




## Presentación



Los avances de la tecnología del concreto permiten tener materiales mejores cada día. El concreto autocompactado, por ejemplo, presenta grandes ventajas en cuanto a su manejo y colocación en la obra, pues con él se logra que las propiedades del material en estado fresco garanticen su acomodo homogéneo y su consolidación, y con ello, el buen desempeño del elemento y una mayor durabilidad de la estructura.

El artículo con que iniciamos esta edición presenta una información técnica muy completa sobre sus características, elaboración y propiedades. A pocos meses de haberse celebrado los juegos olímpicos en Sydney, una reflexión sobre la actividad constructiva que generan las competencias deportivas internacionales y las ferias mundiales en las ciudades sede nos pone en contacto con un tipo de arquitectura y de urbanismo cuyas obras unas veces son efímeras, pero otras están destinadas a perdurar como símbolos urbanos que mantienen vivo en la memoria colectiva el recuerdo de un momento de esplendor.

El artículo sobre la carbonatación nos recuerda la importancia de atender a este fenómeno cuando se trata de estructuras de concreto reforzado, por tratarse de una causa frecuente de corrosión del acero. Qué es, cómo actúa, cómo se detecta, qué factores la propician y cuáles son las principales estrategias de reparación y protección son aspectos de suma importancia para su comprensión, solución y prevención, y por ello han sido tratados con todo cuidado por el autor.



En nuestra serie de reportajes especiales, el tema abordado hoy es la infraestructura de turismo, un asunto de crucial importancia para el desarrollo de México y que ofrece un nicho de inversión con muy buenas perspectivas para la iniciativa privada. La demanda de construcción de obra básica que generan los centros en desarrollo, que aumenta constantemente, constituye una fuente potencial de trabajo tanto para las empresas que se interesen como para la mano de obra que busca empleo, lo cual nos hace pensar que esta información será de gran interés para nuestros lectores n

Con la intención de contribuir a extender el uso del concreto de alta resistencia en nuestro país, investigadores de la Universidad Autónoma Metropolitana realizaron un estudio experimental para elaborar mezclas con estas características. Los resultados que obtuvieron les permitieron alcanzar valores de resistencia a la compresión de 900 kg/cm<sup>2</sup> y determinar la dosificación, el procedimiento de mezclado y los métodos de prueba respectivos. El trabajo donde los exponen cierra este número n

Una vez más despedimos un año y nos preparamos para el siguiente, agradezco a ustedes su preferencia y les deseo lo mejor para estas fiestas y para todo el 2001.

Licenciado Luis Martínez Argüello

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

**Revista Construcción y Tecnología  
Diciembre 2000**

**Todos los derechos reservados**

[ARTICULO  
ANTERIOR](#)



[ARTICULO  
SIGUIENTE](#)

# Concreto autocompactado



Aquí! 

Licenciado Luis Martínez Argüello

## Propuesta tecnológica

Entre el concreto que producen las empresas de concreto premezclado a escala mundial y el concreto que finalmente queda colocado en el elemento de la obra, frecuentemente existe una importante variación de la calidad debida a las deficiencias en las prácticas constructivas que modifican negativamente el comportamiento del material en el lugar en donde mejor desempeño debería tener, en la estructura.

Sin embargo, no sólo eso influye negativamente en la ejecución de la obra: también los daños causados por el mal uso de vibradores daña el buen desarrollo de las propiedades del concreto endurecido y su compactado en la estructura.

Este cambio en la calidad del concreto colocado afecta de diversas formas a las construcciones:

I Modifica el comportamiento estructural del elemento fabricado con concreto, provocando un cambio en su desempeño al variar las propiedades mecánicas en diferentes secciones estructurales tales como columnas, traveses y losas.

I Afecta la durabilidad de la estructura al presentar segregación del concreto por mala colocación, derivando en concentración de finos en la superficie del elemento y

Una revolución tecnológica Ingeniero César Constaín Van Reck Este artículo presenta el concreto autocompactado como la solución al manejo y colocación del concreto en la obra. Las razones son varias: en estado fresco, no requiere vibrado y garantiza homogeneidad en la masa del material; una vez endurecido, se traduce en estructuras con mayor densidad, menor permeabilidad, propiedades mecánicas uniformes y mayor durabilidad. A estas ventajas se suma otra: la reducción del tiempo de ejecución.

favoreciendo la presencia de fisuras por contracción que permiten la penetración de agentes agresivos para el concreto y el acero de refuerzo; estos agentes afectan la durabilidad del elemento.

Las oquedades por mala colocación, generan cambios en la sección, menor adherencia con el acero de refuerzo y exposición del mismo, así como mayor permeabilidad.

Estos problemas son ocasionados por una deficiencia en la calidad de la mano de obra en la colocación y el vibrado del concreto, falta de supervisión y escasa trabajabilidad de algunas mezclas de concreto. Los nuevos avances en la tecnología del concreto han permitido colocar en el mercado el concreto autocompactado.

En éste, se garantiza que las propiedades del material en estado fresco permitirán que el concreto que se coloque en la estructura tenga un acomodo homogéneo y quede adecuadamente consolidado, evitando así los costos por demoliciones, reparaciones y retrasos ocasionados por una mala consolidación del concreto.

Durante más de 40 años, las dos principales características evaluadas en la obra al concreto han sido las siguientes:

I el revenimiento para el concreto en estado fresco, y

I la resistencia a la compresión para el concreto endurecido.

Hoy día, la resistencia a la compresión es el requisito mínimo que el concreto cumple, a pesar de lo cual no es un indicativo directo de la calidad del mismo ni del óptimo desempeño en la estructura a través del tiempo.

El revenimiento es, hasta ahora, la propiedad del concreto con que se busca correlacionar la facilidad de colocación del material y la correcta consolidación en la estructura; sin embargo, esta característica no ha garantizado la homogeneidad y la consolidación del concreto en la estructura debido a que en el proceso de colocación interviene la mano de obra.

Por otro lado, las filosofías actuales de diseño sismo-resistente, en su afán de lograr estructuras con alta ductilidad, han generado elementos congestionados de acero en aquellas zonas donde se requiere que la estructura disipe energía por deformaciones inelásticas, y es precisamente en

éstas donde se requiere que el concreto tenga una adecuada colocación, pero debido a la gran cantidad de acero de refuerzo, es donde se presentan frecuentes problemas de colocación.

El concreto autocompactado es el resultado de una tecnología que permite por primera vez que una propiedad del concreto en estado fresco garantice la correcta compactación y consolidación del concreto directamente en el elemento estructural. Esta propiedad es su capacidad de autocompactación.

De esta forma, se logran conectar las propiedades del concreto en estado fresco con el desempeño del elemento de concreto en estado endurecido, debido a la homogeneidad en el comportamiento mecánico y la durabilidad del concreto colocado en la estructura.

### **Definición de concreto autocompactado**

El concreto autocompactado se define como "aquél que tiene la propiedad de consolidarse bajo su propio peso sin necesidad de vibrado, aun en elementos estrechos y densamente armados". Este concreto pertenece a la familia de los concretos de alto desempeño y tiene la propiedad de fluir sin segregación, autocompactándose por sí solo y asegurando así la continuidad del concreto endurecido.

### **Ventajas del uso del concreto autocompactado**

Una de las ventajas más importantes de este concreto es la uniformidad estructural que puede lograrse sin que el proceso de colocación tenga un efecto negativo, como sucede con el concreto convencional, en el que a pesar de un alto revenimiento no se puede garantizar que fluya por el armado si no se asegura la consolidación por medios mecánicos.

#### *Ventajas para el constructor*

I Buen desempeño mecánico y de durabilidad de los elementos y las estructuras.

I Elementos de concreto sin oquedades internas, ni agrietamientos que permiten el acceso de agentes nocivos para el

concreto y el acero de refuerzo como son los cloruros, los sulfatos y el CO<sub>2</sub>.

| Se evita la concentración del agregado grueso en zonas mal vibradas (panal de abeja).

| Reducción de costos y tiempos asociados con la colocación y el vibrado.

| Reducción de herramientas y equipo necesarios para la colocación.

| Eliminación del ruido provocado por el uso de vibradores durante el proceso de colocación.

| Reducción de los tiempos de ejecución de la obra. Ventajas para el trabajador de la construcción.

| Disminución de los problemas auditivos.

| Reducción del riesgo de caídas al eliminar la necesidad de vibrado.

| Mayor facilidad y, por ende, menor esfuerzo para trabajarlo.

### *Ventajas para el dueño*

| Reducción de los costos de mantenimiento y reparaciones.

| Garantía de comportamiento estructural y de durabilidad de su edificación.

| Mejores acabados. | Reducción de costos de ejecución.

### **Conceptos aplicables al concreto autocompactado**

Los conceptos que hasta hoy resultan útiles para definir la calidad del concreto, como son la relación agua/cemento, la relación grava/arena y el revenimiento, en el caso del concreto autocompactado no son aplicables, ya que para el manejo de esta tecnología se establecieron en el diseño de la mezcla otros conceptos que permiten controlar las características del comportamiento deseado.

Estos conceptos para el manejo de la tecnología son:

### *Relación agua / finos*

Se establece la relación entre el contenido de agua y el contenido de finos menores que la malla núm. 100. De acuerdo con el comportamiento de mezclas realizadas en los laboratorios, se recomienda que esta relación quede ubicada entre 0.30 y 0.35. Esta relación considera como finos a todos los materiales y partículas con tamaño menor a la malla núm. 100, incluyendo el cemento y las partículas de los agregados que pasan dicha malla.

El contenido de estos finos recomendado para el concreto autocompactado se ubica entre los 500 y 600 kg/m<sup>3</sup>. En éstos queda incluido el uso de materiales puzolánicos tales como el fly ash y la microsílíce.

### *Relación grava / arena*

Esta relación debe estar entre 0.72 y 0.80, significando esto que el concreto autocompactado lleva una mayor cantidad de arena que un concreto convencional, y es esta relación, combinada con el contenido de finos, lo que define el efecto de autocompactación.

Este concreto debe cumplir con ciertas características tales como:

I elevada fluidez, y

I alta viscosidad.

De tal manera que al ser descargado se extienda por sí solo. Tales propiedades en este material no provocan ni segregación del agregado grueso, ni sangrado, garantizando así que el concreto colocado mantenga la homogeneidad.

### *Coefficiente de forma<sup>1</sup> del agregado grueso*

El coeficiente de forma del agregado grueso es un factor que influye en el comportamiento del concreto en estado plástico, por lo que es preferible el uso de agregado grueso que no contenga partículas planas y alargadas.

El coeficiente de forma del agregado grueso debe ser mayor o igual a 0.20.

El tamaño máximo nominal del agregado grueso recomendado se encuentra entre 3/8" y 1/2". Tanto la grava como la arena pueden ser cribados o bien producto de trituración.

### **Evaluación de las propiedades del concreto en estado fresco**

Uno de los aspectos importantes es la evaluación en el punto de descarga en la obra, por lo que las preguntas ¿cómo garantizar que el concreto no dejará grandes oquedades? y ¿cómo saber que se mantendrá homogéneo sin segregación?, quedan respondidas al evaluar el efecto de autocompactación mediante la realización de una prueba muy simple, que es la DIN 1048. La mesa de extensibilidad<sup>2</sup>

Esta es una prueba desarrollada en Alemania.

#### **Equipo**

I Un cono truncado de material no absorbente, sin deformaciones, de 20 cm de diámetro inferior y de 13 cm de diámetro superior, con 20 cm de altura.

I La mesa, armada con dos placas del mismo material del cono de 70 x 70 cm de lado. Éstas se encuentran unidas por uno de los lados con un dispositivo (bisagra) que permite modificar el ángulo de unión entre ellas.

I Un pisón de madera.

#### ***Desarrollo de la prueba***

El cono se llena en dos capas de igual volumen, consolidando cada capa con el pisón, levantando el cono al terminar el enrasado de la segunda capa. Posteriormente se miden dos diámetros perpendiculares entre sí, y se procede a levantar la placa superior sobre la que descansa el concreto, dejándola caer desde una altura de 4 cm en 15 ocasiones durante 15 seg sobre la placa inferior.



La mesa de extensibilidad sirve para evaluar la capacidad del concreto para extenderse bajo su propio peso y es un indicativo de si el concreto puede colocarse sin necesidad de vibrado, es decir, si tiene la suficiente fluidez para garantizar su paso por las barras de acero de refuerzo sin dejar oquedades.

Se encontró que valores de extensibilidad entre 60 y 70 cm cumplen con el comportamiento deseado

### **Características mecánicas**

Toda vez que las propiedades del concreto en estado fresco han cubierto las especificaciones indicadas, el punto más relevante lo constituye el definir el comportamiento del concreto en estado endurecido a partir de esas propiedades.

A continuación se presentan los resultados obtenidos con mezclas de concreto diseñadas a partir de:

I la extensibilidad,

I el contenido de finos,

I las relaciones de grava y finos.

### **Materiales utilizados en la elaboración de la mezcla**

#### *Agregado fino:*

I Arena andesítica de origen natural cribada

La andesita es un material de origen ígneo extrusivo de composición intermedia a básica, que se puede depositar en forma de piroclastos y/o flujos de lava, con buena calidad física y química para funcionar como agregado para concreto.

Densidad: 2.42 g/cm<sup>3</sup>

Absorción: 5.4%

Finos < Malla núm. 100: 15.0 %

Módulo de finura: 2.7

Granulometría: discontinua

### *Agregado grueso:*

I Grava andesítica de 3/8", de origen natural triturada

Densidad: 2.42 g/cm<sup>3</sup>

Absorción: 4.5%

Finos < Malla núm. 100: 0.0 %

Coefficiente de forma: 0.32

Granulometría: continua

### *Cementantes:*

I Cemento portland combinado

Este cemento tiene una resistencia a la compresión mínima de 403 MPa a los 28 días. Es un cemento adicionado con fillers inertes. El contenido permitido de fillers en el cemento es de 6 a 35 por ciento.

Agua:

I Potable

### **Diseño de la mezcla**

Contenido de cemento: 450 kg/m<sup>3</sup>

Relaciones utilizadas en el diseño de la mezcla:

Agua/Finos: 0.31

Grava/Arena: 0.72

Desempeño del concreto autocompactado

En estado fresco:

I Extensibilidad: 64 cm\*

En estado endurecido:

La relevancia que representa el utilizar un alto contenido de finos en el concreto autocompactado hace necesario describir el desempeño del material en estado endurecido de

forma tal de conocer con certeza cuál es el nivel de afectación que esa característica tiene sobre el concreto en los elementos estructurales.

Las propiedades que describiremos en este trabajo para el concreto en estado endurecido son:

I Resistencia a la compresión<sup>4</sup>

I Contracción por secado<sup>5</sup>

I Módulo de elasticidad<sup>6</sup>

I Módulo de ruptura<sup>7</sup>

Consideradas como aquellas propiedades que potencialmente pueden sufrir mayor afectación con las características del concreto autocompactado, afectan la durabilidad del concreto de distinta manera:

I Impermeabilidad

I Penetración de cloruros

I Penetración de sulfatos

### *Resistencia a la compresión*

El contenido de cemento requerido para estas mezclas indica que la resistencia a la compresión que el material puede potencialmente alcanzar será superior al estándar manejado en los concretos convencionales. Dependiendo de las características del cemento y de la relación agua/finos que de acuerdo con el diseño de la mezcla se obtenga, los valores esperados serán superiores a los 35 MPa a los 28 días.

Las mezclas de referencia evaluadas y descritas en el presente estudio tuvieron una resistencia a la compresión promedio de 55 MPa a los 28 días.

Si consideramos que el consumo de cemento fue de 450 kg/m<sup>3</sup> y lo comparamos contra la resistencia obtenida, tenemos que la eficiencia del cemento se ubica en niveles

superiores a 120 por ciento.

En la figura 1 mostramos que la resistencia a la compresión en el concreto autocompactado se desarrolla de forma tal que a edades tempranas (de 24 horas) se obtiene un alto porcentaje de la resistencia final esperada. Influido por la baja relación agua/finos y el contenido de cemento, este desarrollo a edad temprana en general es satisfactorio para los procesos de avance en obra.

Con base en los resultados obtenidos en el laboratorio, el concreto de 55 MPa a un día nos da 23.7 MPa, lo que en la mayoría de las obras es una resistencia suficiente para proceder con cualquier proceso de descimbrado de elementos tanto verticales como horizontales (autoportantes).

La resistencia a la compresión en el concreto autocompactado es apenas el indicador primero de las propiedades del concreto, pero con mucho, no es el más relevante ya que el desempeño mecánico con este concreto está garantizado en el rango de resistencias más común en la industria de la construcción en los tiempos presentes.

### *Contracción por secado*

El alto contenido de finos de este concreto nos lleva, en principio, a especular sobre la afectación negativa que esto podría tener sobre el comportamiento de la contracción por secado. Sin embargo, este fenómeno se ve fuertemente atenuado por el bajo contenido de agua que se maneja debido al uso de aditivos de alta capacidad de reducción de agua y de alta fluidificación de la mezcla de concreto.

En la figura 2 mostramos el desempeño obtenido para el concreto autocompactado con las características mencionadas.

Aun cuando en teoría el concreto nunca termina de contraerse, llega un momento en que el incremento de la contracción se hace insignificante, es decir, cuando la curva se hace asintótica al eje de las "x" se establece una tendencia clara en la gráfica.

En el concreto autocompactado, durante los primeros 28 días

de edad, en que los especímenes se conservan en una humedad relativa superior a 95 %, observamos que hay una ligera expansión tal y como sucede en el concreto convencional. A partir del día 28, que es cuando se extraen del cuarto de curado y se trasladan a la cámara de secado, se inicia el proceso de contracción. En la figura 2, se puede observar que a la edad de 90 días el desarrollo de la contracción del concreto empieza a marcar una disminución en el rango de contracción.

De acuerdo con la tendencia que comienza a mostrar la gráfica, se estima que la contracción final del concreto será menor de 2,000 millonésima, que es lo que especifican las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de las Construcciones del Distrito Federal para concreto clase 2, que hace referencia a un concreto convencional para esa región.

#### *Módulo de elasticidad*

Otra de las propiedades del concreto que han merecido especial estudio por su importancia para el diseño estructural es el comportamiento del módulo de elasticidad, ya que, de acuerdo con la tecnología del concreto, puede verse modificado debido al alto contenido de finos y la baja en la relación grava/arena.

En las evaluaciones de esta propiedad, y con base en los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio, se determinó el valor de la constante K para estimar el módulo de elasticidad de la siguiente expresión:

$$E_c = K \text{ o } f'_c$$

donde:

$E_c$  = Módulo de Elasticidad Estático del Concreto [en  $\text{kg/cm}^2$ ] a la edad de 28 días.

K = Una constante que varía en función de los materiales utilizados.

$f'_c$  = Resistencia a la compresión de diseño a 28 días en  $\text{kg/cm}^2$ .

Las pruebas al concreto autocompactado arrojaron valores

para K de 7,450. Este valor es 20% menor de lo que se obtiene para concretos convencionales producidos con los mismos agregados y para la misma clase de concreto en la ciudad de México.

Derivado de este resultado, y dependiendo de los requerimientos de módulo de elasticidad de los reglamentos de cada localidad, este valor puede ser modificado con la utilización de diferentes agregados. Los valores del módulo de elasticidad del concreto que se va a utilizar deben indicarse al responsable estructural para que realice el diseño tomándolos como base.

### *Resistencia a la tensión por flexión*

En esta evaluación obtuvimos valores que representan 10% de la resistencia a la compresión, apegándose a la siguiente expresión:

$$T \times F = 0.10 f'c$$

En esta misma evaluación para concretos convencionales elaborados con los mismos agregados, hemos obtenido que

$$T \times F = 0.11 f'c$$

Aplicando la ecuación de la correlación entre la tensión por flexión y la resistencia a la compresión a los resultados alcanzados con el concreto autocompactado, obtenemos valores de tensión por flexión de 6 MPa, lo que lo ubica como un concreto con buen desempeño ante esta sollicitación, y útil en aplicaciones de pisos y pavimentos.

El establecer una correlación es sólo una forma de evaluar el concreto autocompactado contra una clase de concreto específica y unos agregados determinados. Con los resultados obtenidos, podemos definir que para alcanzar mayores valores en esta correlación podemos, al igual que para el módulo de elasticidad, utilizar diferentes agregados.

**Evaluación de la uniformidad del concreto autocompactado colocado en una estructura convencional**

Toda vez que las propiedades del concreto autocompactado muestran un buen desempeño, la evaluación más relevante la representa el conocer las propiedades del concreto endurecido que ha sido colocado en la estructura sin ningún tipo de vibración o consolidación.

Para verificar la uniformidad del concreto ya colocado, realizamos el colado de dos losas con dimensiones de 3.0 x 3.0 m y un espesor de 12 cm. En la primera de estas losas colocamos concreto convencional con resistencia de 300 kg/cm<sup>2</sup>, con un revenimiento de 20 cm. Éste se colocó y vibró bajo las recomendaciones del ACI 309.

La segunda losa la colamos con autocompactado que no fue vibrado ni regleado.

El concreto autocompactado en estado fresco mostró: o

Extensibilidad: 63.0 cm.

La descarga del concreto autocompactado en el elemento fue directamente del canalón de la unidad moto-revolvedora, descargando desde un solo punto sin mover el canalón (véanse las fotos 3 y 4).

Estas condiciones de colocación serían inaceptables para un concreto convencional, inclusive con un revenimiento alto como el mostrado por el concreto colocado en la losa testigo.

Tradicionalmente, en el concreto de losas de cimentación la descarga es directamente del camión; sin embargo, para concreto colocado en losas inaccesibles para el camión, el transporte dentro de la obra frecuentemente es con bomba, lo que requiere altos revenimientos para poder tener la trabajabilidad adecuada.

Para realizar la evaluación de la uniformidad del concreto endurecido, extrajimos núcleos de 5 x 10 cm en cinco puntos ubicados en toda la superficie de ambas losas.

A estos núcleos les verificamos su masa volumétrica en estado saturado y superficialmente seco, y también totalmente secos, y los ensayamos para determinar su resistencia a la compresión de acuerdo con la norma

aplicable.

Los resultados de la losa colada con concreto convencional, apegándose a las prácticas de colocación recomendadas por el ACI, los mostramos en la tabla 1, en tanto que en la tabla 2 presentamos los resultados obtenidos de la losa colada con concreto autocompactado.

En una inspección visual, el aspecto de los núcleos de cada losa también nos indicó que el autocompactado tuvo mejor consolidación y menor número de vacíos que el convencional, a pesar de que el proceso para el colado del autocompactado fue más severo ya que no se vibró ni se extendió (véase la foto 5).

En los resultados mostrados puede verse que la homogeneidad que se obtiene con el concreto autocompactado es mejor que la que se obtiene con un concreto convencional que ha sido colocado bajo las recomendaciones del ACI 309, puesto que su resistencia a la compresión es mayor, su masa volumétrica es mayor y la desviación estándar es menor.

Es mediante estas pruebas que finalmente podemos saber que el concreto autocompactado se apega a las especificaciones descritas y exhibe un mejor desempeño que el concreto que ha sido colocado bajo especificaciones aceptadas para un buen manejo del concreto en la obra.

Para poder obtener concretos que se apeguen a los materiales de cada localidad en donde se llegue a colocar concreto autocompactado, recomendamos que se realicen pruebas para validar el desempeño y conocer las fórmulas precisas para cada caso de cemento y agregados que permitan tener el desempeño mostrado en el presente estudio.

## Conclusiones

1. La tecnología para producir concreto autocompactado es accesible y alcanzable.
2. Se obtiene concreto mucho más homogéneo y durable.



3. El exceso de finos no incrementa la tendencia a la contracción por secado.
4. La resistencia a la compresión del cemento se potencia con una relación agua/finos baja.
5. Se obtiene un producto muy trabajable amigable al constructor que es fácil de colocar, elimina retrabajo y actividades que generan costos y son fuente de errores.
6. Produce acabados más tersos y sin huecos.
7. Es de esperarse un buen desempeño en pisos y pavimentos.
8. No hay segregación, es fácil de bombear y llena bien las cimbras.
9. Otras características como el módulo de elasticidad y la relación resistencia a compresión/tensión por flexión se modifican, por lo que es importante conocerlas para que los especificadores y calculistas las apliquen en sus diseños y haya concordancia entre el diseño y la realidad estructural final.

#### Bibliografía

DDF (1996) "Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto", Gaceta Oficial del Distrito Federal, México, D.F.

Mendoza, C.J. y C.F. Moguel (1998), "Deficiencias en la calidad de los materiales de construcción y su efecto en la resistencia de las estructuras de concreto reforzado", Instituto de Ingeniería, UNAM, México.

Byfors, J., "SCC is an Important Step Towards Industrialisation of the Building Industry", Proceedings of the First International RILEM.

El ingeniero César Constaín es Director comercial de Cemex México,

**Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto,**

**A.C.**  
**Revista Construcción y Tecnología**  
**Diciembre 2000**  
**Todos los derechos reservados**



[ARTICULO  
ANTERIOR](#)

[ARTICULO  
SIGUIENTE](#)



# Las ciudades como sedes del deporte y la cultura mundial



Arquitecta Isaura González Gottdiener

## Urbanismo y arquitectura efímeros y permanentes

Atraer las miradas del mundo a ellas ha sido el objetivo de Sydney y Hannover en el primer año del milenio. Una oportunidad única para trascender en la historia de la humanidad que ha trastocado la vida de sus habitantes, jubilosos de haber sido parte de los acontecimientos que en ellas se celebraron. Ciudades del primer mundo, cuya economía ha erogado grandes cantidades de dinero para cumplir las expectativas pactadas al lograr ser sede de las olimpiadas y la expo mundial, hoy ya nos resultan familiares a pesar de su lejanía. Las transformaciones realizadas en cada una para acoger estos eventos han dejado huella en su fisonomía urbana. En Sydney de manera permanente, ya que las fastuosas instalaciones olímpicas forman parte del ordenado trazo de sus calles y avenidas junto con la silueta de la Ópera, mientras que en Hannover los pabellones de la exposición mundial se desmontan rápidamente para dejar libre el recinto ferial, y las imágenes de su paso efímero quedan en el

Dentro de la intensa actividad que concitan los grandes encuentros internacionales en las ciudades que los albergan como sede, el trabajo arquitectónico no es un hecho menor. Tanto cuando las obras tienen carácter perecedero como cuando están llamadas a dejar huella permanente, sus autores ponen en juego lo mejor de su energía creadora al participar de un esfuerzo colectivo que lleva implícita la búsqueda de trascendencia.

recuerdo de quienes allí estuvieron.

## **Iconos urbanos**

La celebración de acontecimientos que ponen a una ciudad determinada en los ojos del resto del orbe motiva a arquitectos y urbanistas a dejar huella en su perfil urbano o ser partícipes de la intangibilidad de lo efímero. Muchas son las obras de arquitectura que se han convertido en símbolo de una urbe después de haberse celebrado en ella una feria mundial o una justa deportiva. La torre Eiffel es quizá uno de los más emblemáticos. Ideada por Gustave Eiffel para la Exposición Universal de París de 1889, debía ser desmontada al término de ésta, lo que no ocurrió por petición de los parisinos, convirtiéndose desde entonces en símbolo indiscutible de la ciudad luz. Sevilla, con su arquitectura cargada de historia, convocó a los mejores arquitectos del mundo a diseñar sofisticados y elegantes pabellones en el predio destinado a alojar la exposición mundial de 1992 -diseños que colmaron ediciones completas de libros de arquitectura-, mientras Barcelona, ese mismo año, realizaba profundas reformas para ser capital olímpica y de paso situarse como una de las ciudades cuyo fenómeno de transformación urbana es admirado en todo el mundo.

Las finas estructuras de Santiago Calatrava ideadas para ambas ciudades -el puente de acceso a la feria en Sevilla y la torre de televisión de Barcelona- son parte indiscutible de su faz. En México, el estadio México 68, la Alberca Olímpica y el Palacio de los Deportes son puntos de referencia urbana, y los estadios de fútbol de las ciudades en las que se han disputado los títulos mundiales son catedrales del deporte que conjugan magistralmente el diseño arquitectónico con el estructural.

## **Las Ferias Mundiales: arquitectura y urbanismo efímeros**

El ser escaparate de acontecimientos de alcance mundial promueve grandes inversiones en las ciudades sede, las que al finalizar los eventos tienen la dura tarea de encontrarle un uso final a los edificios proyectados para ser utilizados durante un corto periodo de tiempo. Esto sucede fundamentalmente en el caso de las exposiciones mundiales, ya que en las competencias deportivas, la infraestructura continúa ocupándose para el mismo fin. Sevilla, Lisboa, y este año Hannover, han destinado grandes predios para alojar miniciudades con avenidas, zonas jardinadas, restaurantes, tiendas, oficinas, auditorios, plazas y, desde luego, los pabellones de las naciones y de los temas relacionados con la exposición. Al término de las festividades, éstos se desmontan, quedando acaso algunos en pie para recordar lo ahí acontecido, como es el caso del domo geodésico realizado por Buckminster Fuller para Estados Unidos en la Feria Mundial de Montreal de 1967. Urbanismo y arquitectura efímeros, son diseñados por los mejores representantes de los países invitados, dando como resultado atrevidas formas en las que la transparencia y ligereza han sido denominador común en las últimas ediciones de la exposición.

El diseño de los pabellones conlleva un despliegue de ingenio y tecnología que busca demostrar al mundo el avance tecnológico de las naciones.

### **Expo Hannover 2000**

Para la Expo2000 no fue necesario habilitar un nuevo espacio. La ciudad, con larga tradición ferial, ya contaba con un recinto adecuado, el que alojó en esta ocasión a las naciones del mundo bajo el lema "Humanidad, Naturaleza y Tecnología". En la construcción de los pabellones, los organizadores solicitaron a los arquitectos de los diversos países cumplir con las siguientes condiciones: usar el menor

espacio de construcción posible; aplicar materiales de construcción ecológicos; utilizar fuentes de energía económicas, no contaminantes y de bajo consumo de combustibles; lograr un mantenimiento de bajos recursos; reducir al máximo el consumo de energía; contar con servicios para discapacitados y dotarlos, en la medida de lo posible, de los mismos niveles de comodidad que los destinados al público en general. El uso de materiales naturales y reciclados se aprecia en las sedes de todos los países. En el pabellón de Japón, el papel reciclado a prueba de agua y fuego es la membrana envolvente, y en el de Venezuela, el bambú forma estructuras que se refuerzan con acero en una particular conjunción de tecnología y aplicación de recursos naturales. Ricardo Legorreta proyectó el pabellón de México, en el que rompió los clichés de mexicanidad que habían sido característicos de nuestro país en otras ferias mundiales y presentó al mundo su cara moderna.

La Expo Hannover-2000 ha llegado a su fin, y con ello la vida de los edificios efímeros que fueron ideados para mostrar la posición de cada país respecto a los problemas que el planeta enfrenta para lograr la conservación de sus recursos naturales. Algunos, como el de Francia, permanecerán con una nueva función y quedarán inmersos en las calles del puerto alemán como recuerdo de la primera feria universal del siglo XXI.

### **La monumentalidad del deporte**

Cuando una ciudad es elegida como sede deportiva, se da el fenómeno contrario al de las ferias mundiales. En estos casos, si los edificios destinados para las actividades ya existen, se buscará mejorarlos, y si no, se los proyectará para permanecer. El diseño de estadios y recintos deportivos conjuga estética arquitectónica y proeza estructural con

necesidades funcionales específicas, y su emplazamiento urbano es determinante para la vida de sus vecinos, la cual se ve seriamente afectada durante la realización de alguna competencia.

Son muchos los edificios construidos para la realización de los juegos olímpicos que forman parte de la memoria arquitectónica de la humanidad. Las estructuras ideadas por Frei Otto para Munich siguen asombrando a quienes las visitan, por su belleza plástica; el estadio olímpico de Barcelona fue parte de toda una reforma urbana que sufrió la ciudad para acoger la justa deportiva, y Atlanta y Sydney construyeron nuevas instalaciones con motivo de la realización de los juegos. Otra celebración en la que la monumentalidad de las instalaciones deportivas es protagonista junto con el deporte es el mundial de fútbol, para el que también se han erigido deslumbrantes estadios en los que la afición se torna eufórica al corear un gol.

### **Los juegos y la infraestructura urbana**

Muchas ciudades tienen un estadio de fútbol, y muy pocas conjuntan la infraestructura necesaria para la realización de unos juegos olímpicos. La cantidad de recursos necesarios para ser sede de éstos deja a muchas naciones fuera de la competencia, ya que no reúnen las condiciones necesarias para celebrar las pruebas, y edificar recintos deportivos implica un gran gasto que pocas economías son capaces de absorber. Además, la realización de los juegos implica dotar de alojamiento a miles de atletas, por lo que la construcción de viviendas que después son ocupadas por la población local es otra necesidad que se debe resolver. Poseer un equipamiento urbano eficiente en materia de transporte, servicios públicos, turísticos y de salud, entre otros,

representa un fuerte compromiso para las ciudades a las que llegan los cinco aros. Atenas, la próxima sede, anunció que construirá nuevas instalaciones deportivas, hoteles e incluso un aeropuerto; renovará el metro y las avenidas, para lo que el gobierno y la iniciativa privada invertirán un monto aproximado de dos millones de dólares. Sin embargo, aunque el costo es alto, el encender el fuego sagrado ha traído grandes beneficios a las urbes y las ha ayudado a destacarse en el mapa de la escena mundial, agrupándolas en una elite a la que muchas otras esperan ingresar, por lo que la tradición de que una ciudad distinta albergue la contienda olímpica cada cuatro años seguirá vigente.

Una ciudad es un organismo vivo que intensifica su actividad y la trastorna al ser escaparate del mundo en un corto periodo de tiempo. Prever las situaciones extraordinarias que vivirá durante éste es parte de su fenómeno urbano. Sus habitantes se toman condescendientes ante los disturbios que un acontecimiento de esta magnitud, de carácter deportivo o cultural, puedan ocasionar en su vida cotidiana, ya que les aporta alegría en la mayoría de los casos, al volverse centro de atención del planeta. El nuevo siglo festeja en Sydney y Hannover su comienzo. Australia y Alemania han acaparado la atención mundial por un momento, y en las calles de sus ciudades, los edificios protagonistas de estos acontecimientos son ya parte de su memoria urbana.

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

**Revista Construcción y Tecnología  
Diciembre 2000**

**Todos los derechos reservados**

[ARTICULO  
ANTERIOR](#)



[ARTICULO  
SIGUIENTE](#)





# Infraestructura de turismo



Aquí!

Adriana Reyes

La actividad turística representa un elemento importante en la economía de cualquier país. En México ocupa el tercer lugar en generación de divisas (durante 1999 captó 7 mil 587 millones de dólares); el PIB turístico es de 8.2 por ciento (10 por ciento considerando inversión) y da empleo a 12 por ciento de la población económicamente activa (con una remuneración 30 por ciento mayor que en otras actividades).

En el pasado, los centros turísticos se empezaron a desarrollar a través de actividades cuyo objetivo principal fue abastecer la demanda de bienes y servicios de los visitantes. Con el tiempo, estas actividades llegaron a representar una fuente considerable de ingresos para la población local, derivando en la profesionalización de los servicios turísticos y alcanzando el grado de industria por la generación de empleo y derrama económica; por lo tanto, hubo necesidad de crear infraestructura.

Al ocupar hoy el tercer lugar en la generación de divisas y ser el sector de la economía que más creció en los últimos 25 años, el turismo tiene en México un papel fundamental como fuente de desarrollo. La demanda de infraestructura crece día a día y, con ella, la posibilidad de licitación de nuevas obras, de oportunidades de inversión y de creación de empleos se dibuja cada vez con mayor nitidez en el horizonte nacional. A la vez, los cambios introducidos por la conducción económica en el papel que tienen constructores, inversionistas y autoridades en el desarrollo de la obra pública plantean nuevas relaciones y abren grandes perspectivas a la iniciativa privada.

Con la creación del Fondo Nacional de Fomento al Turismo (Fonatur), se concibió en el país el desarrollo de centros turísticos integralmente planeados (CIP) para incrementar la oferta turística con proyectos de alta calidad, atrayendo nuevos segmentos de mercado y generando el desarrollo regional, previsto en un marco de planeación y sustentabilidad.

Las facilidades que han proporcionado los avances tecnológicos en materia de transporte, aunadas a la mayor interdependencia económica de las naciones, han provocado el sensible incremento de la actividad turística en la última década; por ejemplo, el número de habitaciones en los CIP (Cancún, Ixtapa, Bahías de Huatulco, Loreto y Los Cabos) ha crecido a una tasa anual de 8.7 por ciento frente al crecimiento de 3.6 por ciento en los otros centros turísticos del país.

Como consecuencia de esta dinámica, se incrementa la necesidad de contar con infraestructura y equipamientos turísticos adecuados. Entre los inversionistas nacionales y extranjeros que han manifestado su interés en participar se encuentran International & Resort; Barceló, Iberostar, Sol Melía, Oasis, Soltour, Riu; Hoteles Marriot, Karmina Palace, Radisson Hoteles; Alpitur, Beach Club Hotels y Rinoval de México.

### **Los programas a futuro**

Las acciones diseñadas por el gobierno están enfocadas a promover y mejorar la competitividad de los centros y regiones turísticas más importantes, así como a diversificar los destinos turísticos.

De acuerdo con la Sectur, destacan los proyectos de construcción de Mundo Maya y Escalera Náutica del Mar de Cortés. Los programas regionales del tipo de Tesoros

Coloniales cuentan ya con una estrategia clara y de largo plazo para su desarrollo y consolidación. La Secretaría de Turismo indica que ello permite identificar la riqueza de productos que se ofrece a los visitantes y las oportunidades de desarrollo que representan para la población.

### **Pronósticos de crecimiento de infraestructura**

De acuerdo con el Consejo Nacional Empresarial Turístico (CNET), se estima que para el año 2010 el número de cuartos en el país se incrementará, de 419 mil 608 registrados en 1999, a 523 mil 735, en tanto que los establecimientos de tiempo compartido pasarán de 22 mil 652 a 25 mil 302; también se considerará que se crearán cerca de 4 mil restaurantes de calidad turística en los próximos 10 años, y que en el mismo lapso las marinas sumarán 4 mil 447, lo que significa la construcción de 563.

La inversión que prevé el CNET es de 8 mil 994 millones de dólares, lo que representa un incremento del 24 % de la inversión actual.

En el renglón de los tiempos compartidos, Pablo González Carbonell, presidente de la Asociación Mexicana de Desarrollos Turísticos (Amdetur), indica que en el año 2000 se canalizaron alrededor de 400 millones de dólares hacia este rubro que representa el 21 por ciento de la oferta del hospedaje de calidad turística del país.

La modalidad de tiempo compartido -de acuerdo con la Amdetur- genera anualmente ingresos por 2 mil 800 millones de dólares. Actualmente, el país cuenta con 278 proyectos de este tipo de hospedaje, con un total de 22 mil 345 unidades construidas, que equivalen a un millón 139 mil semanas, de las cuales 982 mil 800 están vendidas.

González Carbonell indica que, en los últimos cinco años, la hotelería en las nueve principales zonas turísticas de playa en el nivel nacional ha crecido únicamente 4.5 por ciento, mientras que la industria de tiempo compartido ha registrado un aumento de 65 por ciento.

Para la industria de la construcción, el turismo representa una importante fuente de trabajo: se estima que en 1999 la inversión turística ascendió a más de 32 mil millones de pesos, de los cuales 15 mil 800 millones se destinaron a infraestructura, lo que representó trabajo para mil 500 empresas constructoras; la inversión turística significó en el mismo año 3.4 por ciento del PIB de la construcción.

### **La labor de Fonatur**

Hasta la década de los sesenta, la oferta turística en México había evolucionado de manera espontánea, sin ninguna planeación. Con el propósito de darle un sentido planificado a la actividad, a principios de los años setenta el gobierno federal mexicano adoptó una nueva política de fomento turístico, a partir de la consideración de los siguientes factores: los grandes atractivos naturales, culturales e históricos del país y su ubicación geográfica respecto de Estados Unidos; la gran capacidad de la actividad turística para captar divisas y generar empleos, y la oportunidad que brinda el turismo de propiciar el desarrollo de diversas regiones del país.

Para ello se concibieron los CIP, los cuales, además de crear polos turísticos de primer orden, desarrollarían una infraestructura social de certidumbre y oportunidades de progreso para las comunidades donde se asientan los desarrollos.

Así se crearon Cancún, Ixtapa, Los Cabos, Loreto y Bahías de Huatulco. Para cada uno de

ellos se elaboró un plan maestro que fungiría de guía para la evolución de cada centro, el que a su vez propiciaría el crecimiento de otros sectores, tales como comunicaciones, industria y servicios.

Cancún fue el primer CIP. La superficie de que dispone abarca 11 mil 517.5 hectáreas, de las cuales 31.4 por ciento son zonas urbanas; 7.8 por ciento, zonas turísticas; 24.4 por ciento, de conservación ecológica y 36.4 por ciento, de cuerpo lagunar.

El segundo CIP, Ixtapa, cuenta con 20 mil 975 hectáreas de superficie, distribuidas de la siguiente manera: 8.3 por ciento de zona urbana; 41.5 por ciento, zona turística; 18.2 por ciento, conservación ecológica y 32 por ciento de cuerpo lagunar.

Los Cabos fue planeado para desarrollarse en una superficie de 913 hectáreas, comprendidas entre San José del Cabo y Cabo San Lucas. En la distribución se asignó 11.7 por ciento para San José, 81.4 por ciento en la zona turística y 6.8 por ciento para Cabo San Lucas en la zona turística.

Loreto se concibió como un corredor conformado por el puerto de Loreto, Nopoló y Puerto Escondido. Estos tres destinos comprenden a su vez cinco islas: Coronado, Del Carmen, Danzante, Montserrat y Santa Catalina. Cuenta con una superficie de 8, 269. 3 hectáreas.

Bahías de Huatulco cuenta con una superficie de 20 mil 975 hectáreas, distribuidas así: áreas de conservación ecológica, 69 por ciento; zona turística, 14.5 por ciento, y zona urbana, 9.5 por ciento.

En el caso de Cancún se está llegando a la saturación del destino -dice Mauricio Olmos,

subdirector de Operación Regional de Fonatur; "nos queda un proyecto muy grande que es Puerto Cancún", señala.

En el polígono que forma Cancún aún quedan algunos lotes de playas y otros terrenos que suman 270 hectáreas, donde podrían ubicarse un campo de golf y un máximo de mil cuartos de hotel, con lo que Fonatur terminaría la labor en la propiedad que le fue asignada, pero continuaría con las labores de mantenimiento de corte municipal (tratamiento de agua, barrido, bacheo, pintado, etc.) que hace a través de su filial Baja Mantenimiento.

En Ixtapa, se acaba de desarrollar una nueva zona que se llama Brisas Contramar, en donde hay algunos lotes para hoteles y condominios, así como una zona residencial de alto nivel y lotes unifamiliares que no tienen vista al mar pero están en una parte alta y probablemente tendrán un club de playa.

"En esta zona estamos por terminar la urbanización. En las otras zonas del desarrollo, seguimos haciendo obras de infraestructura; en Marina Ixtapa aún tenemos algunos lotes por desarrollar, pero están con el Grupo Sidec, de Sectur; en Playa Linda hay otro desarrollo que es privado. En estos momentos hay mucha oferta para condominios, hoteles y casas de playa aunque sin frente de playa", indica Olmos.

En cuanto a la infraestructura, menciona un puente de acceso a Ixtapa que permitirá tener cuatro carriles en el bulevar para poder desviar el tránsito pesado hacia una vialidad secundaria, y dice: "Estamos haciendo algunos colectores y la ampliación de la planta de tratamiento de agua; pensamos que en un par de años podríamos tener niveles de saturación".

De acuerdo con los datos que maneja Fonatur, en Ixtapa existe (1999) una oferta de 4 mil 300

cuartos en operación y, de acuerdo con sus consideraciones, la misma podría crecer al doble en un horizonte de 10 años. Contribuye a tal proyección el número de vuelos hacia ese destino y la carretera México-Acapulco que reduce el tiempo de traslado a Ixtapa.

En Huatulco -dice Olmos- existe mucha infraestructura, subestaciones eléctricas, plantas de tratamiento, etcétera, "en urbanización también hemos crecido mucho, tenemos reserva territorial con caminos de acceso a las bahías y servicio suficiente para muchos años; tenemos mucha oferta de lotes, inclusive hoteleros, debido a que Huatulco no ha tenido la demanda que se esperaba".

Actualmente, en este desarrollo existe el proyecto de un muelle para cruceros en la Bahía de Santa Cruz por medio de la Administradora Portuaria Integral (API), que se le otorgó recientemente a Baja Mantenimiento. La intención es que haya dos puertos, uno turístico y otro para la flota pesquera.

El problema que enfrenta Huatulco es la comunicación aérea y carretera; buenos medios de acceso podrían propiciar que la oferta creciera y rebasara los planes actuales. Normalmente, los planes maestros de Fonatur manejan horizontes de 10 a 15 años, pero para Huatulco el horizonte es de 20 años debido a que se tuvo que hacer un reposicionamiento.

Dentro del CIP Loreto, hay sólo un hotel funcionando; Fonatur está construyendo desde hace año y medio un hotel de 150 habitaciones en este centro, cuyo turismo es en 95 por ciento extranjero (Estados Unidos y Canadá).

Loreto tiene una marina que cuenta con superficie para 300 posiciones; hay espacio para un campo de golf y están proyectados tres o cuatro hoteles. "Actualmente se está



planteando un plan de desarrollo para 7 mil cuartos, entre casas, condominios, villas y hoteles; no significa que vayamos a tener mañana esa oferta, pero existe la capacidad, para lo cual habría que crecer en los servicios. Actualmente contamos con una subestación eléctrica y una planta de tratamiento, una carretera que es la transpeninsular, pero habría que crecer en los servicios, reforzar suministro y tratamiento de agua, etcétera", señala Mauricio Olmos.

"Nopolo es tan pequeño -agrega- que lo único que tenemos es una laguna de oxidación, tenemos los proyectos para ampliarla, pero mientras no se dé el crecimiento no tiene caso hacer la obra." En general, son planes que se tienen que llevar a cabo en los próximos dos o tres años. En el caso de Loreto, existen 438 cuartos en operación, no ha crecido mucho la demanda. En este centro, Fonatur está construyendo 150 cuartos más, un crecimiento de 30 por ciento en menos de dos años. "Nos ha faltado capacidad de alojamiento, pero en el momento que exista, el destino crecerá", refiere el entrevistado.

En Los Cabos, Fonatur tiene una pequeña reserva que incluye la dársena de San Lucas, cuyo Mantenimiento tiene la API: "nuestra propiedad se ha concentrado en la orilla de la dársena, donde todavía tenemos algunos lotes para hoteles y villas".

### **Un nuevo papel, un nuevo destino**

De acuerdo con la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC), el constructor, el inversionista y las autoridades tienen actualmente un nuevo papel dentro del sector turismo (infraestructura), pues la política de desarrollar toda la obra pública con recursos fiscales quedó atrás.

Y si bien es cierto que la creación (1974) y operación de Fonatur contribuyó a incrementar la infraestructura turística en el país -destaca la CMIC en un documento presentado en el Foro del Sector Turismo que se realizó en el mes de junio pasado-, al actuar como agente financiero del gobierno federal y ejecutar prácticamente todo el proceso de desarrollo, desde la identificación de los destinos turísticos, el diseño y construcción de infraestructura, hasta la comercialización y el mantenimiento, hoy la actuación de los sectores social y empresarial ha evolucionado, y ellos se han visto obligados a colaborar con el gobierno para complementar los recursos fiscales y así dar respuesta a las necesidades de infraestructura.

Como referencia, se mencionó el programa denominado Reactivación Económica para la Ciudad de La Paz, en el cual los empresarios de la construcción realizaron un estudio con el objeto de diagnosticar el destino de esa ciudad tomando en cuenta su vocación pasada.

Encontraron que el modelo de desarrollo se orientó en su origen a una economía agrícola y, posteriormente, al ser declarada zona libre, a la actividad comercial, la cual ha caído por las devaluaciones consecutivas y la entrada en vigor del TLCAN, y no ha desarrollado sus atractivos turísticos porque carece de la infraestructura adecuada. Por lo tanto, el planteamiento de los constructores en el programa referido se orienta a convertir a La Paz en uno de los destinos turísticos más importantes de México mediante las siguientes estrategias:

I Crear una ventaja competitiva en cuanto a calidad, acceso, mercado y consistencia de sus recursos turísticos.

I Estimular una base diversificada de demanda, creando variedad de segmentos del mercado

turístico.

I Conservar los ambientes naturales marinos y terrestres.

I Incentivar la inversión privada nacional e internacional.

I Desarrollar y mejorar los recursos turísticos.

I Mejorar y diversificar el acceso a la región.

I Promover y difundir intensamente las ventajas que ofrece como destino turístico.

I Buscar y diversificar las fuentes de financiamiento.

I Coordinar la participación del empresariado local con la ciudadanía y las autoridades para impulsar la economía local.

La inversión total para alcanzar lo propuesto asciende a 212 millones de dólares, de los cuales 56.8 % debe provenir de capital privado, 24.5 % de derechos y tarifas, 13.3 % de fondos fiscales y 5.4 % de fondos del Fideicomiso creado para la ejecución del proyecto. Se espera recuperar la inversión en un plazo no mayor de 10 años, crear un nuevo destino turístico y dar trabajo a diversas industrias, entre ellas la de la construcción.

### **Proyectos, coordinación e inversiones**

Entre los CIP y los puntos turísticos que se han ido formando independientemente de éstos, la demanda de infraestructura va en aumento. Por ejemplo, para el proyecto Escalera Náutica Región Mar de Cortés, que comprende los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa, se pretende, a través de un mínimo de inversiones de desarrollo, brindar una oferta integral de infraestructura y servicios de

apoyo náutico, carretero y portuario, así como facilitar los aspectos administrativos y de seguridad que posibiliten la internación de embarcaciones y turistas náuticos a la región del Mar de Cortés para detonar su desarrollo náutico turístico.

En la ejecución de este proyecto, participan en forma coordinada los gobiernos de los estados de la región y las secretarías de Estado con injerencia en la materia, y se promueve la participación del sector privado como inversionista y prestador de servicios, tanto en los puertos de la Escalera Náutica como en el desarrollo de marinas turísticas y sus servicios asociados, mediante un esquema de franquicias.

El turismo náutico ofrece importantes beneficios en términos de generación de divisas y derrama económica; no se ha podido desarrollar debido a las grandes limitaciones que existen en la infraestructura regional para la internación de embarcaciones, entre otros aspectos.

Se estima que, una vez solucionada la limitante referida, la internación de embarcaciones puede ascender a 76 mil 400 unidades para el año 2010, 20 mil embarcaciones más de las que actualmente se internan en las costas que comprenden la Escalera Náutica. Ello implica la incorporación de nuevos puertos.

En cuanto a infraestructura carretera, se pretende desarrollar un puente terrestre para el traslado de embarcaciones del litoral Pacífico al Mar de Cortés, mejorando 120 km existentes entre Santa Rosalillita y Bahía de Los ángeles, B.C.; facilitar la internación de embarcaciones remolcables, mejorando 102 km de la carreteras Hermosillo-Bahía de Kino, Sonora, y modernizando 154 km de la carretera Mexicali-San Felipe, entre otras obras que incluyen la modernización de la señalización.

También se tiene previsto establecer un sistema de abastecimiento de combustibles a todos los puertos de la Escalera Náutica, con la participación de concesionarios privados.

Para este proyecto, los planes son ambiciosos y requieren grandes inversiones, lo mismo que el proyecto Mundo Maya y Barrancas del Cobre. Este último comprende una región de aproximadamente 2.4 millones de hectáreas (área 54 veces mayor a la superficie de los cinco CIP referidos), conformada por nueve municipios: Batopilas, Bocoyona, Chinipas, Guachochi, Guazapares, Maguriachi, Ocampo, Urique y Uruchi.

En esta zona, donde se localizan siete barrancas que son uno de los atractivos más espectaculares de México y del mundo, la meta esperada es la construcción de mil cuartos hoteleros, mil 250 espacios para casas rodantes, 750 espacios para campamentos y 30 mil metros cuadrados de áreas comerciales. Se espera una derrama económica de 60 millones de dólares y la generación de 3 mil 900 nuevos empleos que beneficien a 15 mil habitantes de la región.

### **Un futuro promisorio**

El turismo es la actividad más dinámica del mundo junto con las telecomunicaciones; en México, ningún otro sector creció en los últimos 25 años como el turismo, pero a juicio de muchos lo mejor aún no ocurre, sino que está por suceder.

Se estima que el turismo internacional será dentro de 20 años de mil 600 millones de personas, que en vez de gastar 450 millones de dólares (cantidad actual), gastarán 2 mil millones de dólares.

Los países con vocación turística se están preparando para dar una respuesta de calidad a la demanda, generando la infraestructura en puertos, aeropuertos, carreteras y en las localidades que van a promocionar. El trabajo es arduo e implica promoción para atraer la inversión. Los retos en el sector, de acuerdo con el Consejo Empresarial Turístico, son los siguientes: que se reconozca el turismo como una actividad prioritaria, sujeta a una política de Estado que lo considere como un sector de exportación; que se ponga en práctica una política fiscal promotora de la inversión; que la industria aeronáutica sea factor de promoción de la actividad turística; que se desarrollen esquemas de financiamiento competitivos y campañas de publicidad que alcancen los mercados nacionales e internacionales con la promoción de la diversidad de atractivos de México, donde previamente se haya hecho la infraestructura.

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

**Revista Construcción y Tecnología  
Diciembre 2000**

**Todos los derechos reservados**

[ARTICULO  
ANTERIOR](#)



[ARTICULO  
SIGUIENTE](#)

# Concretos de alta resistencia



Aquí ! 

Su elaboración y los efectos de la granulometría en sus propiedades mecánicas Ingenieros Antonio Flores Bustamante, Francisco González Díaz, Luis Rocha Chiu y M. en I. Adán Vázquez Rojas

Cuando se habla de concreto de alta resistencia, es necesario indicar el rango de valores para los que el término debe aplicarse, pero antes de intentar acotar las resistencias para las cuales puede usarse esta acepción, puede ser útil describir cómo se han venido incrementando en las últimas décadas los valores de la resistencia a la compresión. En los años cincuenta, un concreto con resistencia a los esfuerzos de compresión de 350 kg/cm<sup>2</sup> (34.3 MPa) era considerado de alta resistencia; hoy día, este valor es considerado normal. En la siguiente década, valores de los esfuerzos de compresión de 400 a 500 kg/cm<sup>2</sup> (39.2 a 49.1 MPa) eran usados comercialmente en algunos sitios (principalmente en países del primer mundo), y para los ochenta ya se producían concretos con valores que llegaban casi al doble.

El desarrollo del incremento de la resistencia del concreto ha sido gradual, y seguramente las investigaciones que se efectúen encontrarán concretos con resistencias superiores. Hoy día se habla ya de concretos de muy alta resistencia,

La investigación que aquí se expone informa sobre la elaboración de concretos de alta resistencia con materiales disponibles en el área metropolitana de la ciudad de México. Sus resultados permitieron establecer un procedimiento de elaboración de mezclas en el que se determina el orden y adición de cada uno de los elementos, el curado y los métodos de prueba empleados, así como el efecto de la granulometría en las propiedades mecánicas del concreto.

cuya clasificación se propone en cuatro clases diferente,<sup>1</sup> basándose en las resistencias promedio y en la facilidad con las que éstas se pueden alcanzar tabla 1.

Estas clasificaciones no se definieron simplemente desde un punto de vista académico, ni por representar múltiplos exactos de 25 MPa (255 kg/cm<sup>2</sup>), sino porque corresponden a barreras tecnológicas actuales; sin embargo, debe reconocerse que no representan límites absolutos y seguramente se podrán encontrar excepciones.

Como se ha mencionado anteriormente, los concretos de alta resistencia se han podido elaborar desde los años sesenta; sin embargo, en la actualidad sólo se han podido comercializar intensamente en algunos lugares del mundo, como son el área de Chicago-Montreal-Toronto, Seattle y, en forma más aislada, en otros países. En estos lugares, la integración de equipos de trabajo formados por diseñadores, constructores, empresas de concreto premezclado y laboratorios especializados ha permitido que se utilice más este material de gran comportamiento, alcanzando cada vez mayores valores en su resistencia. Y por otra parte, se han construido edificios y puentes de dimensiones y claros más grandes, para los que anteriormente se pensaba por definición en materiales diferentes al concreto.

El reto que tenemos en nuestro país es, sin duda, empezar con el uso de estos materiales por parte de los diseñadores, y con la regulación de los mismos en los códigos y reglamentos correspondientes, pero las empresas premezcladoras deben garantizar su disposición, y los laboratorios, a su vez, deben ser capaces de llevar el control de calidad respectivo. Consideramos que existe actualmente la tecnología disponible para comenzar a utilizarlos; sólo basta dar el primer paso. Creemos que trabajos como éste contribuyen en parte a lograr tal propósito.



## Objetivo

El propósito de este trabajo es presentar los resultados y experiencias obtenidos en el laboratorio de Construcción de la Universidad Autónoma Metropolitana relacionados con la elaboración de mezclas de concreto de alta resistencia, en los que a la fecha se han logrado alcanzar valores de 900 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a la compresión, determinando, también, dosificación, procedimientos de mezclado y métodos de prueba.

El parámetro que en principio se consideró más importante obtener fue la resistencia a la compresión, pero al mismo tiempo se ha tenido especial cuidado con la trabajabilidad de las mezclas.

Uno de los factores que intervendrá de manera directa para obtener la resistencia que se ha fijado es, sin lugar a dudas, la economía del concreto. Esta predicción no es fácil aseverarla, porque sabemos de antemano que se requiere una buena calidad de los materiales, así como una rigurosa calidad de la elaboración de la mezcla y del equipo adecuado para su obtención.

Por otra parte, es importante señalar que se tratará de utilizar el equipo que se emplea comúnmente en un laboratorio universitario, el que puede corresponder al empleado en las obras. El propósito es tratar de economizar en el costo del concreto y de hacer accesible el procedimiento de mezclado en este tipo de circunstancias.

El alcance que se plantea este trabajo es encontrar las mejores mezclas de concreto que logren las más altas resistencias, teniendo en cuenta el procedimiento de mezclado, puesto que algunos investigadores señalan que es importante la secuencia de cada uno de los elementos del concreto.

Es conveniente destacar que aquí se presentan resultados parciales y que las resistencias logradas a la fecha se han obtenido mediante procedimientos sin control de calidad "rigurosos", como generalmente lo recomiendan la mayoría de los especialistas vinculados con estos materiales.

### **Análisis de la información**

Hasta la fecha existen diversas investigaciones a escala nacional e internacional para la obtención de procedimientos de elaboración de concretos de alta resistencia; incluso, como se mencionó anteriormente, en algunas partes se comercializan concretos de este tipo. El análisis de la información disponible permitió establecer las siguientes vertientes de trabajo sobre el programa de investigación:

I Características necesarias en los materiales que componen el concreto para lograr alta resistencia a la compresión.

I Aditivos recomendables para lograr alto comportamiento en el concreto.

I Revisión de los procedimientos de mezclado y de dosificación propuestos en cada una de las referencias analizadas.

#### *Requisitos de los materiales.*

De acuerdo con las fuentes de información, se requieren al menos las siguientes características en los materiales que componen el concreto:

Cemento. Son recomendables los tipos I y II, con contenidos significativos de silicato tricálcico (mayores que los normales), módulo de finura alto y composición química uniforme.

Grava. De alta resistencia mecánica, estructura geológica sana, bajo nivel de absorción, buena

adherencia, de tamaño pequeño y densidad elevada.

Arena. Bien graduada, con poco contenido de material fino plástico y módulo de finura controlado (cercano a 3.00).

Agua. Requiere estar dentro de las normas establecidas.

Mezcla. Relaciones agua/cemento bajas (de 0.25 a 0.35), mezclado previo del cemento y del agua con revolvedora de alta velocidad, empleo de agregados cementantes, período de curado más largo y controlado, compactación del concreto por presión y confinamiento de la mezcla en dos direcciones.

Aditivos. Es recomendable emplear alguno o una combinación de los aditivos químicos: superfluidificantes y retardantes; y, de los aditivos minerales, ceniza volante (fly ash), microsíllica (silica fume) o escoria de alto horno.

Procedimientos de mezclado. Cuando el parámetro más importante por obtener es alta resistencia a la compresión, es conveniente emplear bajas relaciones agua/cemento, cuidando esencialmente la trabajabilidad del concreto y, en consecuencia, su revenimiento. En términos generales, el procedimiento de mezclado requiere, entre otros factores, mezclado previo del cemento y del agua con una revolvedora de alta velocidad, uso de aditivos, empleo de agregados cementantes, periodo más largo de curado, de ser posible con agua, compactación del concreto por presión y confinamiento del concreto en dos direcciones.

Adicionalmente, para la producción de este tipo de concretos son indispensables el empleo selectivo de materiales, un enfoque diferente en los procedimientos de diseño y elaboración de las mezclas, atención especial en la compactación y

un control de calidad más riguroso.

Algunos investigadores usan como técnicas para la producción de concretos de alta resistencia su composición, una alta velocidad de mezclado y revibrado, y eventualmente la adición de algún aditivo para incrementar la resistencia del concreto.

### **Programa de trabajo**

Pruebas a los materiales. Una vez establecidos los requerimientos indispensables en los materiales para obtener concretos de alto comportamiento -específicamente alta resistencia a la compresión-, procedimos a la búsqueda y obtención de cada uno de los componentes del concreto que cumplieran con las características deseadas y la verificación del valor de sus propiedades mediante las pruebas correspondientes en laboratorio o en las especificaciones del fabricante.

Cemento. La producción de cementos portland en la zona metropolitana es muy variada en tipos y marcas, pero todos cumplen con las Normas Oficiales Mexicanas. En ningún momento debemos olvidar que, en la actualidad, las tecnologías de fabricación de cemento mejoran continuamente, y que una tendencia mundial es la obtención de una mayor uniformidad del producto. Sin embargo, los cementos disponibles en el país tienen variaciones que obligan a los usuarios a ajustar sus proporcionamientos con el fin de lograr los valores de resistencia y las características requeridas.

Actualmente, uno de los factores en los que existe variabilidad en la producción de cemento se presenta en el proceso de molienda, lo que se refleja en el módulo de finura del cemento envasado, lo cual, según los investigadores, afecta directamente la resistencia de los concretos. Otro factor que genera variación en la

producción es, sin lugar a dudas, la falta de uniformidad de la composición química de los insumos.

En el proyecto de investigación se consideró el empleo de diferentes marcas de cemento del tipo portland I y II, comercialmente disponibles en la zona metropolitana, con el fin de emplear el de mejores características para los propósitos del proyecto.

Como se ha mencionado, algunos autores recomiendan cementos con módulos de finura elevados y composiciones químicas específicas. En la tabla 2 se incluye la información técnica proporcionada por los fabricantes para las tres marcas de cemento empleadas, así como los límites que establecen las normas mexicanas.

Además, en los laboratorios del área de Química Aplicada de la Universidad Autónoma Metropolitana se realizaron pruebas a los cementos mediante análisis químico elemental por absorción atómica, cuyos resultados se presentan en la tabla 3.

De acuerdo con las recomendaciones de artículos especializados y con los datos que aparecen en las tablas anteriores, el cemento que ofrece las mejores perspectivas para los propósitos del proyecto es el B, debido al módulo de finura relativamente alto y a contenidos importantes de compuestos de silicio y calcio. Con estas mismas condicionantes, la segunda opción sería el cemento C.

*Grava.* Se determinaron los probables bancos de agregado grueso con los que se podría contar sin ninguna dificultad en su adquisición de manera comercial, teniendo disponibles en principio piedra triturada de caliza y basalto.

En algunos estudios realizados en el Distrito Federal en la elaboración de concretos, se ha

observado que las propiedades mecánicas mejoran al emplear gravas densas y con baja absorción. También se establece que las calizas utilizadas como agregado grueso tienen un comportamiento satisfactorio respecto a las propiedades mecánicas de concretos normales.

En principio, se emplearon tres agregados gruesos de dos tipos de roca, procedentes de diferentes puntos del valle de México. Dos de ellas provienen del estado de Hidalgo, siendo las dos calizas; y la tercera es un basalto del estado de Morelos.

Se efectuaron los análisis correspondientes para determinar su granulometría, absorción, peso específico y pesos volumétricos suelto y compacto de cada una de ellas, siguiendo los procedimientos de las Normas Oficiales Mexicanas (tabla 4).

Al revisar los resultados de las pruebas practicadas a los agregados gruesos, se observó que la caliza núm. 1 venía del banco con porcentajes superiores a los permisibles de material fino, formado principalmente por arcilla adherida al agregado grueso. Las mezclas de prueba consideraron el empleo de agregado con material fino y posteriormente lavado, y se ajustaron a los requerimientos de la norma ASTM C-33.

Se prefiere la piedra triturada a la grava redondeada, porque la geometría y la forma influyen en la adherencia en la pasta de cemento y el agregado. Se ha comprobado que el tamaño y la forma del agregado tiene gran influencia en la trabajabilidad de la mezcla.

Los procedimientos de fabricación de concreto en nuestro país nos indican que los agregados grueso y fino deben cumplir los requerimientos de la norma NOM C-77, los cuales son similares a los de la ASTM C-33. Sin embargo, para concretos

de alta resistencia se pueden permitir excepciones a los requisitos de las normas, pero deberán ser valoradas.

**Arena** La selección del agregado fino se realizó sobre la base de obtener las mejores condiciones de limpieza en cuanto a materiales contaminantes, teniendo presente que no es tan relevante la granulometría para lograr concretos de alto comportamiento. Esto último tiene relación con que este tipo de concretos contiene un alto volumen de cementantes finos, lo cual hace que la graduación de la arena usada sea poco importante en comparación con las requeridas para concretos normales. Lo que sí es recomendable es que el módulo de finura sea cercano a 3.00, sobre todo si tomamos en cuenta que se han elaborado mezclas para concretos de alta resistencia con módulos que oscilan entre 2.83 y 3.36. Estos valores ayudan a obtener una mejor trabajabilidad y resistencia a la compresión.

Se analizó la arena proveniente de la mina de Santa Fe, de origen andesítico, de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas (NOM - C 30, 73, 77, 111, 165 y 170), y se obtuvieron los resultados que se presentan en las tablas 5 y 6.

Por último, es recomendable limitar la cantidad de finos hasta un máximo de 10 por ciento, y muy especialmente los finos plásticos que puedan llegar a contener, con lo que se estará evitando la contracción lineal que estas partículas originan en la mezcla de concreto.

**Agua.** En la elaboración de concretos normales y de alta resistencia, los requisitos y características del agua sólo deben satisfacer las normas correspondientes. Para verificar las propiedades del agua empleada en las diferentes mezclas, se realizó un análisis químico-biológico en los laboratorios de Ingeniería Ambiental de la propia Universidad. Los resultados obtenidos se compararon con los requerimientos de la Norma

Oficial Mexicana NOM-C-122, encontrándose dentro de los límites que establece la misma.

**Aditivos.** El proyecto consideró el empleo de aditivos minerales y químicos; en el primer caso, se estimó conveniente el uso de microsilica, mientras que para los aditivos químicos se emplearon superfluidificantes y reductores de agua de alta eficiencia. |

**Microsilica.** Es un aditivo a partir de microsilica compactada y seca que produce en el concreto cualidades especiales en dos aspectos: rellena los espacios entre las partículas del cemento e incrementa la cantidad de gel de silicatos de calcio, mejorando la resistencia y reduciendo la permeabilidad.

**I Aditivos químicos.** El aditivo superfluidificante se empleó en combinación con un reductor de agua de alta eficiencia y retardador del fraguado para mejorar la plasticidad del concreto y controlar el tiempo de fraguado de la mezcla.

Con esta información, establecimos la necesidad de ver cómo se comportaban cada uno de los cementos con los diferentes aditivos químicos seleccionados. Se empleó la norma NOM C-61, que es similar a la ASTM C-109 para la determinación de resistencia en la prueba de compresión. La primera mezcla de mortero se realizó con la finalidad de observar el comportamiento de los elementos en condiciones normales, y se obtuvieron los resultados que se exponen en la tabla 7.

Una vez elaboradas las pruebas en morteros sin aditivos, se efectuaron los ensayos en los morteros con aditivos para determinar qué cemento, mezclado con el aditivo químico, sería el más apropiado para obtener los mejores resultados conforme a los propósitos del trabajo. Los resultados finales de esta etapa, morteros de cemento con aditivos, se aprecian en la gráfica 1.



Como se observa, el cemento "A" es el que mejor reacciona con los aditivos. En el experimento con el primer aditivo, se hicieron ensayos hasta los 91 días; con el segundo aditivo, solamente se hicieron pruebas hasta 28 días, en virtud de que la tendencia indicaba el empleo del cemento A.

### **Procedimientos empleados**

**Mezcla de prueba.** Con los ensayos y características obtenidos de cada uno de los componentes del concreto, se procedió a diseñar una mezcla base de concreto normal para una resistencia a la compresión de 400 kg/cm<sup>2</sup> y, al mismo tiempo, comparar el agregado grueso en las condiciones de granulometría que presentaba directamente del banco y efectuando lavado y cribado en el mismo para disminuir su cantidad de finos e impurezas. El resultado, en términos generales, arrojó resistencias superiores de 15 por ciento a favor de la grava controlada, lo que nos permitió concluir que los agregados gruesos con buen control de calidad son deseables en este tipo de concretos.

**Procedimiento de mezclado.** A partir de la dosificación de la mezcla base (tabla 8), se realizaron mezclas combinando aditivos minerales y químicos (microsílica y superfluidificante), empleando diferentes procedimientos de mezclado. La técnica de mezclado que en esta etapa ofreció el mejor resultado fue la que se describe a continuación:

1. Agregado grueso (caliza)
2. Agua (15%)
3. Agregado fino (arena)
4. Cemento
5. Microsílica
6. Agua (85%)
7. Aditivo químico
8. Cuatro litros de agua adicionales a la calculada para la mezcla

El empleo de la dosificación base, de la técnica de mezclado y el control de la granulometría y lavado del agregado grueso permitió incrementar la resistencia a la compresión en 25 por ciento sobre la de la mezcla base.

**Aditivo químico.** En las mezclas descritas anteriormente se consideraron cantidades fijas de los aditivos químicos y minerales. La siguiente etapa del experimento consistió fundamentalmente en aproximaciones sucesivas, variando la cantidad del aditivo químico y efectuando cambios pequeños en el procedimiento de mezclado, lo que en principio originó resistencias adicionales de 10 por ciento. Empleando grava cribada y lavada y un ajuste en la cantidad del aditivo químico, se obtuvieron pequeños incrementos en la resistencia, pero sobre todo disminuyó la variabilidad de los resultados.

**Aditivo mineral.** Una reducción controlada en el proporcionamiento de la microsílca cercana a una tercera parte arrojó resistencias similares, con la consecuente economía en el costo de la mezcla. El empleo de dos aditivos químicos mezclados en proporciones iguales y manteniendo la cantidad original de microsílca dio 15 por ciento de resistencia adicional.

**Relación agua/cemento.** La relación agua/cemento permaneció sin modificaciones durante todas las etapas descritas con anterioridad. En las últimas pruebas se agregó un poco más de cemento, resultando resistencias del orden de los 800 kg/cm<sup>2</sup>.

En la tabla 9 se aprecian de manera sintetizada los progresos alcanzados en la resistencia conforme se fueron variando los procedimientos de mezclado y la composición de la mezcla. Desde luego, se presentan las mezclas más representativas del trabajo de investigación.

El procedimiento de mezclado que ofreció los

mejores resultados en altas resistencias a la compresión fue el siguiente:

1. Agregado grueso (caliza o basalto)
2. Agua (15%)
3. Microsílica
4. Agua (25%)
5. Cemento (50%)
6. Agregado fino (arena)
7. Agua (20%)
8. Cemento (50%)
9. Agua (30%)
10. Aditivo químico diluido en el 10 % sobrante de agua

Actualmente nos encontramos trabajando con mezclas de concreto en las que el consumo de cemento no ha sido mayor a quinientos kilogramos por metro cúbico y para las que se han logrado alcanzar resistencias de 900 kg/cm<sup>2</sup>.

Es oportuno indicar que se presentaron problemas en el momento de efectuar las pruebas de compresión en los concretos de resistencias mayores a 500 kg/cm<sup>2</sup>. Se consideró que la causa podría ser que el material con el que se realiza el cabeceo de los cilindros no era lo suficientemente resistente para soportar las cargas a las que se sometía el cilindro de concreto, por lo que se realizó una serie de pruebas cuyos datos y resultados se expusieron en otro trabajo que se presentó en el X Encuentro Nacional de la Industria del Concreto Premezclado.

### **Efecto de la granulometría del agregado grueso en las propiedades mecánicas del concreto**

Una segunda etapa del proyecto de investigación consistió en revisar el efecto de la granulometría y el tipo de agregado grueso (caliza y basalto), así como el comportamiento de la mezcla ante reducciones de la cantidad de agua, con la finalidad de obtener mayores resistencias a la compresión.

Las características de la grava que tienen una mayor influencia en los concretos de alta resistencia son la configuración geométrica, su estado superficial, granulometría, propiedades mecánicas y estabilidad química.

Al utilizar una baja relación agua/cemento, un contenido alto de cemento implica la necesidad de que el agua demandada por los agregados sea lo más baja posible. La demanda de agua de la grava está en función, principalmente, de su forma y tamaño, así como de su composición mineralógica.

El agregado grueso debe tener un tamaño máximo pequeño, para conseguir una superficie de contacto pasta-grava mayor y aumentar así la superficie de adherencia.

En la composición de concretos de alta resistencia no es aplicable la consideración, habitual en concretos normales, relativa al tamaño máximo de la grava y su influencia en la resistencia. En concretos normales, el aumento del tamaño nominal implica, para una misma consistencia, la posibilidad de disminuir ligeramente el agua, lo que se traduce en un aumento de la resistencia. En los concretos de alta resistencia no procede esta afirmación, ya que este efecto puede no resultar suficientemente positivo debido a factores secundarios contrarios.

Por lo general, las gravas pequeñas son más resistentes que las de mayor tamaño, debido a que en el proceso de trituración se eliminan defectos internos de la roca de origen, como son poros, microfisuras, materiales blandos, etcétera.

En concretos de alta resistencia se recomienda que la grava proceda de trituración, ya que esto ayudará a la adherencia. Sin embargo, la grava triturada tiene el inconveniente de la mayor demanda de agua para requisitos de consistentes

similares, debido a la mayor superficie a mojar, lo que hace necesario que el agregado grueso presente un buen coeficiente de forma a fin de mejorar la trabajabilidad.

Por lo anteriormente expuesto, la mayoría de los especialistas recomienda la adopción de "tamaños nominales máximos" menores que los habituales, usando de manera genérica los comprendidos entre 10 y 15 mm, aunque se pueden usar gravas entre 20 y 25 mm, siempre que el material sea suficientemente resistente y homogéneo.

También debe considerarse que, en concretos normales, las gravas tienen una resistencia superior que la del concreto del que formarán parte. En cambio, en concretos de alta resistencia algunas de estas gravas usualmente presentan resistencias menores que las del concreto del que forman parte. Es por ello que, en concretos normales, la falla se produce al agotarse la capacidad de la pasta alrededor del agregado grueso, mientras que en los concretos de alta resistencia, como consecuencia del incremento en la resistencia de la pasta, un alto porcentaje de gravas se fractura hasta producir la falla de la mezcla en su conjunto.

Adicionalmente, las gravas deben ser lo más resistentes posible según lo requiera la resistencia del concreto, así como tener un módulo de elasticidad lo más próximo posible al del mortero endurecido, de manera que se reduzcan las deformaciones diferenciales entre ellos. Esto se requiere ya que en estos concretos se produce una gran adherencia entre el mortero y la grava, aun en cargas relativamente bajas, por lo que el agregado grueso está involucrado desde el principio con el comportamiento mecánico del concreto, como si éste fuera un material compuesto debido a la buena adherencia existente en la interfase del mortero con la grava. Es por ello que las propiedades elásticas de la grava tienen un gran efecto sobre el módulo de

elasticidad del concreto de alta resistencia. Conociendo la importancia que las propiedades generales de los agregados gruesos tienen sobre el comportamiento del concreto de alta resistencia, es preciso comprobar mediante las pruebas de laboratorio correspondientes el vínculo existente, de acuerdo con el tipo y características del concreto que se va a elaborar y de los materiales naturales disponibles (gravas y arenas).

En este sentido, esta etapa del proyecto de investigación se fijó como objetivo el análisis del efecto de la granulometría del agregado grueso en las propiedades mecánicas de los concretos de alta resistencia, específicamente, resistencia a la compresión a 56 días, módulo de elasticidad y resistencia a la tensión. Las variables para considerar fueron los dos tipos de agregado, esto es, caliza y basalto, en tres diferentes tamaños, así como reducciones en la cantidad de agua de las mezclas. Los resultados resumidos se presentan en la tabla 10.

Como se puede apreciar en los datos obtenidos, el basalto es un mejor agregado grueso para alcanzar resistencias a la compresión de mayor magnitud, mientras que la caliza es más apropiada para mayores valores del módulo de elasticidad. Además, podemos decir que con caliza las mezclas resultaron relativamente más manejables. En todas las mezclas se efectuó un control de la granulometría para cada uno de los tamaños empleados. Se destaca, desde luego, que en ambos casos -basalto y caliza-, los resultados alcanzados correspondieron con tamaños de gravas "grandes", esto es, tres cuartos de pulgada de tamaño nominal máximo.

También se obtuvieron "mejores" propiedades al reducir la cantidad de agua en el rango de entre seis y nueve por ciento. La sustitución de agua en la mezcla se hizo con un aditivo reductor de agua de alto rango, el cual le dio una consistencia más

manejable. No obstante, los resultados logrados no permiten establecer conclusiones definitivas sobre el beneficio de la reducción del agua en las propiedades de estos concretos.

Finalmente, cabe señalar que la dosificación de las mezclas se realizó para una resistencia de diseño de 500 kg/cm<sup>2</sup>, con consumos de cemento cercanos a los 600 kg por metro cúbico.

## **Conclusiones**

En la actualidad no existe una metodología específica para la elaboración de concretos de alta resistencia; sin embargo, el seguimiento de algunos de los principios generales que los especialistas han establecido en diversas investigaciones nos ha permitido desarrollar los procedimientos para obtener estos concretos en un período de tiempo relativamente corto y, sobre todo, utilizando los materiales en la forma más parecida a las condiciones y propiedades que tienen cuando se emplean en las obras.

Además, se encontró que el tamaño del agregado no es un requisito indispensable para la elaboración de mezclas de concreto de alta resistencia. Se estableció que es definitivamente conveniente emplear basalto si lo que se busca son altos valores a la compresión, mientras que para un mejor comportamiento elástico conviene utilizar calizas. Estas conclusiones serían válidas en la zona metropolitana de la ciudad de México, ya que los materiales son de bancos ubicados en esta área urbana.

Hasta la fecha no hemos empleado alta velocidad de mezclado, revibrado ni otras técnicas que pueden disponerse en las obras y en las plantas premezcladoras para el mejoramiento de las propiedades y el desempeño de los concretos de alta resistencia; creemos que pruebas que consideren estos aspectos redundarán en beneficios a la resistencia del concreto.

Los resultados de este proyecto nos han permitido encaminar la realización de los trabajos futuros hacia el desarrollo de técnicas de elaboración de concretos de alta resistencia en forma convencional y que las correspondientes pruebas de control de calidad puedan efectuarse en laboratorios "poco equipados". Esto es, empleo de cilindros de prueba más pequeños, mezclas especiales de azufre para cabeceo y la definición específica del procedimiento de mezclado, incluyendo, también, la determinación de otras características, como son resistencia a la tensión y a la abrasión, inhibición de la corrosión del acero de refuerzo y costos de las mezclas.

### **Bibliografía**

Actin, P.C., P. Laplate y C. Bedard (1987), "Development and experimental use of a 90 MPa field concrete", ACI SP-87-5, pp. 51-70.

Bentur, A. y M.D. Cohen, "Effect of condensed silica fume on the microstructure of the interfacial zone in portland cement mortars", Journal of the American Ceramic Society, vol. 70, 1987, pp. 783-43.

Fiorato, Anthony E. "PCA research on high-strength concrete", Concrete international: Design & Construction, vol. II, núm. 4, abril de 1989, pp. 44-50.

Goldman, A. y A Bentur, "Bond effects in high strength silica fume concretes", presentado para su publicación, RAF.

González-isabel, Germán, Hormigón de alta resistencia, INTEMAC, España 1993.

Mendoza, C.J.,C. Aire y A. Fuentes, "Concretos de alta resistencia, fabricados con materiales comunes en el Distrito Federal", informe preliminar para la Dirección General de Obras, Departamento



del Distrito federal, junio de 1991.

Perenchio, W.F. y P. Klieger, "Some physical properties of high strength concrete", Research and Development Bulletin, núm. RD 056.01t, Portland Cement Association, 1978, p. 7.

Los autores son investigadores de la Universidad Autónoma Metropolitana y el artículo reproduce la ponencia que ellos presentaron en el 10º Encuentro Nacional de la Industria del Concreto Premezclado / 1ª Reunión Latinoamericana del Concreto Premezclado. .

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

**Revista Construcción y Tecnología  
Diciembre 2000**

**Todos los derechos reservados**

[ARTICULO  
ANTERIOR](#)



[ARTICULO  
SIGUIENTE](#)

# La carbonatación, enemigo olvidado del concreto

Rick Montani

La carbonatación es un fenómeno natural que ocurre todos los días en miles de estructuras de concreto en todo el mundo. Es un proceso bien comprendido que ha sido investigado y documentado perfectamente. En concreto que no contiene acero de refuerzo, la carbonatación es, generalmente, un proceso de pocas consecuencias. Sin embargo, en el concreto reforzado, este proceso químico aparentemente inocuo, avanza lenta y progresivamente hacia adentro desde la superficie expuesta del concreto, y asalta al acero de refuerzo causando la corrosión. Aunque la carbonatación es una causa de la corrosión menos importante que los cloruros, no por ello es menos seria en términos del daño que provoca y del dinero que cuesta remediar sus efectos.

Uno puede preguntarse por qué razón un proceso tan común y natural como la carbonatación no ha sido ampliamente reconocido en Estados Unidos como una causa seria de corrosión de las varillas de refuerzo. Algunos creen que la carbonatación es causada por los calentadores que queman combustible y que se usan en interiores. Aunque estos calentadores pueden liberar grandes cantidades de dióxido de carbono (el culpable de la carbonatación), sólo se requiere una pequeña concentración de CO<sub>2</sub>, que normalmente se encuentra en la atmósfera (0.03 por ciento) para que ocurra la



**Aquí!** 

A menudo poco atendida, la carbonatación es un proceso de avance lento pero continuo que culmina con la corrosión del acero en el concreto reforzado y llega a dañar seriamente una estructura. El perjuicio y el costo que esto puede acarrear son razones suficientes para reconocer el valor de esta información, en la que se define el fenómeno y se explica cómo se produce, cómo se detecta y cómo se combate.

carbonatación del concreto.<sup>2</sup> Hay quien piensa que la carbonatación del concreto es un problema que ocurre únicamente en Europa y cita como una razón las mezclas de concreto de menor calidad y los estándares europeos. Sin embargo, la única diferencia de consecuencias reales entre el concreto de Europa y el del resto del mundo es su edad: el de Europa, en general, es más viejo. Consecuentemente, el primer lugar donde hubo que encarar la corrosión del concreto inducida por la carbonatación fue Europa.

### **¿Qué es la carbonatación?**

La carbonatación en el concreto es la pérdida de pH que ocurre cuando el dióxido de carbono atmosférico reacciona con la humedad dentro de los poros del concreto y convierte el hidróxido de calcio con alto pH a carbonato de calcio, que tiene un pH más neutral (figura 1). ¿Por qué es un problema la pérdida de pH? Porque el concreto, con su ambiente altamente alcalino (rango de pH de 12 a 13), protege al acero de refuerzo ahogado contra la corrosión. Esta protección se logra por la formación de una capa de óxido pasivo sobre la superficie del acero que permanece estable en el ambiente altamente alcalino. Esta es la misma capa pasivadora que atacan los cloruros cuando alcanzan el acero de refuerzo expuesto a sales descongelantes y ambientes marinos.

Cuando progresa la carbonatación hacia la profundidad del refuerzo, la capa de óxido protectora y pasivadora deja de ser estable. A este nivel de pH (por debajo de 9.5), es posible que empiece la corrosión, resultando finalmente en el agrietamiento y astillamiento del concreto (figura 2). Aunque la difusión del dióxido de carbono a través de los poros de concreto pueda requerir años antes de que ocurra el daño por corrosión, puede ser devastadora y muy costosa de reparar.

Es muy importante identificar la presencia de la carbonatación cuando también hay cloruros en el concreto. En el concreto nuevo que tiene un pH de 12 a 13, se requieren aproximadamente de 7,000 a 8,000

partes por millón (ppm) de cloruros para comenzar la corrosión del acero ahogado. Sin embargo, si el pH baja a un rango de 10 a 11, el umbral de cloruro para la corrosión es significativamente menor -100 ppm o menos-. Por esta razón, una investigación de la condición para la mayoría de las estructuras de concreto en proceso de corrosión debe siempre incluir un análisis de la profundidad de carbonatación.

Afortunadamente para los propietarios, especificadores y contratistas, la carbonatación es una condición relativamente sencilla de identificar y diagnosticar. La manera más fácil de detectar la carbonatación en una estructura es romper un pedazo de concreto (preferentemente cerca de un borde) en donde se sospeche que hay carbonatación. Después de soplar todo el polvo residual del espécimen o del sustrato, se pulveriza una solución de 1 o 2 por ciento de fenolftaleína en alcohol sobre el concreto (figura 3). Las áreas carbonatadas del concreto no cambiarán de color, mientras que las áreas con un pH mayor de 9 a 9.5 adquirirán un color rosado brillante.<sup>3</sup> Este cambio muy apreciable de color muestra cuán profundamente ha progresado el "frente" de carbonatación dentro del concreto. Existen otros métodos y otros indicadores para detectar la carbonatación, pero éste es, con mucho, el método más fácil y común de detección.

Las agencias de prueba calificadas realizan estas pruebas rutinariamente como parte de una investigación de la condición en edificios y estructuras de concreto. Además de las pruebas de carbonatación, estas investigaciones de la condición incluyen con frecuencia pruebas de resistencia del concreto, valoraciones de la profundidad del recubrimiento, contenido de cloruro y permeabilidad del concreto.

### **Factores que afectan la carbonatación**

Tal como se mencionó antes, el proceso de carbonatación es completamente natural. También se ve afectado por variables naturales que se encuentran en el concreto. El aumento de carbonatación depende, en gran medida, del contenido de humedad y

permeabilidad del concreto.

Contenido de humedad del concreto. Como se muestra en la figura 1, para que tenga lugar la carbonatación, debe haber presencia de humedad. La reacción de carbonatación avanza más rápidamente cuando la humedad relativa en el concreto se encuentra entre 50 y 55 por ciento.<sup>4</sup> A humedad más baja, no hay suficiente agua en los poros del concreto para que se disuelvan cantidades significativas de hidróxido de calcio. Por encima de 75 por ciento de humedad, la situación se revierte y los poros se bloquean progresivamente con agua.

Aunque esto permite que se disuelva libremente el hidróxido de calcio, evita en gran medida el ingreso del dióxido de carbono. Así se explica por qué diferentes lados de la fachada de un edificio de concreto, por ejemplo, pueden variar grandemente en la profundidad de sus frentes de carbonatación. Una fachada expuesta al mar puede tener poca carbonatación debido a su contenido constantemente alto de humedad, mientras que la carbonatación puede haber avanzado a niveles más profundos en los otros lados del edificio.

Permeabilidad del concreto. El concreto permeable se carbonatará rápidamente. Muchos años de protección contra la carbonatación pueden sumarse al concreto reforzado si los constructores simplemente siguen las prácticas estándar para producir concreto de baja permeabilidad. Éstas incluyen relaciones bajas de agua/cemento, compactación apropiada por vibración, uso de puzolanas tales como ceniza volante o humo de sílice y curado apropiado. Todas estas prácticas reducen la permeabilidad del concreto y hacen más difícil para que el dióxido de carbono se difunda a través de él.

Recubrimiento del concreto y defectos de superficie. La carbonatación puede inclusive causar problemas de corrosión aun en concreto de alta calidad. Un recubrimiento bajo del concreto y defectos de superficie tales como grietas y pequeños hoyos

proporcionan una ruta directa al acero de refuerzo. La figura 4 muestra claramente de qué manera una grieta ha llevado la carbonatación muy por debajo de la superficie expuesta de concreto. No pasará mucho tiempo antes de que el acero en el área de esta grieta empiece a corroerse debido a la pérdida de pasivación.

Del mismo modo, los pequeños hoyos pueden, a veces, dar como resultado la pérdida de 12 mm o más del recubrimiento protector del concreto. Si ha de usarse un recubrimiento protector anticarbonatación, los pequeños hoyos y otros defectos de la superficie deben rellenarse primero con un "mortero nivelante" para evitar roturas en el recubrimiento protector.

Los bordes del recubrimiento de concreto son notables por su susceptibilidad a la corrosión inducida por carbonatación. Como se ve en la figura 5, los bordes o las esquinas tienen dióxido de carbono que se difunde hacia el acero de refuerzo en dos direcciones. Si el acero en estas áreas no tuviera un recubrimiento de concreto adecuado, la carbonatación conduciría a la corrosión y podría causar astillamiento en los bordes en muy pocos años. Durante la construcción original, las esquinas son también áreas donde con frecuencia el concreto no está bien compactado. Los huecos y los agregados expuestos de la superficie reducen el recubrimiento de concreto, permitiendo que la carbonatación alcance rápidamente el acero.

### **Estrategias de reparación y protección**

La investigación de la condición debe siempre constituir la base para un enfoque de reparación y protección. Antes de que pueda prescribirse un remedio apropiado, debe completarse un diagnóstico minucioso. Para estructuras a las que se ha diagnosticado corrosión, agrietamiento y astillamiento inducidos por la carbonatación, existen pocas opciones de reparación.

Se puede elegir la protección catódica (PC) si el daño por corrosión es severo.<sup>5</sup> Sin embargo, esta es una opción costosa y requiere la continuidad eléctrica del

refuerzo, así como también costos sustanciales para el mantenimiento progresivo. La realcalinización es una técnica bastante nueva que pretende restaurar la alta alcalinidad del recubrimiento de concreto extrayendo electroquímicamente un químico con alto contenido de pH en la estructura.<sup>6</sup> Se trata también de una opción costosa con un historial muy limitado.

Con frecuencia, la opción más factible es reparar y proteger el concreto. Esta es una técnica de reparación directa que atiende claramente la necesidad inmediata del propietario.<sup>7</sup> Sin embargo, la reparación del daño visible es sólo el primer paso para una reparación duradera del concreto dañado por la corrosión. Las áreas resanadas cubren usualmente sólo alrededor de 15 por ciento de toda el área de la superficie, pero el área total de ésta ha sido carbonatada. Si sólo se resana el daño visible, sin preocuparse por las causas subyacentes, no pasará mucho tiempo antes de que ocurra mayor astillamiento. Con frecuencia, un propietario ha pagado mucho dinero por un enfoque de reparación para verse finalmente ante más astillamientos en nuevas áreas en el término de dos años. Esto se debe a que el problema de la carbonatación nunca se resolvió de manera efectiva.

Recubrimientos anticarbonatación. Para detener efectivamente el avance del "frente de carbonatación", con frecuencia se emplean recubrimientos anticarbonatación. Al contrario de las pinturas de mampostería o los recubrimientos elastoméricos comunes, los recubrimientos anticarbonatación están específicamente diseñados para detener el ingreso del dióxido de carbono. Existen en Europa métodos de prueba estandarizados para evaluar la resistencia al dióxido de carbono de un recubrimiento. La figura 6 muestra la ilustración de una de tales pruebas, donde puede medirse el coeficiente de difusión del CO<sub>2</sub> de un material. Estas pruebas han demostrado que un recubrimiento anticarbonatación de alta calidad puede agregar protección a la varilla de refuerzo en una cantidad igual a muchos centímetros de recubrimiento de concreto. Los recubrimientos anticarbonatación deben ser recubrimientos respirables que puedan

obtenerse en variedades rígidas o capaces de puentear grietas.

Es importante entender que no todos los recubrimientos resisten el dióxido de carbono. Muchos recubrimientos elastoméricos impermeables al agua no forman una barrera efectiva para el CO<sub>2</sub>. El uso de tal recubrimiento puede, en efecto, acelerar la carbonatación, secando el concreto a tal grado que permita el ingreso más rápido del CO<sub>2</sub>.

De manera similar, los selladores penetrantes con frecuencia se usan erróneamente para proteger contra la carbonatación. Los materiales a base de silicón tales como los silanos y los siloxanos son repelentes del agua, pero no evitan que entre el dióxido de carbono a los poros del concreto. Y al secar el concreto, también pueden incrementar la rapidez de carbonatación.<sup>4</sup>

Inhibidores de corrosión. Refiriéndonos nuevamente a la figura 2, la gráfica inferior muestra que el frente de carbonatación ha alcanzado ya la profundidad del refuerzo de acero. En situaciones como ésta, el recubrimiento anticarbonatación, aunque detiene el progreso ulterior de la carbonatación, no podrá detener la corrosión existente que ya está teniendo lugar. La investigación ha demostrado que existe todavía suficiente humedad en el concreto para continuar corroyendo la varilla de refuerzo.<sup>8</sup>

La tecnología actualmente en desarrollo de los inhibidores de corrosión puede ayudar a resolver la corrosión existente. En estas situaciones, los inhibidores de corrosión aplicados a la superficie, y que se pueden difundir a través del concreto que sirve de recubrimiento, pueden aplicarse en spray o con rodillos en la superficie de concreto antes de aplicar un recubrimiento anticarbonatación.

Este enfoque utiliza el inhibidor de corrosión para tratar la corrosión existente en la varilla de refuerzo, y el recubrimiento anticarbonatación agrega una protección efectiva. Los inhibidores de corrosión pueden probar su efectividad cuando se usan en situaciones similares,




con selladores y membranas, donde los cloruros han alcanzado ya el nivel del refuerzo.

Es necesario que en Estados Unidos se reconozca la carbonatación como una causa seria de la corrosión del acero de refuerzo. A diferencia de los cloruros, el papel de la carbonatación en la corrosión de la varilla de refuerzo se ha descuidado con mucha frecuencia. Para evitar esto, las pruebas de la profundidad de la carbonatación deben siempre incluirse en la evaluación del concreto dañado por corrosión.

## **Referencias**

1. Parrot, L.J., "A Review of Carbonation in Reinforced Concrete", Cement and Concrete Association, Building Research Establishment, julio de 1987.
2. Roberts, M.H., "Carbonation of Concrete Made with Dense Natural Aggregates", BRE Information Paper, abril de 1981.
3. Campbell, D.H., R.D. Sturm y S.H. Kosmatka, "Detecting Carbonation", Concrete Technology Today, marzo de 1991.
4. Davies, H. y G.W. Rothwell, "The Effectiveness of Surface Coatings in Reducing Carbonation of Reinforced Concrete", BRE Information Paper, mayo de 1989.
5. Broomfield, J.P., "Cathodic Protection of Reinforced Concrete", Society for the Cathodic Protection of Reinforced Concrete, Report núm. 001.95, 1995.
6. Mietz, J., B.Isecke, B. Jonas y F. Zwiener, "Restoration of Reinforced Concrete Structures by Electrochemical Realkalization", Proceedings from the Third International Colloquium on Material Science and Restoration, Berlín, Alemania, 1991.
7. "Guide for Surface Preparation for the Repair of Deteriorated Concrete Resulting from Reinforcing Steel Corrosion", International Concrete Repair Institute, 1995.
8. Chaker, V., M. Funahashi y W. Awiat, "The Use of Linear Polarization to Evaluate the Effectiveness of Membranes at the New York Trade Center", NACE Annual Conference and Corrosion Show, marzo de 1991.



Rick Montani es director de producto de ingeniería en Sika Corp, Lyndhurst, N.J.

Este artículo se publicó en Concrete Repair Digest y se reproduce con la autorización de The Aberdeen Group.

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

**Revista Construcción y Tecnología**

**Diciembre 2000**

**Todos los derechos reservados**

[ARTICULO  
ANTERIOR](#)



[ARTICULO  
SIGUIENTE](#)



## Notas del acontecer



### **XII Reunión Nacional e Internacional de Ingeniería Económica, Financiera y de Costos**



Con este nombre se llevó a cabo el encuentro que organizó la Sociedad Mexicana de Ingeniería Económica, Financiera y de Costos, A.C., con el propósito de buscar la apertura de nuevos horizontes profesionales "donde pueda la ingeniería seguir desarrollándose, contribuyendo al fortalecimiento empresarial bajo esquemas de autogeneración de trabajo".

El objetivo de la reunión fue "dar a conocer los avances que en materia de costos ha tenido la ingeniería, los cambios en aquellos reglamentos y legislaciones que regulan la presupuestación de obras públicas, reconocer la importancia que tanto la ingeniería de costos como la ingeniería financiera tienen en la ingeniería económica de la pequeña, mediana y gran empresa, los avances de sistemas de control, las nuevas herramientas de supervisión, administración y los productos financieros que se tienen al alcance".

Presidió la ceremonia de inauguración el ingeniero César Buenrostro Hernández, secretario de Obras y Servicios del Gobierno de la Ciudad de México, quien pronunció un mensaje en el que mostró su

preocupación por lo que sucede en la industria de la construcción, en la ingeniería y en las ingenierías de nuestro país a partir de la crisis que se viene arrastrando desde hace 20 años, pero especialmente desde la firma del Tratado de Libre Comercio y la expansión de la globalización.

Se refirió a la situación de difícil competencia en que se encuentran las empresas nacionales frente a las internacionales, que llegan y ganan concursos para que luego el trabajo sea hecho por ingenieros mexicanos y empresas mexicanas a precios sustancialmente bajos. Ante esta situación, propuso revisar aspectos fundamentales de tendencias que operan en ese sentido, y también el derecho comparado, para analizar en qué condiciones operan las empresas internacionales de otros países y de qué apoyos gozan para poder salir a competir internacionalmente.

El ingeniero Víctor Iván Pacheco Villaldama, presidente de la Sociedad, dio la bienvenida a los conferencistas y participantes y aludió a la oportunidad que ofrecía el encuentro de conjuntar la experiencia de los ingenieros que han creado las infraestructuras, los métodos y los conocimientos que actualmente se utilizan con los que están creando hoy día los ingenieros de vanguardia. También se refirió a los retos que plantea la época para el país y a la necesidad de que tanto mexicanos como extranjeros participen en igualdad de condiciones para que no prevalezca uno por la extinción del otro.

Luego de esto, comenzó el desarrollo de un nutrido programa de conferencias sobre los temas de mayor relevancia e interés para quienes se dedican a estas ramas de la ingeniería. Una vez finalizados los trabajos, se procedió a la ceremonia de clausura, presidida por el ingeniero Jaime Luna Traill, presidente del Colegio de Ingenieros Civiles de México y por el ingeniero Fernando Favela Lozoya, director general de la

Reunión y miembro distinguido del Consejo Consultivo de la Sociedad.

La conferencia plenaria estuvo a cargo del ingeniero Carlos Suárez Salazar, asesor de la vicepresidencia de Relaciones Institucionales de la CMIC ante la Secodam, quien hizo un reconocimiento a los ponentes por la riqueza, profundidad, calidad e importancia de sus aportaciones y expuso una reseña de lo tratado en las conferencias presentadas dentro del área de la ingeniería de costos, de la ingeniería financiera y de la ingeniería económica Primer Encuentro Latinoamericano de la Prefabricación y el Presfuerzo Convocado por la Asociación Nacional de Industriales del Presfuerzo y la Prefabricación, A.C. (ANNIPAC), tuvo lugar en la ciudad de Veracruz el Primer Encuentro Latinoamericano de la Prefabricación y el Presfuerzo (Séptimo Congreso Nacional), con sede en la Universidad Veracruzana.

La decisión de extender esta vez la convocatoria del congreso a todo el ámbito latinoamericano respondió a la intención de crear un foro común en el que representantes de las diferentes naciones tuvieran la oportunidad de exponer cómo se ha desarrollado la prefabricación y el presfuerzo en su país de origen. El doctor Víctor A. Arredondo Álvarez, rector de la Universidad Veracruzana, y el ingeniero Francisco Ávila Camberos, presidente municipal de la ciudad de Veracruz, inauguraron la reunión, que contó con la presencia del arquitecto Thomas Battles, presidente del Precast / Prestressed Concrete Institute (PCI) de Estados Unidos.

Al declarar inaugurados las actividades del congreso, el doctor Arredondo planteó la necesidad de reflexionar y revisar los conceptos relativos a la prefabricación y el presfuerzo a la luz de lo que serán los dos grandes temas del primer cuarto del siglo XXI: la gente y el medio ambiente. Destacó la importancia del papel que

juegan la ingeniería y los desarrollos en prefabricación y presfuerzo para satisfacer las demandas de una población que crece, pero que además reproduce la pobreza.

Manifestó que no sólo se trata de generar proyectos de vivienda y desarrollar la infraestructura física necesaria para las comunidades alejadas y marginadas, sino que es preciso hacerlo desde una perspectiva que tome en cuenta también el medio ambiente. De lograr el desarrollo de soluciones que equilibren las necesidades de la gente y la necesidad de un desarrollo sustentable en relación con el medio ambiente, dijo, se estará en condiciones de propiciar y asegurar la gran expectativa que es elevar los niveles de calidad de vida de sectores importantes de la población.

Hizo una breve mención de la labor de la Universidad Veracruzana en el sentido de incorporar este enfoque en sus planes de estudio, y también comentó acerca de un desarrollo hecho en Veracruz aplicando estos criterios: un estacionamiento público construido con elementos prefabricados que, mediante la solución de adocretos, permite la filtración de agua, el manejo de temperaturas y la reforestación. Para terminar, anunció el próximo inicio en la Universidad de una especialidad relacionada con la prefabricación y el presfuerzo.

Una vez que se iniciaron los trabajos, se presentaron 27 conferencias, 15 de las cuales estuvieron a cargo de conferencistas nacionales, y 12 correspondieron a extranjeros. De manera simultánea, se realizó una exposición de proveedores de la industria de la prefabricación, en la que participaron Cementos Apasco, Moldequipo Internacional, Itisa, Tycsa, Inpresa, Sepsa, Mixer Systems, Mi-Jack, Anippac, Premex, IMCYC, Representaciones Hercab, Universidad Veracruzana, Acerocentro y Pretecsa.



También hubo premios, que fueron entregados durante una cena que tuvo como marco el Museo de la Ciudad de Veracruz: por un lado, el premio a la Mejor Tesis a Nivel Nacional, ganado por el ingeniero Víctor Hugo Ruiz Martínez, y por otro, los premios a las mejores obras, que en la categoría Edificación fue otorgado al Grupo Ticonsa por el hotel Moon Palace de Cancún; en Edificación con Sistemas de Piso de Bajo Peralte lo obtuvo Premex con la obra Cinemex Perinorte, en la ciudad de México; en Puentes lo recibió Sepsa por el Puente Carretero de Cuernavaca Ayuntamiento 2000; en Naves Industriales lo ganó Inpresa por el Sam's Club de Puebla; en Fachadas Prefabricadas lo obtuvo Fapresa con el Conjunto Habitacional del Bosque, en la ciudad de México, y en Varios o Aplicaciones Especiales, quedó en manos de ICA por la línea B del Metro de la ciudad de México. Además, se hizo entrega del premio "Ingeniero Francisco Robles Fernández a la Trayectoria Profesional, otorgado al ingeniero René Carranza Aubry. El premio "Augusto Caire Dumas", que reconoce el Desarrollo Tecnológico de una empresa, se entregó a Vibosa en honor a su fundador -por haber sido declarado desierto el concurso- y lo recibió su hijo, el ingeniero Pablo Caire Obregón. Según la evaluación hecha por los organizadores del encuentro, los resultados fueron espectaculares, tanto en asistencia como en contenido.

Además de los participantes de México, se contó con la presencia de personalidades de Argentina, Colombia, Cuba, El Salvador, Honduras, República Dominicana, Uruguay y Venezuela, lo que permitió conocer el importante desarrollo y crecimiento que ha tenido la industria en los diferentes países.

**Instituto Mexicano del Cemento y del  
Concreto, A.C.  
Revista Construcción y Tecnología**

**Diciembre 2000**  
**Todos los derechos reservados**

[ARTICULO  
ANTERIOR](#)



[ARTICULO  
SIGUIENTE](#)





# Punto de encuentro

---



## **Simposio Internacional sobre Concreto de Alto Desempeño**

Del 10 al 15 de diciembre en Hong Kong y Shenzhen, China

Informes: <http://home.ust.hk/~cehpc>

E-mail: [cehpc@ust.hk](mailto:cehpc@ust.hk)

---

## **29ª Convención Anual de la Asociación de Corte y Perforación del Concreto**

Del 20 al 24 de enero de 2001 en Tucson, Arizona.

Informes: Tel.: 614-798-2252

Fax: 614-798-2255

Web site: [www.cstda.org](http://www.cstda.org)

---

## **Conferencia Internacional IABSE: Seguridad, Riesgo y Confiabilidad / Tendencias en la Ingeniería**

Del 21 al 23 de marzo de 2001 en la isla de Malta

Informes: Tel.: +41-1-633 2647

Fax: +41-1-633 1241

E-mail: [malta.2001@iabse.ethz.ch](mailto:malta.2001@iabse.ethz.ch)

Web site: [www.iabse.ethz.ch/conferences/malta/](http://www.iabse.ethz.ch/conferences/malta/)

---

## **BAUMA 2001: Feria Internacional de Maquinaria, Vehículos y Construcción**

Del 2 al 8 de abril de 2001 en Munich, Alemania

Informes en México: Camexa Servicios, S.A. de C.V.

Tel.: 5 245 11 76 y 5 251 33 47  
Fax: 5 251 53 94  
E-mail: [tradefairs@ahkmexiko.com.mx](mailto:tradefairs@ahkmexiko.com.mx)

---

**10º Congreso Internacional sobre Polímeros en Concreto**

Del 21 al 24 de mayo de 2001 en Honolulu, Hawaii  
Informes: Prof. David W. Fowler, University of Texas at Austin, Department of Civil Engineering EJC 5.2  
Tel.: (512) 471-4498  
Fax: (512) 471-3191  
E-mail: [dwf@mail.utexas.edu](mailto:dwf@mail.utexas.edu)

---

**2º Simposio Mundial de la ECCE / Información y Tecnología de la Comunicación en la Práctica de la Ingeniería civil y la Edificación**

Del 6 al 8 de junio de 2001 en Espoo, Finlandia  
Informes: Tel.: +358 9 6840 7818 / +358 9 6840 780  
Fax: + 358 9 1357670  
E-mail: [siv.forsten@ril.fi](mailto:siv.forsten@ril.fi) o [ril@ril.fi](mailto:ril@ril.fi)  
Internet: [www.ril.fi/ecce.htm](http://www.ril.fi/ecce.htm)

---

**14º Congreso Mundial de la Carretera de la IRF**

Del 11 al 15 de junio de 2001 en París, Francia  
Informes: Tel.: 33. (0)1.44.88.25.25  
Fax: 33. (0)1.40.26.04.44  
E-mail: [fournier@socfi.fr](mailto:fournier@socfi.fr)  
Internet: <http://www.socfi.fr>

---

**Conferencia IABSE sobre Puentes Soportados por Cables / Reto de los límites técnicos**

Del 12 al 14 de junio de 2001 en Seúl, Corea  
Informes: Tel.: +82-335-336-8375  
Fax: +82-335-336-8376  
E-mail: [seoul2001@iabse-kr.org](mailto:seoul2001@iabse-kr.org)

---

**1ª Conferencia Mundial sobre Túneles de Vías**

## Urbanas

Del 14 y 15 de junio de 2001 en París, Francia

Informes: Tel.: 33 (0)1 44 64 15 15

Fax: 33 (0)1 44 64 15 16

E-mail: [p.fournier@colloquium.fr](mailto:p.fournier@colloquium.fr)

Internet: [www.irfparis2001.com](http://www.irfparis2001.com)

---

## 3ª Conferencia Internacional sobre Concreto bajo Condiciones Severas / Medio Ambiente y Carga

Del 18 al 20 de junio de 2001 en Vancouver, BC, Canadá

Informes: Profesor N. Banthia, University of British Columbia, Department of Civil Engineering

Tel.: 1(604) 822-9541

Fax: 1(604) 822-6901

E-mail: [banthia@civil.ubc.ca](mailto:banthia@civil.ubc.ca)

---

## 7º. Simposio Internacional sobre Ferrocemento y Compuestos Delgados del Cemento Reforzado

Del 27 al 29 de junio en Singapur

Informes: Dr. M.A. Mansur, National University of Singapore, Department of Civil Engineering

Fax: (65) 779 1635

E-mail: [cvemansu@nus.edu.sg](mailto:cvemansu@nus.edu.sg)

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

**Revista Construcción y Tecnología**

**Diciembre 2000**

**Todos los derechos reservados**

[ARTICULO ANTERIOR](#)



[ARTICULO SIGUIENTE](#)