

El concreto en el año 2000

En 1972, la *Revista IMCYC* vaticinaba que el concreto, en el año 2000, sería usado de manera más amplia siendo además un mejor producto.

(Resumen del artículo publicado en la *Revista IMCYC*, números 57 y 58, de julio-octubre de 1972).

Actualización: Eduardo Vidaud.

El resumen del artículo que presentamos fue un Informe del Comité especialmente designado en el ACI para el desarrollo del tema. Fue publicado originalmente en la revista *ACI Journal*, de agosto de 1971. Los autores fueron, entre otros, el presidente del Instituto Americano del Concreto (ACI por sus siglas en inglés) en el año 1967 (fuente: www.concrete.org/members/mem_info_pres.htm), Clyde E. Kesler. Veamos cómo veían al concreto y a su entorno en ese año, y que ha sucedido cuarenta años después.

"Edificios con alturas de 600 a 900 m; puentes con claros de 500 a 600 metros; ciudades flotantes; ciudades subterráneas o submarinas estarán construidas de concreto que no se fracturará, que no se deteriorará y que tendrá resistencia de más de 4200 kg/cm², si se desea". Lo que se planteaba en aquel artículo, no estaba tan lejos de la actual realidad. Hoy, existen edificios de más de 800 metros de altura; siendo un icono de este aspecto, el edificio Burj Dubai de 828 m de altura,

construido entre septiembre del 2004 y enero del 2010 en los Emiratos Árabes Unidos. Esta edificación, además de ser la más alta erigida por el ser humano, ostenta el récord de ser el edificio en donde a más altura se ha tenido que bombear el concreto. En este caso, se llevó por bombeo, hasta algo más de 600 metros.

Fig. 1: Edificio Burj Dubai de 828 m de altura, construido en Emiratos Árabes Unidos.



Fuente: <http://www.microsiervos.com/archivo/arte-y-diseno/burj-dubai-joi-ito.html>.



1974 Se llevan a cabo investigaciones sobre concreto confinado de peso ligero.

1975 La revista del IMCYC llega a los 11 mil ejemplares.



Respecto a los puentes, actualmente hay registros de puentes mixtos de concreto y acero, con longitudes mayores a los 3 kilómetros; dos ejemplos son: los puentes Lupu de 3,900 m y Wushum de 612 m, en las ciudades de Shanghai y Chongqing.

Si bien no hay registros actuales de resistencias a la compresión de 4200 kg/cm²; si se tienen evidencias, de que en actualidad se han logrado diseñar concretos, a nivel de laboratorio, de más de 1,500 kg/cm² de resistencia a la compresión; por ejemplo, en algunos de los edificios altos diseñados actualmente, como el propio Burj Dubai, se ha usado concreto de 800 kg/cm².

"Las materias primas para el concreto no sólo serán obtenidas de los minerales naturales de la corteza terrestre sino de desechos de los mares, y cada vez más las sustancias orgánicas. Los plásticos llegarán a ser un ingrediente más del concreto en vez de ser sus competidores. El concreto será producido en forma continua e inspeccionado automáticamente a medida que se produce". Los niveles de contaminación actualmente existentes han traídos como consecuencia el uso de otro tipo de agregados, tal es el caso de los residuos procedentes de las demoliciones de obras de concreto. Uno de los grandes retos es lograr mezclas de concreto de buenas prestaciones mecánicas, con el uso de este tipo de agregados.

"En 1972 la tasa de producción de concreto fue en los Estados Unidos aproximadamente de 1,400 kg por persona, y en el mundo 900 kg por persona por año. La demanda aumentará a medida que continúen las innovaciones en el concreto, puesto que nuestra sociedad tendrá la necesidad de un gran programa de construcción. Si la población se duplica en los próximos treinta años, un programa sin precedente que implique un volumen de construcciones equivalente al de todo lo construido en los últimos trescientos años". Para 1970, los edificios más altos tenían en el orden de 100 niveles y 420 m de altura, hoy en día el Burj Dubai llega a tener 162 niveles y como se comentó tiene una altura de 828 m. Hasta el año 2000, se producían 6,000 millones de metros cúbicos de concreto en el

Fig. 2: Puente Lupu de 3900 metros de longitud, construido en Shanghai, China.



Fuente: <http://kintoy.blogspot.mx/2010/09/lupu-bridge.html>

mundo; magnitud que resulta mucho mayor a la que se producía en el citado año.

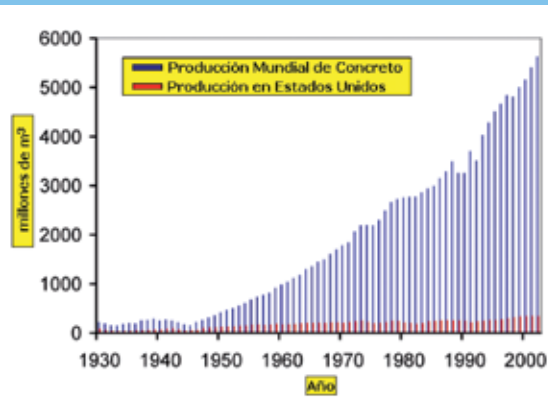
Mejoras futuras

"Es deseable aumentar la resistencia del concreto al agrietamiento; aumentar su resistencia a la tensión; acelerar su aumento de resistencia; aumentar su estabilidad volumétrica; reducir su peso; mejorar su resistencia al desgaste, al congelamiento, al deshielo y a los agentes directos; reducir su calor de hidratación; reducir su permeabilidad; aumentar su coeficiente de aislamiento y disminuir el deterioro del concreto fresco, etc." En general, es notable el avance que ha tenido la tecnología del concreto en los últimos años en donde se han mejorado de manera importante las prestaciones de los concretos modernos. Uno de los nuevos conceptos es el Concreto de Alto Desempeño, definido por el ACI como el concreto que cumple con los requisitos especiales de desempeño y de uniformidad,

1975 La revista anuncia los "Cursos Especiales IMCYC", entre los que estaban: Pavimentos de concreto; Métodos modernos de diseños de estructuras de concreto, entre otros.

1975 Tiene lugar la primera exposición de El mundo del concreto, en Houston, Texas.

Fig. 3: Producción de concreto entre 1930 y el año 2000.



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Hormig%C3%B3n>.

que no siempre pueden ser alcanzados normalmente usando sólo materiales convencionales y practicas normales de mezclado, colocación y curado. Esta descripción incluye a los concretos autocompactables, los de contracción compensada usado comúnmente en la construcción de pisos industriales, los compactados con rodillo y cualquier otro tipo de "concreto especial". Sin embargo, en la mayoría de los casos, cuando se habla de elaborar un concreto de alto desempeño se busca, un objetivo claro y perfectamente definido: la obtención de un material que, en estado fresco, presente una muy alta trabajabilidad, por razones de economía y calidad constructiva; mientras que en estado endurecido se comporte como una "piedra" maciza, lo más homogénea posible, de elevada resistencia, compacidad, estabilidad dimensional y durabilidad.

"Los contaminantes de 1970 serán reciclados para propósitos útiles en la lucha por controlar el ambiente. La eliminación de los desechos será una tarea tremenda a medida que variadas crecientes de

productos desechables, por ejemplo, papeles y ropa, sean del uso común. Muchas de las materias primas serán extraídas del mar, y una agricultura marítima automatizada sustituirá a la pesca comercial". Algunos de los ejemplos más significativos, además del uso de los agregados procedentes de reciclados, referidos anteriormente son las adiciones minerales al concreto, que además de ser un importante punto de reacomodo de sustancia medioambientalmente agresivas en la naturaleza, proporcionan al concreto ventajas, sobre todo desde el punto de vista de la durabilidad. Tal es el caso de el humo de sílice, de la ceniza volante y de la escoria granulada de alto horno, productos obtenidos del desecho de la producción de silicio y ferrocilio, de la producción de electricidad en centrales carboeléctricas y del proceso de fusión de hierro en alto horno, respectivamente.

Las metas técnicas, los avances en materiales y los aditivos

"La industria estará preocupada en desarrollar y mejorar concretos que no sean agrietables, que sean químicamente resistentes, resistentes a la temperatura, que soporten grandes esfuerzos de tensión, que no se vean afectados por bajas temperaturas cuando estén recién mezclados, autocurantes, con un volumen estable bajo diferentes ambientes, flexibles, impermeables, y que mantengan su trabajabilidad hasta antes del endurecimiento[...] Métodos mejorados de prueba de cemento y concreto proveerán una mejor comprensión de las relaciones entre las propiedades de ambos. Esta comprensión, acompañada de modificaciones a las técnicas de manufactura del cemento, hará que sea posible producir cementos que tengan composiciones que caigan dentro de estrechos límites. El resultado será una habilidad creciente para especificar más exactamente las propiedades deseables de los materiales, con objeto de diseñar con el mínimo costo y economía en el empleo de éstos".



1976 La revista informa de cómo el IMCYC, por segunda ocasión, fue anfitrión de la Convención de Otoño del ACI.

1976 Fue desarrollada la Máquina de Análisis Rápido para determinar el contenido de cemento en el concreto fresco.

"A medida que la tecnología de las resinas mejora, nuevas resinas serán desarrolladas y orientadas hacia nuevos usos. Los polímeros orgánicos serán empleados para modificar los concretos a base de cementos inorgánicos, y los harán inmunes al agrietamiento. Los polímeros encontrarán un amplio uso en la construcción de concreto precolado".

Los aditivos "contribuirán a mejorar la resistencia del concreto, reducirán su costo y producirán un concreto más durable y más fácil de colocar. Se desarrollarán aditivos que eliminarán el daño al concreto en climas fríos, y que ayudarán a lograr un verdadero concreto autocurante". Respecto a estos últimos puntos, mucho tienen que ver los importantes avances que ha tenido la nanotecnología en el concreto, en donde uno de los principales lineamientos ha sido la invención y desarrollo de los concretos autoreparables. También se han ideados aditivos, que adicionados al concreto durante el mezclado, generan procesos de autocurado en la piezas, que atenúan sustancialmente el desarrollo de indeseados procesos de agrietamientos por concepto de contracciones térmicas y de secado.

El concreto tiene una microestructura compleja, en parte debe sus propiedades, al gel C-S-H de la matriz cementicia, que no deja de ser un material nanoestructurado con propiedades modificadas por una red de poros y microfisuras, cuyos tamaños pueden variar desde unos nanómetros hasta milímetros; el conocimiento profundo de esta nanoestructura y de las fases del gel, ha permitido abrir el espectro de productos derivados del cemento con propiedades multifuncionales y además, ha inducido a la mejora de la calidad de las nanoestructuras de la pasta de cemento en las zonas de transición, lo que a su vez ha traído como consecuencia la mejora de la resistencia a tensión de los concretos, con la consiguiente reducción de los niveles de agrietamiento.

Sin duda, una muestra de lo anterior, han sido los aditivos químicos para concreto, basados en policarboxilatos, que se sintetizan a partir de criterios nanotecnológicos; estos aditivos han permitido desarrollar una nueva ge-

neración de aditivos superfluidificantes que se pueden modificar, adaptándose a cada tipo de mezcla, en función de su composición y de las prestaciones esperadas.

También las pruebas al concreto fresco y endurecido, han tenido que avanzar del mismo modo; ya que las de antaño resultan insuficientes; tal es el caso de la prueba de extensibilidad que ha venido a complementar a la prueba del revenimiento en los concretos con altas prestaciones.

En general, los nuevos concretos han inducido, a que la interrelación entre las prestaciones mecánicas (resistencia y rigidez), la trabajabilidad, la estabilidad volumétrica, la durabilidad y la sustentabilidad, sea óptima; por lo que entonces, para de alguna manera, medir esta interrelación, una nueva gama de pruebas, haya tenido que salir a la palestra.

Reflexión

Luego de conocer gracias a un artículo antiguo de la revista, acerca de lo que se planteaba hace 40 años, no hay duda de que el desarrollo de la tecnología del concreto ha sido vertiginoso. Lo que antes eran "sueños", hoy son realidades que con el tiempo, seguirán su desarrollo. Sería entonces interesante hoy preguntarnos: ¿Dónde andaremos en el 2052?, ¿Cuántos niveles tendrán los edificios? ¿Qué prestaciones mecánicas se podrán obtener en el concreto? ¿Cómo avanzará la nanotecnología del concreto? Surgirán también otras dudas igual de importantes: ¿Estará la mano de obra lo suficientemente calificada para enfrentar estos retos? ¿No se afectará de manera importante el medioambiente? ¿Habrá materiales naturales de calidad para su uso en el desarrollo de estas construcciones? Sólo nos resta esperar, seguramente los sueños de hoy, serán realidades mañana. ©

Se respetó la redacción original del artículo, la cual viene entrecomillada. Los comentarios del ing. Vidaud van en cursivas. El resumen fue realizado por Yolanda Bravo Saldaña.

1978 Durante diciembre de 1977 y enero de 1978 el Centro de Documentación del IMCYC atendió a 397 lectores, quienes entre otros materiales, consultaron 431 libros.

1978 Se informa en la revista que el IMCYC abrió sus puertas a pasantes de diversas universidades, para realizar sus tesis con temas relacionados con el cemento y el concreto.