



Eduardo de J. Vidaud Quintana

Ingeniero Civil/Maestría en Ingeniería.

Su correo electrónico es: evidaud@mail.imcyc.com



CALIDAD DEL CONCRETO

Durabilidad y especificaciones de desempeño (Parte II).

S I BIEN LAS especificaciones prescriptivas siguen siendo punto de mira a nivel mundial, son varios los ejemplos de uso de criterios de desempeño que también se han adoptado con éxito; para lograr estructuras de elevada calidad con mayor resistencia y durabilidad.

La EN206-1 (2000) permite el uso de criterios de desempeño para el diseño de concreto; los que deben ser establecidos entre el especificador y el productor. De acuerdo a Day (2005) y Bickley *et al.* (2006), las normas australianas (AS 1379) permiten requerimientos de desempeño en los concretos especiales. El productor puede elegir entre una especificación de desempeño o una prescriptiva.

En 2005, Day se refirió a la utilización de un sistema de control por parte de los productores de concreto en las torres Petronas, que permitió la producción de un concreto de 80 MPa con un coeficiente de variación de sólo el 3%. Según este especialista, las especificaciones de desempeño proporcionan una situación ventajosa para todos los involucrados en el proceso. En primer lugar el propietario consigue un producto rentable y seguro (concreto), pudiendo también obtener información adicional sobre éste; en términos de generación de calor, contracción y otras características (lo que es posible porque el productor ha estandarizado las mezclas). En segundo lugar el productor puede innovar al seleccionar los materiales; pues la especificación no establece límites en ese aspecto. Por otra parte, al aumentar la experiencia del especificador, éste puede ser capaz de llegar a valores óptimos, tanto de resistencia, como de durabilidad.

Bickley *et al.* señalaron en el año 2006 que las normas canadienses (CSA A23.1) utilizan también requisitos de desempeño, además de las prescripciones normativas de rutina. También afirmaron que están disponibles en la

actualidad una serie de métodos de ensayos normalizados para su uso en especificaciones de desempeño, entre los que destacan: el ensayo de permeabilidad rápida a los cloruros (ASTM C1202), el ensayo de capacidad de absorción (ASTM C1585) y la prueba de migración rápida (AASHTO TP64). Todas las pruebas referidas anteriormente, son muy utilizadas en Canadá y Australia, y se pueden llevar a cabo en especímenes o núcleos extraídos directamente en la estructura real.

Tres ensayos de índices de durabilidad (DI por sus siglas en inglés) fueron desarrollados en Sudáfrica para caracterizar la durabilidad potencial del concreto, de acuerdo con los mecanismos de transporte de permeabilidad al oxígeno por "permeación"; estos son la capacidad de absorción de agua por absorción, y la conductividad de cloruros por difusión. En general, se trata de ensayos sencillos y prácticos, que pueden ser aplicados a muestras de laboratorio o en estructuras. Las muestras son generalmente discos de 70 mm de diámetro y 30 mm de espesor, extraídos de la superficie de la estructura de concreto.

El empleo de las especificaciones de desempeño en Sudáfrica tiene que ser seguido con gran interés. Las condiciones climáticas de exposición en África del Sur, se asemejan a las de la India, y la industria del concreto no ha asumido suficientemente los necesarios cambios en este orden; como sí los ha asumido el país asiático, con una extensa experiencia adquirida utilizando el enfoque del DI. En la actualidad, en Sudáfrica están siendo renovados los códigos para estar más a tono con el desarrollo internacional. Esto les dará una oportunidad para incorporar lecciones útiles aprendidas con enfoque DI. Puede afirmarse que la industria india de concreto tiene un modelo bien definido a seguir, con tendencia hacia el desarrollo de las especificaciones de desempeño. **C**



REFERENCIAS:

Santhanam M., "Durabilidad y especificaciones de desempeño", <http://www.masterbuilder.co.in/durability-and-performance-specifications/>



GENERACIÓN DE ENERGÍA

Concreto para central termoeléctrica

E **N MARZO DE 2008** se puso en marcha la primera turbina de una central termoeléctrica ubicada en la ciudad de Campana en Argentina. Se trata de una planta que comenzó en el año 2009, a generar para el sistema eléctrico nacional, cerca de 823 Mw.

Está compuesta de dos turbinas de gas y una de vapor, tecnología denominada de ciclo combinado, dado que la turbina adicional aprovecha los vapores que generan las de gas. Además, cumple con los requisitos de cuidado del medio ambiente con producción de energía limpia y sustentable. Si bien se utilizará gas natural como principal carburante, la usina también puede funcionar con gasoil como alternativa ante problemas con el abastecimiento del primero.

La planta cuenta con dos turbogeneradores, equipados con chimenea bypass para poder anticipar el ingreso de generación a ciclo simple, dos calderas recuperadoras del calor contenido en los gases de escape de las turbinas a gas, un conjunto turbogenerador accionado por vapor de agua proveniente de las calderas, una planta desmineralizadora de agua, una torre de enfriamiento tipo híbrido húmeda/seca con abatimiento de la pluma de vapor, un sistema de neutralización y tratamiento de efluentes y un sistema de suministro de gasoil conformado por una estación de descarga de camiones, una planta de almacenaje compuesta por tres tanques de 7500 m³ de capacidad cada uno y una planta de tratamiento.

Para posibilitar la llegada de gas a la planta se construyó un gasoducto de 24 pulgadas de diámetro y 17 km de extensión que demandó más de 15 millones de dólares. El agua de refrigeración contará con un sistema de captación de agua subterránea y el sistema principal consistirá en un acueducto con cerca de 8 km y una toma de agua en el río Paraná; aunque para emergencias se utilizarán otros acuíferos de la zona.

Los concretos utilizados en el inicio de la obra, fueron en su mayoría estructurales y de calidad H30, con contenidos unitarios de cemento mínimos de 350 kg/m³. El cemento utilizado es CPF40; así el resto de los insumos para las distintas mezclas

fueron agregados naturales extraídos del río Paraná (arenas especiales con MF de 2.2), agregados de trituración de la zona (arenas de trituración con MF de 3.7, piedras graníticas con TM de 12 mm, 20 mm y 30 mm), y aditivo plastificante de medio rango. Para cada una de las mezclas varían las proporciones de los distintos insumos. La modalidad de trabajo es tal que a la obra el material llega con el revenimiento pedido y los ajustes se realizan con superfluidificante a pie de obra.

Las estructuras coladas fueron diversas: pilotes, cabezales, bases, plateas, columnas, vigas y losas; todas de diferentes dimensiones. De acuerdo a los controles de calidad del producto final se obtuvieron medias móviles de 30 valores de resistencias a la compresión a los 28 días superiores a los 38 MPa, con desviaciones estándar menores a 3 MPa.

Las entregas del concreto se realizaron en forma continua y simultánea a dos bombas ubicadas en la zona de descarga, con una tercera dispuesta en espera dentro de la misma obra. Se utilizaron más de 25 camiones para lograr el propósito y se alcanzaron producciones que superaron los 100 m³/hora. Trabajar con temperaturas controladas implicó que fuera necesario agregar hielo en todos los viajes en reemplazo del agua de mezclado y en distintas cantidades para alcanzar las temperaturas especificadas para el concreto.

En pavimentos también se utilizaron concretos de la misma calidad para los más de 10 mil m³ ejecutados al inicio de la construcción. Los insumos utilizados esta vez fueron los mismos que los anteriormente descritos con la correspondiente adecuación a los parámetros de estado fresco y endurecido solicitados. En este caso también las medias móviles de 30 valores de resistencias a la compresión a los 28 días fueron superiores a los 38 MPa y las desviaciones estándar también fueron menores a los 3 MPa. La resistencia a flexión fue del orden del 14% del valor correspondiente a la resistencia a la compresión.

Se entregaron además, concretos de otras calidades en menor escala, como concretos pobres de calidad H8, de calidad H17 y H21, así como concretos especificados con contenidos mínimos de cemento de 380 kg/m³. **C**

REFERENCIAS:

Perrone F., "Hormigón que da energía", publicado en *Revista Hormigonar*, Edición No. 14, Año No. 5, Abril 2008.



CONCRETO INTELIGENTE

Auto-reparación y monitoreo del desempeño del concreto

EN LAS CERCANÍAS del laboratorio de Rishi Gupta, en la Universidad de Victoria, puede notarse la presencia de un banco de concreto de 4 metros, sobre el que la mayoría de las personas caminan sin apenas prestarle atención. Con seguridad desconocen que esta losa está equipada con más de 20 sensores, que Gupta y sus estudiantes del Programa de Ingeniería Civil, en el Departamento de Ingeniería Mecánica, utilizan para monitorear la salud y durabilidad del concreto.

Esta muestra de concreto es un ejemplo de lo que hoy se conoce como "concreto inteligente", el que puede evidenciar determinadas advertencias cuando comienza a deteriorarse, de la misma manera, que puede sanar por sí mismo en determinados momentos. Afirmó Gupta a un colega que *"no es un pedazo de concreto cualquiera, hay mucha tecnología en él"*.

Puede afirmarse que el concreto es el material de construcción más utilizado en el mundo y que no son pocas las innovaciones en este material por parte de la industria de la construcción en Canadá. En este ámbito puede mencionarse la tecnología para el estudio térmico y de humedad, desarrollado por Tariku (Director del Centro de Excelencia de Ciencia de la Construcción) en muros de concreto.

Por su parte, la Asociación de la Construcción de la Columbia Británica afirma que son empleadas 190 mil personas en la industria de la construcción de la provincia; de la misma manera en que asegura que el valor de los proyectos actuales de construcción asciende a los \$83.6 billones. McLachlan, presidente de la asociación, considera asimismo, que las políticas del gobierno contribuyen a la sustentabilidad y conducen a la industria de la construcción de la Columbia Británica a la vanguardia en la innovación.

Por su parte, Banthia (Profesor de Ingeniería Civil en la Columbia Británica) expresó que el uso del concreto inteligente contribuiría al ahorro de aproximadamente 125 billones de dólares, que hoy se necesitan para acciones de mantenimiento en infraestructuras de puentes, carreteras y estacionamientos en Canadá. Este especialista prevé que llegue el momento en que los puentes y edificios

puedan repararse por sí mismos; hecho que también ha de tener implicaciones en otras estructuras. Considera que es posible el monitoreo de la salud de la estructura de concreto utilizando sensores de fibra óptica integrados a esta. Hoy se utiliza esta tecnología en un puente cerca de la ciudad canadiense de Duncan; aunque Banthia afirma que es una tecnología altamente costosa.

El concreto inteligente diseñado por Banthia y soportado en la nano-tecnología, utiliza una computadora, los sensores monitorean el puente, emitiendo señales de alerta si se excediera el límite de carga permisible o si la estructura se acercara al colapso. En este caso afirma el especialista que: *"los sensores nos permitirían actuar conjuntamente con la estructura y así tomar las necesarias medidas correctoras ante fenómenos como por ejemplo la corrosión"*. En estos casos con una intervención a tiempo podrían reducirse considerablemente los costos de estas acciones.

Los sensores son capaces de detectar el agrietamiento y pueden advertir también determinados cambios en las características físicas del material, deterioros o pérdida de resistencia. Con estos indicios, los especialistas tendrán tiempo suficiente para proyectar las acciones correctivas, sin poner en peligro la integridad estructural.

Por otra parte, el equipo de Gupta trabaja ya en la tecnología para que el concreto sane por sí mismo en caso de agrietamiento. Han desarrollado un método innovador que cuantifica la habilidad del concreto de sanar. En este caso se usan aditivos químicos, que reaccionan con el medio, desarrollando cristales microscópicos que pueden bloquear las oquedades en el material. Este material puede ser usado en edificaciones de vivienda o de oficina, estacionamientos y diques. Banthia también se refirió al uso de una tecnología similar para combatir el crecimiento de bacterias y el desarrollo de la corrosión.

Son tecnologías que más que ser innovadoras, se constituyen en una posibilidad real; pese a que puedan resultar costosas. Su mayor significación se ubica en sus múltiples beneficios y evidente transformación de la realidad. **C**

REFERENCIAS:

Morris, J., "Researchers focus on Smart Materials", publicado en: "The Vancouver Sun", Junio del 2014. <http://www.vancouver.sun.com/Researchers+focus+smart+materials/9978235/story.html#ixzz3EHTX7RAS>



CONCRETO Y ENERGÍA

Energía del sol en el concreto

FRENTE AL INEVITABLE declive en las reservas de combustibles fósiles y la demanda de energías alternativas que sustituyan a las no renovables, investigadores de la Universidad de la Salle aseguran que las ciudades del mundo son una verdadera "mina de oro inexplorada" en materia energética.

Ernesto Campo Ruiz es investigador especialista en materiales avanzados de la UNAM y maestro de posgrado de la Universidad de la Salle en León, donde trabaja en el proyecto "Energy-Concrete", que busca cosechar energía calorífica del sol en los materiales de concreto, para transformarlos en electricidad. *"Básicamente el objetivo de la investigación es cosechar en calor el espectro infrarrojo, ultravioleta, la temperatura de la atmósfera y almacenarla en las masas térmicas del material de cualquier elemento de concreto. Por medio de unos semiconductores hacemos una transferencia de calor y la almacenamos en unos capacitores que convierte el calor en electricidad"*, añadió.

El proyecto nació hace tres años a partir de la experiencia práctica en construcciones y obra que el maestro Campo acumuló a lo largo de su vida laboral y de la mano de Juan Hernández Medina, investigador adjunto. Así surgió la idea que promete crear una fuente de energía alternativa para el grueso de la población.

"Los dispositivos catalizadores se implantan en la parte inferior de bloques de concreto y los cosechadores de energía realizan la transformación de calor a electricidad. El concreto, por su naturaleza porosa, tiene la capacidad de almacenar energía en grandes cantidades, y si se tiene en cuenta que los materiales más usados a nivel mundial para las construcciones son el acero y el concreto, hablamos de una tremenda oportunidad para aprovechar el recurso. Estos materiales nunca han sido usados por el hombre como fuente de energía, entonces la ciudad en sí es una mina de oro inexplorada porque todos los materiales, al no tener el transformador de energía que se almacena en ellos, disipan su energía en el ambiente y se pierde", dijo el catedrático.

En cuanto a los alcances en la producción energética, los investigadores aseguran que el

proyecto, aplicado a gran escala, es capaz de crear la iluminación total de una ciudad entera. *"Con tres metros cuadrados de concreto podemos echar a andar una luminaria urbana durante 24 horas, estamos tratando de desarrollar el proyecto a la par con la administración de la Comisión de Obra Pública para que las carreteras, paradas de autobuses, o para que las ciudades completas puedan generar su propia iluminación permanentemente"*.

Una de las ventajas es que la energía que se obtiene a partir del proyecto se genera en el mismo lugar de recepción, por lo que no se necesita transportar la electricidad, y no se generan pérdidas en el transporte y distribución energética. *"Nuestra intención es construir edificaciones que no tengan que ser suministradas por una red, sino que la misma edificación sea autónoma y produzca su propia electricidad"*, señaló el líder del proyecto.

Hernández está consciente del gran impacto que esta fuente de energía tendría en la sociedad en aspectos económicos y políticos; sin embargo, asegura que la intención del proyecto es de carácter social. *"Lo que queremos lograr es que la gente se empiece a apropiarse de esta tecnología y esté al alcance de cualquier persona; la meta es lograr rangos de costos más bajos que las propias fotoceldas solares"*, confesó.

Los creadores del proyecto aseguran que las empresas privadas también podrían ahorrar en el gasto del consumo energético. *"Con la nueva legislación energética, todo lo que las personas generen de electricidad como particulares se puede regresar a la Comisión y esto a la larga beneficiaría a las personas en el pago de sus servicios; si en una empresa se paga de 15 a 20 mil pesos, podrían reducir el gasto a siete u ocho mil pesos"*.

El simple uso de los catalizadores de energía ayudaría a disminuir el fenómeno de "Isla de calor" de las grandes ciudades. *"Durante la experimentación empezamos a descubrir muchas cosas, en un área de medio metro cuadrado nos pudimos dar cuenta que la energía que se regresa al medio ambiente disminuye en 2.37° C; ahora, si llevamos esto a áreas mucho más grandes, se lleva a cabo una reducción de temperatura considerable, creando ciudades más confortables"*, finalizó. **C**

REFERENCIAS:

Espinosa, L. A. J., "Convierten concreto en energía eléctrica", publicado en periódico: "AM", Septiembre del 2014. <http://www.am.com.mx/leon/local/convierten-concreto-en-energia-electrica-147062.html>