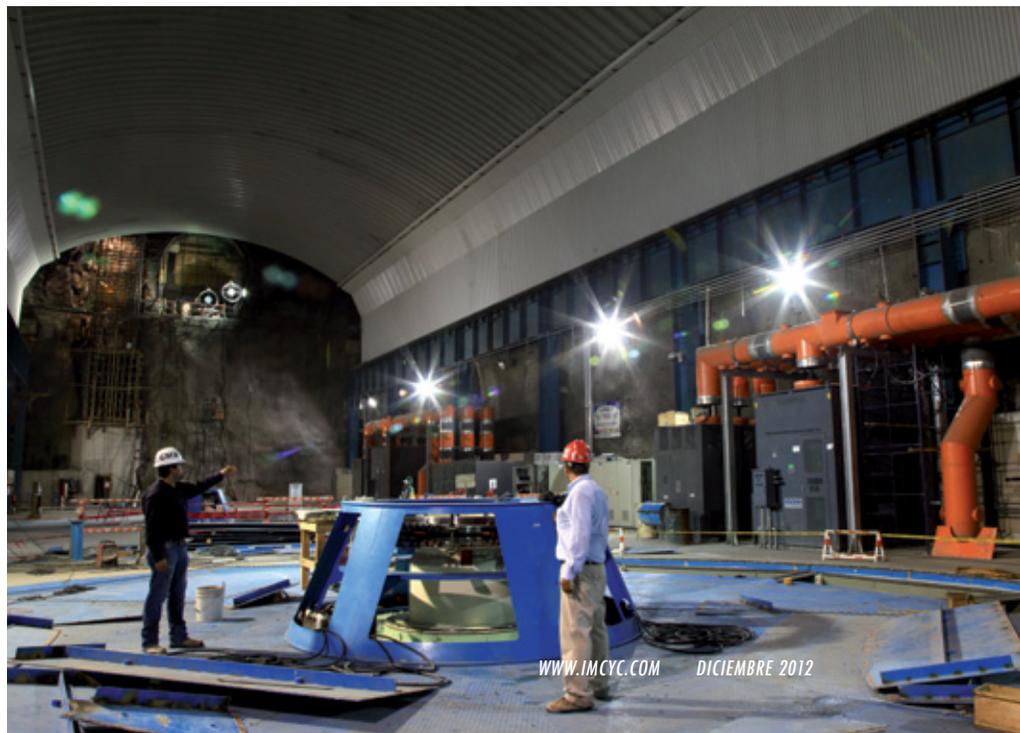
Algo verdaderamente extraordinario y demandante.

Un pasado vuelto realidad

Desde 1961 que se iniciaron los estudios de prefactibilidad para el desarrollo de un proyecto aguas abajo de la confluencia de los ríos Santiago, con la finalidad de

aprovechar en forma integral la cuenca del río para la generación hidroeléctrica, se han dado pasos muy importantes para consolidar un plan integral en el desarrollo energético del país. Sin duda, este proyecto es muestra de ello y de la calidad de los ingenieros mexicanos y la entrega a toda prueba de los obreros anónimos que participaron en su construcción.

Una vez más el nombre de la ingeniería mexicana se ha posicionado para ser reconocido y establecer nuevas enseñanzas en el campo de la ingeniería del siglo XXI. Con su puesta en marcha La Yesca comienza a consolidar su historia e importancia dentro de la industria de la construcción, la cual ya comienza a reconocer sus aportaciones. Ejemplo de lo anterior lo es el recién obtenido Premio Obras CEMEX, en la categoría de Infraestructura, por el proyecto denominado "Estructura de Control del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca". En ese sentido, sin duda, estamos seguros que no será el único reconocimiento. Mientras tanto felicitamos a los ganadores y reconocemos el trabajo de todos los involucrados. **C**



La carbonatación en el concreto reforzado

Considerado como el material ideal para nuestras estructuras, el concreto reforzado exige de alta tecnología por las necesidades que tiene de conservación y mantenimiento; dado el proceso de corrosión que ataca al acero de refuerzo.

E. Vidaud

(Primera parte)

Una de las condicionantes del proceso corrosivo del acero de refuerzo en las estructuras de concreto, es precisamente el fenómeno de la Carbonatación (Fig. 1). El concreto del recubrimiento de cualquier elemento estructural, puede perder la alcalinidad que mantiene protegida a la varilla de acero de refuerzo, lo que puede producir una herrumbre que se puede expandir a toda la armadura, proceso que termina por hacer "explotar" y desprender el concreto que la recubre (recubrimiento). A partir de este instante, la varilla de acero pierde parte de su sección transversal original, lo que también, con el tiempo, puede conducir al deterioro de la propia estructura.

Generalmente, el fenómeno de la carbonatación ⁽¹⁾, es un proceso físico-químico complejo que modifica lentamente en el tiempo la estructura del concreto, induciendo a cambios en sus propiedades físicas. Por lo general, el fenómeno avanza del exterior al interior de la masa de concreto del elemento; ahí tiene mucho que ver el tiempo y la profundidad de afectación. La carbonatación



penetra a través de los poros del concreto hasta alcanzar y despassivar al acero de refuerzo. Este momento es conocido por los especialistas como Avance del frente de carbonatación.

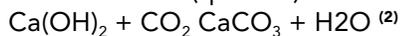
¿Qué aspectos pueden condicionar este fenómeno en el concreto reforzado y cuál es el mecanismo de su desarrollo?

La carbonatación debe su presencia en el concreto al dióxido

⁽¹⁾ De acuerdo al ACI 116R-00 (Cement and Concrete Terminology), la carbonatación (carbonation) es la reacción entre el dióxido de carbono y un hidróxido o un óxido para formar un carbonato, especialmente en una pasta de cemento, mortero o concreto; la reacción con los compuestos de calcio produce carbonato de calcio.

de carbono(CO₂) presente en el ambiente en forma de gas anhídrido carbónico; máximo en zonas urbanas o con elevados niveles de contaminación, donde sus concentraciones son mayores. La humedad y la temperatura ambiente, son factores igualmente importantes como veremos más adelante en este escrito.

La carbonatación es un tipo de reacción ácida que puede afectar de manera importante la durabilidad del concreto. Se trata de un proceso lento, que resulta de una reacción química en la que el hidróxido de calcio (Ca(OH)₂), presente en la pasta de cemento, reacciona con el dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera, y forma carbonato de calcio (CaCO₃); tal y como se representa en la Ecuación (química) 1.



Producto del efecto físico-químico resultante de esta reacción, se produce una degradación lenta y de continuo avance; desde la superficie hacia el interior del elemento de concreto. El pH(2*) del concreto, en condiciones normales de trabajo, oscila entre valores de 12 ó 13. No olvidemos que en el proceso de hidratación del cemento Portland se produce Ca(OH)₂ (también llamado Portlandita) a partir de la combinación de los grupos puros de silicatos y de aluminatos con el agua. La Portlandita o hidróxido de calcio, junto con los álcalis de sodio y de potasio aportados por las arcillas, es el mayor responsable de la elevada alcalinidad (basicidad) de la pasta en el concreto.

Se afirma en diversas fuentes especializadas que la pasta de cemento contiene entre un 25 y un 50 % en peso del cemento de hidróxido de calcio; lo que redundará en que la pasta de cemento fresco tenga un pH de 12 como

mínimo. En este caso, dada la elevada alcalinidad del concreto, las varillas de acero se encuentran recubiertas por una capa de óxido pasivante que las protege frente a riesgos de oxidación (o corrosión). Por otra parte, el contenido de dióxido de carbono en el aire oscila alrededor del 0.03%; puede llegar a alcanzar, en ambientes agresivos, valores superiores al 0.10% El CO₂ puede penetrar al concreto a través de los poros y reaccionar así con el Ca(OH)₂, revirtiéndose entonces la basicidad del material.

El mecanismo de reacción ácida por el cual se produce la carbonatación genera un descenso del pH del concreto, lo que provoca la destrucción de la capa pasivante sobre el acero, y con ello un ascenso en la velocidad de corrosión de las armaduras. Según los especialistas, se establece un valor crítico para el pH, alrededor de 9.5; por debajo del cual ya no puede garantizarse la protección (pasivación) de la armadura y puede comenzar un proceso de corrosión por carbonatación. El nivel de pH de un concreto completamente carbonatado, suele oscilar entre 7 y 8.

El espesor del recubrimiento del acero de refuerzo juega un papel importante al tener responsabilidad en la variabilidad del tiempo de neutralización del CO₂ que se propaga por los poros llenos de aire del concreto, hasta producir el carbonato de calcio. Se le atribuye al anhídrido carbónico y al hidróxido de calcio la responsabilidad del proceso de carbonatación del cemento Portland, o a la formación de carbonato de calcio (CaCO₃) en el concreto; en presencia de humedad y mediante su combinación química, tal y como se evidencia en la gráfica que a continuación se presenta en la Fig. 2.

El contenido de humedad favorece el proceso de carbonatación en el concreto reforzado. Si regresamos la atención a la Ecuación 1 (y/o la Fig. 2), podemos darnos cuenta que esta reacción química, necesariamente se produce en un medio acuoso. El dióxido de carbono se disuelve en el agua formando ácido carbónico, el que reaccionará con el hidróxido de calcio; obteniéndose como resultado el carbonato de calcio, además del agua.

(*) El potencial de hidrógeno, comúnmente conocido como pH, es una medida de la acidez o la alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio [H₃O⁺] presentes en determinadas sustancias.

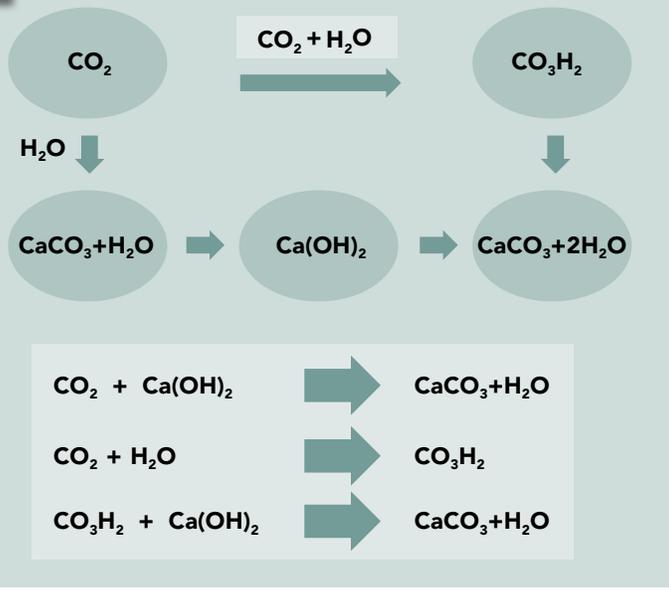
La sigla significa "potencial de hidrógeno" (pondusHydrogenii o potentiaHydrogenii; del latín pondus, n. = peso; potentia, f. = potencia; hydrogenium, n. = hidrógeno). Este término fue acuñado por el químico danés Sørensen, quien lo definió como el logaritmo negativo en base 10 de la actividad de los iones hidrógeno. Esto es: $\text{pH} = -\log_{10} [\text{aH}_3\text{O}^+]$

Desde entonces, el término "pH" se ha utilizado universalmente por lo práctico que resulta para evitar el manejo de cifras largas y complejas. En disoluciones diluidas, en lugar de utilizar la actividad del ion hidrógeno, se le puede aproximar empleando la concentración molar del ion hidrógeno. Por ejemplo, una concentración de [H₃O⁺] = 1 × 10⁻⁷ M (0,0000001) es simplemente un pH de 7 ya que: $\text{pH} = -\log[10^{-7}] = 7$.

La escala de pH típicamente va de 0 a 14 en disolución acuosa, siendo ácidas las disoluciones con pH menores a 7 (el valor del exponente de la concentración es mayor, porque hay más iones en la disolución), y alcalinas las que tienen pH mayores a 7. El pH = 7 indica la neutralidad de la disolución (cuando el disolvente es agua).

Fuente: Transcrito de: <http://es.wikipedia.org/wiki/PH>

Fig. 2



Formulación básica de los procesos de carbonatación en el cemento Portland. Fuente: Adaptado de Machado R., Carbonatación vs. Aluminosis, Informe Técnico, Kimia Ibérica.

Si el concreto está demasiado seco (Humedad Relativa menor al 40%) el CO_2 no se disuelve y no se produce el fenómeno de la carbonatación; si por el contrario el concreto se encuentra demasiado húmedo (Humedad Relativa mayor al 90%) el CO_2 no puede penetrar al concreto y por tanto este, tampoco puede ser carbonatado. La literatura especializada refiere que las condiciones óptimas para que se produzca la carbonatación, es cuando la humedad relativa se encuentra entre 40 y 90%. Respecto a lo anterior, se comenta que en el proceso de difusión de la carbonatación, la humedad relativa del aire de los poros existentes en la masa de concreto, juega un papel decisivo, debido a que el coeficiente de difusión del CO_2 es mucho mayor en el aire que en el agua, por tanto, si los poros están

saturados de agua la penetración del gas es muy débil y la reacción es prácticamente inexistente.

La carbonatación, como ya se dijo, tiene un efecto adverso sobre el grado de alcalinidad del concreto y su capacidad para proteger al acero de refuerzo; sin embargo, los efectos físicos de este fenómeno suelen ser también positivos en este material. Niveles normales de carbonatación provocan una estructura más densa; aumentan la resistencia y disminuyen la permeabilidad del concreto. Este hecho garantiza que sea la carbonatación una ventaja en estructuras de concreto masivo, resultando todo lo contrario en el concreto reforzado. Baste decir que este fenómeno también aumenta la contracción en el concreto fraguado, lo que puede provocar la aparición de grietas y fisuras que lo vuelvan permeable

y susceptible al desarrollo de la corrosión.

Las grietas en el concreto, como es fácil de suponer, permiten el acceso del dióxido de carbono a través de la superficie del elemento, y se produce la carbonatación. Los especialistas consideran que el coeficiente de difusión activo del CO_2 en una grieta de 0.20 mm de ancho de abertura, como promedio es de aproximadamente tres órdenes de magnitud (1000 veces), mayor que en un concreto sano, libre de grietas. Esta es la razón por la que en ambientes agresivos, se debe de establecer un proceso de cuidado estricto en la colocación del concreto, a fin de evitar indeseados procesos de contracción, que incidan en el desarrollo de agrietamientos en las primeras edades.

Puede afirmarse que el avance del frente de carbonatación será mayor en el elemento de concreto cuanto mayor sea la porosidad del material, de ahí que una buena medida de atenuar la velocidad de corrosión en un elemento de concreto es precisamente el empleo de concretos densos, perfectamente vibrados y colocados, en donde el nivel de porosidad sea mínimo. Lo anterior traerá consigo, por supuesto, una mayor pérdida de alcalinidad; fundamentalmente en las capas más superficiales, en donde precisamente se ubica el acero de refuerzo.

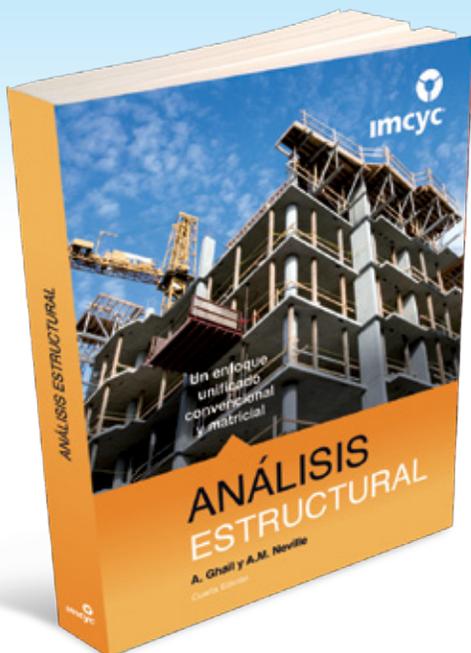
El grado de carbonatación en el concreto, está influenciado principalmente por la permeabilidad y por el contenido de calcio en la mezcla de concreto; aunque también son significativas las condiciones medioambientales y atmosféricas, tales como: la cantidad de dióxido de carbono, la humedad relativa y la temperatura. **C**

SERVICIOS IMCYC

Publicaciones



*“Un mundo de
soluciones
en concreto”*



ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Se presentan 2 diferentes enfoques de análisis:

- 1.) El método de las fuerzas.
- 2.) El método de los desplazamientos, así como los métodos elásticos de analogía de columna y de distribución de momentos, métodos para obtener líneas de influencia para vigas, marcos, retículas y armaduras. El análisis de muros de cortante que se usan comúnmente en edificios modernos.

\$440 M.N.

Más gastos de envío.

www.imcyc.com



CONTACTO:

Michael López Villanueva

Tel.: 01 (55) 5322 5740

Ext. 210

Fax: 01 (55) 5322 5745

E-mail: mlopez@mail.imcyc.com

Resistencia a la compresión del concreto en elementos no prismáticos.

Ensayos a puntales en forma de botella.

Continuamos con el tema de la resistencia a la compresión del concreto ante acciones específicas.

Santiago Pujol; Jeffrey M. Rautenberg; Mete A. Sozen*

Segunda parte

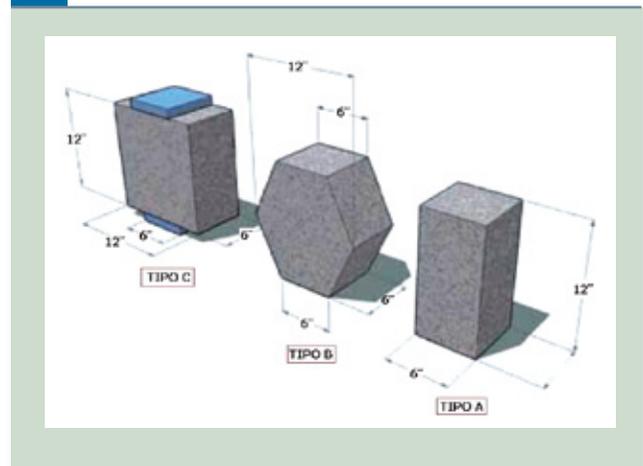
El objetivo del proyecto definido en este artículo fue comprobar la tesis de que un incremento en el ancho de un puntal podría resultar en una reducción de su capacidad resistente calculada a partir del área de la superficie cargada. Fueron ensayadas tres series: la 1 incluyó 41 especímenes, las 2 y 3 incluyeron 15 cada una.

Serie 1: En esta serie, seis de cada uno de los tres tipos de especímenes se ensayaron a compresión bajo carga axial monótona creciente (Fig. 1). Todos los especímenes fueron de 12 pulgadas (305 mm) de alto y 6 pulgadas (152 mm) de espesor. La carga se aplicó de forma concéntrica en una superficie de contacto de 6 x 6 pulgadas (152 x 152 mm).

Los especímenes Tipo A fueron de 152 mm de ancho en toda la altura. Los del Tipo B fueron hexágonos irregulares, con 152 mm de ancho en los extremos y 305 mm a media altura. Los Tipo C de 305 mm de ancho en toda la altura. Los especímenes A y B se cabecearon con mortero de azufre en sus cabezas. En el caso de los especímenes del Tipo C, se usó una capa de yeso de alta resistencia (70 MPa), entre las muestras y las placas de carga. El tiempo de carga hasta la falla de cada muestra fue de aproximadamente 2 minutos.

*Este artículo es una traducción del inglés, del documento originalmente publicado con el título: "Compressive strength of concrete in nonprismatic elements", publicado en *Concrete International*, septiembre del 2011.

Fig. 1: Especímenes de la Serie 1.



Cabe decir que los especímenes fueron extraídos de un mismo lote de una mezcla de concreto, cuyas proporciones se muestran en la Tabla 1, y en donde se logró un revenimiento de 75 mm. Los agregados fueron de origen aluvial.

Los especímenes se moldearon con sus ejes longitudinales horizontales. Después de una semana de curado bajo mantas húmedas, se removieron y se expusieron al ambiente del laboratorio. Todos los ensayos se realizaron a la edad de 55 días, utilizando una prensa Forney de 600 kip (3100 kN) para el ensayo a la compresión.

Tabla 1: Proporciones de la mezcla para los especímenes ensayados.

Descripción	Cantidad lb/yd ³ (kg/m ³)	
	Serie 1	Series 2 y 3
Grava No. 8 (*) (tamaño máximo nominal 1 in.)	1850 (1100)	-
Grava No. 11 (*) (gravilla) (tamaño máximo nominal 1/2 in.)	-	1650 (980)
Arena No. 23 (ASTM C33)	1474 (875)	1600 (950)
Cemento Portland Tipo 1	275 (163)	275 (163)
Ceniza Volante	100 (60)	100 (60)
		185 (110) Serie 2
Agua	210 (125)	230 (136) Serie 3
Reductor de agua (fl oz/yd ³) (mL/m ³)	7.5 (290)	7.5 (290)

(*)INDOT 2010 Especificaciones estándar, Sección 904.

Tabla 1: Resultados de ensayos. Serie 1.

Muestra	No.	Q máx kg (kN)	Q máx/Aap psi (MPa)	Media psi (MPa) COV	Muestra	No.	Q máx kg (kN)	Q máx/Aap psi (MPa)	Media psi (MPa) COV
Tipo A Prismático 152 x 152 x 305 mm. Cabeceo con mortero de azufre	1	133 (591)	3690 (25.4)	3780 (26.1) 3%	Especimen de control Cilíndrico 152 x 305 mm Cabeceo con mortero de azufre	19	108 (480)	3820 (26.3)	3810 (26.3) 2%
	2	140 (623)	3890 (26.8)			20	108 (480)	3820 (26.3)	
	3	134 (595)	3720 (25.6)			21	105 (467)	3710 (25.6)	
	4	136 (605)	3780 (26.1)			22	109 (485)	3860 (26.6)	
	5	141 (627)	3920 (27.0)			23	110 (489)	3890 (26.8)	
	6	133 (592)	3690 (25.4)			24	105 (472)	3750 (25.9)	
Tipo B Hexagonal 152 x 305 x 305 mm. Cabeceo con mortero de azufre	7	132 (587)	3670 (25.3)	3880 (26.8) 3%	Especimen de control Cilíndrico 102 x 203 mm. Cabeceo con mortero de azufre	25	90 (222)	3980 (27.4)	3870 (26.7) 3%
	8	141 (627)	3920 (27.0)			26	90 (222)	3980 (27.4)	
	9	140 (623)	3890 (26.8)			27	48 (214)	3820 (26.3)	
	10	142 (632)	3940 (27.2)			28	49 (218)	3900 (26.9)	
	11	140 (623)	3890 (26.8)			29	46 (205)	3660 (25.2)	
	12	142 (632)	3940 (27.2)			30	49 (218)	3900 (26.9)	
Tipo C Puntal 152 x 305 x 305 mm Yeso	13	137 (609)	3810 (26.3)	3680 (25.4) 5%	Especimen de control Cilíndrico 152 x 305 mm Yeso	31	100 (445)	3540 (24.4)	3590 (24.8) 5%
	14	136 (605)	3780 (26.1)			32	107 (476)	3780 (26.1)	
	15	132 (587)	3670 (25.3)			33	103 (458)	3640 (25.1)	
	16	137 (609)	3810 (26.3)			34	94 (418)	3320 (22.9)	
	17	121 (538)	3360 (23.2)			35	104 (463)	3680 (25.4)	
	18	132 (587)	3670 (25.3)			Especimen de control Cilíndrico 152 x 305 mm Neopreno	36	105 (467)	
			37	107 (476)	3780 (26.1)				
			38	101 (449)	3570 (24.6)				
			39	106 (472)	3750 (25.9)				
			40	103 (458)	3640 (25.1)				
			41	98 (436)	3470 (23.9)				

Por su parte, la resistencia del concreto se estimó utilizando cilindros estándares (152 x 305 mm y 102 x 203 mm) cabeceados con mortero de azufre. También se utilizaron cilindros normalizados, como especímenes de control, ensayados con placas de soporte de acero (como en los del Tipo C), con una capa de yeso o una almohadilla de neopreno entre la placa de apoyo y la superficie de concreto. Los resultados de los ensayos de resistencia, así como los ensayos a los especímenes de control se presentan en la Tabla 2 y se muestran en la Fig. 2.

Los resultados de los ensayos a los especímenes de control fueron lo suficientemente aproximados entre sí, como para definir la resistencia a la compresión (f_c) como de 25.5 MPa. Asimismo, los resultados para los 12 cilindros cabeceados con mortero de azufre (incluyendo los cilindros de 152 x 305 mm y los de 102

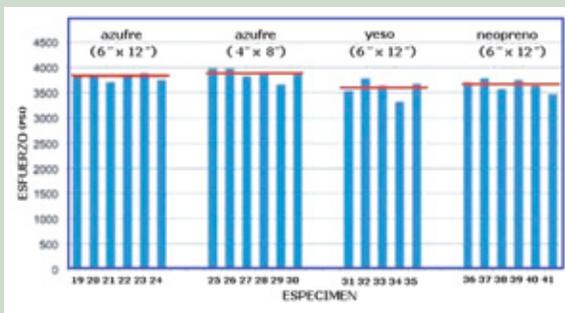
x 203 mm) sugirieron una f_c de aproximadamente 26.5 MPa. La f_c media para los seis especímenes de 152 x 305 mm con capas de yeso entre la placa y la muestra fueron de aproximadamente 24.8 MPa, y para las seis muestras con las almohadillas de neopreno de 25.2 MPa. La diferencia entre las medias de las muestras recubiertas con azufre y de los otros especímenes, no excedió de 1.7 MPa; lo que se corresponde aproximadamente con el 7% de la media de todos los resultados.

Serie 2: En la Serie 2, tres de cada uno de los cuatro tipos de

muestras de concreto fueron ensayadas a compresión bajo carga axial monótona creciente (Fig. 3). Al igual que en la Serie 1, todas las muestras fueron de 305 mm de alto y 152 mm de espesor, con una carga aplicada de manera concéntrica en una superficie de contacto de 152 x 152 mm. Todos los especímenes fueron prismáticos, en donde los tipos A, C, D y E tenían, respectivamente, anchos de 152, 305, 229, y 610 mm.

Los especímenes en la Serie 2 se cabecearon con yeso y fueron utilizadas placas de acero de 152 x 152 mm. Para reducir la fricción en las áreas de contacto, fueron colocadas almohadillas de politetrafluoroetileno (PTFE) entre el yeso y las placas. En ambos lados de cada almohadilla de PTFE se aplicó grasa sintética, certificada como EP, NLGI 2, por el Instituto Nacional de Grasas Lubricantes. En este caso también, el tiempo de carga hasta la falla de cada espécimen fue de

Fig. 2: Resistencia a compresión en especímenes de control de la Serie 1. La línea oscura horizontal representa los valores medios. 1 MPa \approx 145.03 psi



Especímenes de la Serie 1.

Fig. 3: Especímenes prismáticos de la Serie 2.

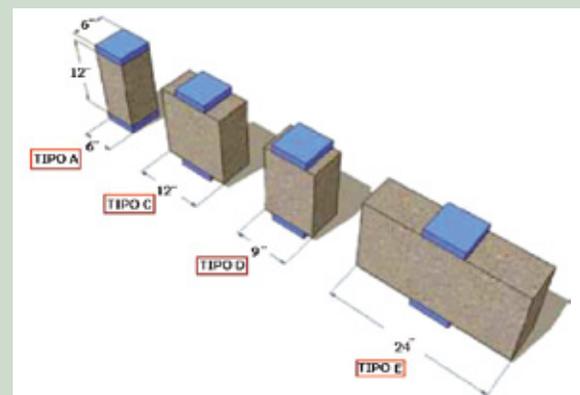


Tabla 3: Resultados de ensayos. Serie 2.

Tabla 4: Resultados de ensayos. Serie 3.

Muestra	No.	Q máx kip (kN)	Q máx/Aap psi (MPa)	Media psi (MPa)	COV
Tipo A Prismático	1	118 (525)	3280 (22.6)	3030 (20.9)	
152 x 152 x 305 mm.	2	99 (440)	2750 (19.0)	9%	
Yeso y PTFE	3	110 (489)	3060 (21.1)		
Tipo C Puntal	4	95 (423)	2640 (18.2)	2870 (19.8)	
152 x 305 x 305 mm.	5	102 (454)	2830 (19.5)	9%	
Yeso y PTFE	6	113 (503)	3140 (21.6)		
Tipo D Puntal	7	113 (503)	3140 (21.6)	3200 (22.1)	
152 x 229 x 305 mm	8	127 (565)	3530 (24.3)	10%	
Yeso y PTFE	9	105 (467)	2920 (20.1)		
Tipo E Puntal	10	89 (396)	2470 (17.0)	2780 (19.2)	
152 x 610 x 305 mm.	11	98 (436)	2720 (18.8)	12%	
Yeso y PTFE	12	113 (503)	3140 (21.6)		
Especimen de control	13	94 (418)	3320 (22.9)	3320 (22.9)	
Cilíndrico	14	95 (423)	3360 (23.2)	1%	
152 x 305 mm.	15	93 (414)	3290 (22.7)		
Yeso y PTFE					

Muestra	No.	Q máx kip (kN)	Q máx/Aap psi (MPa)	Media psi (MPa)	COV
Tipo A Prismático	1	72 (320)	2000 (13.8)	2420(16.7)	
152 x 152 x 305 mm.	2	101 (449)	2810 (19.4)	17%	
Yeso y PTFE	3	88 (391)	2440 (16.8)		
Tipo C Puntal	4	95 (423)	2640 (18.2)	2600 (17.9)	
152 x 305 x 305 mm.	5	91 (405)	2530 (17.4)	2%	
Yeso y PTFE	6	95 (423)	2640 (18.2)		
Tipo D Puntal	7*	97 (431)	2690 (18.5)	2420 (16.7)	
152 x 229 x 305 mm	8	88 (391)	2440 (16.8)	11%	
Yeso y PTFE	9	77 (343)	2140 (14.8)		
Tipo E Puntal	10*	84 (374)	2330 (16.1)	2470 (17.0)	
152 x 610 x 305 mm.	11*	103 (458)	2860 (19.7)	14%	
Yeso y PTFE	12*	80 (356)	2220 (15.3)		
Especimen de control	13	67 (298)	2370 (16.3)	2520 (17.4)	
Cilíndrico	14	73 (325)	2580 (17.8)	5%	
152 x 305 mm.	15	74 (329)	2620 (18.1)		
Yeso y PTFE					

Especímenes ensayados 124 días después de moldeados.

(*)

ron de origen aluvial. El moldeado, curado, y los métodos de ensayos fueron los mismos que para la Serie 1; pero en esta serie, el revenimiento de la mezcla fue de 38 mm y los ensayos se desarrollaron a la edad de 102 días.

La resistencia del concreto se midió con especímenes normalizados de 152 x 305 mm cabeceados con yeso, PTFE, y grasa. Los resultados de estos especímenes de control se presentan en la Tabla 3. La media de f'c obtenida en la Serie 2 fue de aproximadamente 23 MPa.

Serie 3: Ésta fue similar a la Serie 2, excepto que el contenido de agua en la mezcla se incrementó a 136 kg/m

aproximadamente 2 minutos (velocidad de carga de aproximadamente 265 kN/min).

Al igual que con la Serie 1, los especímenes fueron extraídos de un único lote de mezcla de concreto, pero las proporciones de la mezcla se modificaron (Tabla 1) también, al igual que en la Serie 1, y los agregados fue-

(Tabla 1). La resistencia del concreto fue medida en especímenes estándar de 152 x 305 mm cabeceados con yeso, PTFE, y grasa, y exhibiendo valores de aproximadamente 17 MPa. Los especímenes de la Serie 3 se ensayaron a 124 y 198 días, luego del moldeo (Tabla 4).

Fig. 4: Resultados de ensayos a la Serie 1. 1MPa ≈145.03 psi.

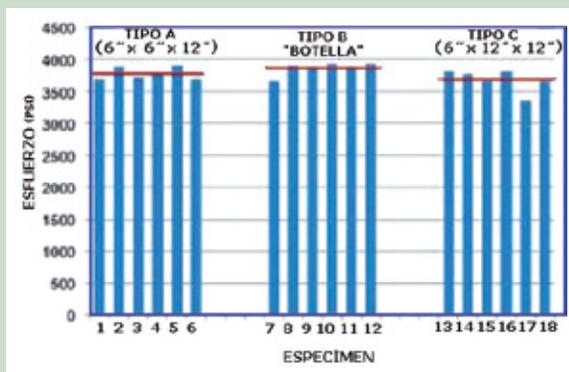


Fig. 5: Fallo típico en los especímenes de la Serie 1.



Resultados para la Serie 1

Los resultados de los ensayos a la Serie 1 se muestran en la Fig. 4. En esta figura, cada línea horizontal oscura representa el valor medio de resistencia para cada tipo de espécimen; el estado típico asociado al fallo se muestra en la Fig. 5. Todas las muestras desarrollaron grietas longitudinales antes del fallo.

El valor de la resistencia media a la compresión en los especímenes Tipo A fue de aproximadamente 26 MPa, lo mismo que la media para cilindros cabeceados con mortero de azufre de 152 x 305 mm; lo cual no resultó sorpresa. Para los especímenes Tipo B, la resistencia media fue de aproximadamente 27 MPa, algo mayor a lo obtenido en los especímenes Tipo A. Por su parte, el valor medio de los resultados de las muestras del Tipo C fue de aproximadamente 25.5 MPa. Tal y como se observa de la interpretación de los resultados, no existe una razón de peso para sospechar de alguna influencia constante, asociada a la variación de la resistencia a la compresión del concreto, con alguno de los parámetros considerados.

Resultados para las series 2 y 3

Los resultados de los ensayos a las series 2 y 3 se muestran en las Figuras 6 y 7. En estas figuras, cada línea horizontal oscura representa el valor de resistencia media para cada tipo de espécimen. El estado típico después del fallo se muestra en la Fig. 8.

Fig. 6: Resultados de ensayos a la Serie 2. (organizados por tamaños). 1 MPa \approx 145.03 psi

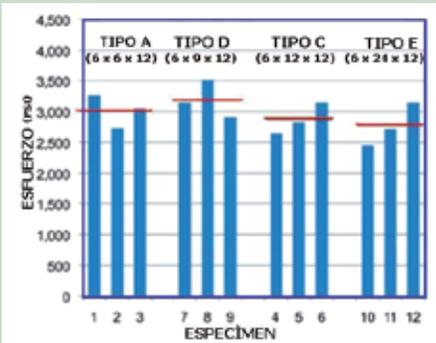


Fig. 7: Resultados de ensayos a la Serie 3 (organizados por tamaños). 1 MPa \approx 145.03 psi

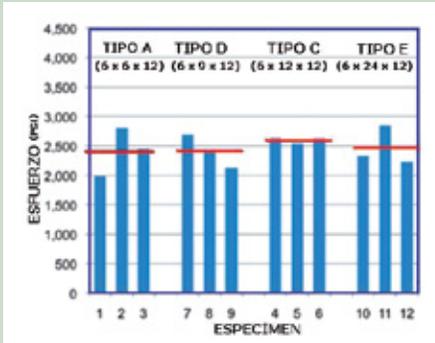
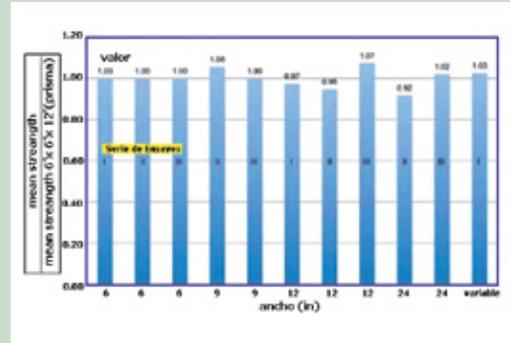


Fig. 9: Resumen de resultados de los ensayos.



El valor medio de la resistencia a la compresión para los especímenes Tipo A de la Serie 2 fue de alrededor de 21 MPa. En lo referente a los Tipos C, D, y E, con respecto a lo obtenido en el Tipo A, las medias no variaron mas allá de 1.4 MPa. En este caso, se observó una tendencia eventual entre la forma y la resistencia.

Por su parte, el valor medio de resistencia a la compresión en especímenes del Tipo A en la Serie 3 fue de alrededor de 16.5 Mpa. Las medias de resistencia en los Tipos C, D y E, respecto a la Tipo A, no variaron mas allá de 1.4 MPa. No se observó una tendencia constante entre la forma y la resistencia.

La Fig. 9 resume la variación en la resistencia media, como una función del ancho de la sección transversal en las Series 1, 2, y 3. Cada barra representa la media de 6 (Serie 1) o 3 (series 2 y 3) resultados de ensayos para especímenes de un mismo lote de concreto. Todos los valores se normalizaron con respecto a las resistencias medias de los especímenes Tipo A, moldeados a partir del mismo lote de concreto. La figura

muestra claramente que no hay correlación entre la resistencia y la forma.

Conclusiones

Es importante señalar que nuestro estudio experimental no se desarrolló para probar la aplicabilidad del método de puntales y tirantes para diseñar vigas de concreto armado por resistencia al corte; sino para investigar los fundamentos que se emplean para establecer la resistencia admisible en puntales no prismáticos.

Los resultados muestran que no existe ningún sustento para reducir la resistencia a la compresión admisible en los extremos de puntales en forma de "botella". Esto no significa que el límite establecido por el ACI 318-11⁽¹⁾ para la resistencia admisible de puntales en forma de "botella" sea incorrecto; simplemente significa que el fundamento utilizado para explicar esa reducción es incorrecto e innecesario.

En 1932, Hardy Cross escribió: "Todos los análisis se basan en algunos supuestos que no están muy de acuerdo con los hechos. De esto, sin embargo, no se deduce, que las conclusiones del análisis no sean muy cercanas a los hechos"⁽²⁾. El hecho de que el fundamento del método de puntales y tirantes sea incorrecto, no necesariamente significa que los resultados del procedimiento lo sean. Como claramente se explica por Richart⁽³⁾, el método de diseño basado en la analogía del puntal, no es consistente con las premisas de este método, pero funciona; hay pocas razones para representar el método de puntales y tirantes en abstracciones analíticas. El hecho de que funciona, debería ser razón suficiente para su uso.

Fig. 8: Espécimen de 229 mm de ancho después del fallo.



Referencias:

1. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (ACI 318-11)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 503 pp, 2011.
2. Cross, H., *Continuous frames of reinforced concrete*, John Wiley&Sons, Inc., New York, 343 pp.
3. Richart, F.E., "An Investigation of web stresses in reinforced concrete beams," en *Bulletin*, núm. 166, University of Illinois Engineering Experiment Station, pp. 1-105, junio de 1927

Educación Multicolor

Gregorio B. Mendoza

Fotos: Cortesía CEMEX



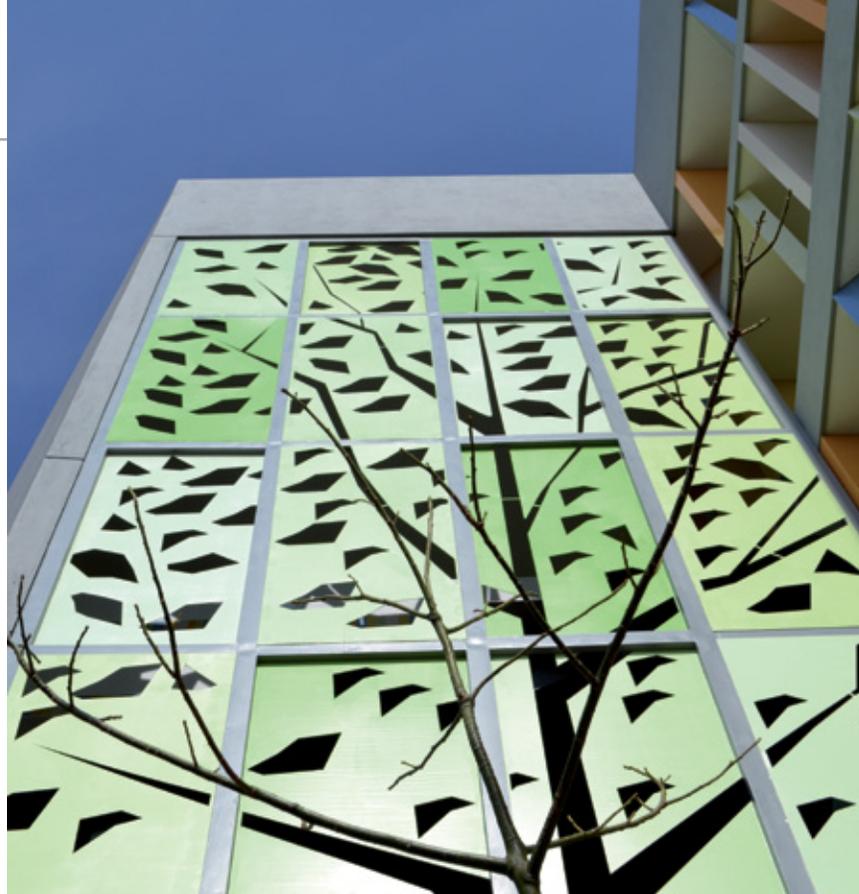
Joseph Rudyard Kipling (1865–1936) fue un escritor y poeta británico nacido en la India. Autor de relatos, cuentos infantiles, novelista y poeta, se le recuerda por su obra sobre los soldados británicos indios y la defensa del imperialismo occidental, así como por su pasión hacia la literatura para niños.



El nombre de Kipling también es la insignia de una de las instituciones educativas más importantes de la ciudad de Irapuato, Guanajuato, la cual recientemente incrementó la infraestructura de su campus con la realización de un edificio nuevo que alberga la biblioteca y diversos espacios para la realización de actividades artísticas. Las necesidades espaciales de la obra original (realizada entre 2003 y 2005) por los arquitectos Ernesto Velasco Almazán y Lía Martínez Tovar, reunió de nueva cuenta su talento y todas las voluntades necesarias para hacer realidad esta expansión sin perder la esencia de todo el conjunto.

Esta obra, realizada por VMA Oficina de Arquitectura, es un edificio que acoge una biblioteca, un salón audiovisual, una cafetería y tres salones para actividades artísticas, con sus respectivas zonas de servicios. El sitio donde se desplanta la construcción tiene una forma triangular, siendo la hipotenusa la colindancia del predio y las otras dos caras, la colindancia hacia una zona deportiva. Peculiaridad que determinó en gran medida las consideraciones generales o estrategias del diseño y su construcción.

Dada su característica ubicación y las necesidades propias del programa arquitectónico, el edificio debía ser lo suficientemente permeable para ser un núcleo de comunicación entre los espacios deportivos y al mismo tiempo masivo y contundente para consolidarse como el remate visual al fondo de la institución. El arquitecto Velasco recuerda que esas condicionantes, manifestaban por un lado, la posibilidad de que el edificio fuera vulnerable a impactos provenientes de la zona deportiva y por otro, que era inminente buscar la manera de



ventilar e iluminar naturalmente, tomando en cuenta que el lado más largo estaba en la colindancia del predio. "Con ello en mente, se optó por generar un volumen macizo perimetral con muros cortos portantes al centro que se convierten en grandes celosías, que protegen, iluminan, y ventilan el edificio, y que a su vez le proporcionan el carácter institucional anhelado. Tras analizar orientación, niveles, e infraestructura existentes se optó por organizar el programa en tres niveles,

obteniendo un edificio de planta triangular, al que se le sustraen dos triángulos más pequeños -en el lado más largo- para generar un par de patios que funcionan como vestíbulos al tiempo en que ventilan e iluminan los espacios interiores", comentó Ernesto Velasco Almazán.

Celosías educativas

El acceso al edificio es mediante una rampa que conecta la cancha superior con uno de los patios, y





Datos de interés

Proyecto: Arquitectos Ernesto Velasco Almazán y Lía Martínez Tovar.

Colaboradores: Arq. Diana Alanís Barroso.

Proyecto electromecánico: Juan Manuel Puerta Mosqueda, Miguel Ángel Barajas.

Proyecto estructural: Ing. José López Martínez.

Fotografía: Ernesto Velasco, Francisco Mc Swiney.

Proveedor: CEMEX.

Resistencia: 25 y 20 MPa.

Volumen empleado: 410m³.

Tipo de concreto: Normal Rev. 12 y 14.



por medio de una escalera que conecta la misma cancha, con el primer nivel o con la planta baja al segundo patio. En la planta baja se aloja la biblioteca, un salón de audiovisuales y un módulo de sanitarios. En el primer nivel se encuentra la cafetería totalmente abierta y otro módulo de sanitarios.

Los salones de arte se encuentran en el último nivel. Son cerrados aunque poseen toda la "fachada celosía" en uno de sus extremos por lo que las vistas, la ventilación e iluminación forman parte de la esencia del proyecto. Aunado a esto, en la losa que sirve de azotea se habilitaron aberturas para brindar la iluminación cenital necesaria para maximizar la funcionalidad del espacio. Por lo anterior, podemos decir que este edificio tiene como protagonista el conjunto de celosías que dan vida al inmueble y como ya se mencionó, ventilan e iluminan su interior, privilegiando un bajo consumo de energía ya que durante el día no necesita equipo de aire acondicionado ni iluminación artificial.

Los arquitectos responsables del proyecto narran a *CyT* que por su ubicación dentro del predio, otro aspecto con el que tuvieron que lidiar fueron las pendientes de drenaje: "No eran suficientes para su descarga, por lo que se optó por colocar en el subsuelo una planta de tratamiento de aguas negras a base de bacterias, donde es descargado el drenaje de los sanitarios; de ahí, las aguas procesadas se canalizan hacia un registro donde se juntan con el agua pluvial y se canalizan hacia pozos de absorción que se encuentran bajo una cancha deportiva".

Como todo trabajo de diseño, Velasco Almazán y Martínez Tovar reiteran que la encomienda significó un nivel de exigencia mayor por las cuestiones particulares del

lugar, las necesidades y las negociaciones con el cliente. "Constructivamente fue un gran reto, ya que la escuela estaba en funcionamiento y había que adaptarse a normas y horarios, tanto para suministro de materiales como para actividades que alteraran la tranquilidad de la escuela".

Pura materia gris

El concreto –explican los miembros de VMA- fue indispensable para la construcción del edificio, ya que desde su concepción se pensó en la utilización del mismo para todos sus elementos estructurales. "Se escogió porque creemos en éste,

como material de construcción imprescindible en nuestro tiempo. Sobre todo en un país como el nuestro, en donde hay acceso a otras tecnologías vanguardistas e innovadoras; pero que generalmente encarecen el producto terminado y son pocos los clientes que están dispuestos a solventarlo. Por lo tanto, regresando a lo básico, al concreto común y simple, en sus modalidades (hecho en obra y premezclado), se pudo conseguir un edificio lo suficientemente sustentable -ya que también lo es aquel que utiliza lo local, mano de obra e insumos-, donde se explota al máximo los recursos con los que se contaban, donde la respuesta técnico-arquitectónica da como resultado la solución a una problemática en particular con gran calidad espacial y constructiva", expresaron.

El edificio utiliza sistemas de construcción tradicionales que fueron diseñados y analizados en función del American Concrete Institute (ACI 3182-08) y el Concrete Reinforcing Steel Institute (CRSI 2008), así como la plataforma de Autodesk Robot Structural Análisis Profesional 2011. La cimentación a base de zapatas corridas y aisladas de concreto reforzado (20 MPa), columnas, castillos y muros para formar parasoles de concreto (25 MPa) y losas de entrepiso y azotea diseñadas como losas tipo joist con traveses de concreto (25 MPa).

En este sentido, es justo mencionar que el recurso de diseño de las celosías juega un papel fundamental para el sistema estructural, ya que se trata de muros de carga de concreto armado, lo cual dió la pauta para completar el proceso constructivo, por lo que resultó ser el procedimiento más complicado dentro de toda la obra.

En general se utilizó cimbra de madera común en cimentación,





columnas y castillos; entarimado de madera para las losas tipo joist. Para los muros portantes o parasoles, se diseñó una cimbra metálica que se armó con pernos y cerrojos para facilitar su desplazamiento. La obra fue demandante; sin embargo, sus creadores saben que el esfuerzo valió la pena.

Beneficios y realidades

Para la certificación del bachillerato internacional en el que está involucrada la institución, se necesitaba una serie de espacios bajo ciertos lineamientos en el que era imposible cumplir sin la construcción de un nuevo edificio para el que no había un área destinada. Hoy en día ya se cuenta con ellos. “El haber logrado aprovechar ese espacio en desuso y cumplir con todos los requerimientos fue un logro tanto para nosotros como arquitectos, pero sobre todo para la escuela misma”, reiteran sus creadores, quienes acotan que dado el carácter de la obra, la influencia directa que

tiene es sobre el personal docente de la escuela y naturalmente sobre los alumnos, ya que con su trabajo hoy poseen un sitio específico para desarrollar la lectura, o desarrollar su creatividad artística”.

“Para nosotros es esencial en la formación como seres humanos. Muchas veces estas actividades

quedan rezagadas por minimizar su importancia y debe comprenderse que es vital en el desarrollo personal. Por consiguiente, creemos que a largo plazo se verá beneficiada la sociedad del lugar en general”, explicaron a CyT.

Colofón

Ernesto Velasco Almazán (1974) Arquitecto por la Universidad La Salle León, Guanajuato, y Lía Martínez Tovar (1974) Arquitecta por la Universidad Central de Venezuela, Caracas, ambos con una maestría en la UPC de Barcelona, España. Fundadores del despacho VMA Oficina de Arquitectura, conciben la arquitectura como la creación de espacios honestos, sinceros y vivibles, partiendo de la premisa que señala que una buena arquitectura debe representar las virtudes del lugar, aprovechar al máximo los recursos locales con los que se cuentan y hacer de la obra construida parte de su emplazamiento natural. Aquí una muestra. c



Gigantes con zapatos de concreto

Es urgente que no sólo México, sino el mundo entero, implemente sistemas que aprovechen los recursos naturales de manera sustentable; tal es el caso de los parques eólicos.

Antonieta Valtierra



En la actualidad, en el Istmo de Tehuantepec se genera parte importante de la energía que se consume en esa región de Oaxaca, gracias al aprovechamiento de sus recursos eólicos y a la inversión de capitales extranjeros. En la construcción de los más recientes parques eólicos se invirtieron más de 600 millones de dólares (mdd).

Los parques eólicos Oaxaca II, III y IV, localizados en el Istmo de Tehuantepec, en Oaxaca, constituyen el mayor complejo eólico de América Latina, con 306 MW de potencia operativa. La edificación de dicho conjunto es el resultado de la iniciativa de Acciona, empresa española líder en energía eólica en México, lo que ha generado que nuestro país esté considerado el segundo mer-

Seguridad para todos

Durante más de 100 años de experiencia, Acciona es uno de los líderes mundiales de energía renovable. Es pionero en la industria de la sustentabilidad y es ampliamente reconocido en el ámbito de desarrollo de energía eólica, construcción, explotación, operación y mantenimiento de plantas y ha diseñado su propia tecnología con la cual fabrica sus generadores eólicos. En España la firma genera 5,000 MW y 500 más en Estados Unidos, cifra que hoy, con 556 MW en México, supera su participación de su negocio en la Unión Americana. Actualmente analiza y explora oportunidades en otros mercados de América Latina, como Brasil y Chile.

cado mundial más importante para Acciona Energía, después de España. Al transcurrir veinte años a partir de su inauguración (marzo de 2012), el complejo será vendido a la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Nuevamente el estado sureño, específicamente su zona de la Ventosa—donde tienen lugar fuertes vientos de velocidad suficiente para que una granja eólica sea eficiente—, fue el sitio elegido para la instalación de los nuevos parques que, junto con el anterior, denominado Eurus (ver CyT de enero de 2011) proveen 556.5 MW, lo que representa el 65% de la potencia operativa en el país. Cabe precisar que este último es el mayor de América Latina por potencia instalada con capacidad de 250.5 MW, opera en Juchitán de Zaragoza, Oaxaca, suministrando electricidad a plantas de la empresa cementera CEMEX en México, bajo el esquema de autoabastecimiento.

Los antecedentes de los nuevos parques se remontan a marzo de 2010, cuando Acciona consiguió la adjudicación, construcción y exploración de los tres por parte de la CFE para desarrollarse bajo la modalidad de Productor Independiente de Energía. Posteriormente, se hizo la determinación de la zona y su extensión para establecer sus límites, con base a las estimaciones de producción energética, claves para la ubicación de la región. Como los autogeneradores estarían conectados a la red de distribución eléctrica general, el diseño y dimensión de cada parque se conceptualizó en relación a las especificidades de estos grandes molinos blancos de viento.

Las tres centrales Oaxaca II, III y IV abarcan 1,756 hectáreas, en las cuales durante 18 meses estuvieron trabajando más de 1,200 constructores especializados. Cada parque se compone de 68 aerogeneradores de tecnología Windpower (propia de Acciona), con una capacidad individual de 1.5 MW. Para el montaje de los 204 aerogeneradores que completan estas instalaciones, fue necesario hacer otras obras de construcción alternas, como el acceso a





los parques, edificaciones auxiliares y plataformas de apoyo para la producción de energía. En una primera etapa, se realizaron obras de trazo vial considerando radios de curvatura, pendientes y

longitudes para transportar los aerogeneradores o turbinas, así como equipos complementarios que se implantaron en el corredor eólico en el Istmo de Tehuantepec.



El montaje finalizó en septiembre de 2011 y en los meses de octubre y diciembre posteriores a la fecha, se llevó a cabo su energización y progresiva conexión a red; los primeros meses de 2012 iniciaron su operación comercial.

Cimentación para los molinos

Para la implantación de los enormes molinos blancos, fue necesaria una excelente cimentación que requirió de trabajos de ingeniería civil previa para dar forma a las

Localización del proyecto: Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México.

Especialidad: Energía eólica.

CE OAXACA II

Capacidad: 102 MW.

Equipo: 68 AW70/1500 IEC Ia.

Línea de transmisión: 230 KV 31 km de longitud.

Factor de emisión: 0,5805 tCO₂/MWh.

Emisiones que serán evitadas: 4,8 MtCO₂.

Cliente: Comisión Federal de Electricidad.

CE OAXACA III

Capacidad: 102 MW

Equipo: 68 AW70/1500 IEC Ia.

Línea de transmisión: 230 KV 29 km de longitud.

Factor de emisión: 0,5805 t CO₂/MWh.

Emisiones que serán evitadas: 4,64 Mt CO₂.

Cliente: Comisión Federal de Electricidad.

CE OAXACA IV

Capacidad: 102 MW.

Equipo: 68 AW70/1500 IEC Ia.

Inicio de obras: Noviembre 2010.

Línea de Transmisión: 230 KV 31 km de longitud.

Factor de emisión: 0,5805 t CO₂/MWh.

Emisiones que serán evitadas: 4,9 Mt CO₂.

Cliente: Comisión Federal de Electricidad.

Beneficios generados

La CFE estima que la producción media anual del complejo será de 1,129 millones de kilovatios hora, que se traduce en el consumo energético de 700 mil hogares mexicanos, con la ganancia de que se evitará la emisión anual de 670 millones de toneladas de CO₂ a la atmósfera, equivalentes al esfuerzo de depuración de 33.5 millones de árboles en el proceso de fotosíntesis.

Con la construcción de estos parques, la capacidad total que tiene Acciona Energía México instalada en el país (556.6 MW) representa una cuota de mercado del 65 por ciento, la compañía se posiciona a sí misma como el mayor propietario de activos de energía eólica en México. Cabe subrayar que las poblaciones aledañas también se vieron beneficiadas, pues se construyó un centro comunitario en La Venta, situado en el entorno de los parques eólicos, también promovido por la firma española dentro de su plan de inversión en Oaxaca. Ahí, los lugareños reciben orientación acerca de mejoras de infraestructura local, capacitación profesional, educación y promoción de iniciativas de autoempleo, entre otras acciones.

Compromiso con México

Con la materialización de este proyecto inaugurado este 2012, Acciona refrendó su pacto con el desarrollo sustentable de México, en sectores claves como infraestructura, agua, energía, así como en su disposición a colaborar con el cumplimiento de los objetivos del gobierno federal para diversificar el sistema energético del país. En una acción consecuente, se constituyó Acciona Microenergía México, asociación sin fines de lucro, que tendrá como misión facilitar el acceso a la luz eléctrica a comunidades rurales aisladas.

Es importante mencionar que la compañía española, quien actualmente opera en tres negocios: infraestructura e ingeniería, energía y proyectos relacionados con el agua, está trabajando de la mano con la Secretaría de Energía de México (SENER), el Gobierno de Oaxaca, la CFE, el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS), así como con otros organismos de la Administración Pública. Acciona Energía busca seguir incrementando su capacidad instalada, para mantener su posición de líderes en energía eólica. En este sentido, ya analiza más proyectos en México en zonas diferentes a las de Oaxaca al tiempo que trabaja en otros desarrollos renovables con los que espera reforzar su ya destacada presencia en el país. **c**



plataformas donde fueron montadas e izadas las torres y demás componentes de las especializadas maquinas. Cada unidad (aerogenerador) requirió de una superficie de alrededor de 24 por 16 metros, para cubrir los 70 m de diámetro del rotor de las máquinas Windpower. La cimentación está constituida por una zapata aislada de concreto armado con dimensiones aproximadas de 8 m de lado y entre 2.5 y 6 m de profundidad, con pilones anclados en roca y pedestal de concreto reforzado de casi 3 m de largo y uno de altura sobre el cual se posesionó la gigantesca torre.

Un ícono que se retira

Gabriela Celis Navarro



Detalle del Allentown Museum, en Pennsylvania, con un sentido altamente barroco.

Sin lugar a dudas uno de los arquitectos más influyentes es el maestro Robert Venturi, para muchos, etiquetado como el padre del postmodernismo. Hoy, emprende un nuevo camino, alejado de los restiradores y las computadoras para reposar esa bien ganada tercera edad plena de sabiduría.

Con más de 50 años de práctica dentro de la arquitectura, el maestro estadounidense Robert Venturi (nacido en 1925 en Filadelfia) ha decidido retirarse de la vida profesional. La firma que comandaba, FAIA, con su esposa y socia Denise Scott Brown, ahora ya es manejada por un grupo de líderes con la impronta de Venturi. Así, el despacho, conocido con anterioridad como Venturi, Scott Brown and Associates, fue relanzado bajo la batuta del arquitecto Daniel K. McCoubrey, quien junto con Nancy Rogo, buscarán continuar realizando proyectos creativos, plenos de análisis de comprensión hacia el cliente.

Sobre este importante cambio Dan McCoubrey, comentó en los medios: "Como hemos ido evolucionando como empresa, nuestra forma de abordar un proyecto permanece profundamente enraizada a entender y responder a un contexto en múltiples niveles". Cabe decir que Dan McCoubrey trabajó con Robert Venturi desde 1981. Fue responsable, entre otras cosas, del proyecto



Denise Scott Brown, Robert Venturi and Vladimir Papernym en las oficinas de la firma.



Esa necesidad del posmodernismo de reciclar y generar vanguardia al mismo tiempo.

del Curtis Institute of Music's Lenfest Hall, así como de las renovaciones y ampliaciones del Allentown Art Museum, en Pennsylvania. El alejamiento de Venturi, aunque muy posiblemente les resulta doloroso, no les genera temor. Al respecto, los responsables de la nueva firma señalan: "Nuestra oficina está llena de personas talentosas que suman al proyecto aspectos sociales, ambientales y prácticos, junto a caminos creativos y bellos".

Por su parte, cabe decir que otro miembro del actual despacho, la arquitecta Nancy Rogo Trainer, trabajó con Robert Venturi desde 1987. Fue responsable, entre otras obras, de la renovación de la Fay House, en el Radcliffe Institute, en Harvard, donde ella misma dirigió la renovación de la Biblioteca Schlesinger, así como de la planificación del campus. Así, Venturi se aleja, pero el legado se queda.

Less is bore

Robert Venturi es el creador de un famoso lema: "Less is bore" (menos es aburrido), el cual se muestra en franco antagonismo con el también famoso "Less is more" de Ludwig Mies van der Rohe, que fue seguido por cientos de profesionales quienes vieron en ese concepto un cambio en la manera de percibir la arquitectura. El trabajo de Robert Venturi se caracterizó por tomar diversos criterios provenientes de la cultura pop norteamericana (para muchos fue una especie de Andy Warhol de la arquitectura). Gustó de la fachada anuncio. Asimismo, se trata de una arquitectura organizada en torno a una imagen en la cual,

el espacio funcional se vuelve algo completamente independiente de la protagónica fachada. Ya no son las obras aristocráticas y religiosas lo más importante; para Venturi, así como para otros arquitectos inmersos en el posmodernismo, serán los edificios con temática comercial los sobresalientes.

Sin duda, para conocer un poco el trabajo de este maestro ahora retirado, resulta imprescindible y altamente recomendable, un libro que es todo un clásico, *El lenguaje de la arquitectura posmoderna*, de Charles Jencks. ¿Por qué? Por el simple hecho de que Robert Venturi, como se menciona líneas arriba, fue uno de los máximos exponentes de ese movimiento arquitectónico, para muchos escandaloso, para otros refrescante y en franca ruptura con el Movimiento Moderno. Por cierto, a Robert Venturi nunca le ha gustado que lo etiqueten como "padre del Posmodernismo" pues él no se considera posmodernista. En este sentido, en un importante simposio celebrado en Nueva York en 2001, el maestro expresó que su arquitectura no era posmoderna. Al respecto, con justa razón comentó: "Hay muchas otras cosas más allá de la luz neón en nuestra filosofía. Nuestros orígenes son más complejos, así como nuestras fuentes". Para muchos, esta afirmación resultó una sorpresa; para otros, un suspiro de alivio, sobre todo para los que han visto en el posmodernismo una tendencia sin estilo (aunque el no tener estilo, es lo que le da estilo), banal y superflua. Hecho que ni Robert Venturi ni su socia y esposa son.

Para plantear su pensamiento conviene recordar que Robert Venturi también es un teórico trascendental. Su libro *Complejidad y contradicción en la*



El museo del niño, en Houston, Texas.

Foto: <http://0.tqn.com>.

arquitectura (1966), fue herramienta de gran utilidad para los arquitectos que buscaban no sólo nuevas formas de creación, sino también de pensamiento. En este libro, cabe subrayar que Venturi no sólo hace una apología de la arquitectura del pasado, sino que reniega y arremete contra el modernismo al que considera una arquitectura simplista. De ahí su ya mencionada frase "Less is bore". Esta postura a favor de la ornamentación, queda resaltada en el segundo gran libro que escribe Robert Venturi, *Aprendiendo de Las Vegas* (1972), donde sostiene que los elementos decorativos "acomodan las necesidades existentes para la variedad y la comunicación".

En este sentido, cabe subrayar que entre los elementos más importantes del Posmodernismo en la arquitectura están: el uso de tipologías provenientes del pasado; la recuperación de los ornamentos, ya sea en molduras, pilastras, columnas, entre otros y la negación al uso de las formas puras y limpias tan presentes en la arquitectura racionalista. Desde la perspectiva urbanística, hay un búsqueda por recuperar la calle; la edificación de pequeña escala pero de enorme riqueza visual por sus formas.

Aprendiendo de Robert

Guste o no a muchos su obra, Robert Venturi es uno de los grandes íconos de la arquitectura contemporánea; su trabajo sirve para reflejar mucho de lo que la democracia y la globalización comenzaba a hacer en los años

La Vanna House, construida a principios de la década de los sesenta del siglo pasado muestra esa escala doméstica, pero monumental al mismo tiempo, tan presente en la obra de Venturi.

de la mayor parte de sus propuestas arquitectónicas. Hoy, que el maestro se retira, deja un legado en el concreto y el acero de sus obras; también queda en su pensamiento sobre cómo debemos comprender los legados; si debemos superarlos, atesorarlos o aprender de ellos, tal y como él lo hizo. **C**



Foto: <http://classconnection.s3.amazonaws.com>.

LEER

20
MINUTOS
AL DÍA

ES
PARTICIPAR



Fernando Savater
Escritor

divierteteleyendo.com

 Diviértete Leyendo
 @Diviertete_Lee



Consejo de la Comunicación
Voz de las Empresas

Con inspiración **maya**

Merecedor de uno de los premios Sidney Freedman Craftsmanship Award 2012, el Templo de Quetzaltenango (IJSUD), es una de las más espectaculares obras inspiradas en los motivos arquitectónicos de la cultura maya que habitó la región de Guatemala, muchos siglos atrás.

Antonieta Valtierra

Fotos: Cortesía de Preteca



El quinto templo mormón en Centroamérica y el segundo en Guatemala, se encuentra ubicado entre las impresionantes montañas y volcanes del Valle de Quetzaltenango, en ese país. Este recinto presta servicio a aproximadamente 60 mil miembros de la Iglesia de una gran parte de Guatemala.

Las obras para su construcción dieron inicio en 2009. Para la realización de esta magna obra artesanal de 1,960 m², se fabricaron 1,335 paneles prefabricados de concreto arquitectónico, los cuales fueron producidos en México por la empresa Preteca, mediante un convenio que suscribieron la constructora y esta compañía mexicana fabricante de prefabricados, una de las más importantes de nuestro

país. Más de 3,160 m² de paneles fabricados con agregados de mármol blanco y cemento blanco tipo TX, con geometrías complejas y acabados que fueron producidos y transportados por carretera desde México hasta Quetzaltenango, Guatemala, recorriendo un poco más de 1,223 km. Gracias a la integración entre sus divisiones de Diseño, Fabricación, Embalaje, Transporte y Montaje, fue posible

cumplir con los objetivos propuestos y los paneles fueron fabricados e instalados por la empresa mexicana en tan sólo 15 meses.

Trabajo artesanal digno de mención

La construcción de esta espléndida obra exigió de un diseño desafiante y de una ejecución precisa, donde la experiencia de los modelistas para el moldeo y el acabado, resultaron decisivas para resolver ambos requisitos. Fue un proceso meticuloso por un lado y en conjunto, entre los arquitectos de la obra y el personal técnico especializado de Pretecsa; por otro lado ajustándonos al programa definido por el cliente. Esta labor mancomunada tuvo grandes ventajas de conocimientos y experiencia, tanto para el cliente como para la empresa prefabricadora.

De los retos principales, comentó en entrevista para CyT el arquitecto Gervasio Kim León, director de operaciones de Pretecsa –en éste que es un templo ubicado en la segunda ciudad más importante de Guatemala–, fue que el 90 por ciento de los motivos mayas que se plasmarían en la fachada tenían que ser de los más representativos de la cultura. “Esto requirió una investigación exhaustiva”, afirma, así como su completa elaboración totalmente artesanal, con semejanza a lo que hacían los antiguos pobladores mayas.

Otro de los desafíos del proyecto fue la producción de enormes moldes de formas caprichosas y alta complejidad. Para este propósito específico, se requirió de un trabajo artesanal manual para armar cada molde negativo patrón. Durante algunas semanas se realizaron mesas de trabajo técnico, donde participaron ambas partes, para definir la mejor manera de

Acerca del prefabricador

Prefabricados Técnicos de la Construcción, S.A. de C.V. (Pretecsa), fue fundada en 1968, desde sus inicios ha asumido trabajos cada vez más desafiantes que la han hecho superarse conforme pasan los años. Con más de 1,800 obras realizadas en México, Estados Unidos, Latinoamérica. Con más de una veintena de premios internacionales a la excelencia, el arquitecto López Toledo expresa: “Estamos muy orgullosos de ser considerados como la mejor empresa de prefabricación arquitectónica del país. Este logro se ha debido, en gran parte, al trabajo conjunto llevado a cabo con muchas personas e instituciones con las que hemos desarrollado un gran número de proyectos”.



diseñar dichas piezas donde los bajos y altos relieves jugaron un papel importante.

Estos motivos arquitectónicos fueron diseñándose y definiéndose en forma tridimensional teniendo en consideración la expresión artística de los mismos y su viabilidad de fabricación. Se concibieron modelos en yeso de los altos o bajos relieves para estudiar con mayor exactitud sus formas y los materiales que se emplearían para fabricar los moldes. Prácticamente todos los diseños fueron “fabricables” desde un inicio y aunque el proceso de moldeo se preveía difícil en algunos casos, se efectuaron ajustes en los diseños que garantizaron un desmolde y fabricación eficientes.

La experiencia de la empresa prefabricadora, mediante el empleo de diferentes técnicas de moldeo, uniformidad y precisión

Datos de interés

Ubicación de la obra: 9a. Calle 4-03, Zona 9, Frente a Residenciales, Los Cerezos 1, Quetzaltenango, Guatemala, 09009.

Superficie total del terreno: 2.62 hectáreas.

Superficie total construida: 1,959 m².

Altura del edificio: 28.11 m, sin incluir los 3.35 m de altura de la escultura.

Proyecto arquitectónico: Naylor Wentworth Lund Architect, PC, Salt Lake City, Utah, EUA.

Constructor: Grupo Itsa, S.A. de C.V.

Prefabricados: PRETECSA.

en la combinación de los componentes y de una amplia variedad de acabados pétreos, permitió a los arquitectos expandir su imaginación para que, inspirándose en la antigua cultura, crearan en concreto una obra de arte contemporánea.

Proceso de producción de las piezas prefabricadas

El exitoso trabajo en equipo hizo posible alcanzar los resultados que demandaba el proyecto en

los tiempos establecidos dentro del programa definido por el cliente. La cuadrilla de moldeo, dejó constancia de su alta capacidad especializada—virtudes que resultaron determinantes para alcanzar el objetivo—, al lograr una comunicación artesanal con el diseño de las pequeñas partes cuyos modelos en yeso se hicieron en

secciones. Posteriormente, los moldes combinados de grandes dimensiones (rectos, curvos, cóncavos y convexos) lograron articular manualmente las piezas menores para crear elementos únicos. Hubo que utilizar distintos materiales para el moldeo como plástico resinas, madera, concreto, GFRC y poliuretano; estos fueron creados en función de los acabados necesarios de cada panel, lo que redujo al mínimo el número de camas de fundición requeridas. Cabe decir que las piezas grandes requirieron de un trabajo manual más dedicado de corte y perfilado de cada sección. La complejidad de la forma de las piezas hizo necesario crear un sistema manual de moldeo móvil especialmente para ellas y así lograr las formas más intrincadas del proyecto.

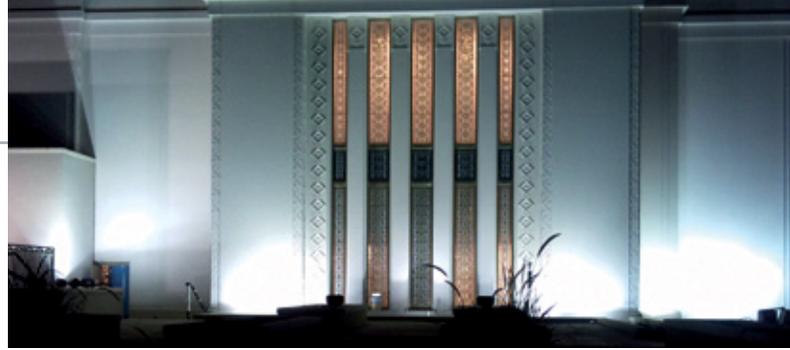
Por otra parte, se lograron diversos acabados manuales de gran precisión, desde martelinados y cincelados hasta pulidos; éstos fueron posteriormente aplicados a las piezas desmoldadas para reproducir fielmente los motivos arquitectónicos propios de la cultura maya plasmados en el diseño original. Así, se obtuvo una expresión refinada y distintiva apariencia en las fachadas del templo en un entorno rodeado de hermosos paisajes.

Otro punto a destacar es que por primera vez Pretecsa utilizó



un cemento TX Active (Cemento Fotocatalítico Auto-limpiante) como elemento base en esta obra, y ésta es la primera que lo tiene en América. Se trata de un cemento de origen italiano que posee la cualidad de autolimpiarse, pues por medio de la luz solar el material hace una reacción química que desprende la suciedad (las partículas grandes caen al suelo y las más pequeñas vuelan con la ayuda del viento); “uno de los inconvenientes del templo es la cercanía con un volcán activo, pues en cada una de sus exhalaciones emite ceniza que lo ensucia constantemente; gracias a éste material, que importamos de Italia, se evita la limpieza frecuente y con ello se logra reducir el costo del mantenimiento y el desgaste de los acabados”, agrega el arquitecto Kim León.

Asimismo, conviene decir que hacer los moldes de estos prefabricados artesanales, fue el resultado del constante trabajo de investigación que Preteca realiza analizando los avances de las técnicas internacionales de la prefabricación, de los cuales se nutre. En muchas ocasiones ha sido, si no la única autora, sí parte importante de los equipos de trabajo e investigación que los ha llevado a cabo. Al respecto el arquitecto Fidel López Toledo, Director de Diseño, Tecnología y Construcción de Preteca agrega: “Ningún proyecto es exactamente igual a otro. Es por eso que nunca hemos dejado de innovar y de ofrecer soluciones personalizadas que contribuyan a realizar un trabajo de excelencia. Es el caso de este proyecto, durante el mismo, desarrollamos muchas alternativas y soluciones técnicas propias para lograr objetivos específicos y el resultado, valió la pena”.



Las entrañas del recinto

En el interior del templo sobresalen los elementos decorativos mayas; mismos que se encuentran tanto en la decoración de vitrales, como en los ornamentos pétreos, en la alfombra y en el piso de mármol, éste último proveniente de Italia, Turquía y Guatemala. La mayoría de los acabados lucen un diseño de la flor nacional guatemalteca, la “Monja Blanca”. Ésta se aprecia en los pomos de bronce que adornan las puertas –hechas en madera de palo blanco de Guatemala–. También la forma y el color de la pila bautismal recuerdan a la cerámica maya. Conviene subrayar que durante la mayor parte del día los interiores reciben una cálida luz natural gracias a los enormes vitrales dispuestos en forma vertical enclavadas en las fachadas prefabricadas de concreto. ©

ALTA RESISTENCIA

aún en Ambientes Hostiles.

KENWOOD

Listen to the Future

Radiocomunicación para:

- Coordinar sus Actividades
- Aumentar su Productividad
- Incrementar la Seguridad

3
AÑOS DE GARANTÍA

Entregamos e instalamos de inmediato, a través de nuestra red de Integradores Profesionales Certificados. ¡Ingeniería y Soporte del más Alto Nivel en el Mundo!

PIDA SU CATALOGO GRATIS

01 (800) 711 6270 / www.syscom.mx / info@syscom.com.mx

Llamadas Internacionales: +52 (614) 415-2525

Simposio sobre presas

Gabriela Celis Navarro

Más de 400 expertos de 40 países estuvieron presentes en el Sexto Simposio Internacional sobre

Presas de Hormigón Compactado con Rodillo (HCR), celebrado del 23 al 25 de octubre pasado en el Auditorio de Zaragoza, en España. En esta magna actividad, organizada por los comités nacionales español (Spancold) y chino (Chincold), se disertó sobre las grandes presas, así como sobre las últimas novedades y tendencias a futuro en materia de la aplicación del concreto compactado con rodillo. Cabe decir que el Simposio, que tiene lugar cada cuatro años, estuvo patrocinado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

En España, conviene comentar, fue en 1980 cuando fue construido el primer embalse realizado con concreto compactado con rodillo. A partir de ese momento se ha producido un importante desarrollo de esta tecnología que aporta mayor rapidez de ejecución al tiempo que resulta más económica que las de concreto convencional, como

La presa de Wolwedans, en Sudáfrica.



informaron a la prensa los organizadores del Simposio. En la actualidad, comentaron, existen en España 27 presas hechas con CCR, una de ellas aún está en construcción. Mientras que en el mundo existen más de 400 realizadas con esta técnica; de las cuales China posee 110.

Generalidades

El importante desarrollo de las técnicas realizadas con concreto

compactado con rodillo en los últimos años y los exitosos resultados presentes en las características de los materiales, hicieron que el Simposio despertara un interés de índole internacional. En esta edición del evento, se destacó la participación de países que tienen gran actividad en este tipo de proyectos y la construcción de presas, como China, Tailandia, Irán, Estados Unidos, Sudáfrica, Colombia, Turquía o Panamá que, sin duda alguna,

Algunas presas con CCR

Nombre de la presa

- Longtan (216.5 m)
- Miel I (188 m)
- Miyagese (156 m)
- Olivenhein Dam (97.1 m)
- Ralco Dam (155 m)
- Rialb (101 m)
- Salto Caxias (67 m)
- Wolwedans (70 m)

Ubicación

China
Colombia
Japón
EUA
Chile
España
Brasil
Sudáfrica



Foto: <http://3.bp.blogspot.com>.



Foto: <http://1157.photobucket.com>.

La presa de Rialb, en España, ganadora del premio Milestone RCC Project, en 2007.

constituyen un interesante mercado para empresas y profesionales.

En este Simposio de corte internacional, se trataron temas como: Materiales y mezclas; Anteproyectos y diseño; Control de calidad y Ensayos a escala real; Experiencias y tecnologías en diferentes países; Presas de tipo Hard Fill y CSG; Aliviaderos singulares; Usos diversos del concreto compactado en presas y obras hidráulicas; Vigilancia y comportamiento; Rehabilitación

de presas de hormigón compactado y mejora de presas existentes usando CCR, así como presas de gran altura, entre otros temas ahí abordados.

Asimismo, hubo una sesión de clausura donde fueron entregados los Premios *International Milestone RCC Projects*, a los representantes de las presas seleccionadas y con los que se reconocen los últimos grandes logros en ésta tecnología de presas y destacar proyectos en

este campo. Los ganadores son representantes de los más recientes avances en la materia, buscando que los profesionales responsables puedan transmitir sus experiencias, para lograr mejores prácticas, en el mundo.

La presencia de México

En el caso de nuestro país, México esta considerado a nivel mundial como pionero en la construcción de presas de concreto compactado a través de las cuales se ha logrado reducir la extracción de agua subterránea, al tiempo que se ha impulsado el equilibrio de los acuíferos. Ejemplo de lo anterior es la presa El Zapotillo, en Guadalajara, que dotará de agua potable a la zona de los Altos de Jalisco, así como a las ciudades de Guadalajara y a la de León, Guanajuato. Esta información, acompañada de una disertación sobre la obra, fue expuesta por el señor Felipe Arreguín Cortés, Subdirector General Técnico de la Comisión Nacional del Agua (Conagua), durante su participación en este importante Simposio.

Entre los datos que brindó en este evento, Arreguín Cortés señaló que la presa El Zapotillo, la cuarta



La presa de Urdalur, en España.

Foto: <http://h3.ggpht.com>.

Criterios de selección

Los principales criterios con los cuales se selecciona un proyecto para poder aspirar a ganar el reconocimiento *International Milestone RCC Project* son:

- Innovación técnica en el diseño, construcción, ejecución y otros aspectos.
- Buen comportamiento tras la terminación de la obra.
- Protección del medio ambiente y aspectos sociales durante las etapas de construcción y mantenimiento.
- Aspectos novedosos en los logros técnicos alcanzados o acerca de las tecnologías empleadas en su construcción.

más grande del mundo con esta técnica, forma parte del proyecto integral del mismo nombre, con el cual se transferirá un volumen cercano a los 120 millones de metros cúbicos anuales, de la cuenca del Río Verde a la cuenca del Río Lerma, la cual está sobreexplotada.

El experto mexicano refirió en el Simposio que desde 1980 se han construido en México más de 10 presas de CCR, lo que ubica al país dentro de las primeras 40 naciones que utiliza esa tecnología. México seguirá impulsando la construcción de presas con ese material, pues

esas obras pueden ser utilizadas tanto para abastecer agua a poblaciones y zonas habitacionales, como para generar energía y proteger a la población contra las inundaciones.

Sobre la Presa El Zapotillo, que para octubre llevaba un avance en su construcción de poco más del 50%, cabe decir que es una presa de gravedad, construida con CCR, con una planta en curva en coronación de 320 ml y una altura sobre cimientos de 132 m. Esta presa cerrará un embalse de 910 Hm³ de capacidad. Su cortina está cimentada 25 m bajo el cauce actual del río. Por su parte, el paramento aguas arriba es vertical mientras que el paramento aguas está cimbrado para formar los escalones que tienen 0.75 m de base y 0.90 m de





La presa Miyagase, en Japón

Foto: <http://upload.wikimedia.org>.

alto. Las tongadas de CCR serán de 30 cm, para cada tres tongadas formar un "escalón" en altura.

El volumen de concreto de la cortina es de 1,100,000 m³. La ataguía y la contraataguía también serán

realizadas con CCR, con un volumen de 35,000 m³, así como una preataguía y una precontraataguía en materiales sueltos, con un volumen de unos 15,000 m³ de terracerías. El desvío del río se realizará por la

margen izquierda, gracias a un canal de cerca de 180 m² de sección y de 407 ml, en los 90 ml que pasa el canal de desvío por la cortina, se cubre el canal con una losa de 1.50 m de espesor de concreto reforzado. Por su parte, el vertedor o aliviadero tiene en coronación 142 ml, seis vanos, que descarga en un cuenco amortiguador de 127 ml por 91 m de ancho, junto al aliviadero y 59 al final del cuenco.



La presa El Zapotillo, en construcción.

Foto: www.lajornadajalisco.com.

Breve historia

En 1991 se celebró en Pekín el primer simposio internacional, al que siguieron los de Santander (1995), Chengdu (1999), Madrid (2003) y Guiyang (2007). Con este Sexto Simposio, sin duda alguna, queda recalcada la importancia que tiene en la actualidad el concreto compactado con rodillo a nivel internacional, sobre todo en la construcción de importantes proyectos hidroeléctricos. **C**



Forma y función en vínculo absoluto.

Estructuras urbanas con sistemas prefabricados

La búsqueda por optimizar la eficiencia de los procesos productivos fue el origen de la construcción industrializada.

Juan Fernando González G.

La llamada construcción industrializada se remonta al siglo XVI, cuando Leonardo da Vinci planificó una serie de nuevas ciudades que contaban con una fábrica de elementos básicos (ubicada en el centro de cada una de ellas) que hicieron posible la conformación de un gran abanico de edificios a su alrededor. Dichas construcciones habían sido diseñadas previamente por el creador de *La Gioconda* para generar de forma fluida y flexible, una gran diversidad de tipologías edificatorias con elementos constructivos comunes.

Así lo explica el ingeniero Christian Escrig Pérez, miembro del Departamento de Resistencia de Materiales y Estructuras en Ingeniería de la Universidad Politécnica de Cataluña, España, en el trabajo *Evolución de los Sistemas de Construcción Industrializados a Base de Elementos Prefabricados de Concreto*, en el que también apunta que en 1889 se inscribió en Estados Unidos la primera patente de un edificio prefabricado mediante módulos tridimensionales en forma de "cajón" apilable, concepto desarrollado por Edward T. Potter. Dos años más tarde, se prefabricaron las primeras vigas de concreto

armado para la construcción del Casino de Biarritz (Francia).

Concluida la Segunda Guerra Mundial, la prefabricación basada en sistemas de diseño cerrados, cuyos elementos representativos eran grandes paneles de concreto, tuvieron gran auge principalmente en Europa del Este. En 1970, la demanda de estos productos empezó a disminuir dramáticamente ya que los europeos apostaron por la construcción de viviendas unifamiliares de mayor calidad.

Paradójicamente, dice en su análisis el ingeniero Escrig Pérez, a partir de la última década del siglo XX empezó a prosperar la prefabricación de edificios públicos (escuelas, hospitales, oficinas), así como obras estructurales como puentes, estacionamientos y vialidades de gran envergadura, debido, entre otras cosas, a los avances tecnológicos aplicados al concreto.

La experiencia mexicana

En los últimos años, ha ganado terreno la utilización de materiales prefabricados en sistemas viales urbanos, debido a que este método ofrece aspectos que difícilmente pueden ser superados por los sistemas tradicionales de construcción.

Del tema, el ingeniero David Rodríguez Díaz, representante de la Asociación Nacional de Industriales del Presfuerzo y la Prefabricación (ANIPAC), dictó una interesante conferencia dentro de nuestro Foro Internacional del Concreto 2012 (FIC 2012), encuentro en el que estableció que utilizar materiales prefabricados en sistemas viales urbanos es sumamente sustentable por muchas razones.

“Es un hecho que hay un ahorro considerable en la utilización de energía y, por consiguiente, menos emisiones contaminantes a la atmósfera. Si hablamos de la etapa de materiales y recursos, hay que decir que el concreto presforzado ofrece secciones más ligeras y eficientes, lo que provoca que la cimentación cargue menos peso. Eso quiere decir que habrá menos consumo de material. Además de ello, hay que apuntar que se utilizan agregados locales, casi el 100 por ciento, y cimbras metálicas para no usar recursos forestales”, señaló el experto.

Los beneficios de los prefabricados están también vinculados a la sustentabilidad.



Hablar de una obra prefabricada es señalar procesos de construcción secuenciados; es decir, de una industria que produce elementos en menor tiempo y con mayor eficiencia, lo que genera ahorros importantes. Debe hacerse énfasis en el traslado del material, “toda vez que hay una gran diferencia en llevar cien ollas de concreto al lugar de la obra, con todos los inconvenientes de una gran ciudad, que transportar una gran cantidad de materiales y muchos metros cúbicos de concreto, placas y toneladas de acero en una sola entrega”, apuntó el especialista.

Obras son amores

Una obra que aprovechó la tecnología ligada a los sistemas prefabricados fue el desagüe Río de las Avenidas, en Pachuca, Hidalgo. Dicha construcción, concluida en marzo de este año, creó vías de circulación rápidas, amplias y seguras, al tiempo que terminó con la contaminación ambiental derivada de las aguas negras al aire libre. Rodríguez Díaz explicó que esta obra es ampliamente sustentable ya que se pensó en la colocación de una serie de bóvedas prefabricadas para rescatar el canal de aguas negras, así como en la construcción prefabricada de una parte de un puente que permitirá darle una salida al agua.

Hoy, lo que era una calle de dos carriles se convirtió en una gran avenida de cuatro carriles por cada lado (8 en total) y un distribuidor vial que hizo posible que dicha zona dejara de ser conflictiva. "Hay que decir que los elementos prefabricados son protagonistas: los muros nos permitieron usar deprimidos paralelos

Ventajas del sistema de prefabricación

- La industrialización implica optimizar la edificación desde una óptica industrial: construir por módulos y mediante rutinas de trabajo estandarizadas, y con un mayor grado de participación tecnológica.
- La principal ventaja que ofrecen los productos prefabricados respecto a los elementos ejecutados *in situ*, es la notable calidad de los materiales y los acabados. Esto se debe a que los elementos prefabricados se producen en una planta bajo condiciones exhaustivas y estrictos controles de calidad.
- En obra únicamente se montan las piezas y los únicos problemas que pueden surgir son desperfectos derivados de la transportación.
- Se reduce significativamente el espacio necesario para acopio y producción de piezas en obra, así como el tiempo de ejecución de la misma.
- De manera general, los operarios de la industria de prefabricados son obreros con mayor especialización y calificación que las cuadrillas de trabajos de construcción "in situ". Eso deriva en una reducción significativa de los accidentes laborales de los trabajadores.
- La gestión de los residuos generados es sustancialmente más eficaz, y el consumo energético es menor.

Foto: <http://3.bp.blogspot.com>.



Los prefabricados en vialidades urbanas han resultado una fórmula exitosa

al río. De un lado había agua con muros dobles T que contenían el fluido y que permitían el paso de los vehículos, respetando el espacio de las vías existentes". Cabe decir que la obra incluyó la construcción de puentes nuevos, así como una ciclista de más de tres kilómetros y una zona de exposición cultural, lo que, aunado a la reforestación de muchas áreas, la convierten en una obra eminentemente sustentable. Hoy, ha crecido la capacidad vial de la ciudad de Pachuca, se han reducido ostensiblemente los tiempos de traslado y se ha logrado que la población disponga de un nuevo espacio público.

Beneficios tangibles

La versatilidad de los sistemas prefabricados hace posible que se puedan construir todo tipo de inmuebles y que siga prácticamente cualquier diseño arquitectónico. Del mismo modo, los elementos estructurales prefabricados son una alternativa ideal para edificar bodegas, almacenes y naves industriales, estructuras que generalmente requieren de claros muy grandes.

En el campo de la construcción de puentes y pasos a desnivel, la tecnología del concreto presforzado es una herramienta difícil de superar ya que reúne características de rigidez, esbeltez, seguridad y economía. Sea cual sea la obra a realizar, los elementos prefabricados ofrecen eficiencia, limpieza, rapidez y abatimiento de costos.

El ingeniero Ricardo Delgado González, presidente de ANIPPAC, ratifica lo anterior y agrega en exclusiva para *Construcción y Tecnología en Concreto*, que la industria prefabricada también tiene un valor agregado ya que utilizar los prefabricados de concreto "nos da la oportunidad de tener hasta un 50 por ciento de lo que se requiere para obtener la certificación de un proyecto sustentable". Es una realidad, dice el entrevistado,

que los sistemas prefabricados se utilizan cada vez con mayor frecuencia en vivienda, oficinas, edificios corporativos, vialidades, estadios, estacionamientos y centros comerciales, entre otros proyectos. Estamos trabajando para que cada vez se conozcan más sus ventajas y bondades, y es por ello que tenemos mucha comunicación con entidades como la Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica y la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción.

Además, acudimos a encuentros tan importantes como el FIC (organizado por el Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto) para difundir y capacitar a los especialistas en este tipo de sistema. "El tema es cada vez más interesante, y prueba de ello es que en el FIC 2012 abarcó el 25 por ciento de las charlas y ponencias", afirma.

Hemos observado, dice el presidente de ANIPPAC, que el rubro de la construcción prefabricada no forma parte de los planes de estudio de las universidades como una materia obligatoria, sino optativa, lo que hace que de origen haya una falta de conocimiento al respecto. A ello hay que agregar que muchos de los grandes despachos de ingeniería, o constructoras, son propiedad de especialistas que se formaron en una etapa en la que la prefabricación no existía sino como una novedad que estaba en vías de fortalecerse. Era difícil que aquellos ingenieros optaran por la fabricación en sus primeros años como constructores, explica el directivo.

En la actualidad, comenta el ingeniero Delgado González, "somos la parte de la industria que más utiliza las nuevas tecnologías del concreto. Un ejemplo claro de ello es la utilización del concreto autocompactable, lo que nos da una gran capacidad para moldear y generar las figuras arquitectónicas caprichosas, que nos permite llegar a los recovecos más importantes de los acabados y que atraviesen la densidad de los aceros sin ningún problema.

"Las ventajas son importantes ya que el concreto autocompactable tiene una resistencia temprana muy rápida y buena, lo que nos permite desmoldar y seguir nuestro ciclo constructivo muy rápido. Estoy convencido que los grandes consumidores de las



Foto: www.powellcontracting.com.

De todos los tamaños y formas están presentes los prefabricados en vialidades.

nuevas tecnologías de concreto son el mercado de los prefabricados", afirma.

De segundos pisos y obras de infraestructura

La Ciudad de México es una metrópoli que necesita una innumerable cantidad de obras viales y de infraestructura, a pesar de que en la actualidad se hayan construido distribuidores viales, libramientos y segundos pisos por doquier. Necesitamos fortalecer la infraestructura vial de las grandes ciudades de todo el país, asevera el ingeniero Delgado González, y luego de ello contagiar a la parte de la edificación.

La gente habla mucho de obras prefabricadas y repite en charlas de café algunas cosas que se inscriben en el renglón de los mitos. "Lo primero que se piensa sobre este método constructivo es que es inseguro y que se va a caer, es lo que piensa la gente en general y no pocos especialistas en el campo de la construcción. No hay tal, porque el sistema es sumamente seguro".

Los calculistas, en especial, tienen temor cuando se habla del tema de las conexiones. Hay que decir al respecto que se están cumpliendo perfectamente con los criterios de diseño y que no hay problema para superar cualquier revisión. "Son seguras y de un excelente comportamiento en un sismo", enfatiza el entrevistado, quien concluye diciendo que ANIPPAC es una entidad de puertas abiertas que aspira a crecer día con día ya que en la actualidad su participación en el volumen de construcción a nivel nacional no rebasa el diez por ciento. **C**

El ingeniero de los arquitectos

Gregorio B. Mendoza

Fotos: Gregorio B. Mendoza

Hugo Corres Pieretti es uno de los especialistas en puentes y edificaciones más reconocidos de Europa, fundador y presidente de la empresa FHECOR Ingenieros Consultores S.A., es conocido como el ingeniero de los arquitectos pertenecientes al *star system*. Su talento, vocación y capacidad para brindar soluciones son algunas de sus cartas de presentación. CyT tuvo oportunidad de conversar con él.

Les presentamos un acercamiento a uno de los más importantes especialistas en puentes y edificaciones de Europa.

Ingeniería como estilo de vida

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Madrid, Corres Pieretti obtuvo el grado de doctor en 1981 por la Universidad Politécnica de Madrid. En 1994 fue nombrado catedrático de Concreto Armado y Pretensado en la Escuela de Caminos Canales y Puertos de esa misma institución académica. En 2003 recibió el doctorado Honoris Causa por la Universidad Tecnológica de Bratislava. La ingeniería -lo dice con una sonrisa plena- le ha regalado varias taquicardias pero muchas más satisfacciones.

“Creo que fui siempre un joven interesado por aprender. Sin embargo, mi elección por la ingeniería como forma de vida fue algo más bien casual a partir; quizás, de ciertas afinidades con las asignaturas científicas. En cualquier caso, me entusiasmé pronto y, en especial, con la ingeniería



estructural. Después de verme atraído por ella no he parado mi formación. Sigo formándome y aprendiendo; se aprende haciendo y no dejo de hacerlo porque siempre hay nuevos retos que implican aprendizaje. Es una tarea enormemente atractiva pero que requiere todo el tiempo del mundo y aún más”, comenta.

Primero inició con un trabajo sólido en el ámbito académico dedicando muchos años exclusivamente a la investigación. Después comenzó su trabajo en el área de proyectos y posteriormente, se introdujo al mundo de la redacción de normativas en España y Europa. Sin duda una buena combinación, y una diversidad profesional frecuente en muchos de los grandes ingenieros españoles.

Desde hace ya algunos años enfrenta con sus cuadernos de croquis los más heterogéneos retos de ingeniería que le ha tocado sortear con su equipo de trabajo. En estos cuadernos se encuentran detalles, fórmulas, ideas y soluciones de puentes o edificios emblemáticos de diversas ciudades del orbe como el Auditorio de Tenerife de Santiago Calatrava; el Puente Pabellón de la Expo del Agua en Zaragoza de Zaha Hadid; el Proyecto de Construcción del Puente de Cuatro Vientos en Pamplona; la Terminal 4 del Aeropuerto de Barajas de Richard Rogers o las Torres de Cristal del arquitecto Cesar Pelli en Madrid.

Su trayectoria es de lo más interesante y sorprende que al hablar de ella enfatice la palabra diseño ¿por qué? La respuesta la sintetiza explicando que siempre las buenas ideas vienen del entendimiento de los problemas, de los conocimientos que se tienen, incluso de la ambición personal por lograrlo. Las ideas son las importantes y en el diseño se encuentran todas, aclara. “El cálculo sólo sirve para confirmar o matizar las ideas. Porque previamente al acto de calcular una viga, el ingeniero ha de saber que es necesaria, que debe estar para resolver el problema planteado, que tiene que tener unas dimensiones o ciertas proporciones, incluso que es factible construirla. Finalmente, el ingeniero comprueba con el cálculo lo que ya sabemos. Por eso creo que el cálculo debería ser un instrumento de comprobación, sólo eso. El proceso de adopción de una solución y diseño de la misma es la parte más importante. Si es inadecuada, cualquier paso siguiente no podrá mejorarlo”.

Innovación continúa

En su opinión, los principales retos de la ingeniería estructural en puentes y edificios de diseño complejo están en saber aprovechar los adelantos tecnológicos de esta época para un uso inteligente de los mismos. “Creo que el mayor adelanto de la ingeniería de las



Puente Pabellón Expo de Zaragoza, España.

últimas décadas ha estado en la evolución de los materiales (algunos aún por explotar) y en los sistemas constructivos y medios disponibles. El gran reto es que los ingenieros utilicemos nuestros conocimientos para su aprovechamiento y eso requiere esfuerzo. No siempre se gasta la energía necesaria para poder tener resultados dignos, interesantes, hitos que sean recordados por su genialidad. Ahora y siempre han existido nuevas posibilidades. El aprovechamiento de las mismas para crear nuevas soluciones está al alcance de todos. Sólo hay que sacarles partido”, enfatiza.

Sin embargo, cuando habla de hitos urbanos, de referentes arquitectónicos, de icónicos puentes, es imposible alejar de la mente su estrecha relación con arquitectos, la cual reconoce que aunque tiene momentos difíciles siempre es interesante. “Ojalá pudiéramos entender que los arquitectos son también seres humanos con los que nos relacionamos profesional y personalmente. Uno de los grandes problemas de los ingenieros es que no entendemos sus problemas y por ello los arquitectos nos dan soluciones para que las hagamos posibles. No sienten que somos activos en la búsqueda de soluciones. Si lo sintieran, como lo han hecho en el pasado grandes arquitectos con grandes ingenieros, la situación sería completamente distinta”, asegura categóricamente.

A decir de Corres Pieretti los ingenieros, sin generalizar, no tienen la formación necesaria para entender los problemas de la arquitectura y mucho menos existe la tradición o cultura de ayudarlos. Se acostumbra dar respuestas de viabilidad de cálculo de los problemas

que nos plantean y casi nunca soluciones estructurales a sus temas arquitectónicos. Así que, para este especialista, mejorar esta relación es todo un reto y una asignatura pendiente de los ingenieros desde su formación en la universidad. No obstante, por encima de ese convencimiento, no deja de parecerle digno de mención las dificultades con que se ha topado y así narra que la construcción del pabellón puente para la expo del agua en Zaragoza (2008) lo mantuvo a un nivel de exigencia mucho mayor. "Zaha Hadid, es una gran arquitecta y también es por decirlo de algún modo, una tirana o una dictadora con la geometría. En esa obra nos costó mucho trabajo llegar al resultado final porque ella no permitía cambios o propuestas tan fácilmente. Al final tuvimos que llegar a romper diversos límites nuestros y encontrar soluciones que no habíamos imaginado, y eso sólo puede agradecerse porque una vez aprendido de proyectos como los de ella cualquiera podría resultar más sencillo", recordó.

Sus soluciones construidas

A Corres le es difícil indicar si alguna de sus obras es la más notable que haya realizado hasta el momento porque todas son motivo de orgullo y satisfacción. "En cada una, desde la más pequeña hasta la más grande está mi aprendizaje. Hay veces que consigo aportar cosas que me enorgullecen. Siempre tengo intención de entender el problema y aportar la solución. Tener justificada la ingeniería que hacemos. Encontrar buenas ideas con un soporte sólido. Crear, si es posible, nuevas estructuras".

Con ese objetivo, los materiales juegan un papel importantísimo para lograr lo anterior. De acuerdo a su experiencia en cada proyecto, sea puente o edificio el material puede ser distinto. Sin embargo, Corres indica que los ingenieros estructurales tienen que ser capaces de utilizar todos los disponibles, seleccionando el más idóneo para cada oportunidad o encomienda. "Es lamentable que a veces haya esa distinción entre ingenieros del concreto e ingenieros del acero; yo creo que los ingenieros tenemos que tener una formación que nos permita utilizar cualquier material sin

conflicto. Tampoco en eso ayuda la universidad porque se enseñan sus usos y potenciales aisladamente, sin conexión, y parece que se habla de cosas distintas".

El concreto –indica– es un material muy interesante. En España particularmente ha tenido un enorme desarrollo, especialmente porque ha tenido grandes ingenieros que lo han utilizado con maestría. Siempre tiene oportunidades. Siempre es un material con el que se debe contar. El desarrollo que ha tenido en los últimos tiempos –de alta resistencia, auto-compactantes, etc.– le ha permitido ocupar sitio en obras en las que el acero era exclusivo. Este es el caso de los edificios de Cesar Pelli en Madrid; ese conjunto de cuatro torres de 250 m de altura que es un gran ejemplo del protagonismo del concreto en el campo de la edificación.

El argumento de Corres, sin duda alguna, tiene su lógica: los fenómenos de esfuerzo a considerar son siempre iguales, flexión, flexo-compresión, torsión, inestabilidad, etc. Sólo hay algunos aspectos técnicos distintos: la soldadura, las uniones atornilladas en acero y la disposición de la armadura en el concreto, o la forma de unir piezas cuando se trabaja con telas o materiales compuestos. Por ello, intenta desde la Universidad Politécnica de Madrid, enseñar el uso del concreto y el acero al mismo tiempo, esperando que eso ayude un poco más a resolver ese vacío o carencia de vínculo aparente.

Lo principal está en el equipo

Orgulloso de todo su equipo de trabajo, Corres Pieretti concluye diciendo que hay que trabajar mucho para poder mantener un equipo del orden de 100 personas. "Hay que hacer muchas obras, la más compleja que

actualmente desarrollamos es el edificio del Banco San Paolo en Turín, Italia y la que tiene ahora mayor responsabilidad es el estadio de Corinthians en São Paulo, Brasil que es donde se inaugurará el Mundial de 2014". Asimismo, remarca algo que lo define como su constante de trabajo: la ética personal y profesional como aspectos fundamentales. "No se puede hacer nada sin ética. Sin un posicionamiento en el mundo. Sin pensar realmente en el ser humano". **C**



Nueva vida para el **Tamayo**

Sin duda se trata de uno de los más emblemáticos museos de la Ciudad de México, que forma además parte del recorrido cultural que ofrece el Paseo de la Reforma de la Ciudad de México.

Isaura González Gottdiener

Fotos: A&S Photo/Graphics



A finales de los años 70 el pintor Rufino Tamayo cristalizó el sueño de tener un museo en el bosque de Chapultepec. Los arquitectos Teodoro González de León y Abraham Zabludowsky fueron los autores del proyecto que fue concebido para dar cabida a ampliaciones futuras. 30 años después el Museo Tamayo ha reabierto sus puertas tras 10 meses de obras de remodelación y ampliación cuyo proyecto realizó nuevamente Teodoro González de León.

Un experto en el tema de museos, Glen D. Lowry, director del Museo de Arte Moderno (MOMA) de Nueva York dice que los museos de arte se han transformado de ser simples contenedores de objetos a ser espacios de encuentro donde los visitantes viven experiencias

Nuevos espacios

e interactúan con las obras. Es así que numerosos museos de arte contemporáneo, enfrentan en la actualidad el reto de transformarse para dar cabida al arte del siglo XXI. Así, con el fin de evolucionar y seguir vigente en un mundo de cambios vertiginosos, el Museo Tamayo, uno de los más reconocidos de América Latina, fue sometido a una cirugía múltiple en la que uno de los principales desafíos fue que la piel de concreto de las nuevas áreas quedara integrada perfectamente al edificio original.

Los intentos de ampliación del Museo Tamayo iniciaron a los cinco años de su apertura. En entrevista para *CyT*, el arquitecto Teodoro González de León afirmó que el edificio nació con deficiencias porque se construyó en menos de un año. “Rufino Tamayo tenía nueve años gestionando con el gobierno que su museo estuviera en Chapultepec. Mucha gente no quería que él estuviera allí, así que tuvo que sortear muchos obstáculos. Un día nos llamó Carlos Hank González –entonces regente de la ciudad– y nos enseñó el terreno donde había una casa de madera tipo inglés que era la casa club del antiguo club de golf. Nos dijo que si ajustábamos el proyecto al terreno no había que pedirle permiso a nadie. Aceptamos y la obra se construyó en sólo nueve meses”.



Sala educativa: 222 m², con capacidad para 70 personas.

Centro de Documentación: Equipado con sistema de almacenaje de alta densidad para conservar el acervo especializado de Rufino Tamayo, la memoria institucional del museo y publicaciones de arte contemporáneo para consulta e investigación del público interesado.

Auditorio: Con nuevo equipo audiovisual y de iluminación. Tiene una capacidad para 180 personas.

Restaurante: Cuenta con un acceso directo desde el Bosque de Chapultepec y una terraza con una vista excepcional.

Tienda: Con acceso independiente desde el Bosque de Chapultepec. Se podrán encontrar objetos de diseño, nacional y extranjero, libros y catálogos de las exposiciones del Museo Tamayo, así como libros de arte contemporáneo y de arquitectura.

Bodega de arte: Aumentó su capacidad de almacenamiento en un 40%. Está acondicionada con sistema de almacenaje de alta densidad, ajustes de seguridad, control de temperatura y luminaria, sistema de mallas deslizables, mobiliario para esculturas y gabinetes.

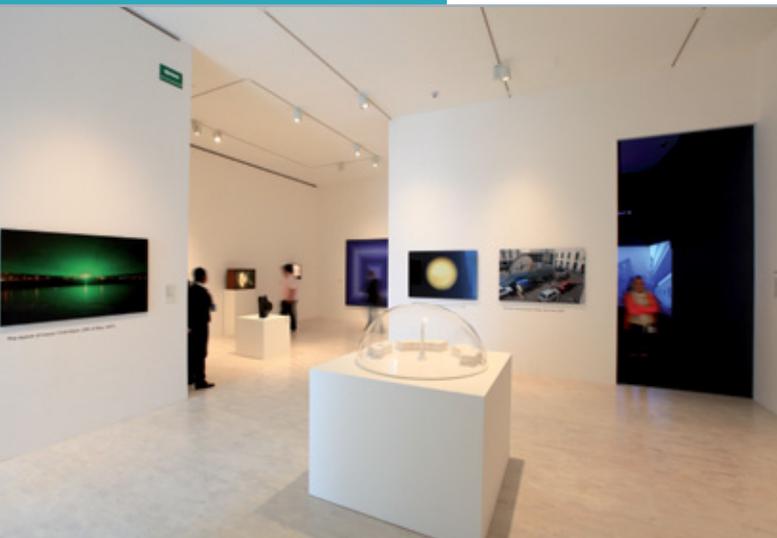
Espacios al aire libre: Además la explanada, ahora también hay terrazas en los espacios de exhibición, en el restaurante y oficinas. Los distintivos taludes del edificio, áreas verdes, andadores y rampas de servicio que conducen al museo fueron renovados.

Accesibilidad: Cuenta con rampas y elevador que facilitan el acceso a personas con discapacidad a todas sus áreas y niveles.

Intentos de ampliaciones fueron y vinieron sin que cristalizaran. Poco a poco se fueron agregando elementos de manera improvisada como la tienda, la cafetería y el auditorio. Algunas de las entradas de luz natural quedaron tapiadas y el personal operativo fue creciendo en número y en requerimientos de espacio. En 2009, el Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (Conaculta), el Instituto Nacional de Bellas Artes (INBA) y la Fundación Olga y Rufino Tamayo, A.C. (FORT) retomaron el proyecto de ampliación y firmaron un acuerdo de colaboración para formar un fondo de participación mixta para financiar el proyecto y la obra. Para este proyecto de ampliación, se comisionó nuevamente al arquitecto Teodoro González de León, la construcción estuvo a cargo de Arquitech, y la empresa Winco supervisó la obra.

Volver sobre sus propios pasos

Al aceptar el encargo, la primera decisión que tuvo que tomar Teodoro González de León fue cómo abordar el proyecto. “Obviamente en 30 años he cambiado y eso me llevó a plantearme dos posibilidades: una era marcar claramente la nueva intervención; otra, seguir la pauta con la que hicimos el museo Abraham y yo hace 30 años. Me decidí por la segunda alternativa”. Hacia el exterior, el crecimiento del edificio prácticamente pasa inadvertido, sólo la presencia de la tienda y la cafetería se hacen notar. “El museo es muy hermético; esto fue parte del concepto inicial. Está envuelto por taludes que



disminuyen visualmente su tamaño para fundirlo con el bosque. Hicimos la ampliación respetando esta idea; pero ahora hay dos elementos muy vistosos que son la tienda y el restaurante. Estos espacios están a una cota de altura estupenda porque desde la terraza estando sentado se ve el nacimiento de la fronda de los árboles del bosque y los troncos quedan debajo de la visual". En lo que toca a las nuevas salas, el arquitecto recuerda que hace 30 años Abraham Zabludowsky y él visitaron 60 museos y concluyeron que el ancho adecuado para estos espacios era de 7.0 m y la altura de 4.5 m.

"En la actualidad las necesidades del arte son otras. Ahora la distancia óptima es de 12 m y las alturas van del orden de 6 a 9 m. Respetando la modulación original, las nuevas salas son de 14 x 14 m para que se pueda hacer cualquier 'diablura' contemporánea". En lo que toca al auditorio el reto fue eliminar las filtraciones de agua. Este espacio había quedado sin concluir cuando se inauguró el recinto y después se adaptó pero no se había resuelto el problema de las filtraciones. Hoy, el auditorio tiene una imagen renovada; está equipado con tecnología de punta y las humedades son cosa del pasado. Por cierto, en este espacio el arquitecto González de León recibió la Medalla Bellas Artes que otorga el INBA a los creadores más destacados de nuestro país.

Otro de los conceptos a incorporar fue la accesibilidad. Ahora el Museo Tamayo cuenta con rampas y elevador que facilitan el acceso a personas con discapacidad a todas sus áreas y niveles. "El elevador fue un acertijo –dice el arquitecto– ya que el edificio está organizado en medios niveles y había que conectar todos (siete en total). Sólo hay un punto en el que esto se logra de manera fantástica; sin embargo, me costó mucho trabajo encontrarlo".

El museo reabrió con seis exposiciones de artistas diversos, así como con una retrospectiva de la obra de Rufino Tamayo. Para la historiadora del arte Carmen Cuenca, directora del recinto, el reto que enfrenta este género de edificios en la actualidad es enorme porque

han tenido que irse adaptando a cambios muy rápidos. "Hoy la experiencia del arte es integral; desde como el museo recibe a la gente; los servicios que ofrece; el manejo de la información, etcétera". Durante la obra, ella estuvo al mando de la parte museológica; esto implicó ver las necesidades en cuanto al uso de los espacios y la comunicación entre un lugar y otro. "Yo aporté en cómo integrar el programa de exposiciones a la arquitectura. El edificio es emblemático. Ganó un premio de las Bellas Artes y es un referente de la arquitectura contemporánea de nuestro país. Es un edificio tan fuerte que no quería que los espacios quedaran como bloques de salitas independientes sino que realmente hubiera una conexión entre ellos". Cuenca pidió que se recuperaran las entradas de luz natural que los arquitectos dejaron desde hace 30 años en las salas y que fueron tapiadas porque el concepto museográfico imperante en la época era tener luces fijas. "Nosotros queríamos que la luz natural generara cambios para romper con la monotonía de la luz artificial pero el museógrafo no quiso porque no la podía controlar; decía que cuando había una nube cambiaba todo; precisamente eso es lo bonito, los colores cambian, se revelan cosas en las obras de arte que no se ven con una luz fija", dice González de León. Hoy la luz natural finalmente es parte de las exposiciones.

Igualar el concreto

El concreto cincelado es un sello distintivo de las obras de González de León y Zabludowsky. El arquitecto recuerda que cuando empezaron a trabajar con este material en grandes edificios de uso público, decidieron cincelarlo para disfrazar los errores de mano de obra y también porque se genera una textura que brilla con el sol y que se ve bien cuando se moja con la lluvia. Para que la parte de la ampliación tuviera la misma apariencia



del edificio original, el arquitecto junto con la constructora y la supervisora se pusieron a buscar una arena similar a la que se utilizó en la mezcla hace 30 años. "Era arena rosa del Valle de México que ya no existe. Encontramos una parecida y durante un mes hicimos muestras hasta que encontramos la adecuada", dice González de León. Para el arquitecto David Navarro, gerente de Supervisión y Construcción por parte de Winco, fue como hacer un injerto de piel. "Fue un proceso interesante. Con el fin de que el edificio creciera de manera armónica y natural teníamos que lograr que no se notaran los añadidos. Como en la construcción original los agregados se asentaron de maneras diferentes en cada lugar, tuvimos que encontrar los puntos donde había las condiciones más homogéneas para en base a ellos hacer las muestras. Además de igualar el tono del concreto se hicieron varios tipos de martelinado hasta que se logró el más parecido".

En lo que toca a la solución estructural, Navarro dice que la estructura original es muy rígida y había que ligar las nuevas áreas a esta rigidez para evitar hundimientos diferenciales. Los elementos son similares: muros de concreto de 25 cm de espesor con cimentación de zapatas corridas y contratabes, y losas reticulares; sólo que en las nuevas áreas las losas tienen una capa de compresión inferior y una superior, entonces visualmente lucen planas, a diferencia de las áreas originales donde sí se ve el encasetonado.

Otro de los grandes retos fue ejecutar la obra sin interrumpir la operación interna del museo, así como garantizar la preservación del arte guardado en las bodegas. "Haciendo una analogía con una operación médica, lo que hicimos fue reubicar el corazón y el cerebro. Durante la obra hicimos varias mudanzas internas y echamos a andar de inmediato las áreas operativas" dice el arq. Navarro. En este sentido Carmen Cuenca agrega que el cambio para el personal operativo fue enorme porque trabajaban con tecnología obsoleta y tuvieron que adaptarse a la actualización tecnológica y profesionalizar su labor.

Colofón

El Museo Tamayo tenía una extensión de 4,978 m², de los cuales 1,703 m² fueron remodelados. Se edificaron 1,868 m² de construcción nueva y se restauraron todas las áreas existentes. El área total del recinto es ahora de 6,846 m²; es decir, aumentó un 30% y más del 50% de los



equipos fueron renovados (aire acondicionado, redes, subestaciones, entre otros). Teodoro González de León dice que Rufino Tamayo estaría sorprendido y contento de ver que el museo ganó en espacios y que cuenta con nuevos avances técnicos. Al preguntarle cómo le gustaría que este espacio evolucione en el futuro responde: "No se puede prever el futuro. No existe manera de saberlo; hay que dar soluciones para ahora. El arte cambia y va a seguir cambiando ¿Cómo íbamos a saber hace 30 años que hoy, siete metros de ancho en las salas ya no iban a servir? Ahora se requieren espacios más grandes y sensibles. El futuro lo construimos todos los días enfrentándonos al presente y siempre va a ser distinto. Lo que sí espero es que el museo dure otros 30 años".c

SOLUCIONES PROFESIONALES en Circuito Cerrado de TV

Diseñamos Sistemas de Videovigilancia Autónomos para sitios remotos.

Nuestra solución incluye la grabación y comunicación robusta por radio o internet, así como la alimentación con energía solar.

SYSCOM
Segura Inversión en Seguridad



Entregamos e instalamos de inmediato, a través de nuestra red de Integradores Profesionales Certificados. ¡Ingeniería y Soporte del más Alto Nivel en el Mundo!

PIDA SU CATÁLOGO GRATIS

01 (800) 711 6270 / www.syscom.mx / info@syscom.com.mx
Llamadas Internacionales: +52 (614) 415-2525



Fotos: <http://normigonconperdon.files.wordpress.com>

RESCATANDO LA PREHISTORIA

Gabriela Celis Navarro

Los grandes mamíferos de la Prehistoria siempre han sido motivo de admiración, no sólo por los niños sino por todos nosotros quienes aún nos sorprendemos de cómo esos enormes animales pudieron desaparecer de la faz de la tierra. Y es esta admiración la que genera que por diversos lugares del mundo se realicen reproducciones (algunas basadas en restos paleontológicos, otras apoyadas más de la fantasía) de animales de esas lejanas eras.



Desde una perspectiva científica fue planteada la creación de un enorme mamut de concreto, el cual fue realizado a principios del siglo XX –es decir; la pieza tiene más de cien años- a partir de una maqueta del escultor Miquel Dalmau. La obra, que se encuentra en el Parque de la Ciutadella, en Barcelona, es utilizada con placer, en especial por los infantes, quienes gustan de sentarse en la trompa del pariente lejano del elefante. Cabe decir que el mamut, que ha sido restaurado en dos ocasiones, formó parte de un intento por crear una serie de animales prehistóricos, patrocinados por la entonces Junta de Ciencias Naturales de Barcelona; sin embargo, fue la única pieza que se realizó. Hoy, es ícono del parque donde está alojada. 

ÍNDICE DE ANUNCIANTES

SIKA	2º DE FORROS
CONTROLS	3º DE FORROS
HENKEL	4º DE FORROS
CICM	1
SUBMARELHER	3
REPORTAJE TÉCNICO	24 Y 25
CONSEJO DE LA COMUNICACIÓN	43
SYSCOM	47
SYSCOM	63