




Alta tecnología para estructuras de concreto bajo el agua



Ante la eventualidad de que en Puerto Vallarta, Jalisco, fallara el abastecimiento de agua potable, debido a que la infraestructura de pozos profundos con que cuenta se ve afectada por la edad de los mismos, la Comisión Nacional del Agua estudió la posibilidad de construir un pozo radial en la confluencia de los ríos Ameca y Mascota.

En la república mexicana solamente se han construido dos pozos de este tipo, los cuales se localizan sobre el río Papagayo y se utilizan para abastecer de agua potable a la ciudad de Acapulco, en Guerrero.

Con el objeto de asegurar el abastecimiento de agua potable a la ciudad de Puerto Vallarta, la Comisión Nacional del Agua decidió la construcción de un pozo radial sobre el río Ameca. La empresa encargada de la obra utilizó entonces, por primera vez en el mundo, el sistema llamado «tipo Rivera» para construir el cilindro de concreto, en lugar del sistema tradicional que se conoce como «pozo indio». Aquí se presentan sus ventajas, junto con una descripción general de los trabajos




Un pozo radial es una perforación de 5 a 6 metros de diámetro interior que cuenta con un ademe de concreto reforzado. A la profundidad adecuada que marca el estudio, se construyen perforaciones horizontales de 8 a 10 pulgadas de diámetro y hasta 60 metros de longitud, perforaciones que se protegen con un ademe ranurado que funciona como cedazo.

La producción de agua que se obtiene con los pozos radiales es superior a 400 litros por segundo, la cual supe la producción de varios pozos del tipo convencional y vuelve más económica la operación.

Tanto la ciudad de Puerto Vallarta como la zona hotelera tienen la necesidad de asegurar el abastecimiento de agua potable para los próximos 20 años, con un gasto aproximado de un metro cúbico por segundo.

El abastecimiento con varios pozos convencionales ha comenzado a presentar problemas, tanto de salinización por la intrusión de agua de mar, como de altos contenidos de hierro, lo cual ha obligado al organismo operador a cancelar algunos, con la consiguiente reducción del caudal de abastecimiento.

Sobre el río Ameca se presentan



condiciones hidrológicas y geológicas muy favorables para la construcción de un pozo radial. La Comisión Nacional del Agua, después de un estudio exhaustivo, llegó a la conclusión de que era posible hacerlo.

El sitio se localiza unos metros abajo de la confluencia de los ríos Ameca y Mascota.

La ventaja de los pozos radiales se origina en que, al construir los drenes, la extracción de la arena alrededor de los tubos colectores los convierte en verdaderas galerías filtrantes con un filtro granular de tamaño muy bien graduado y eficaz. Ello explica la larga vida de este tipo de captaciones sin problemas de colmatación, además de que la velocidad de entrada del agua al dren es muy baja y, en consecuencia, su capacidad de arrastre es prácticamente nula.

El situar los drenes horizontales en la parte más baja del acuífero permite aprovechar el máximo del potencial de la capa productora. La fluctuación de los niveles freáticos prácticamente no afecta el rendimiento.

Se puede calcular el caudal en cada colector y se pueden aislar uno o varios, sin que sea necesario detener la operación del resto de la instalación.

Si cerramos todas las válvulas, es posible vaciar totalmente el cilindro para hacer trabajos de conservación de colectores y de válvulas.

Como se concentra la explotación en un solo punto, es muy fácil automatizar todo el sistema.

La operación del sistema se hace con un equipo electromecánico con pocas bombas de alta capacidad localizadas en el mismo sitio, en lugar de muchas bombas de baja capacidad y dispersas, con lo que se logra una mayor eficiencia electromecánica y menor costo de energía y mantenimiento.

Los drenes permanecen sumergidos totalmente, y los fenómenos de corrosión e incrustación se reducen casi a cero, en comparación con lo que representan estos problemas en los pozos convencionales.

El inconveniente más importante es que la construcción de este tipo de pozos requiere empresas con un alto grado de especialización y calidad, así como la realización previa de un estudio confiable.

El cilindro con el sistema tipo «Rivera», usado por primera vez en el mundo, se construyó con la perforación y construcción de 24 pilas secantes de

concreto reforzado que conforman el cilindro, el cual cumplirá la función de cárcamo colector y de caseta de maniobras en la que se instalan los equipos electromecánicos y las bombas.

El sistema tipo «Rivera» tiene las siguientes ventajas:


I Rapidez: sólo 20 por ciento del tiempo normal que se utilizaría usando el sistema tradicional de tipo «indio».

I Seguridad de penetrar hasta la profundidad de proyecto, porque con el sistema tradicional, al encontrar algún material duro el cilindro se inclina e incluso llega a romperse.

I Estabilidad estructural a toda prueba, ya que nunca tiene expuesto al mismo tiempo toda el área del cilindro sino hasta la terminación total.

I Se garantiza la casi total verticalidad de la estructura.

Con el sistema tipo «Rivera», las 24 pilas secantes de concreto reforzado se terminaron en tiempo récord, aproximadamente cuatro semanas contra casi 12 meses de trabajo continuo que se utilizan con el sistema tradicional, sin contar los periodos de suspensión de los trabajos por crecida del río.



Una vez terminadas de colar las 24 pilas secantes de concreto reforzado, se extrajo el material del centro del cilindro con un cucharón de almeja (todo bajo agua), hasta que se llegó a la profundidad de proyecto, en este caso 18 metros bajo el nivel del río.

Con un sistema manual ejecutado por buzos profesionales, se limpiaron una por una cada unión de las pilas secantes de concreto reforzado, con el objeto de que la adherencia del concreto a las paredes garantice un tapón estanco. En este caso, la limpieza se efectuó a 18 metros bajo el nivel del agua, todo dentro del cilindro con un diámetro interior de 5 metros, previamente excavado con el cucharón de almeja. Después se procedió a colar el tapón de fondo mediante tubo tremie (todo bajo el agua). Este tapón es de concreto de alta calidad, con un aditivo que aumenta la plasticidad, y tiene un espesor mínimo de 4 metros.


Se bombea el agua y queda el cilindro seco para posteriormente bajar el equipo de hincado, que consiste básicamente en un sistema de gatos hidráulicos de alto poder (dos unidades de 200 toneladas cada una).

En los sitios previamente seleccionados y en los que se colocó una estructura metálica especial denominada «puerto», se comienza a

hincar una tubería muy rígida que funciona como ademe. Esta tubería lleva en la punta una cabeza de acero fundido denominada «escudo», que tiene una figura especial y unas barrenaciones que van a permitir el paso de la arena.

Cuando se introducen los 60 metros de ademe, o los metros que marque el proyecto, se procede a colocar dentro del ademe el tubo ranurado, que en este caso fue de una fabricación especial en acero inoxidable. Una vez terminado de colocar el tubo ranurado, se procede a retirar la tubería del ademe para que quede solamente el «cedazo», con su filtro de grava graduada y perfectamente lavada durante el proceso.


Finalmente se coloca, en la parte interior del cilindro y final del tubo ranurado y sostenido por la estructura metálica especial denominada «puerto», la válvula de control, que en este caso fue una válvula tipo compuerta de 8 pulgadas de diámetro. Con esta válvula se puede controlar cada uno de los drenes. A cada válvula se le pone un operador para que sea posible su manejo desde el piso de operación, que se localiza en la parte superior del cilindro, a un nivel que queda totalmente a salvo de las máximas crecientes del río.



El estudio original de la CNA preveía un gasto máximo de 400 litros por segundo para los ocho drenes. En vista de la buena calidad del tubo ranurado y de la longitud lograda en los drenes – porque no hubo desviaciones ni problemas de consideración que impidieran la longitud proyectada–, se tuvo la extraordinaria producción de 750 litros por segundo, lo cual fue altamente satisfactorio para el organismo operador.

Es importante mencionar que este tipo de trabajos de alto riesgo, y requieren ser realizados por empresas altamente especializadas que tengan sistemas innovadores con tecnología de punta, porque el riesgo es muy grande y en caso de ocurrir un desperfecto en el equipo o maquinaria, o algún error de proyecto, se puede llegar incluso a la pérdida total de los trabajos ejecutados.

Tanto el personal como el equipo de nuestra empresa es único en el país, y en este caso se contó con el respaldo altamente profesional de la empresa Cemex Concretos, S.A. de C.V., la que suministró el concreto, exactamente en el momento y con la calidad que se requería. Esto fue muy importante, porque no podíamos dejar pendiente ninguna acción debido al alto riesgo que implicaba una crecida intempestiva de los ríos; de lo contrario, no hubiéramos podido cumplir con el



programa de trabajo tan ajustado que
teníamos.

El ingeniero Sergio Hernández Rivera
es director general de la empresa
Rivera Construcciones, S.A. de C.V.

**Instituto Mexicano del
Cemento y del Concreto, A.C.
Revista Construcción y
Tecnología
Octubre 2000
Todos los derechos
reservados**

[ARTICULO
ANTERIOR](#)



[ARTICULO
SIGUIENTE](#)



Santiago Calatrava, un innovador del diseño de puentes



Arquitecto Javier Acosta
Bautista

Para quien no conoce a fondo a Santiago Calatrava, este profesional podría resultar especial y a la vez extraño, ya que en él se reúnen dos características que difícilmente encontraremos en otro especialista: la mente calculadora y fría de un ingeniero y la destreza y creatividad de un arquitecto.

Calatrava, español de nacimiento, valenciano por orgullo y arquitecto-ingeniero por convicción, de 49 años de edad, obtuvo su título de arquitecto y un master en urbanismo en Valencia, España. No contento con ello, partió rumbo a Suiza, donde estudió ingeniería

Anúnciese

decir que el puente del Alamillo en Madrid es producto del talento de Calatrava no bastaría para dar cuenta de la verdadera dimensión de la obra: habría que agregar que ésta no hubiera sido posible sin la sólida formación que ha permitido a su creador reunir en el diseño el conocimiento preciso de la estructura con el dominio estético de la forma.

civil en The Swiss Federal Institute of Technology de Zurich y obtuvo su doctorado en Técnicas Científicas en el Departamento de Arquitectura.


Una parte de su personalidad creativa la ha volcado en el diseño de puentes, algo que hasta hace algunas décadas sólo estaba permitido a ingenieros. Calatrava vino a revolucionar los diseños y las soluciones estructurales con propuestas atrevidas que desafiaban lo tradicional en el diseño de puentes. Uno de sus muchos méritos en este campo ha sido el mezclar las soluciones técnicas de la ingeniería con los conceptos formales y espaciales de la arquitectura.

Él amalgama el acero y el concreto en formas y volúmenes que hacen de sus obras verdaderas esculturas monumentales que rasgan el cielo de cada lugar, dotando a las ciudades que las acogen de un emblema urbanístico de carácter especial y que parece retar la estabilidad y la resistencia de los materiales empleados, ante la vista del espectador y de quien vive los espacios cotidianamente.

Conceptos de diseño de Calatrava

El concepto de diseño de sus puentes se apoya en reglas que para él son indispensables, el conocimiento de la ingeniería estructural y el conocimiento de los sistemas constructivos en el momento del diseño.

Para Calatrava existen tres aspectos que



pueden modelarse en el diseño de un puente: las fuerzas simétricas o asimétricas en el arco del puente, el trabajo a tensión y compresión de los arcos y el trabajo de las columnas como apoyo y soporte para los arcos en su función de distribuir el peso hacia el subsuelo.

Estos tres aspectos confluyen en un punto ideal de diseño: la arquitectura y la ingeniería de los puentes deben ser orgánicas ya que la estructura de éstos se asemeja a la del cuerpo humano, y su juego de la tensión y la compresión en cada punto semeja el esfuerzo del cuerpo por estabilizar las fuerzas.

Para demostrar estos conceptos he escogido un ejemplo de uno de sus puentes más significativos, el puente del Alamillo, que reúne dos características inigualables: la audacia del mástil como solución estructural novedosa y la solución formal del viaducto como complemento, en unión con la forma del puente y la utilización del concreto armado.

Además, el planteamiento del trazo en ambos casos logra crear espacios urbanísticos que vienen a renovar el aspecto de una ciudad que se encuentra en crecimiento y que debe ir acorde con la imagen de modernidad de esa zona.

El puente del Alamillo en Sevilla

Problemática de la zona

La municipalidad de la ciudad de Sevilla planteó ante el gobierno de España la necesidad de resolver un problema que se estaba generando

en la zona, debido al crecimiento de la ciudad y los conflictos viales que se suscitaban en el puente antiguo, ya que sus dos estrechos carriles de circulación no se daban abasto para recibir la cantidad de vehículos que circulan a diario por esta vía.

Por otro lado, coincidió por esas fechas la nominación de la ciudad de Sevilla como sede de la Expo Mundial Sevilla '92, un acontecimiento que la iba a convertir en un punto de interés internacional. Por ello, las autoridades resolvieron encargar la solución del puente al arquitecto Santiago Calatrava.

Ubicación del puente

La ubicación del puente se decidió en función de dos razones básicas: la zona de crecimiento de la ciudad hacia el noroeste y los terrenos que alojarán los stands de la feria internacional.

A esto se agregó que, debido a la planeación de la feria, se obligó al gobierno a construir un viaducto que agilizará la circulación paralela a la rivera del río y permitiera un tránsito fluido hacia ambos puentes.

Se analizó con un estudio de mecánica de suelos el terreno ideal para construir el puente, ya que por las características del subsuelo no se podía alojar en cualquier zona, siendo que la ribera del río denotaba arenas arcillosas de poco volumen y muy expansivas, lo que obligaría a realizar una excavación muy profunda.

Concepto del diseño

Originalmente se había pensado en un puente gemelo, con un diseño tradicional, es decir, con dos secciones de rodamiento simétricas, un soporte con arco metálico y cables de tensión en las dos líneas paralelas del mismo para soportar la carpeta de rodamiento. Sin embargo, en un despliegue de osadía, Calatrava se inspira en su teoría de que el diseño de puentes debe ser orgánico y, tomando como ejemplo el mástil de los barcos y veleros de la zona, logra crear un arco invertido y girado sobre su base a 58 grados.

De hecho, la solución cubre dos aspectos ya que, por un lado, tiene que resolver el diseño del puente, pero por el otro debe unirlo con el viaducto que lleva a la parte nueva de la ciudad y a la zona de la exposición.

Al optar por el mástil, decide utilizarlo e invertirlo como sustituto del tradicional arco que soportaría los cables de tensión, que a la vez soportarían la carpeta de rodamiento, retando a las fuerzas a trabajar a la tensión y a la compresión, como lo demuestra el dibujo realizado por él.

Además, toma el mástil como elemento emblemático y distintivo de la zona, tanto para la ciudad como para la Expo Sevilla '92, logrando con ello una escultura urbana de grandes dimensiones que daría carácter y personalidad a la ciudad misma.

El viaducto representa, para el otro lado, el complemento del puente, y plantea una

problemática diferente ya que, por los niveles de desplante del puente y el terreno asignado, existe una diferencia considerable entre el puente y la unión con el viaducto, por lo que llega a una solución ingeniosa.

Otra de las novedades del diseño del viaducto es la posición y forma de las columnas ya que, por la inclinación que tienen, se logra adelgazarlas en su parte superior a la vez que se ahorra concreto y peso.

Solución arquitectónica

Después que Santiago Calatrava define el concepto del diseño, viene la segunda parte del trabajo al tener que resolver los aspectos arquitectónicos, tanto en el puente como en el área del viaducto.

La cimentación del mástil se aprovecha para crear un espacio que por lo regular es área perdida en cualquier puente. En este caso, Calatrava logra generar una terraza que, formando parte de la cimentación, da la vuelta en forma perimetral y por debajo de la estructura del puente, dejando ver la parte baja de la estructura de rodamiento, lo que permite admirar la monumentalidad de la estructura y al mismo tiempo tener una vista hacia el río. El excelente diseño de iluminación permite admirar la estructura también por la noche.

Otra de las soluciones arquitectónicas del puente estriba en la parte de abajo de su área de rodamiento, al dejar ver la estructura de la misma hacia la parte extrema, lo que hace que

el espectador sienta la profundidad y el volumen real de la misma.

Este aspecto del diseño es una aportación interesante, ya que muchos diseñadores acababan despreciando la parte baja de los puentes por pensar que no es una zona atractiva para el espectador.

En el viaducto, lo más sobresaliente del diseño es la posición de las columnas con respecto al área de rodamiento y esa ligereza estructural que la hace sentir más como un túnel o una bóveda de cañón corrido. Los tragaluces circulares cumplen una doble función, al aligerar el peso de la estructura y, al mismo tiempo, crear una sensación estética de luz y cuerpo.

Calatrava cuida hasta el más mínimo detalle y diseña también los barandales de protección y los postes del alumbrado.

En este viaducto, el paso peatonal se ubica en un segundo nivel y, por la posición en la que queda, se logra obtener además un mirador hacia ambos lados del río, lo que hace más placentero el paso por el puente, al mismo tiempo que separa las áreas de circulación de los diferentes vehículos. Resulta interesante observar la sección del viaducto en corte, ya que la ligereza de los perfiles, tanto de las columnas como de las áreas de tránsito, denota el oficio que hace posible un lenguaje formal que se adapta al entorno.

Solución estructural

Este puente puede presumir de tener soluciones variadas y además acertadas, ya que por lo complejo del diseño, Calatrava debe resolver de manera integral la estructura del mástil, su cimentación, el área de rodamiento del puente y el diseño de ingeniería del viaducto.

La cimentación del mástil se logra gracias a un gran dado de concreto armado en el que se empotra el mástil, formando una pieza monolítica que se flexibiliza por la camisa de acero que se le ha puesto.

El mástil fue fabricado con una envoltura hecha con placas de acero, y reforzado en su interior con concreto armado. Tiene una altura de 142 metros sobre el nivel de piso terminado y una inclinación de 58° con respecto a la horizontal, lo que le permite recibir los esfuerzos de la tensión de los cables que soportan el puente, adoptando en su diseño la forma de un brazo y jugando con la tensión de soporte y la flexibilidad de los materiales.

La carpeta de rodamiento del puente se concibe en un sistema estructural mixto, formado por una estructura metálica para soportar ambos carriles de circulación y un recubrimiento o carpeta de concreto hidráulico que cumple la función de capa de compresión, con un corazón central en forma de hexágono que permite lograr un núcleo resistente y aloja los soportes de los cables tensores que viajan desde el mástil hasta la parte baja del puente y al mismo tiempo dejando en cantiliver los carriles de circulación, a manera de alas de un

avión, sólo reforzado en su parte inferior con unas ménsulas o refuerzos de acero que se van rebajando hasta llegar a punto cero.


Por su parte, el viaducto cumple con dos premisas muy importantes para su construcción: ser de concreto aparente y estar edificado con una cimbra deslizante para permitir su ejecución en un tiempo menor.

De una forma sencilla y práctica, las columnas adoptan una posición de contrafuertes, lo que permite su adelgazamiento en la parte de la corona o remate, a la vez que recibir la carga del área de rodamiento, formada en su parte baja por un arco rebajado que semeja una bóveda de cañón corrido como en los antiguos refectorios de los conventos del siglo XVI, solución por demás práctica y económica, ya que permite lograr un gran claro.

En este caso especial, Calatrava logra mimetizar el concepto de las antiguas bóvedas, pero aligeradas y muy estilizadas, permitiendo un diseño contemporáneo, moderno y novedoso para una estructura vial.

La cimbra deslizante hizo posible que el viaducto se construyera en menos tiempo de lo planeado, y además permitió dejar el concreto aparente en su parte baja, lo que ayudó a no invertir demasiado en los terminados. Esta cimbra fue diseñada en el sitio y se movía a través de una vía férrea colocada para ese uso específico, la cual se retiró al concluir los trabajos.

Conclusiones



Una de las grandes virtudes de este puente es la audacia con que fue diseñado por Santiago Calatrava, quien pudo experimentar con su teoría de que las estructuras se asemejan al cuerpo humano y a las formas animales existentes.

En él aplicó su gran conocimiento del comportamiento de los materiales de construcción y del comportamiento de una estructura en sus esfuerzos tanto al cortante como a la tensión y la compresión.

Entre los muchos y muy variados trabajos de Calatrava, se cuentan la torre de comunicaciones de Montjuic en Barcelona, puentes en diferentes partes de España y algunos proyectos arquitectónicos de edificios de gobierno y privados.

Santiago Calatrava ha tenido que abrirse paso a través de los grupos de poder que destinan los grandes proyectos a firmas de arquitectos que de alguna manera tienen la ventaja de pertenecer a estos grupos, sin permitir que gente joven y desconocida pueda mostrar sus habilidades en el diseño.

Calatrava se abrió camino gracias a su participación en más de cien concursos internacionales y en ese recorrido ha tenido que sufrir el peso del poder de estos grupos, como le sucedió en el concurso del Reichstag de Berlín, donde el jurado le arrebató el triunfo por intereses comerciales que nada tenían que ver con el diseño, lo que llevó a Calatrava a discutir de forma por demás acalorada con sir Norman



Foster al defender su proyecto.

Muchos españoles conocen su obra aunque nunca hayan visto su rostro, y eso lo vuelve un ser sobresaliente que, además, no es catalán, lo cual lo hace también distinto, si consideramos que la mayoría de los talentos españoles ha nacido en Cataluña.

**Instituto Mexicano del Cemento y
del Concreto, A.C.**
Revista Construcción y Tecnología
Octubre 2000
Todos los derechos reservados

[ARTICULO
ANTERIOR](#)



[ARTICULO
SIGUIENTE](#)



El Concreto Antibac

Estudio sobre su capacidad de inhibición microbiana



Química Rosa Elba Rodríguez Camacho

Los microorganismos de tipo patógeno producen una serie de infecciones y enfermedades, tanto en los seres humanos como en los animales, las cuales varían desde infecciones leves hasta letales, por ejemplo, salmonelosis, cólera, meningitis, sepsis, gastroenteritis, etcétera. Éstas pueden provocar inclusive daños incalculables a industrias tales como la alimenticia, ganadera, avícola y porcina.

La capacidad de reproducción de estos microorganismos es impresionante. En condiciones ideales, una bacteria puede reproducirse hasta llegar a los 281 trillones de bacterias en tan sólo 24 horas.

Los microorganismos se clasifican en Gram positivos y Gram negativos, según su respuesta a la técnica de tinción de Gram. Este procedimiento se denomina así por el histólogo holandés Christian Gram, quien lo desarrolló en un intento por teñir bacterias en tejidos infectados.¹

En las bacterias Gram positivas se encuentran las

Aquí! 

Se presentan aquí los resultados de un estudio realizado con el objeto de determinar la efectividad de acción antibacteriana de este concreto mediante la evaluación de su capacidad para reducir y controlar el crecimiento microbiano.

que provocan supuraciones, infecciones en la piel y mucosas, como es el caso del staphylococcus y el streptococcus. Las bacterias Gram negativas pueden producir enfermedades tales como tifoidea, salmonellosis, infecciones intestinales, como es el caso de las bacterias Escherichia Coli, Salmonella o Klebsiella.

Existen tanto agentes físicos como químicos para eliminar o evitar el crecimiento de los microorganismos. Los agentes químicos o desinfectantes empleados para la sanitización y que tienen una acción bactericida, biocida, fungicida o germicida, generalmente son a base de compuestos fenólicos, glutaraldehído, compuestos de amonio, iones de metales pesados como son las sales de mercurio, plata y cobre, pero resultan demasiado perjudiciales para los tejidos humanos o de cualquier ser vivo.

Puesto que los microorganismos se pueden depositar en cualquier tipo de superficie y reproducirse en forma importante al encontrar el medio propicio para desarrollarse, en los diferentes tipos de industria e instituciones hospitalarias se emplean diversos agentes químicos para sanitizar las áreas e instalaciones que requieren un alto grado de sanidad.

Actualmente existen nuevos sistemas y productos que ayudan a obtener instalaciones con mejores características de limpieza y sanidad, en donde disminuye la posibilidad de favorecer el crecimiento de microorganismos de tipo patógeno. Es importante además que se proporcionen altos niveles de seguridad al utilizarse estos productos.

En los concretos convencionales, ciertos aditivos químicos tales como los fluidificantes y superfluidificantes contienen carbohidratos que se degradan rápidamente y provocan una descomposición microbiana, dando como resultado formación de gas y

mal olor.

Por sus características intrínsecas, el concreto posee cierta porosidad o microporosidad. Por su textura rugosa, permite que los microorganismos se depositen y penetren, y que se desarrollen en su superficie y en su masa, lo cual contribuye a su crecimiento y reproducción. Es difícil eliminarlos por medio de un desinfectante, puesto que éste actúa sólo en el nivel superficial, sin poder penetrar en la masa del concreto.

Mediante estudios microbiológicos realizados en concretos convencionales aun después de una desinfección, se demostró la presencia de bacterias tales como los staphylococcus, micrococcus y enterobacter aerogenes, entre otros.

Incluso los concretos durables sufren en ciertas condiciones deterioro por el ataque de bacterias y hongos, los cuales contribuyen a la degradación del material al establecer y mantener grandes colonias de bacterias sobre y dentro del concreto. Al contener microorganismos, el concreto puede sufrir los siguientes perjuicios:

I Ataque de compuestos químicos que se liberan durante su metabolismo.

I Formación de un ambiente que promueve la corrosión del acero de refuerzo.

I Formación de manchas en su superficie.

Inicialmente, los agentes que producen la degradación bacteriana son ácidos orgánicos o minerales producto del proceso bioquímico promovido por bacterias específicas. Los ácidos reaccionan con la pasta de cemento y gradualmente la disuelven. Aunque los hidratos

alcalinos neutralizan el ácido inicialmente formado, el proceso de fermentación u otro tipo de actividad metabólica bacterial continúa conforme prevalezca la humedad y los nutrientes necesarios para las bacterias.⁶

Por ejemplo, los pisos y paredes de restaurantes, cocinas, gimnasios, baños y salas de ordeña son propensos al desarrollo y crecimiento de bacterias y hongos.

Existe una gama muy amplia de compuestos químicos tales como las sales de arsénico o de cianuro que se pueden utilizar como aditivos microbicidas en el concreto, pero poseen un alto grado de toxicidad y por ello pueden provocar intoxicaciones o contaminaciones.

Descripción del estudio

Objetivo

A través de estudios microbiológicos, determinar la capacidad de inhibición microbiana por medio de la evaluación de la capacidad de reducción y control del crecimiento microbiano de un Concreto ProfesionalMR AntibacMR elaborado con componentes de baja toxicidad.

Método experimental

Materiales

- Concreto convencional
- Concreto Profesional Antibac, cuyo componente principal antimicrobial presenta una toxicidad oral (ratas) LD50 de 3,000 mg/kg.

Estudios de actividad antimicrobiana

La determinación de la actividad antimicrobiana se realizó en especímenes de concreto convencional y Antibac, incluyéndose también una muestra de plástico. Los especímenes se sometieron a medios de cultivo con la bacteria *E. Coli* y *Staphylococcus aureus* durante 24 horas a 37 °C, aplicando el método Kirby-Bauer.³ Este método se utiliza para demostrar la efectividad de los agentes antimicrobianos y determinar su capacidad de inhibir el crecimiento bacterial. En este caso, se lo aplicó al producto final, que es el Concreto Profesional Antibac, para demostrar su efectividad antimicrobiana.

Estudios de evaluación

de capacidad antimicrobiana

Para evaluar la capacidad antibacteriana del Concreto Profesional Antibac se realizó una serie de muestreos que se llevaron a cabo en pisos de Concreto Profesional Antibac y en especímenes de concreto convencional (normal) y Antibac sometidos a diferentes medios de exposición, los cuales se describen en los siguientes incisos:

a) El muestreo se realizó en un hospital, específicamente sobre la superficie de concreto convencional y Antibac en el área de descontaminación. Para ello, primeramente se efectuó una desinfección empleando un desinfectante comercial, y posteriormente se tomaron las muestras por medio de hisopos de arrastre a las 4, 8, 12 y 48 horas después de la desinfección.

b) En este caso, las pruebas se realizaron en una planta de alimentos del estado de Aguascalientes, en el área de congelación. Las muestras se tomaron de la superficie de Concreto Profesional Antibac y de la

superficie de concreto normal recubierto con pintura epóxica, en donde la técnica de muestreo aplicada se llevó a cabo mediante el hisopo de arrastre. Por tratarse de áreas contiguas, se considera que estuvieron sometidas al mismo ambiente y proceso. Las muestras se tomaron antes y después de un lavado o sanitización, empleando para ello un detergente base alcalino-clorado y posteriormente una solución de yodo 50 ppm.

c) El sitio donde se llevaron a cabo las pruebas es una granja avícola-porcina localizada en el estado de Jalisco. Allí se colocaron especímenes de concreto convencional y Antibac en el área de recepción de animales, exponiéndolos a este medio durante 15 días y procediendo posteriormente al lavado y cepillado con agua y detergente comercial. La toma de muestra se realizó por medio de hisopos de arrastre.

d) Para este caso, el estudio se realizó en una granja avícola-porcina-bovina del estado de Jalisco en la que se colocaron especímenes de concreto normal y Antibac en heces de borrego y agua de drenaje, exponiéndolos a este medio durante 15 días, y procediendo posteriormente al lavado y cepillado con agua y detergente comercial para llevar a cabo el muestreo de microorganismos por medio de hisopos de arrastre.

e) El medio que se seleccionó en este caso fue la zona de defecación en una granja porcina donde se colocaron varios especímenes de concreto normal y Antibac, los cuales se expusieron en este medio durante siete días y posteriormente se lavaron con agua a presión y se procedió a tomar las muestras con hisopos de arrastre.

Método de prueba

Los estudios microbiológicos llevados a cabo se basan en el recuento total de microorganismos

mesofílicos aerobios.⁴ Esta técnica es apta para investigar el contenido de microorganismos viables en un alimento, agua potable o purificada, por lo que se realizó una adaptación para hacerla aplicable a muestras de concreto y estimar la cantidad de microorganismos viables presentes en la misma. Esta técnica consiste en contar colonias, que se desarrollan en el medio de elección, después de cierto periodo y temperatura de incubación, presuponiendo que cada colonia proviene de un microorganismo de la muestra en estudio. Los resultados son reportados como Unidades Formadoras de Colonias (UFC).

Resultados

Mediante el método Kirby-Bauer Modificado se detectó la formación de una zona de inhibición en el Concreto Profesional Antibac, como se muestra en la tabla 1 y la figura 1. Esta zona, que varía de 6 a 9 mm, dependiendo del tipo de microorganismo, se encuentra libre de bacterias. Por otro lado, en el concreto convencional y la muestra de plástico no se generó esta zona de inhibición, observándose formación de colonias de microorganismos alrededor de él y sobre la superficie de la placa donde se llevó a cabo la prueba.

Los estudios de recuento de microorganismos mesofílicos aerobios muestran que el Concreto Profesional Antibac produce en todos los casos y en las diferentes condiciones a las que fue sometido, una reducción de la población microbiana.

En los pisos del cuarto de descontaminación del hospital, aun después de 12 horas del régimen de limpieza se observa una disminución de la población microbiana en el Concreto Profesional Antibac (figura 2), a diferencia del concreto convencional (testigo), en el que se incrementó hasta más de cuatro veces la población de microorganismos con respecto al

Concreto Profesional Antibac. En el estudio conducido hasta las 48 horas, se nota un gran crecimiento (3,376 UFC / hisopo) de los microorganismos en el concreto convencional (testigo), mientras que el concreto antibacteriano presenta una notable reducción y control del crecimiento de los microorganismos (239 UFC / hisopo) (figura 3).

Los especímenes de Concreto Profesional Antibac sometidos en medios con contaminaciones fecales también presentaron una reducción de poblaciones microbianas (figuras 4 y 5).

En la figura 6 se observa el comportamiento del concreto antibacteriano comparado con el piso con recubrimiento epóxico con y sin desinfección. Se nota que aun el piso con recubrimiento epóxico y desinfectado presenta un mayor valor en las colonias de microorganismos, UFC / hisopo, que el Concreto Profesional Antibac con y sin desinfección. Por un lado, se determina que el régimen de desinfección no fue suficiente para sanitizar el área y por otro lado, el concreto antibacteriano presenta una reducción del crecimiento de microorganismos.

En el caso del concreto expuesto a las áreas de recepción de aves y puercos, en el cual se sufre también una contaminación, el Concreto Profesional Antibac presentó una alta reducción de microorganismos, a diferencia del concreto convencional en el que hubo un mayor crecimiento microbiano (figura 7).

Conclusiones

En los diferentes estudios microbiológicos llevados a cabo en los concretos convencional y Antibac se vislumbra lo siguiente:

a) El Concreto Profesional Antibac presenta una alta efectividad para inhibir el crecimiento de

los microorganismos que se desarrollan en los elementos construidos con este tipo de concreto.

b) En todas las condiciones a las cuales se sometieron los concretos; el Concreto Profesional Antibac presenta una notable reducción de los niveles de colonias de microorganismos.

c) Es notable el desarrollo de poblaciones de microorganismos en un concreto convencional o en un piso con recubrimiento epóxico aun después de una desinfección o lavado con agua. Lo contrario ocurre en el Concreto Profesional Antibac que posee una capacidad de inhibición microbiana.

d) La actividad antimicrobiana que presenta el concreto antibacteriano se demuestra también por la presencia de una zona libre de microorganismos o zonas de inhibición alrededor de la muestra al aplicar el método Kirby-Bauer.

e) El Concreto Profesional Antibac demuestra una efectividad antimicrobiana, lo que permite tener mejores características sanitarias en el elemento de concreto y, por consiguiente, en las áreas que así lo requieren. Incluso, esta efectividad permite incrementar los periodos de limpieza o desinfección, puesto que la reducción de microorganismos en el Concreto Profesional Antibac es notable. Este proceso de inhibición microbiana permite disminuir los riesgos de infecciones y contaminaciones.

Referencias

1. Jawetz y otros, Microbiología médica, 15^a. ed., El Manual Moderno, México.

2. Cemex, Centro de Tecnología de Cemento y Concreto, Reporte interno, México.
3. Manual of clinical microbiology, 4^a. ed., pp. 981-984.
4. Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos, 6^a. ed.
5. Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994.
6. Ramachandran, V.S., Concrete admixtures handbook, Noyes Publicaciones, EUA, 1984.

Rosa Elba Rodríguez Camacho es investigadora del Centro de Tecnología Cemento y Concreto de Cemex.

**Instituto Mexicano del Cemento y del
Concreto, A.C.
Revista Construcción y Tecnología
Octubre 2000
Todos los derechos reservados**

[ARTICULO
ANTERIOR](#)



[ARTICULO
SIGUIENTE](#)



Efectos sellantes con las herramientas de acabado



Bruce A. Suprenant y Ward R. Malisch

Durante más de 50 años, los acabadores de concreto han sido advertidos de los peligros de usar herramientas o métodos que densifican y sellan una superficie de concreto antes de detenerse el sangrado. Cuando el agua de sangrado, el aire, o ambos, quedan atrapados debajo de una superficie sellada, pueden originarse ampollas o delaminación superficial y acelerarse el descascaramiento del concreto exterior en climas fríos.

La experiencia nos dice que las llanas de madera de mango largo son buenas herramientas para prevenir el sellado del concreto después del enrase. Ellas abren la superficie del concreto, permitiendo que el agua de sangrado se acumule allí y se evapore

Para evaluar la conveniencia de utilizar una u otra herramienta en el acabado de superficies sin correr el riesgo de sellarlas antes de tiempo, en función de evitar el descascaramiento prematuro del concreto exterior, los autores realizaron una serie de pruebas con diferentes concretos y combinaciones de herramientas. En este artículo exponen los resultados a los que llegaron.

antes de proseguir con el acabado. Las fresno, por otro lado, son malas herramientas para usarse como llanas debido a que sellan la superficie, permitiendo que el agua de sangrado se acumule debajo de la misma; y las llanas de mango largo de magnesio no son tan buenas como las de madera para mantener abierta la superficie, pero son de todos modos necesarias al trabajar concreto con aire incluido, ya que las de madera rasgan la superficie.

Para asegurar que los acabadores sin experiencia aprendan a usar la herramienta correcta en el momento adecuado, un ejercicio de entrenamiento les exige que den acabado a una superficie dejando una sección de prueba sin acabar de 40 a 60 cm de ancho. El agua de sangrado que aparece en la sección de prueba sin acabado (abierta), pero no en la secciones adyacentes acabadas, indica que las superficies acabadas han sido selladas prematuramente a causa de la herramienta o el método empleado, o de ambos. Pero estas suposiciones se basan en observaciones, no en datos. No nos dicen mucho acerca de la capacidad relativa de diferentes herramientas de acabado para mantener abierta la superficie. Sería de gran ayuda saber cuánta más agua sale del concreto cuando los acabadores usan una llana de mango largo en vez de una de magnesio o una fresno. Para investigarlo, ideamos una prueba para medir la pérdida de agua en la

superficie y luego usamos la prueba con diferentes concretos y combinaciones de herramientas de acabado.

La pérdida de agua como una medida del sellado

El concreto sellado durante el acabado no pierde tanta agua cuando fragua y se cura. Así que nosotros modificamos un método de prueba desarrollado por otros (véase el recuadro de la página 30 para medir los cambios en la pérdida de agua causados por el efecto de sellado en cinco secuencias, correspondientes a diferentes herramientas de acabado, hechas en el siguiente orden:

1. Enrase manual con una llana de magnesio de mango largo para carretera, sin aplicar ninguna otra herramienta de acabado.
2. Enrase manual seguido por una llana de madera de mango largo, de 120 cm de ancho.
3. Enrase manual seguido por una llana de magnesio de mango largo, de 120 cm de ancho.
4. Enrase manual seguido por una llana de magnesio de mango largo y acabado con una fresno de 75 cm de ancho
5. Enrase manual seguido por una llana de magnesio de mango largo y raspado con una llana de magnesio

de mango largo para carretera, de 3 m de longitud.

La figura 1 muestra el patrón que usamos en un conjunto de moldes que contenían cajas insertadas que los técnicos removieron después de cada secuencia con las herramientas de acabado y que luego pesaron periódicamente. Agregamos más concreto para llenar los huecos en donde habían estado cada una de las cajas, permitiendo así las secuencias posteriores de acabado. Todas las secuencias se completaron antes de que apareciera el agua de sangrado en la superficie.

Usamos primero este procedimiento de pruebas con concreto sin aire incluido, y después lo repetimos en un día diferente con concreto con aire incluido. La tabla 1 muestra las proporciones de mezcla y las propiedades físicas de cada concreto.

Los datos del sellado

Supusimos que toda la pérdida de peso medida se debía a la evaporación del agua. Puesto que todas las cajas insertadas tenían exactamente el mismo tamaño, calculamos el peso del agua de mezclado con base en el peso del concreto en cada caja. La pérdida de peso dividida entre el peso del agua de mezclado representa el agua de sangrado que se evaporó, expresada como un porcentaje. En seguida calculamos el sangrado relativo,

dividiendo el porcentaje de sangrado para cada secuencia de acabado entre el porcentaje de sangrado para el concreto que sólo había sido enrasado. La figura 2 muestra el sangrado relativo para cada secuencia de acabado, medido tres horas después del enrase inicial. Elegimos tres horas como el tiempo típico en que podrían empezar las operaciones de acabado siguientes.

Resultados para el concreto sin aire incluido

Tal como se esperaba, la figura 2 muestra que diferentes herramientas y secuencias afectan la cantidad de agua que queda atrapada debajo de la superficie de concreto sin aire incluido. Pero hubo algunas sorpresas.

El enrase manual con una llana de mango largo de magnesio para carretera selló la superficie y limitó el sangrado a uno de los valores más bajos. Sin embargo, como se esperaba, después del enrase con una llana de mango largo de madera o de magnesio se abrió la superficie, permitiendo que se evaporara de 60 a 70 por ciento más de agua. En estas dos pruebas, las llanas de mango largo de madera y de magnesio mostraron ser igualmente efectivas para abrir la superficie de concreto sin aire incluido. Este es un resultado no anticipado, ya que la creencia normal es que las llanas de mango largo de madera abren mejor la superficie que las de magnesio. Sin embargo, estos

resultados han sido interpretados con cautela, ya que el sangrado relativo variaba significativamente entre las dos pruebas de secuencia de acabado que terminaban, o bien con un acabado con llana de mango largo de madera, o bien con una de magnesio – 1.1 y 2.3 (promedio 1.7) para el acabado con llana de mango largo de madera y 1.1 y 2.1 (promedio 1.6) para el aplanado con llana de mango largo de magnesio—. Creemos que la presión sobre la hoja de la herramienta de acabado y, por lo tanto, el efecto de sellado, pueden variar en relación con la distancia de la hoja al acabador.

Como se esperaba, la fresno reselló la superficie que había sido previamente enrasada y allanada con llana de mango largo de magnesio. La aplicación de una fresno selló la superficie, incluso más efectivamente que el enrase manual. Pero encontramos que al usar una llana de mango para carretera también se sella la superficie, reduciendo notablemente la pérdida de peso que acompaña a la evaporación del agua de sangrado. Esto está de acuerdo con las observaciones de campo de algunos acabadores que han tratado de minimizar este efecto de sellado usando llanas de madera o fijando tiras de madera a las hojas de las llanas de magnesio.

Resultados para el concreto con aire incluido

Para el concreto con aire incluido, el enrase manual con una llana de mango largo de magnesio para carretera selló la superficie mucho mejor que cualquier otra secuencia de acabado. Las llanas de mango largo de madera y de magnesio reabrieron la superficie, pero el resultado sorprendente para esta serie de pruebas fue que un acabado con fresno inmediatamente después del aplanado con llana de mango largo de magnesio, no pareció resellar la superficie. Puesto que este resultado está en conflicto con la experiencia de campo que muestra el efecto de sellado del allanado prematuro con acero, nosotros no recomendamos usar una fresno en trabajos de superficies de concreto con aire incluido.


Otra vez, en esta serie, inmediatamente después del allanado con llana de mango largo de magnesio, la llana de mango largo para carretera selló la superficie permitiendo que se evaporara menos agua. Los contratistas quisieran, tal vez, considerar el efecto de sellado de la llana de mango largo para carretera cuando dan acabado al concreto exterior que está expuesto a congelación y deshielo. Con base en nuestros resultados de pérdida de peso, el uso de una llana de mango largo de metal para carretera sin ningún acabado posterior distinto del escobeteado o el arrastrado de apillera –como se recomienda a veces– puede provocar que quede

agua de sangrado atrapada e incrementar la posibilidad de descascaramiento.

En general, nuestros resultados muestran los beneficios de utilizar, ya sea una llana de mango largo de madera, o una de magnesio, para mantener abierta la superficie y permitir que se evapore el agua de sangrado. También indican que el uso de una llana de mango largo de magnesio para carretera para enrasar o de una llana de mango largo de metal para carretera después del enrase, puede sellar la superficie.

¿Por qué la diferencia?

Debido a que las proporciones de mezcla y las condiciones ambientales fueron diferentes para los concretos con aire incluido y sin aire incluido, es difícil determinar por qué diferían los resultados de las dos pruebas. En general, la elección de la herramienta y la secuencia parecían tener un efecto menor en el sellado de la superficie en el caso del concreto con aire incluido que en el del concreto sin aire incluido. Además, encontramos que la llana de mango largo de madera no abrió la superficie del concreto con aire incluido tanto como lo hizo en el caso del concreto sin aire incluido, y mientras que la fresno selló el concreto sin aire incluido, tuvo un efecto menor en el concreto con aire incluido. Nosotros creemos que esto se debe al efecto del aire incluido sobre el sangrado.



La inclusión de aire muestra la velocidad de sangrado, reduciendo la cantidad de agua de sangrado que aparece en la superficie de concreto. Debido a esto, la herramienta de acabado usada afecta menores cantidades de agua de sangrado que pasan hacia la superficie. Estos datos apoyan nuestros artículos sobre delaminaciones publicados con anterioridad, sugiriendo que la inclusión de aire tiene un efecto menos pronunciado que la herramienta de acabado o la distribución de tiempo sobre la cantidad de agua de sangrado que sale de la superficie.

Este artículo fue publicado en Concrete Construction y se reproduce con la autorización de The Aberdeen Group.

Desarrollo de la prueba

En 1973, los investigadores midieron la efectividad de los compuestos de la membrana de curado colando losas de prueba de 66 x 61 x 20 cm que tenían cajas insertadas de metal de 10 x 15 x 10 cm.¹ Las cajas fueron diseñadas para ser levantadas de las losas de prueba y pesadas periódicamente después de haber colocado, vibrado, acabado y curado el concreto y de haberlo luego expuesto a diferentes ambientes de curado. Estos pesajes midieron la pérdida total de agua desde el momento de la colocación.

Esta prueba resultó apropiada para determinar la efectividad de la membrana de curado contra la pérdida de agua al sellar el concreto, de modo que adaptamos un método similar para determinar de qué manera las herramientas de acabado sellaron el concreto y evitaron la pérdida de agua.

Nosotros hicimos 10 cajas para insertar que medían 23 x 23 x 11 cm, atornillando lados de hojas de metal a una base de madera pintada con epóxicos. Después de calafatear todas las hendiduras de la caja para evitar la pérdida de agua, formamos una losa de 4.5 x 4.5 m y 13 cm de espesor y colocamos las 10 cajas en cinco filas de dos cajas cada una, verificando las elevaciones de las cajas y los moldes laterales para asegurarnos de que todas las herramientas de acabado estuvieran apenas a poca distancia de las partes superiores de las cajas. Cada fila de dos cajas fue expuesta a diferentes secuencias de acabado antes de que apareciera agua de sangrado en la superficie. Las cajas fueron diseñadas para ser levantadas de las losas de prueba después de la secuencia de acabado y pesadas cada media hora, de modo que pudiéramos medir el total de la pérdida de agua desde el momento de la colocación. La compañía CAMAS Colorado Inc. proporcionó el concreto premezclado para rellenar los moldes, y un técnico de campo certificado por el ACI, de la compañía CTC-Geotek Inc., realizó las pruebas de campo para el

reventamiento, contenido de aire, peso unitario y temperatura.

Calculamos la pérdida de peso a las tres horas debido a que era la hora más probable para iniciar el aplanado mecánico y empezar el allanado.

1 R.O. Wrbas, W.B. Ledbetter y A.H. Meyer, «Effectiveness of membrane curing on concrete surfaces», Highway Research Record núm. 443, Highway Research Board, Washington, D.C., 1973.

**Instituto Mexicano del
Cemento y del Concreto, A.C.
Revista Construcción y
Tecnología
Octubre 2000
Todos los derechos
reservados**

[ARTICULO
ANTERIOR](#)



[ARTICULO
SIGUIENTE](#)



Avances en la tecnología del concreto



Aquí! 

P. Kumar Mehta

El concreto de cemento portland ha emergido claramente como el material de elección para la construcción de un gran número y variedad de estructuras en el mundo de nuestros días. Esto se atribuye principalmente al bajo costo de los materiales y la construcción para estructuras de concreto, así como también al bajo costo del mantenimiento. Por lo tanto, no es sorprendente que muchos avances en la tecnología del concreto hayan ocurrido como resultado de dos fuerzas impulsoras, específicamente la velocidad de construcción y la durabilidad del concreto.

Durante el periodo de 1940 a 1970, la disponibilidad de los cementos portland de alta resistencia temprana permitieron el uso de alto contenido de agua en las mezclas de concreto que eran fáciles de manejar. Este enfoque, sin embargo, condujo a serios problemas en la durabilidad de las estructuras, especialmente en aquellas sometidas a exposiciones ambientales severas. 1

Entre los avances recientes, el más notable es el desarrollo de mezclas de concreto superfluidificado, que dan muy alta fluidez a contenidos de agua relativamente bajos. Debido a su baja porosidad, el concreto endurecido se caracteriza generalmente por la alta resistencia y gran durabilidad. Los cementos libres de macrodefectos y las cerámicas químicamente adheridas son ejemplos de métodos tecnológicos alternativos para obtener baja porosidad

Al revisar los principales desarrollos efectuados durante los últimos 30 años en materia de tecnología del concreto, el autor – un reconocido especialista, por cierto – hace una evaluación crítica de diversas tecnologías a la luz de tres criterios: costo de los materiales y la construcción, durabilidad de las estructuras e incidencia en el ambiente. También pronostica el impacto futuro de cada una en la industria del concreto en su conjunto. Para evaluar la conveniencia de utilizar una u otra herramienta en el acabado de superficies sin correr el riesgo de sellarlas antes de tiempo, en función de evitar el descascamiento prematuro del concreto exterior, los autores realizaron una serie de pruebas con diferentes concretos y combinaciones de herramientas. En este artículo exponen los resultados a los que llegaron.

y alta resistencia. Para el propósito específico del aumento de la vida de servicio de las estructuras de concreto reforzado expuestas a ambientes corrosivos, el uso de aditivos inhibidores de corrosión del acero reforzado recubierto con epóxicos y protección catódica está entre los avances tecnológicos mejor conocidos.

Además de la velocidad de construcción y la durabilidad, ahora existe una tercera fuerza impulsora, a saber, el favorable comportamiento ambiental de los materiales industriales, que cada vez está adquiriendo mayor importancia en la valoración tecnológica para el futuro. En este artículo, se pretende una evaluación crítica de distintas tecnologías, empleando los siguientes tres criterios:

- costo de materiales y construcción,
- durabilidad, y
- buen comportamiento ambiental


No se pretende presentar una revisión exhaustiva de todos los avances recientes en la tecnología del concreto. Sólo se revisan brevemente los desarrollos selectivos de los últimos 30 años que son significativos a juicio del autor.

Aditivos superfluidificadores

Hace 17 años, Malhotra hizo la siguiente afirmación:

“Ha habido muy pocos desarrollos importantes en la tecnología del concreto en los años recientes. El concreto de aire incluido en los años cuarenta fue uno de ellos. Revolucionó la tecnología del concreto en Norteamérica. Se cree que el desarrollo de los superfluidificadores es otro avance de gran importancia que tendrá un efecto significativo en la producción y el uso del concreto en los años por venir.» 2

La predicción de Malhotra ha resultado correcta. Esto está apoyado por el desarrollo y uso de una familia



cada vez más grande de productos de concreto superfluidificado de alto desempeño, tales como concreto superfluidificado de alta resistencia, concreto superfluidificado de gran durabilidad, concretos superfluidificados con alto volumen de ceniza volante y de escoria, concreto autocompactante superfluidificado, concreto superfluidificado y antideslave bajo el agua y concreto superfluidificado reforzado con fibras. Collepari, 3 y más recientemente Malhotra 4 y Nagataki 5 han publicado excelentes revisiones sobre el desarrollo de varias tecnologías que incorporan el uso de aditivos superfluidificadores.


Los superfluidificadores, también conocidos como aditivos reductores de agua de alto rango, son reductores de agua muy eficientes. A finales de los años sesenta, se desarrollaron en Japón los productos a base de sulfonatos de naftaleno y, al mismo tiempo, los productos de sulfonato melanina fueron introducidos en Alemania Occidental. Se logró que las moléculas aniónicas de cadenas largas del aditivo llegaran a ser adsorbidas en la superficie de las partículas de cemento, las que son efectivamente dispersadas en el agua a través de la repulsión eléctrica.

De acuerdo con Nagataki, las primeras aplicaciones del concreto superfluidificado en Japón fueron para la producción de pilotes de concreto prefabricado de alta resistencia, el cual podía resistir el agrietamiento durante el proceso de hincado del pilote. 5 En los años setenta, las trabes y las vigas de varios puentes de carreteras y vías férreas en Japón fueron fabricadas con mezclas de concreto superfluidificado de 50 a 80 MPa (500 a 800 kg/cm²), que tenían un revenimiento de bajo a moderado. En Alemania Occidental, donde el objetivo inicial era desarrollar concreto antideslave bajo el agua, los superfluidificadores se usaron para mejorar la fluidez de mezclas rígidas sin alterar la relación de agua a material cementante (a/mc). Puesto que es posible realizar ambos objetivos simultáneamente, ahora los aditivos superfluidificadores se usan en todo el mundo para el

propósito de obtener alta resistencia, gran fluidez y gran durabilidad. Las mezclas de concreto superfluidificado que contenían naftaleno, o sulfonatos de melamina, con frecuencia sufrían una rápida pérdida de revenimiento. El problema puede resolverse mediante la introducción de una dosis adicional del superfluidificador en el sitio de la obra. Sin embargo, este método es engorroso y costoso. En 1986 se desarrollaron en Japón los superfluidificadores que retenían el revenimiento, llamados también de «larga vida». De acuerdo con Yonezawa, un típico superfluidificador de “larga vida” contiene un compuesto insoluble en el agua que comprende sales de ácido carboxílico, amidas y anhídrido carboxílico. 6 La solución alcalina que resulta de la hidratación del cemento portland hidroliza gradualmente el superfluidificador, liberando un dispersante soluble en agua que ayuda a mantener el revenimiento inicial por largo tiempo. Tanaka y otros han descrito el desarrollo de superfluidificadores a base de policarboxilato que contienen un polímero de amarre cruzado que imparte gran fluidez, retención de revenimiento durante largo tiempo y alta resistencia a la segregación. 7 Los superfluidificadores de larga vida a base de naftaleno o polímeros de sulfonato melamina pueden hoy día obtenerse también comercialmente.

Concreto y morteros de alta resistencia

El concreto de alta resistencia [$>$ de 40 MPa ($>$ 420 kg/cm²) de resistencia a la compresión] se usó por primera vez en edificios de marcos de concreto reforzado con 30 o más pisos. En los edificios altos, el tamaño de las columnas en la tercera parte inferior del edificio es bastante grande cuando se usa concreto convencional. Además de los ahorros en el costo de los materiales, los ingenieros constructores han encontrado que la elección del marco de concreto reforzado en vez del marco de acero en los edificios muy altos permite ahorros adicionales como resultado de mayores velocidades de construcción. 8 Empezando con columnas de concreto de 50 MPa (500 kg/cm²) para la Lake Point Tower en Chicago,



construida en 1965, se han construido muchos edificios altos que contienen elementos de concreto de alta resistencia en Norteamérica y en otras partes. El edificio Water Tower Place de 79 pisos en Chicago contiene columnas de concreto de 60 MPa (611 kg/cm²). El edificio Scotia Plaza en Toronto y los dos edificios Union Square en Seattle tienen columnas de concreto con resistencias de 90 y 120 MPa (900 a 1,200 kg/cm²), respectivamente.

A fin de obtener la alta resistencia, la relación a/mc de la mezcla de concreto generalmente se mantiene por debajo de 0.4 con la ayuda de un aditivo superfluidificador. Debido a la baja relación a/mc, una característica importante del concreto de alta resistencia es su baja permeabilidad, que es la clave para la durabilidad a largo plazo en ambientes agresivos. Consecuentemente, se ha empleado mucho más concreto de alta resistencia para aplicaciones en donde la durabilidad, más que la resistencia, era la consideración principal. Las estructuras marinas de concreto –puentes con claros largos, túneles por debajo del mar y plataformas petroleras a poca distancia de las costas– son ejemplos de tales aplicaciones.

La gran fluidez sin segregación es otro factor más que contribuye al crecimiento de la industria del concreto superfluidificado de alta resistencia. La trabajabilidad de las mezclas de concreto superfluidificado puede generalmente mejorarse mediante el uso de aditivos puzolánicos o cementantes tales como humo de sílice, ceniza volante, ceniza de cáscara de arroz y escoria de alto horno granulada molida. La facilidad del bombeo y las mezclas de concreto fáciles de moldear pueden reducir significativamente los costos de construcción en grandes proyectos, edificios de gran altura, estructuras a corta distancia de las costas, por ejemplo. Este es especialmente el caso cuando se fabrican elementos de concreto presforzado y muy reforzado que contienen refuerzo cerradamente espaciado.

Roy y Silsbee han revisado el desarrollo de una nueva

familia de productos a base de cemento de alta resistencia que no dependen del uso de superfluidificadores. Las cerámicas químicamente adheridas (CQA) son morteros con poco, o sin, agregado grueso, un contenido muy alto de cemento y una muy baja relación a/mc. Ellos se densifican a alta presión y luego se curan térmicamente para obtener una muy alta resistencia. Los productos que constan típicamente de 50 por ciento de fases anhidro, exhiben propiedades que se aproximan a aquellas de la cerámica a fuego. Los productos de cemento llamados libres de macrodefectos (LMD) están hechos de una pasta de cemento que contiene hasta 7 por ciento en masa de un agente fluidificador soluble en agua, tal como una celulosa hidroxil propilmetilo, poliacrilamida o acetato polivinil hidrolizado. La pasta es sometida a un mezclado de alto cortante y los productos son moldeados bajo presión, y finalmente curados en calor, a temperaturas de hasta 80 o C. Las resistencias a la compresión del orden de 150 MPa (1,540 kg/cm²) se obtienen con cementos portland, y se llega hasta 300 MPa (3,100 kg/cm²) con cementos de aluminato de calcio. Los estudios han demostrado que la humedad tiene un efecto adverso sobre las propiedades mecánicas de los productos de cemento LMD. Los productos densificados con pequeñas partículas (DPP) contienen de 20 a 25 por ciento de partículas de humo de sílice que son densamente empaquetadas en una pasta de cemento portland superfluidificado (0.12 a 0.22 a/mc). Se lograron resistencias a la compresión de hasta 270 MPa (2,700 kg/cm²) y módulos de Young de hasta 80 GPa (8,275 kg/cm²) mediante compactación mecánica. 9 Tomando en cuenta su naturaleza quebradiza, el uso de CQA, LMD y DPP está limitado a aplicaciones no estructurales.

El requisito de alta ductilidad para uso estructural de los productos de alta resistencia a base de cemento puede lograrse mediante la incorporación de microfibras de acero. Los productos de concreto con poder de reacción (CPR) desarrollados por Richard y Cheyrezy, 10 son en realidad morteros de cemento superfluidificado que comprenden comúnmente 1,000

kg/m³ de cemento portland, de 900 a 1,000 kg/m³ de arena fina y cuarzo pulverizado, 230 kg/m³ de humo de sílice, de 150 a 180 kg/m³ de agua, y hasta 630 kg/m³ de microfibras. Las muestras mecánicamente prensadas tratadas al calor a 400 °C mostraron hasta 680 MPa (6,900 kg/cm²) de resistencia a la compresión, 100 MPa (1,050 kg/cm²) de resistencia a la flexión y 75 GPa (7,680 kg/cm²) de módulo de Young. Es demasiado pronto para predecir el futuro del CPR. A pesar del costo inicial muy grande y una tecnología compleja de procesamiento, el material puede tener un nicho en la industria de la construcción, especialmente para aplicaciones en ambientes altamente corrosivos. La presencia de un gran volumen de microfibras aumenta la capacidad de resistencia a grietas del material, preservando con ello su impermeabilidad al agua.

Concretos de alto desempeño

El término concreto de alto desempeño (CAD) (en inglés High Performance Concrete –HPC) fue usado por primera vez por Mehta y Aïtcin para describir mezclas de concreto que poseían tres características: muy buena trabajabilidad, alta resistencia y gran durabilidad. 11 Así pues, una distinción principal entre concreto de alta resistencia y concreto de alto desempeño fue el requisito obligatorio de gran durabilidad en el caso del CAD. Puesto que no puede obtenerse una gran durabilidad en condiciones ambientales severas a menos que la estructura permanezca libre de grietas durante su vida de servicio, la mezcla de concreto debe diseñarse para gran estabilidad dimensional. Por lo tanto, para reducir el agrietamiento debido a deformaciones por contracción térmica y por secado, es necesario limitar el contenido de pasta de cemento de la mezcla de concreto.

Mehta y Aïtcin propusieron un método para proporcionar mezclas de CAD que limita el contenido total de pasta de cemento a un tercio por volumen de concreto. 11 Este método también permite una sustitución parcial del cemento portland por un aditivo

puzolánico o cementante. Recientemente, Aïtcin ha revisado el arte y la ciencia del concreto de alto desempeño. 12 El autor prevé un uso cada vez mayor de combinaciones ternarias de cemento que contiene escoria, ceniza volante, humo de sílice, metacaolín, ceniza de cáscara de arroz y polvo de piedra caliza para aprovechar el efecto sinérgico en el mejoramiento de las propiedades, tanto del concreto fresco como del endurecido, además de hacer más económico el CAD.

En 1993, un subcomité del Comité de Actividades Técnicas del Instituto Americano del Concreto propuso una nueva definición del CAD como “un concreto que satisface requisitos especiales de desempeño que puede involucrar el mejoramiento de la colocación y compactación sin segregación, resistencia a edad temprana, tenacidad, estabilidad volumétrica o vida de servicio en un ambiente severo”. De acuerdo con esta definición, la durabilidad no es indispensable para el alto desempeño. Esto ha alentado el desarrollo de mezclas de concreto que califican para ser clasificadas como CAD, pero que pueden no ser durables en severas condiciones ambientales.

Por ejemplo, para el uso en estructuras de carreteras, Goodspeed y otros 13 propusieron varias mezclas de CAD hechas comúnmente con un cemento de alta resistencia temprana y contenidos de cemento del orden de 400 kg/m³ o más. Por lo tanto, a menos que se tomen medidas especiales, tales mezclas de concreto serían vulnerables al agrietamiento debido a esfuerzos de contracción por secado autógenos y térmicos. 14 Evidentemente, se puede poner en riesgo la vida de servicio de una estructura de concreto si se deja uno llevar solamente por el tiempo de los programas de construcción. Por lo tanto, en el diseño estructural es aconsejable considerar el costo del ciclo de vida más que el costo inicial de la estructura. Además, existe la necesidad de reexaminar la cuestión de si deben comercializarse o no las mezclas de concreto de cuestionable durabilidad a largo plazo como productos de alto

desempeño.

La tecnología del CAD está siendo exitosamente utilizada para la construcción de numerosas estructuras a poca distancia de las costas y puentes de claro largo en todo el mundo. 15 Langley y otros describen otros tipos de mezclas de CAD usadas en la construcción de elementos estructurales para el puente Northumberland Strait de 12.9 km de largo, en Canadá. La mezcla de concreto para las trabes principales, los fustes de pilares y las bases de pilares contenían 450 kg/m³ de cemento combinado con humo de sílice, 153 l/m³ de agua, 160 ml/m³ de agente inclusor de aire, y 3 l/m³ de superfluidificador. Comúnmente, las mezclas de concreto fresco mostraron un revenimiento de 20 cm y contenían 6.1 por ciento de aire. Las resistencias a la compresión de las muestras de concreto endurecido a 1, 3 y 28 días fueron de 35, 52 y 82 MPa (360, 530, y 830 kg/cm²) respectivamente. Para los cimientos de los pilares de aproximación y otros elementos masivos de concreto, el CAD contenía una mezcla de 307 kg/m³, de cemento combinado con humo de sílice y 133 kg/m³ de ceniza volante. A un contenido similar de agua (159 ml/m³), pero a dosis considerablemente reducidas de agente inclusor de aire (88 ml/m³) y superfluidificador (1.05 l/m³), la mezcla de concreto fresco dio un revenimiento de 18.5 cm y 7 por ciento de contenido de aire. Las resistencias a la compresión del concreto endurecido a 1, 3, 28 y 90 días fueron de 10, 20, 50 y 76 MPa (101, 203, 513 y 773 kg/cm²) respectivamente. Ambas mezclas de concreto mostraron permeabilidad extremadamente baja medida según la Prueba de Permeabilidad al Agua de CANMET y la Prueba Rápida de Permeabilidad a Cloruros de la AASHTO T 277. Con las estructuras CAD, Langley y otros pusieron gran énfasis en las pruebas de laboratorio en el sitio y el aseguramiento de la calidad. 16

Otro desarrollo en el campo del CAD es el concreto ligero de alto desempeño (CLAD). En relación con el acero, la eficiencia estructural del concreto normal es bastante baja cuando se juzga del punto de vista de

la relación resistencia/peso. Esta relación se eleva considerablemente en el caso de mezclas de concreto superfluidificado de alta resistencia, y puede ser realizada todavía más por el reemplazo total o parcial de agregados de peso normal con partículas de agregado microporosas y ligeras. Dependiendo de la calidad del agregado, se ha producido comercialmente CLAD con una densidad de 2,000 kg/m³ y resistencias a compresión en el rango de 70 a 80 MPa (700 y 840 kg/cm²) para uso en elementos estructurales. De acuerdo con Bremmer y Holm, el CLAD se ha usado en plataformas flotantes y fijas a poca distancia de las costas, en Australia, Canadá, Japón, Noruega y Estados Unidos. 17 Además, de acuerdo con los autores, debido a la alta resistencia de adherencia interfacial entre la pasta de cemento y el agregado, el CLAD permanece virtualmente impermeable a fluidos y es, por lo tanto, altamente durable en ambientes agresivos.

La calidad adhesiva superior del concreto superfluidificado hecho con combinaciones de cemento que contienen de 10 a 15 por ciento, o inclusive un contenido mayor, de humo de sílice, los hace muy apropiados para la reparación y rehabilitación de estructuras de concreto mediante el proceso de concreto lanzado en mezclas húmedas. Esta es otra área de las aplicaciones crecientes del CAD. Morgan ha revisado los nuevos desarrollos en el concreto lanzado con varios ejemplos de reparación con concreto lanzado de infraestructuras en Norteamérica. 18

Concreto autocompactante

La escasez de mano de obra y los ahorros en el tiempo de construcción fueron las razones principales detrás del desarrollo y uso cada vez mayor del concreto autocompactante en Japón. La composición, las propiedades y las aplicaciones de las mezclas de concreto superfluidificado autocompactante se describen en varios documentos japoneses recientemente publicados. 19-23 Nótese que algunos autores prefieren el uso del término "concreto

autonivelante” en vez de concreto autocompactante.

De acuerdo con Nagataki, el desarrollo exitoso de las mezclas de concreto superfluidificado antideslave bajo el agua en Alemania Occidental durante los años setenta, proporcionó el impulso para el desarrollo subsecuente del concreto autocompactante de gran fluidez en Japón en los años ochenta. 5 En ambos casos, la alta fluidez y la resistencia a la segregación se obtuvieron mediante el uso simultáneo de un aditivo superfluidificador y un aditivo que aumentaba la viscosidad. Nótese que la celulosa y los polímeros acrílicos solubles al agua son ampliamente usados como los componentes principales de aditivos que incrementan la viscosidad. La viscosidad de las mezclas de concreto autocompactante se ve grandemente influida por el contenido de polvo. Un alto contenido de cemento puede causar agrietamiento térmico en algunas estructuras. Por lo tanto, es una práctica común usar cantidades sustanciales de aditivos minerales tales como ceniza volante, escoria de alto horno granulada y molida o polvo de piedra caliza. Nagataki informó que se usaron 290,000 m³ de una mezcla de concreto autocompactante que contenía 150 kg/m³ de polvo de piedra caliza y un aditivo superfluidificador para la construcción de dos cuerpos de anclaje del sistema de puentes Akashi-Kaikyo en Japón. El anclaje consistía en un marco de refuerzo densamente arreglado y cables congestionados con acero. En otra aplicación, se usó concreto de gran fluidez con una relación extremadamente baja de a/mc para el colado del concreto de abajo hacia arriba, en una columna de acero rellena de concreto sin compactación. 6

En Francia, la industria del concreto premezclado está usando concreto autocompactante como un producto libre de ruido que puede usarse las 24 horas en áreas urbanas. Debido a la reducción del ruido, el ahorro en la mano de obra y la vida más larga de los moldes de acero, la industria de los productos de concreto prefabricado está también investigando el uso del material.

Tecnologías para prolongar la vida de servicio

La corrosión del acero de refuerzo está implicada en la mayoría de las estructuras de concreto deterioradas. Además del CAD descrito previamente, existen varias tecnologías desarrolladas recientemente que se siguen estudiando para tratar este problema. Es decir, el uso de aditivos inhibidores de corrosión, acero de refuerzo con revestimiento epóxico, protección catódica y la aplicación de capas protectoras sobre la superficie del concreto. Estas tecnologías se revisan brevemente a continuación.

Aditivos inhibidores de corrosión. Berke y Weil presentaron una revisión exhaustiva de los aditivos inhibidores de corrosión en el concreto. 24 Gaidis y Rosemberg mostraron que la adición de 2 por ciento de nitrito de calcio en masa elevaba la concentración umbral de cloruro a niveles que eran lo suficientemente altos para inhibir la corrosión del acero. 25 Los inhibidores anódicos, tales como el nitrito de calcio, funcionan minimizando la reacción anódica promovida por los iones de cloruro. Esta es la razón por la que la cantidad de iones de nitrito presentes relativa a la cantidad de iones de cloruro en la vecindad de la superficie del acero determina si habrá de lograrse la protección contra la corrosión o no. Se propuso que la protección contra la corrosión se obtiene si la relación cloruro/nitrito no excede 1.5. Nmai y otros creen que esta es una limitación seria de los inhibidores anódicos que incluyen el nitrito de calcio. 26 Los autores investigaron un aminoéster que ofrece protección al formar una película protectora en la superficie del acero, además de reducir el ingreso de iones de cloruro en el recubrimiento de concreto. En una investigación preliminar sobre vigas de concreto preagrietadas bañadas con una solución de 6 por ciento de NaCl, el aminoéster que contiene el aditivo en dosis de 5 l/m³ de concreto dio una mejor protección contra la corrosión que el inhibidor de nitrito de calcio en una dosis de 20 l/m³. Parece ser que se necesita mayor investigación para establecer claramente las limitaciones y la efectividad a largo plazo de varios aditivos inhibidores de corrosión.



Acero de refuerzo revestido de epóxicos. En Estados Unidos, el refuerzo revestido de epóxicos (RRE) se usó en tableros de puentes durante los años setenta, y en rampas de estacionamientos durante los años ochenta. Se estima que Estados Unidos tiene aproximadamente 27 mil tableros de puentes con RRE, la mayoría localizados en regiones en donde se usaron químicos descongelantes. En algunos casos, por ejemplo, el puente Seven Mile en Key West, Florida, se informó acerca del comportamiento insatisfactorio del concreto RRE. Los problemas con las primeras estructuras de concreto RRE se atribuyeron por lo regular a revestimiento de epóxicos inapropiado, falta de adherencia del epóxico, recubrimiento inadecuado y otros errores de construcción. Una encuesta en 1993 de tableros de puente de RRE de 18 a 20 años de edad en 14 estados, en la que las estructuras fueron expuestas a ciclos de congelación y deshielo, mostró que era necesario poco mantenimiento, o que no lo era, desde la instalación de las estructuras. 27 Sin embargo, una encuesta de 1996 sobre los estacionamientos que contenían refuerzo revestido de epóxicos en concreto mostró que únicamente 70 por ciento de los encuestados indicaron que el comportamiento había sido como se esperaba. 28 De acuerdo con el Instituto del Acero de Refuerzo para el Concreto, los usuarios de la industria sienten que el uso del acero revestido de epóxico en garajes de estacionamiento agrega de 10 a 15 años de protección antes de que comience la corrosión. Aparentemente es demasiado pronto para responder la pregunta sobre si el uso de RRE ofrece o no protección a largo plazo contra la corrosión de una manera rentable.

Protección catódica del concreto reforzado. Las técnicas de protección catódica involucran la supresión del flujo de corriente en la celda galvánica, ya sea por la provisión externa de corriente en la dirección opuesta o por el uso de ánodos sacrificatorios. El método de la corriente externamente aplicada se usa comúnmente para la protección contra la corrosión en estructuras de concreto reforzado, contaminado con cloruros. Los

investigadores, incluyendo a Rasheduzzafar, han informado sobre la degradación de la adherencia entre el acero y el concreto, probablemente debido a la acumulación de iones de sodio y potasio, lo que da como resultado el ablandamiento del concreto en la interface acero-concreto. 28 Se encontró que la degradación de la adherencia acero-concreto se incrementaba al aumentar la densidad de corriente impresa y el contenido de cloruro del concreto.

Recubrimientos de superficie. De acuerdo con Swamy y Takinawa, cuando se aplican recubrimientos de superficie o de barrera a la superficie de concreto para protegerlo contra el ataque externo, tienen una larga historia de efectividad, pero con altibajos. 29 Esto se debe a la disponibilidad de un amplio rango de recubrimientos de barrera y al hecho de que los recubrimientos de tipos genéricos similares pueden variar considerablemente en cuanto a las características de difusión. Los autores utilizaron un recubrimiento ahulado acrílico altamente elástico que mostró excelentes propiedades técnicas y un coeficiente de difusión muy bajo. La efectividad de este recubrimiento para preservar la durabilidad del concreto, incluyendo el control de la expansión dañina álcali-sílice en el concreto, quedó claramente demostrada. Se necesita mayor investigación para establecer el desempeño a largo plazo y la rentabilidad de los recubrimientos de superficie.

Concretos con altos volúmenes de ceniza volante y escoria

Actualmente, la producción anual de ceniza volante en el mundo es del orden de 450 millones de toneladas. Únicamente cerca de 25 millones de toneladas, es decir, 6 por ciento del total de ceniza volante disponible, se está usando como una puzolana en cementos portland combinados o en mezclas de concreto. El favorable comportamiento ambiental del concreto puede realizarse considerablemente si la tasa de utilización de ceniza volante por parte de la industria del concreto se acelera en los países productores de ceniza. Los

países en donde se dispone de grandes cantidades de escoria de alto horno como un subproducto, pueden igualmente beneficiarse con el uso de grandes volúmenes de escoria granulada, ya sea como un aditivo del concreto o como un aditivo en la manufactura de cementos portland con escoria. Se dan a continuación ejemplos de concretos con alto volumen de ceniza volante y escoria.


Concreto estructural. Los estudios hechos por Malhotra 30 con mezclas de concreto superfluidificado han mostrado que cuando se limita la relación a/mc a 0.3 o menos, puede reemplazarse hasta 60 por ciento de cemento con ceniza volante clase F o clase C (ASTM C 618) para obtener excelentes características de resistencia y durabilidad. Por ejemplo, una mezcla de prueba conteniendo 150 kg/m³ de cemento tipo 1 según ASTM, 200 kg/m³ de ceniza volante clase F según ASTM, 102 kg/m³ de agua, 1,220 kg/m³ de agregado grueso, 810 kg/m³ , de agregado fino y 7 l/m³ de superfluidificador dio 8, 55 y 80 MPa (84, 580 y 843 kg/cm²) de resistencia a la compresión a 1, 28 y 182 días, respectivamente. A partir de extensas pruebas de laboratorio, 30,31 se llegó a la conclusión de que las características del módulo de elasticidad de Young, fluencia, contracción por secado, y congelación y deshielo del concreto con alto volumen de ceniza volante (AVCV), son comparables a las del concreto de cemento portland normal. Es notable que el concreto con altos volúmenes de ceniza volante mostrara resistencia excepcionalmente alta a la permeación de agua y penetración de iones de cloruro. Estos descubrimientos son de considerable importancia desde el punto de vista de la durabilidad de las estructuras, incluyendo el control de corrosión del acero de refuerzo en el concreto expuesto a ambientes de cloruros. Por lo tanto, el uso del concreto superfluidificado AVCV puede, a fin de cuentas, tener el mejor valor agregado de la ceniza volante en la industria de la construcción.

Presas de concreto compactado con rodillo. Desde los años ochenta, el concreto compactado con



rodillos (CCR) se ha aceptado en todo el mundo como el método más rápido y económico para la construcción de presas de mediana altura. De acuerdo con Dunstan, hasta finales de 1992 se habían construido aproximadamente cien presas CCR en 17 países diferentes. 32 Las mezclas con un alto contenido de pasta CCR contienen habitualmente 250 kg/m³ de material cementante, del cual 70 u 80 por ciento es una puzolana. La ceniza volante se ha usado como una puzolana en la mayoría de las presas CCR. La presa Upper Still Water en Estados Unidos requirió 1.24 millones de metros cúbicos de concreto que contenía 79 kg/m³ de cemento portland y 173 kg/m³ de ceniza volante. En total, se utilizaron más de 200 mil toneladas de ceniza volante con bajo contenido de calcio en seis diferentes plantas de generación de energía eléctrica. Se necesitaron grandes volúmenes de materiales puzolánicos para la presa Zungeru en Japón, que contiene 5 millones de metros cúbicos de CCR, y la presa Longton, de 217 m de altura, en China, contendrá 7.5 millones de metros cúbicos de CCR. Todavía más, de acuerdo con Dunstan, incluso la ceniza volante no estándar está siendo usada exitosamente como un componente de las mezclas CCR. 32 Por ejemplo, la mezcla CCR para la construcción de la presa Platanovrissi, de 95 m de altura, en Grecia, contiene 35 kg/m³ de cemento portland y 250 kg/m³ de una ceniza volante que tiene un contenido inusualmente alto de calcio (42 por ciento de CaO en total). La ceniza volante se genera en las estaciones termoeléctricas que usan lignito como combustible, y que fue pretratado (pulverizado e hidratado) antes de usarse.

Pavimentos de concreto para carreteras. De acuerdo con Golden, aproximadamente 70 por ciento de las carreteras con bajo volumen y las carreteras de acceso local en Estados Unidos requieren ser mejoradas. Considerando los ahorros en costo que resultan del reemplazo del cemento con grandes volúmenes de ceniza volante, el Instituto de Investigación de Energía Eléctrica (EPRI = Electric Power Research Institute) financió varios proyectos de demostración. En Dakota del Norte, durante los



veranos de 1988 y 1989, se construyeron 20 mil m³ de pavimento de concreto de 20 cm de espesor con “pozocreto”, que es una mezcla de concreto con aire incluido que tiene una relación de 0.43 de a/mc, y un contenido de 100 kg/m³ de cemento portland y 220 kg/m³ de ceniza volante con alto contenido de calcio. Los proyectos de demostración en Kansas han usado exitosamente ceniza volante, tanto con bajo como con alto contenido de calcio, en mezclas para pavimento de concreto (de 10 a 20 por ciento de ceniza volante por masa del concreto). Una característica innovadora de este proyecto fue la utilización de concreto triturado proveniente de los pavimentos viejos como una fuente de agregado grueso en la mezcla de concreto para el nuevo pavimento.

Mamposterías base y terraplenes. La aplicación de grandes volúmenes de ceniza volante y de ceniza en la base de pavimentos de carreteras puede incluir la estabilización del suelo, mamposterías base para pavimento, terraplenes y bordes de carretera. De acuerdo con Golden, en 1989 se usaron más de 350 mil toneladas de ceniza volante para la construcción de un terraplén en una autopista de Pennsylvania. 33 En Georgia se han usado mezclas de cemento tratadas con ceniza volante como mampostería base en secciones de prueba de carreteras. En Michigan se está usando la ceniza volante con alto contenido de carbón a una tasa de 300 mil toneladas por año para la construcción de mampostería base y bordes de carreteras.

Cemento con altos volúmenes de escoria. Cada año se producen aproximadamente 100 millones de toneladas de escoria de alto horno en el mundo. Su tasa de utilización como material cementante es bastante baja debido a que en muchos países únicamente una pequeña porción de la escoria está disponible en la forma granulada, que es cementante. Aunque se permiten cementos portland combinados que contengan hasta 65 por ciento de escoria, de acuerdo con las especificaciones estándar del ASTM, generalmente el contenido de escoria de los


cementos comerciales no excede de 50 por ciento.

Un trabajo reciente de Lang y Geisler sobre un cemento de escoria de alto horno alemán (405 m²/kg de superficie específica) que contenía 77.8% de escoria, mostró que se obtuvieron excelentes características mecánicas y de durabilidad en mezclas de concreto superfluidificado con 455 kg/m³ de contenido de cemento y una relación de a/mc de 0.28. 34 La resistencia a la compresión a edades de 1, 2, 7 y 28 días fue de 13, 37, 58 y 91 MPa (133, 379, 590 y 914 kg/cm²) respectivamente. El concreto mostró buena resistencia a la carbonatación, penetración de líquidos orgánicos, ciclos de congelación y deshielo (sin aire incluido) y descascaramiento por sales.

Agregado de concreto reciclado

Por varias razones, el reuso del desecho de concreto por la industria de la construcción está adquiriendo cada vez mayor importancia. Esto se refleja en varios documentos de investigación de diferentes países que estuvieron presentes en una sesión especial sobre concreto para el mejoramiento ambiental, en una reciente conferencia internacional, "Concreto al Servicio de la Humanidad», que se llevó a cabo en Dundee, Escocia. Además de la protección ambiental, la conservación de recursos de agregados naturales, la carencia de tierra para la eliminación de desechos y el costo cada vez mayor del tratamiento de desechos antes de su eliminación, son los principales factores responsables del interés creciente en el reciclado de concreto de desecho como agregado.

De acuerdo con Hendriks, actualmente los países de la Unión Europea producen 200 millones de toneladas de desechos de edificios y de demoliciones cada año y se espera que esta cantidad se duplique en 10 años. 35 En los Países Bajos, donde el reciclado de desechos se ha convertido en una gran industria desde los años setenta, 60 por ciento de los desechos de demolición se reusa. Uchikawa y Hanehera estimaron que 29 millones de toneladas,



que representan un tercio de los 86 millones de toneladas de desechos de construcción producidos en Japón en 1992, consistían de escombros de concreto. 36 Doce millones de toneladas fueron recicladas como agregado para la base de carreteras, y el resto fue eliminado. Saeki y Shimura informaron sobre el comportamiento satisfactorio de agregado de concreto reciclado como material para base de carreteras en las regiones frías. 37 En Estados Unidos, en 1983, se trituró el concreto deteriorado del pavimento de una supercarretera de 9 km de largo en Michigan, y el cascajo se usó como agregado para el concreto que se necesitaba para la construcción del nuevo pavimento. 8

El uso final del agregado recuperado del desecho de concreto depende de su limpieza y sanidad, las cuales se controlan por la fuente de origen de los escombros y la tecnología de procesamiento. El agregado recuperado del concreto premezclado sobrante en los patios de premoldeado y en las plantas de concreto premezclado generalmente está limpio y es similar en propiedades al agregado virgen. Los escombros del concreto provenientes de la demolición de pavimentos de carreteras y estructuras hidráulicas requieren ser tamizados para remover los finos. Muchos estudios de laboratorio y de campo han mostrado que la fracción de tamaño del escombro de concreto que corresponde al agregado grueso puede emplearse satisfactoriamente como un sustituto del agregado natural. Una comparación de las propiedades del concreto a partir de agregados naturales y a partir de concreto reciclado muestra que los últimos darían, al menos, dos tercios de la resistencia a la compresión y del módulo de elasticidad del agregado natural. 8

Los escombros de demolición de edificios son más difíciles de manejar. Por lo regular, el concreto está contaminado con constituyentes perjudiciales tales como madera, metales, vidrio, yeso, papel, plástico y pintura. En combinación con la demolición selectiva de componentes de edificios, tales desechos pueden manejarse de una manera rentable procesándolos en

diversos subflujos que se pueden reciclar separadamente. Es evidente que, debido al costo del procesamiento, a veces el agregado de concreto reciclado de los escombros de edificios puede ser más caro que el agregado natural. Sin embargo, esta situación cambiará rápidamente a medida que las fuentes naturales de agregados de calidad lleguen a escasear y los costos alternativos de la eliminación de desechos se incluyan en el análisis económico.

Análisis costo-beneficio

No se ha publicado mucha información sobre materiales y costos de construcción. Los informes no publicados pueden proporcionar algunos datos útiles. Sin embargo, los costos varían considerablemente de un país a otro, e inclusive dentro de un país. Además, debido a la experiencia insuficiente, no existen datos sólidos sobre el análisis costo-beneficio de las tecnologías que se han desarrollado recientemente para el mejoramiento de la vida de servicio de las estructuras de concreto reforzado expuestas a condiciones ambientales agresivas.

Gerwick intentó examinar los aspectos económicos del problema de la durabilidad del concreto. 38 Comparando el costo relativo de las medidas atenuantes comúnmente recomendadas para controlar el deterioro del concreto debido a la corrosión del acero de refuerzo (como un porcentaje del costo primero de la estructura del concreto basado en los precios de 1994, en los países occidentales), puede llegarse a las siguientes conclusiones a partir de los datos de Gerwick:

El uso de la ceniza volante o escoria como un reemplazo parcial del cemento portland no involucra un incremento en los costos. De hecho, puede resultar en costos menores. Al reducir la relación a/mc con un superfluidificador, se incrementa el costo en 2 por ciento. El incremento del costo sería de 5 por ciento si se usara también humo de sílice.

El uso de un aditivo inhibidor de corrosión o un

refuerzo revestido de epóxicos incrementa el costo en 8 por ciento. Si se usan ambos, el costo se incrementará en 16 por ciento.

El uso de recubrimientos externos para la protección catódica del concreto de la estructura requiere un aumento del costo de 20 a 30 por ciento.

Evaluación de los avances recientes

Cualquier ejercicio de valoración de la tecnología para juzgar el impacto de los recientes avances tecnológicos sobre la industria del concreto como un todo tendrá que ser subjetivo. El autor ha diseñado un sistema de clasificación arbitrario para evaluar cada avance en las siguientes categorías: complejidad de la tecnología, costo inicial de los materiales y la construcción, costo del ciclo de vida, comportamiento ambiental del producto e impacto futuro sobre la industria del concreto en su conjunto. Se asignan grados relativos de bajo, moderado y alto a cada tecnología en las cinco categorías. A partir de los resultados tabulados que se muestran en la tabla 1, se pueden sacar las siguientes conclusiones:

1. Debido a las complejas tecnologías del procesamiento, los altos costos y el bajo comportamiento ambiental de los productos, parece ser que los cementos libres de macrodefectos, las cerámicas químicamente adheridas y los morteros en polvo reactivo, tendrán un impacto insignificante sobre la industria del concreto como un todo.

2. Las mezclas de concreto superfluidificado con o sin humo de sílice y los concretos autocompactantes, continuarán teniendo un nicho en la industria del concreto. Debido a la cohesividad y a la alta contracción autógena, estos concretos requieren un cuidado especial en el acabado y el curado y, por lo tanto, se espera que tengan únicamente un impacto moderado en la industria.

3. Debido a la simplicidad de la tecnología, el bajo costo inicial, la alta durabilidad y el alto grado de

aceptación ambiental del producto, se espera que el concreto superfluidificado con altos volúmenes de ceniza volante o de escoria tenga un alto impacto en la industria del concreto. Se espera también considerable investigación y desarrollo en el área de combinaciones ternarias que contienen cemento portland, humo de sílice o ceniza de cáscara de arroz y grandes volúmenes de ceniza volante o escoria.

4. Es demasiado pronto para predecir el futuro de los inhibidores de corrosión, las varillas de refuerzo recubiertas de epóxicos, los recubrimientos de superficie y tecnología de protección catódica. Cuando se compara con los concretos con altos volúmenes de ceniza volante o escoria, su alto costo y su bajo comportamiento ambiental serán evidentemente una desventaja importante.

Referencias

1. Mehta, P.K., «Durability of concrete –Fifty years of progress?», Durability of concrete, SP-126, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 1991, pp. 1-31.

2. Malhotra, V.M., «Superplasticizers: their effect on fresh and hardened concrete», Concrete International, vol. 3, núm. 5, mayo de 1981, pp. 61-81.

3. Collepardi, M., «Superplasticizers and air-entraining agents -State of the art and future needs», Concrete technology: Past, present and future, SP-144, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 1994, pp. 399-416.

4. Malhotra, V.M., «Innovative applications of superplasticizers in concrete –A review», Advances in concrete science and technology, Proceedings, M Collepardi Symposium, Roma, octubre de 1997, pp. 271-314.

5. Nagataki, S., «Present state of superplasticizers in Japan», Fifth CANNMET / ACI International Conference on Superplasticizers and Other Chemical

Admixtures in Concrete, SP-173, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 1998.

6. Yonezawa, T., «The contribution of fluidity improving technology to the widespread use of high-strength concrete», en R.K. Dhir y P.C. Hewlett [eds.], Concrete in the service of mankind –Radical concrete technology, E & FN Spoon, 1996, pp. 525-542.

7. Tanaka, Y.O., S. Matsuo, A. Ohta y M. Ueda, «A new admixture for high-performance concrete», op. cit., pp. 291-300.

8. Mehta, P.K. y P.J.M. Monteiro, Concrete: microstructure, properties and materials, McGraw-Hill College Custom Series, 1996, 548 páginas.

9. Roy, D.M. y M.R. Silsbee, «Novel cements and concrete products for application in the 21st Century», Concrete technology, past, present and future, SP-144, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 1994, pp. 349-382.

10. Richard, P. y M.H. Cheyrezy, « reactive powder concretes with high ductility and 200-800 MPa compressive strength», ibid., pp. 507-518.

11. Mehta, P.K. y P.C. Aïtcin, « principles underlying the production of high-performance concrete», Cement, concrete and aggregates, ASTM, vol. 12, núm. 2, 1990, pp.70-78.

12. Aïtcin, P.C., «The art and science of high-performance concrete», Advances in concrete science and technology, Proceedings, M. Collepardi Symposium, Roma, octubre de 1997, editor: P.K. Mehta, pp. 107-124.

13. Goodspeed, C.H., S. Vanikar y R. Cook, «High-performance concrete defined for highway structures», Concrete International, vol. 18, núms. 2 y 8, febrero y agosto de 1996.

14. Mehta, P.K., «Durability –Critical issues for the future», Concrete International, vol. 19, núm. 7, julio de 1997, pp. 27-33.

15. Hoff, G.C., «Concrete for offshore structures», en Malhotra, V.M. [ed.], Advances in concrete technology, CANNMET, Ottawa, Canadá, 1994, pp. 83-124.

16. Langley, W.S., R. Gilmour y E. Trompsch, «The Northumberland strait bridge project», Advances in concrete technology, SP-154, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 1995, pp. 543-564.

17. Bremmer, T.H. y T.A. Holm, «High performance lightweight concrete –A review», *ibid.*, pp. 1-20.

18. Morgan, D.R., «New developments in shotcrete of repair and rehabilitation», Advances in concrete technology, CANNMET, Ottawa, Canadá, 1994. pp. 675-720.

19. Hayakawa, M., Y. Matsuoka y K. Yokota, «Application of superworkable concrete in the construction of a 70-story building in Japan», Advances in concrete technology, SP-154, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 1995, pp. 381-398.

20. Fukute, T., A. Moriwaka, K. Sano y K. Hamasaki, «Development of superworkable concrete for multi-functional structures», *ibid.*, pp. 335-356.

21. Nagataki, S. Y H Fujiwara, «Self-compacting property of highly flowable concrete», *ibid.*, pp. 301-314.

22. Ogawa, A., K. Sakata y S. Tanaka, «A study of reducing shrinkage of highly flowable concrete», *ibid.*, pp. 55-72.

23. Okamura, H., «Self-compacting high-performance concrete», Concrete International, vol. 19, núm. 7, julio de 1997, pp. 50-54.

24. Berke, N.S., y T.G. Weil, «Worldwide review of corrosion inhibitors in concrete», en V.M.Malhotra [ed.], Advances in concrete technology, CANNMET, Ottawa, Canadá, 1994, pp. 891-914.

25. Gaidis, J.M. y A.M. Rosenberg, «The inhibition of chloride-induced corrosion in reinforced concrete by calcium nitrite», Cement, concrete and aggregates, ASTM, vol. 9, núm. 1, 1987, pp. 30-33.

26. Nmai, C.K., S.A. Farrington y G.S. Bobrowski, «Organic based corrosion inhibiting admixture for reinforced concrete», Concrete International, vol. 4, núm. 4, abril de 1992, pp. 45-51.

27. «CRSI asseses performance of epoxy-coated reinforcing steel», Anti-Corrosion Times, boletín del Concrete Reinforcing Steel Institute, Schaumburg. III, vol. 14, núm. 2, 1997, pp. 3-5.

28. Rasheeduzzafar, M.G. Ali y G.J. Al-Sulaimani, «Degradation of bond between reinforcing steel and concrete due to cathodic protection currents», ACI Materials Journal, vol. 90, núm. 1, enero-febrero de 1993, pp. 8-15.

29. Swamy, R.N. y S.Tanikawa, «Surface coatings to preserve concrete durability», Protection of concrete, Chapman and Hall, 1990, pp. 149-165.

30. Malhotra, V.M., «CANNMET investigations dealing with high-volume fly ash concrete», in V.M. Malhotra [ed.], Advances in concrete technology, CANNMET, Ottawa, Canadá, 1994, pp. 445-482.

31. Sivasundaram, V., A. Bilodeau y V.M. Malhotra, «Effect of curing conditions on high-volume fly ash concrete made with ASTM type I and III cements and silica fume», Advances in concrete technology, SP-154, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 1995, pp. 509-530.

32. Dunstan, M.R.H.-, «Future trends in roller-compacted concrete construction», Concrete

technology: past, present and future, SP-144, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 1994, pp. 307-324.

33. Golden, D.M., «US power industry's activities to expand coal ash utilization», Proceedings, Workshop on fly ash utilization, Seúl, Corea, 1997.

34. Lang, E. y J.F. Geisler, «Use of blast furnace slag cement with high slag content for high-performance concrete», en R.K. Dhir y P.C. Hewlett [eds.], Concrete in the service of mankind –Radical concrete technology, E. & FN Spon, 1966, pp. 67-76.

35. Henriks, Ch.F., «Recycling and re-use as a basis for sustainable development in construction industry», in R.K. Dhir y T.M.. Dyer [eds.], Concrete in the service of mankind –Concrete for environment enhancement, E & FN Spon, 1996, pp. 43-54.

36. Uchikawa, H. y S. Hanehara, «Recycling of concrete waste», *ibid.*, pp. 163-172.

37. Saeki, N. y K. Shimura, «Recycled concrete aggregate as a road-base material in cold regions», *ibid.*, pp. 157-162.

38. Gerwick, B.C., «The economic aspects of durability –How much added expense can be justified», en K.H.Khayat y P.C. Aïtcin [eds.], Proceedings, P.K. Mehta Symposium on Durability of Concrete, Niza, Francia, 1994.

Kumar Mehta es miembro del ACI y autor de numerosos estudios sobre las propiedades del concreto y materiales cementantes para la construcción.

Este artículo se publicó en Concrete International y se reproduce con la autorización del American Concrete Institute.

Revista Construcción y Tecnología
Octubre 2000
Todos los derechos reservados

[ARTICULO ANTERIOR](#)



[ARTICULO SIGUIENTE](#)



El IMCYC recibe la certificación ISO 9002



Aquí! 

Al revisar los principales
desarrollos efectuados
durante los últimos 30
años en materia de
tecnología del concreto, el
autor –un reconocido
especialista, por cierto–
hace una

evaluación crítica de
diversas tecnologías a la
luz de tres criterios: costo
de los materiales y la
construcción, durabilidad
de las estructuras e
incidencia en el ambiente.

También

pronostica el impacto
futuro de cada una en la
industria del concreto en
su conjunto.

Desde su fundación en 1959, el IMCYC no ha dejado de avanzar en el camino que le señalan sus objetivos, con la mirada puesta en las necesidades del país pero atento siempre a los adelantos que el conocimiento y la tecnología iban teniendo en el mundo. En este sentido, sus actividades en la investigación, enseñanza y difusión de las técnicas que permiten hacer un uso más racional, económico y eficiente del cemento y del concreto han estado en todo momento al día con los tiempos, tratando de incorporar lo mejor de lo realizado dentro y fuera de las fronteras nacionales.

Para hacer frente a la «falsa concepción del concreto como un producto de baja tecnología que puede elaborarse con personal incompetente, sin conocimientos ni habilidades específicas», concepción que afecta seriamente la calidad de las construcciones, «el IMCYC ha enfocado su accionar –según declaraciones de su director general, el arquitecto Heraclio Esqueda Huidobro– en cuatro actividades fundamentales para el desarrollo de la calidad en el sector de la construcción: la primera se refleja en nuestro

Para evaluar la

apoyo decidido para impulsar la normatividad que permite regular la calidad de los productos, procesos y personas involucrados en la construcción; la segunda, en nuestras labores de promoción y difusión de las tecnologías que han probado mejorar la calidad y durabilidad de las obras; la tercera, en desarrollar una fuerte labor de enseñanza del concreto y la certificación de los conocimientos y habilidades necesarios para trabajarlo con calidad; y por último, la cuarta, ofrecer los servicios técnicos de laboratorio y asesoría que requieren nuestros clientes para implantar la calidad en sus procesos constructivos».

Esta labor constante del IMCYC en pro de la calidad de las obras de concreto es una de las razones por las cuales se ha convertido en un referente importante para quienes se dedican a la industria del cemento y el concreto tanto en México como en el resto de América Latina. Así lo demuestran su poder de convocatoria cada vez que organiza encuentros internacionales, las permanentes solicitudes que atiende su Centro de Información, las asesorías que brinda su personal técnico, la asistencia que registran sus cursos de capacitación y, más recientemente, la buena recepción que ha tenido la inclusión de su Diplomado en Tecnología del Concreto en la red Internet.

El reconocimiento de su compromiso por elevar la calidad y seguridad de las obras hace que se requiera su participación en comités dedicados a la revisión y difusión de distintas normas y reglamentos. Desde 1980 ha participado activamente con el Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Prueba (Sinalp) y prosiguió en este esfuerzo cuando el organismo se transformó en la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA). Asimismo, el IMCYC ha colaborado con la Dirección general de Normas (DGN) de la Secofi, el American Concrete Institute (ACI), el Sistema Nacional de Calibración (SNC) y el Centro Nacional de Metrología (Cenam) en el desarrollo de pruebas intercomparativas, verificaciones de equipo patrón y en el desarrollo de normas para el sector de la construcción.

Sus participaciones más recientes las ha efectuado en la revisión del reglamento de construcciones, con el gobierno del Distrito Federal; en el desarrollo de la norma de competencia laboral para supervisores de obras de concreto, con el Consejo Nacional de Normalización de Competencias Laborales (Conocer), y en la revisión de diversas normas Sinalp / EMA.

Teniendo en cuenta lo anterior, la decisión de certificar su sistema para el aseguramiento de la calidad bajo la norma ISO 9002 era un paso que tarde o temprano se iba a dar.

El proceso que llevó a la certificación

Cuando se le preguntaron al arquitecto Esqueda Huidobro las razones de la certificación del Instituto en la norma ISO 9002, respondió: «Debemos sujetarnos a los sistemas normativos que promueven la calidad y la

conveniencia de utilizar una u otra herramienta en el acabado de superficies sin correr el riesgo de sellarlas antes de tiempo, en función de evitar el descascaramiento prematuro del concreto exterior, los autores realizaron una serie de pruebas con diferentes concretos y combinaciones de herramientas. En este artículo exponen los resultados a los que llegaron.

eficiencia porque así aseguramos que nuestro trabajo cumple con las expectativas de calidad, economía y durabilidad en las construcciones que demanda y paga la sociedad».

Así las cosas, a finales de 1998 se iniciaron las labores para definir y documentar la política y los objetivos del IMCYC respecto a la calidad, el establecimiento de nuevas responsabilidades entre su personal y un renovado compromiso para mejorar la calidad en la información, los productos y los servicios que actualmente ofrece a empresas y profesionales de la construcción.

Cada una de las personas que trabaja en el IMCYC se comprometió a poner en práctica esquemas verdaderos de calidad, y así lo hizo, por lo que hay que decir que el sistema de aseguramiento de la calidad con que hoy se cuenta es resultado de las grandes dosis de tiempo y esfuerzo que aportó todo el personal.

Se dedicaron cuatro cursos al conocimiento de la norma y la comprensión de sus efectos en las operaciones del Instituto. El comité para el aseguramiento de la calidad se reunió en más de 70 ocasiones para revisar las prácticas existentes y adaptar sus procesos a los requerimientos de la norma. El personal se aplicó a la elaboración y revisión de procedimientos y participó activamente en tres series de auditorías internas.

Producto de este gran esfuerzo conjunto es el certificado que el Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación le otorgó al IMCYC por la conformidad de su sistema de calidad con los requisitos de la norma ISO 9002. Esta acreditación da fe de que los sistemas para asegurar la calidad en los procesos, productos y servicios del Instituto ya han sido implantados y se encuentran en operación.

Qué significa esto internamente para los directivos del Instituto puede apreciarse en las siguientes palabras de su director general:

«Pronto empezamos a ver algunos frutos. A pesar de la experiencia que teníamos en la implementación de normas ASTM, ACI, NMX, NOM, relacionadas con las pruebas que realizamos en nuestros laboratorios, encontramos nuevos beneficios, que podemos enunciar así:

I Garantizar que nuestros laboratorios cuentan con procedimientos de prueba consistentes, de alta calidad y precisión.

I Establecer procedimientos de mejora continua en todos nuestros productos y servicios.

I Mejorar los procedimientos para el entrenamiento y capacitación de nuestros empleados.

| Atender de manera expedita las quejas y sugerencias de nuestros clientes.

| Asegurar a nuestros asociados, miembros y clientes que reciben productos y servicios con una calidad uniforme ISO 9002.»

Los servicios que brinda el IMCYC

Los servicios que el IMCYC ofrece a instituciones, empresas y particulares son variados y están ahora certificados por la norma ISO 9002. Además de las actividades de investigación, enseñanza y difusión, comprenden las asesorías y las pruebas de laboratorio.

Quien desee controlar la calidad de sus obras, hacer que las mismas sean más seguras y durables, disponer de asesoría para prevenir, evaluar o reparar daños de diversa índole, encontrará en estos servicios soporte técnico y soluciones que le permiten aprovechar al máximo las ventajas del cemento, el concreto y sus tecnologías.

Los laboratorios del IMCYC cuentan con una amplia lista de métodos de prueba acreditados nacional e internacionalmente para realizar los estudios de verificación de calidad que requieren las industrias del cemento, del concreto, de la prefabricación y de la construcción en general.

En el área del concreto, de los agregados y de los prefabricados se llevan a cabo pruebas validadas desde 1988 por el Sinalp y que posteriormente quedaron a cargo de la EMA.

En el nivel internacional, el ICBO le otorgó en noviembre de 1999 la acreditación de 33 métodos de prueba de conformidad con el UBC para evaluar materiales y métodos de construcción.

Asesoría en Tecnología del Concreto

La experiencia demuestra que el diseño, la composición y el control de calidad de las mezclas son determinantes en la calidad y la durabilidad de una obra. En este campo, el IMCYC ofrece soporte técnico para el estudio y selección de aditivos, cementos y agregados; el desarrollo o revisión de especificaciones de los materiales elaborados a partir de cemento; la supervisión del proceso de producción del concreto; el aseguramiento de la calidad en cada una de las etapas del proceso constructivo; la evaluación de estructuras dañadas por fuego, sismo, corrosión u otros agentes, desde el punto de vista de los materiales componentes del concreto, y la evaluación, investigación y el desarrollo de nuevos materiales y productos a partir de cemento.

Asesoría en Vías Terrestres

La larga experiencia que posee el IMCYC en la supervisión de pavimentos de concreto hidráulico, ya sea para aplicaciones urbanas, como para carreteras, pistas aeroportuarias, e incluso en pisos industriales, comerciales, recreativos y estacionamientos, le permite ofrecer asesoría técnica en todas las etapas del proyecto de construcción de carreteras de concreto hidráulico; servicios de mecánica de suelos; servicios para el control de compactaciones con equipo nuclear gage; estudios de evaluación y conservación de pavimentos urbanos y carreteras, pisos industriales, de almacenaje y recreativos, y trabajos de peritaje por disputas técnico-económicas con alcance legal en problemas de pavimentación y pisos de concreto.

Asesoría Técnica en Estructuras

Cuando la seguridad estructural de construcciones en proceso o ya terminadas está en entredicho, el IMCYC ofrece servicios de evaluación de fallas constructivas o daños por diversas causas y también recomendaciones para su rehabilitación. En este sentido, ofrece revisiones estructurales de obras de concreto hidráulico; pruebas de carga, monitoreo sísmico y evaluación de las propiedades mecánicas de los materiales empleados; tercerías relacionadas con la evaluación estructural de edificios construidos o en proceso de construcción, y revisión y elaboración de especificaciones desde el punto de vista estructural en nuevos procesos constructivos.

Laboratorio de Cemento

Este laboratorio proporciona servicios que permiten evaluar la calidad del cemento y su comportamiento con los materiales con los que se combina para formar el concreto y otros productos. Se pueden mencionar así la evaluación de la calidad del cemento hidráulico y otros estudios para seleccionar el tipo de cemento más adecuado según el tipo de exposición a que va a estar sujeto el concreto; el estudio de la calidad del agua que se va a emplear en la fabricación del concreto; estudios de minerales diversos empleados en la construcción; estudio de intemperismo acelerado, contenido de partículas ligeras, partículas deleznable, porcentaje de cloruros y sulfatos; estudio de la reactividad álcali del cemento y la sílice reactiva del agregado; estudio de pruebas especiales tales como la determinación del calor de hidratación, el análisis petrográfico de los agregados y del concreto endurecido, etc.; análisis para conocer las causas químicas por las cuales un concreto presenta fisuras o destrucción, y análisis para caracterizar el comportamiento de los componentes del concreto en cuanto a su durabilidad.

Laboratorio de Concreto

Verifica la calidad y las cualidades de los materiales que se van a utilizar y también la calidad de las mezclas. Realiza estudios para comprobar el

cumplimiento de las especificaciones o para evaluar las cualidades físicas y mecánicas de elementos estructurales de concreto, para detectar agentes agresivos y otros que permiten emitir dictámenes sobre la calidad, durabilidad o daños que presenta el concreto. Ofrece los servicios de diseño de mezclas para que cumplan con determinadas especificaciones; determinación del módulo elástico y del coeficiente de deformación diferida del concreto; evaluación de estructuras de concreto dañadas; evaluación de materiales prefabricados; análisis del comportamiento del concreto reforzado; evaluación de nuevos materiales para ciertos sistemas constructivos; evaluación de paneles con sus pruebas a compresión, flexión, impacto, etc., y servicios en el área de geotecnia.

Laboratorio de Metrología

Este laboratorio cuenta con el apoyo directo del Centro Nacional de Metrología que funge como laboratorio primario en nuestro país y ofrece servicios de calibración en las magnitudes de fuerza y masa tanto en México como en el extranjero. En el área de fuerza, el IMCYC ofrece servicios de calibración de máquinas de prueba uniaxiales y otros instrumentos de prueba en los que se aplique esta magnitud. En el área de masa, ofrece servicios de calibración de instrumentos para pesar de bajo alcance. Cuenta con instrumentos de medición con trazabilidad al Patrón Nacional, tanto en el área de fuerza como en masa, que permiten proporcionar los servicios de calibración de máquinas de prueba para ensaye a compresión de cilindros de concreto, flexión de vigas, y otros prefabricados; servicio de calibración para máquinas a compresión utilizadas en análisis de suelos; calibración de instrumentos para pesar, y servicio de limpieza, ajuste y mantenimiento de las máquinas de ensaye.

Certificación de Competencias Laborales

Desde sus inicios, el IMCYC se ha preocupado por ofrecer diversos programas educativos que promueven la especialización y la actualización en el campo de la construcción. Sin embargo, en los últimos 10 años sus programas educativos han estado orientados a la enseñanza de conocimientos y habilidades que desarrollan un desempeño competente y a la normalización que permite certificar las competencias laborales de quienes trabajan con el concreto en la obra.

Así, el Instituto ha participado continuamente en el desarrollo de normas de competencia laboral en el campo de la construcción para el Conocer y de los programas que desde 1991 mantiene en conjunto con el ACI para la certificación de técnicos laboratoristas y supervisores de obras de concreto.

El diseño de cursos, diplomados y programas de certificación cuenta con el soporte del comité de actividades de enseñanza, que está conformado por profesionales destacados y líderes en la teoría y la práctica del diseño, la investigación y la construcción con concreto.

Entre los nuevos desarrollos del IMCYC para la enseñanza del concreto se encuentra el concepto de Educación sin Fronteras, cuya metodología hace posible impartir cursos y diplomados a distancia con un fuerte soporte en Internet.

Además de los programas y cursos de certificación y capacitación, el área de enseñanza coordina seminarios nacionales e internacionales, foros, simposios y congresos que responden a las necesidades de actualización de los participantes.

Centro de Información

Considerado el centro de información del concreto más importante de América Latina, posee un gran acervo bibliográfico y hemerográfico que integran infinidad de libros especializados y suscripciones a revistas internacionales. En su sala de lectura puede consultarse así la información más actualizada sobre temas relacionados con la tecnología del concreto, diseño, materiales, concretos especiales, procedimientos de construcción, pavimentos rígidos y muchos otros. Su e-mail es el siguiente: biblioteca@mail.imcyc.com.

Publicaciones

Las publicaciones técnicas del IMCYC difunden el conocimiento moderno del concreto y ayudan a consolidar una cultura que promueve el profesionalismo en sus aplicaciones. El fondo editorial cuenta con más de 70 títulos publicados, entre los que se incluyen normas internacionales requeridas para la certificación de productos, procesos y personas relacionados con la construcción. Gracias a su vinculación con importantes instituciones del extranjero, el IMCYC posee los derechos de traducción y comercialización de las normas de construcción más importantes en países de habla hispana.

La revista Construcción y Tecnología, con más de 40 años de circulación en el medio y un tiraje de 10 mil ejemplares mensuales, brinda al lector una constante actualización en lo relativo a las tecnologías del concreto, al dar a conocer los últimos desarrollos e investigaciones que se realizan en México y otros países. En sus páginas se encuentra igualmente interesante y variada información sobre diseño, especificaciones, materiales de construcción, prácticas constructivas, normatividad, obras relevantes, entre otros temas de interés para el ingeniero, el arquitecto y el constructor de obras de concreto. También el estudiante, el empresario, el docente y el investigador pueden aprovechar los aportes de especialistas nacionales y extranjeros cuyo conocimiento y experiencia enriquecen su contenido.

Servicios en Internet

Los nuevos sistemas de comunicación electrónica han aumentado la capacidad de comunicación y difusión del Instituto. Han permitido el lanzamiento del primer diplomado de Tecnología del Concreto a través de Internet para ingenieros, arquitectos y constructores de América Latina.

La Red IMCYC ha ampliado la presencia nacional e internacional del Instituto. El sitio (<http://www.imcyc.com>), los boletines y el correo electrónicos han permitido expandir los servicios y ofrecer apoyo a los usuarios del cemento y el concreto durante las 24 horas del día en los 365 días del año.

Membresía IMCYC

La Membresía IMCYC es un programa de afiliación voluntaria que contribuye a aumentar el potencial técnico y competitivo de diseñadores, constructores y usuarios del concreto en el campo de la construcción.

Los miembros IMCYC cuentan con una variedad de privilegios y descuentos en publicaciones, cursos y servicios técnicos. Además, se integran a una amplia red de contactos y reciben información de vanguardia que desarrolla sus capacidades e incrementa la calidad de su desempeño profesional.

Los comités del programa de membresías participan en investigaciones y en la publicación de libros, documentos, cursos, normas técnicas y de competencia laboral que contribuyen al mejoramiento de la calidad en la construcción. Son el Comité de Estructuras, el de Pavimentos, el de Tecnología de Concretos y Morteros, el de Actividades de Enseñanza, el de Difusión y el de Premiación.

Reconocimientos al IMCYC anteriores a la certificación ISO 9002

Entre los reconocimientos de que ha sido objeto el IMCYC, se puede mencionar que desde 1991 cuenta con la acreditación del American Concrete Institute (ACI) para otorgar la certificación de supervisores de obras de concreto. En cuanto a sus laboratorios, desde 1988 conservan el mayor número de pruebas materiales y métodos de construcción acreditados ante el Sinalp / EMA, y también son acreditados por la EMA sus servicios de metrología para la calibración de equipos de prueba en las áreas de masa y fuerza. Además, desde 1999 sus métodos de prueba están acreditados por la International Conference of Building Officials (ICBO) para evaluar materiales y métodos de construcción que se exportan a Estados Unidos y otros países que utilizan el Uniform Building Code (UBC). Es un orgullo para el IMCYC poder presentarse como el primer laboratorio en América Latina que recibió esta acreditación.

La experiencia vista desde dentro

Así expresa el arquitecto Heraclio Esqueda Huidobro, director general del IMCYC, la vivencia del proceso que condujo a la certificación:

«Sabíamos que el reto para ofrecer productos y servicios de calidad a la altura de la norma ISO 9002 iba a ser enorme. Los tiempos y el esfuerzo que desarrollaron los gerentes, y en general el personal del IMCYC, en la documentación de los procedimientos y en su ajuste a la norma fueron en principio incalculables.

«Tal vez la parte más difícil del proceso estuvo en la humildad necesaria para cambiar la mentalidad del que interviene en el desarrollo de una normatividad y ubicarla en la mentalidad del aprendiz, con la apertura requerida para iniciar una nueva aventura en el conocimiento y su aplicación. Nuestros gerentes y su personal sabían que los procedimientos operativos funcionaban bien. Pero, cuando iniciamos la documentación y hubo que hacer algunos cambios en nuestros procedimientos para ajustarlos a los requisitos de la norma, fue necesario romper con la vieja filosofía de 'no arreglar lo que no está mal', para movernos hacia un proceso de mejora continua.

«Posteriormente, el reto se tradujo en encontrar los tiempos para poder hacer todo aquello que se requirió para documentar los procedimientos que veníamos desarrollando y adecuarlos a los requisitos de la norma ISO 9002.

«Durante la implementación, no encontré objeciones al sistema de calidad, pero sí dos inconformidades: había demasiado papeleo burocrático y muy poco tiempo para documentar y ajustar los procedimientos a la norma. En realidad, la gente tenía cierta razón pues el tiempo que hubo que invertir en cuatro cursos de capacitación, 70 reuniones y gran cantidad de trabajo individual para documentar e implantar los procedimientos, lo estimo superior a las 3 mil horas / hombre.»

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.
Revista Construcción y Tecnología
Octubre 2000
Todos los derechos reservados

[ARTICULO
ANTERIOR](#)



[ARTICULO
SIGUIENTE](#)



Punto de encuentro

Semiramis Intercontinental Cairo / Segunda Conferencia

Internacional sobre

Comercio, Transporte y Manejo del Cemento en el Oriente Medio, África del Norte y Océano Índico

3 y 4 de octubre en El Cairo, Egipto

Informes:

Tel.: +44 (0)20-8669 5222

Fax: +44 (0)20-8669 9926

E-mail: info@intercem.co.uk

<http://www.nettradecenter.com/intercem>

Aquí! 

Convención Anual de The National Drilling Association

Del 5 al 8 de octubre en San Diego, California, EUA

Informes:

Tel: 614-798.8080

Fax: 614-798-2255

E-mail: info@nda4u.com

Web-site: www.nda4u.com

**6ª. Conferencia Internacional CANMET / ACI /
Superfluidificadores y otros aditivos químicos en el concreto**

Del 10 al 13 de octubre en Niza, Francia
Informes: V.M. Malhotra, CANMET
Fax: 613-992-9389

**2º Simposium Internacional sobre Elementos Finitos en 3D
para Análisis, Diseño e Investigación**

Del 11 al 13 de octubre en Charleston, West Virginia, EUA
Rel.: (304) 293-3031, ext. 2367
E-mail: shoukry@cemr.wvu.edu

**Simposio-Foro Agustín Codazzi Geografía, cartografía,
planificación territorial, urbanismo, ingeniería, arquitectura**

26 y 27 de octubre en Caracas, Venezuela
Informes: Prof. Juan José Pérez Rancel, Facultad de Arquitectura y
Urbanismo Tel.: (58-2) 605 2065 (Comisión de Posgrado), 605 2014
(Centro de Información y Documentación)
Fax: (58-2) 605 2017 (Comisión de posgrado)
E-mail: jjperezr@villanueva.arq.ucv.ve

**Séptimo Seminario Internacional NCB sobre Cemento y
Materiales de Construcción**

Del 21 al 24 de noviembre de 2000 en Nueva Delhi, India
Informes:
Tel.: 91-129-5242051-56 / 5246174-75 y 5241963
Fax: 91-129-5242100 y 91-11-6258868

El Intercambio de las Américas / Conferencia IRF sobre las

tecnologías de caminos y construcción

Del 7 al 9 de diciembre en Miami Beach, Florida, EUA

Informes: Fax: +1 (414) 272-2672

www.theamericas-echange.com

Simposio

Internacional sobre Concreto de Alto Desempeño

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

Informes:

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

E-mail: cehpc@ust.hk

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

Revista Construcción y Tecnología

Octubre 2000

Todos los derechos reservados

[ARTICULO
ANTERIOR](#)



[ARTICULO
SIGUIENTE](#)



Nuevos productos y equipos

Clasificadora de agregados


La criba Lucky Grizzly es una unidad adaptable, portátil y duradera que satisface las demandas de contratistas grandes y pequeños, que ahorra tiempo y dinero al mismo tiempo que hace más eficiente el trabajo de clasificación del agregado.

Tiene un diseño simple que elimina la necesidad de componentes costosos mecánicos, hidráulicos o eléctricos. Libre de mantenimiento, la criba Grizzly sólo necesita unos pocos golpes de la cubeta cargadora en la parte superior del marco de clasificación de tamaño para autolimpiarse. Una combinación opcional de varilla alterna permite dos diferentes aberturas de separación para clasificar tamaños.

Excavadora y cargadora

La excavadora de clase industrial Contractor TLB-20 de Allmand ofrece una profundidad de excavación de 2.25 m. El cilindro doble de la excavadora, con giro acojinado hidráulico de 180 grados, permite precisión

Aquí!



de trabajo en áreas estrechas. El cargador de la unidad tiene una capacidad máxima para levantar 770 kg y una fuerza excavadora de 1,100 kg. La altura máxima de carga es de 2.28 metros.

La excavadora de Allmand tiene un motor de gasolina enfriado por aire que genera 22 caballos a 3,600 rpm y pesa 1,400 kilogramos.

Suelo de seguridad

El diseño ergonómico del suelo de seguridad Altro (una lámina de vinilo de 2 mm de espesor con granos de abrasivo cuidadosamente dosificado en todo su espesor) le da una textura especial y lo hace antideslizante incluso en las condiciones más desfavorables: suelo húmedo y pies descalzos o con calzado ligero de goma.

Sin embargo, la particularidad que más se aprecia exteriormente es su carácter continuo, sin grietas o fisuras, ni siquiera en las uniones con los muros o con otros elementos estructurales o accesorios del recinto. Esta propiedad es también la que más influye en el alto nivel de higiene que se consigue: no hay lugar en esta superficie homogénea y continua para que se acumule suciedad o se desarrollen gérmenes.

Mezcladora de lodos

Alslur Concrete Equipment presenta la nueva mezcladora de lodos ALSLUR II para la industria del concreto premezclado. Entre sus características y beneficios se cuentan los siguientes: elimina la formación de esferas de cemento y homogeiniza completamente el cemento, el agua y los aditivos; mejora la inclusión de aire para lograr rendimiento y uniformidad; reduce la contaminación de polvo al



mínimo; disminuye el desgaste por el tránsito de las mezcladoras y permite una planta más limpia; facilita el mantenimiento y la limpieza total al final del día.

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

**Revista Construcción y Tecnología
Octubre 2000**

Todos los derechos reservados

[ARTICULO
ANTERIOR](#)



[ARTICULO
SIGUIENTE](#)