



**Eduardo de J. Vidaud Quintana**

Ingeniero Civil/Maestría en Ingeniería.

Su correo electrónico es: [evidaud@mail.imcyc.com](mailto:evidaud@mail.imcyc.com)



## INNOVACIÓN

# Herramientas de automatización en plantas concreteras (Parte II)

**PABLO CASTAÑEDA**, responsable del desarrollo de la tecnología de *HormiLine* (software creado para personalizar y mejorar la eficiencia en la gestión del concreto elaborado, capaz de medir la rentabilidad en tiempo real) asegura que siempre es necesario tener la herramienta indicada para cada tarea. El especialista asevera que: "En la actualidad, vivimos y trabajamos en un entorno social y empresarial muy cambiante, por lo que es indispensable tener una herramienta tecnológica que se adapte a los cambios". Dicho software es una herramienta moderna de la tecnología, pensada para dicho propósito, capaz de ajustarse a la forma de operar de las distintas empresas. "Uno de sus grandes méritos –dice Castañeda– es su capacidad de adaptar las plantas, generando menor gasto y acelerando el proceso de automatización. En cuanto a los procesos de producción, y los de seguridad en obra, se ha logrado monitorearlos en tiempo real".

César Altea, gerente comercial de *Pagustech* (empresa dedicada a la consultoría de informática y gestión de instalaciones informáticas), asegura que el software es la herramienta tecnológica a través de la cual se pueden introducir los puntos de control necesarios para validar el accionar; a partir de la información que se recopila, directamente relacionada con los requerimientos de la gestión. En su rol de experto, comenta que en el laboratorio de investigación de la compañía, orientado a la telemetría y a las aplicaciones móviles, se realizan pruebas para determinar qué sensores son los adecuados para cada caso: "Algunas de las situaciones que pueden medirse son: giro del trompo de un camión tipo mezclador, control del combustible, niveles de temperatura, carga, apertura de puertas, descargas y accionar de motores".

Cada dato de medición se integra a un sistema que permite definir umbrales de comportamiento y monitorear la actividad en tiempo real desde un dispositivo remoto, instalado usualmente en el camión o maquinaria, al que se le conectan distintos sensores. Luego, esos

datos son transmitidos a la plataforma para su procesamiento y generación de reportes. "En el caso de la actividad del concreto –explica Altea–, controlamos el cumplimiento del ciclo logístico de envío del producto. Cada uno registra los eventos de control automatizados por una función geográfica o censada de descarga, los tiempos de recorrido, estadía y los recursos insumidos". La tecnología acompaña de cerca los distintos procesos, mejorándolos y proyectando nuevos avances.

"Creo –dice Castañeda– que hay una creciente atracción y necesidad por parte de directores y propietarios de empresas dedicadas a la elaboración de concreto, de controlar y ajustar cada proceso en tiempo real, para ser más competitivos; creciendo en forma uniforme y controlada. Esto genera que cada vez se creen más equipos de investigación tecnológica, con el desafío de controlar o automatizar nuevos procesos (...)".

Altea asegura que desde la empresa le han prestado especial atención al segmento del concreto, ayudando en los procesos de la actividad y observándose un crecimiento de empresas más pequeñas que buscan diferenciarse de sus grandes competidores. "Nuestra proyección es especializarnos aún más, incorporando nuevos controles de medición, que entendemos serán requeridos a mediano plazo". Así, en la actualidad, se está trabajando en nuevos desarrollos relacionados con el manejo de cuenta de los pedidos del concreto, el control de *stock* de materiales que se utiliza para la elaboración, y reportes orientados a la gestión y toma de decisiones.

"Por el lado de la investigación, estamos trabajando en sensores de control de combustible en línea, mediciones relacionadas con el agregado de agua y medición, e incluso de peso. También pondremos el foco en aplicaciones móviles, desarrolladas especialmente para la actividad, como inspecciones y toma de muestras", comparte más adelante Altea. Seguramente, éste es el fin: ofrecer siempre lo mejor y la tecnología, entonces, estará al servicio del desarrollo constante. **C**

### REFERENCIA:

"Aliados de última generación". Nota de Tapa; publicado en *Revista Hormigonar*, No. 33, Agosto 2014.



## PREFABRICADOS:

# Diseño para evitar anomalías en estacionamientos

**L**as estructuras de estacionamiento a base de elementos prefabricados/pre-tensados de concreto doble T suelen ser muy duraderas; pero su diseño, construcción y mantenimiento debe realizarse de acuerdo a principios de buenas prácticas, pues resultan vitales para maximizar su vida útil.

El deterioro de las estructuras de estacionamiento suele ser causado por cambios volumétricos debido a contracciones, fluencia y cambios de temperatura; así como también por los ciclos hielo-deshielo (H/D) y por la corrosión inducida por la exposición a cloruros. Los ciclos H/D, el uso de sales anticongelantes y los efectos de la sal en el aire en zonas costeras, son factores que varían mucho según la región.

Teniendo en cuenta esto, el primer paso para los encargados de diseñar, construir y mantener estacionamientos subterráneos, es especificar el empleo de concretos durables; condiciones fáciles de obtener en elementos prefabricados, pero difíciles de lograr en concretos "in situ". En estos concretos (de alta resistencia o alto desempeño, con alto contenido de cemento, baja relación agua - cemento y resistencias de más de 40 MPa) se emplean cenizas volantes o humo de sílice, que reducen la permeabilidad e incrementan la durabilidad; también puede resultar beneficioso el uso de acero revestido de resina y compuestos de fibra de carbono de alta resistencia. Para impedir la acumulación de agua, es importante el diseño de un drenaje adecuado. Los pisos deben tener suficiente pendiente en dos direcciones para canalizar el agua a los desagües en los puntos bajos.

En una estructura de concreto colado "in situ", los esfuerzos de empotramiento pueden causar grietas, particularmente en zonas alrededor de núcleos de escaleras/elevadores o de muros de corte. En una estructura de elementos prefabricados, tales esfuerzos fluyen a través de las conexiones; la mejor forma de atenuar estos agrietamientos es mediante el uso de conexiones flexibles o dúctiles que permitan

que la estructura disipe estos esfuerzos sin agrietarse. Generalmente estas estructuras tienen resistencias del concreto de 35 MPa o más; es recomendable que la resistencia mínima "in situ" sea de 28 MPa, pero debe haber un mínimo de 35 MPa en zonas en donde sean comunes los productos químicos y los ciclos H/D (ACI 362.1R-97).

En concreto colado "in situ" y prefabricados, los recubrimientos del acero de refuerzo deben ser de 5.0 cm en áreas donde sean frecuentes los ciclos H/D y se utilicen productos químicos de deshielo; en otras zonas dicho recubrimiento debe ser mayor a los 3.8 cm. Asimismo, estructuralmente, la capa de compresión debe ser siempre de 5.0 cm ó mayor, y de 7.5 cm o mayor en los apoyos; en ambientes de alta salinidad. Los requisitos de recubrimiento del acero de refuerzo pueden requerir espesores mayores.

En cuanto a las conexiones, estas deben ser cuidadosamente detalladas. En el caso de losas dobles T con capa de compresión colada en el sitio, se deben de incluir conectores espaciados a una distancia oscilante entre 2.5 m y 3.0 m; en cambio cuando esta capa no se conciba, el espaciamiento entre conectores se limita a una separación oscilante entre 1.2 m y 1.8 m. La parte superior de la conexión debe de estar como mínimo 2.0 cm por debajo de la superficie; adicionalmente, la placa de anclaje debe de tener 3.8 cm de recubrimiento.

Los fallos en selladores de juntas es probablemente el problema más frecuente en los estacionamientos de concreto prefabricado. Muchos son originados por una preparación inadecuada del sustrato, dimensionamiento incorrecto de las juntas, y/o una deficiente instalación de la "cola de rata" y selladores. Otro elemento clave en la reducción del agrietamiento y de los fallos en las conexiones, es insistir en un mantenimiento adecuado y en un programa de reparación que incluya la limpieza semanal, la inspección regular y la aplicación de parches; así como la sustitución periódica de selladores. **C**

### REFERENCIA:

Cleland Ned M., "Design Techniques to Prevent Crack and Connection Failure", publicado en: "Parking Today", No. 2, Febrero del 2010. (<http://www.parkingtoday.com/magazine.php>).



## PREFABRICADOS DE CONCRETO LIGERO:

# Pérdidas de pretensado en prefabricados de alto desempeño

**S E REFIERE COMO** Concreto Ligero de Alto Desempeño (CLAD) a la mezcla entre Concreto de Alto Desempeño (CAD) y Concreto Ligero Estructural (CLE). Autores como Meyer y Kahn consideran que el uso del CLAD con resistencias entre 55 y 69 MPa haría más fácil y económico el transporte de vigas pretensadas de gran tamaño. Una menor masa volumétrica en el concreto permitiría la fabricación de vigas de mayor longitud con menores tonelajes.

Se exponen en este escrito los resultados de una investigación que tuvo como propósito la determinación del comportamiento a largo plazo de concreto ligero de alto desempeño fabricado con pizarra expandida, y cómo dicho comportamiento a largo plazo afecta las pérdidas de pretensado en vigas de puentes.

Típicamente "creep" y la retracción son menores en CAD que en concreto de resistencia y peso normal, pero son en general mayores en CLE. Estos efectos contrarios hacen que las deformaciones a largo plazo en CLAD sean difíciles de predecir.

Como consecuencia de las deformaciones elástica y a largo plazo en el material, la carga de pretensado en los elementos de concreto pretensado se reduce en el tiempo. Se han identificado las principales causas de pérdidas; entre las que figuran: fricción en operaciones de post-tensionado, asentamiento de anclajes, acortamiento elástico al momento de la transferencia de la carga de pretensado, restricción de movimiento debido a otros elementos conectados con el elemento bajo pretensado, y las pérdidas dependientes del tiempo (relajación de los cables de acero, "creep", y contracción del concreto). La contribución relativa de cada uno de los factores a las pérdidas totales se ha definido dependen del diseño estructural, de las propiedades de los materiales (concreto y acero), de los métodos de pretensado, de la edad del concreto al momento de la aplicación de la carga, y del método de cálculo de las pérdidas.

Fueron estudiadas en esta investigación dos mezclas de CLAD con resistencias a compresión

de 55 y 69 MPa, utilizando pizarra expandida como agregado grueso. Se investigó el "creep", la contracción y las pérdidas de pretensado en 36 probetas cilíndricas, y en 4 vigas pretensadas AASHTO tipo II.

El estudio arrojó que las mezclas de resistencia nominal de 55 y 69 MPa presentaron una resistencia a los 56 días de 64.5 y 73 MPa, con un peso unitario de solo 1855 y 1890 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente. Después de un año, la resistencia a compresión fue de 74.7 y 83.7 MPa para los CLAD de 55 y 69 MPa, respectivamente. Este considerable incremento en la resistencia es debido a la utilización de materiales cementicios puzolánicos, como ceniza volante y microsilica.

El coeficiente de "creep" después de 920 días bajo carga de las mezclas CLAD de 55 y 69 MPa fue de 1.62 y 1.30, respectivamente; cuando el ensayo comenzó a la edad de 24 horas. La contracción en cambio, alcanzó valores de 860 y 650 mm/m x 10<sup>-3</sup> en las mezclas de 55 y 69 MPa, respectivamente; después de 920 días de secado y comenzado a 24 horas de edad.

Las pérdidas de pretensado fueron estimadas usando los métodos AASHTO refinado, AASHTO agregado, PCI y ACI-209. Todos los métodos sobre-estimaron las pérdidas dependientes del tiempo en vigas pretensadas fabricadas con CLAD de 69 MPa, y los métodos AASHTO refinado y ACI-209 también lo hicieron en las vigas con CLAD de 55 MPa. Ello significa que estos métodos resultan conservadores para estimar pérdidas de pretensado en vigas con CLAD hecho con pizarra expandida.

Se recomienda que futuras investigaciones se centren en la medición de pérdidas de pretensado de "creep" y contracción por separado; lo que requiere de la fabricación de vigas con y sin acero de pretensado, de manera que la viga con pretensado presente "creep" y contracción, y la viga sin acero de pretensado presente solo contracción. Igualmente se recomienda extender mediciones más allá de los 130 días; para corroborar las proyecciones a largo plazo utilizadas en este estudio. **C**

### REFERENCIA:

López M., Kahn L. F., "Pérdidas de pretensado en elementos prefabricados con hormigón liviano de alto desempeño. Una comparación con los códigos de diseño", XV Jornadas Chilena del Hormigón, 2005.



## PISOS DE CONCRETO:

# Humedad en losas de concreto (Parte I)

**L**OS PROBLEMAS POR humedad en pisos de concreto siguen afectando a la industria de la construcción; son comunes en estos casos: deterioros en los materiales, uniones desgastadas, garantías anuladas, demandas, y hasta la pérdida de fe en los profesionales.

Los inconvenientes relacionados con el agua y la migración de vapor de agua a través de una losa de concreto en el suelo pueden afectar a varios materiales del piso, como: madera, alfombras, azulejos compuestos de vinilo (VCT); entre otros que pueden experimentar fallas estéticas y funcionales. En todos, el exceso de humedad resulta indeseable, y el origen del problema puede ser variado: el agua de la mezcla, las fugas de agua, la presión de vapor de agua y las instalaciones exteriores.

Algunas de las fuentes de humedad excesiva en nuevas losas de concreto son: la humedad de la subrasante y el agua de la mezcla que no se combina químicamente con el cemento. Esta agua abandona la losa y la subrasante seca; pudiendo quedar atrapada y causar fallos, cuando los materiales del piso se instalan pronto.

Algunos fabricantes de materiales para pisos requieren que la superficie de la losa de concreto esté visiblemente seca; otros establecen un máximo del 3% de contenido de humedad, o de períodos de secado que van desde 60 a 120 días. El RFCI (Resilient Floor Covering Institute) recomienda curar y secar el piso de concreto durante un mínimo de seis semanas, antes de que se instale un piso flexible. Un requisito común del fabricante es una humedad máxima a una tasa de emisión de 1.36 kg por 92 m<sup>2</sup> en 24 h, determinado de acuerdo al procedimiento de prueba de cloruro de calcio de RMA (Rubber Manufacturers Association).

Este último requisito no es siempre fácil de cumplir. En un proyecto en Minnesota en 1996, se realizaron pruebas de emisión de humedad en las nuevas losas de concreto durante 15 semanas. Se probaron tres losas utilizando los resultados de RMA para documentar la tasa de emisión de humedad. Las pruebas arrojaron una disminución gradual de la tasa de emisiones de humedad en 15 semanas; sin embargo, al cabo de ese tiempo, ésta aún se mantuvo por encima de lo especificado.

A medida que se acercaba la fecha de ocupación del edificio, el dueño tuvo que decidir entre instalar el piso de azulejo con el riesgo de anular la garantía del fabricante, o retrasar la instalación. A pesar de que la emisión de humedad fue mayor que lo permitido, el propietario instaló el piso de azulejos, y después de seis meses no hubo inquietud o evidencia de fallo del piso.

Otra fuente de exceso de humedad es el agua proveniente de fuentes externas, como las paredes con salideros por tuberías rotas. Estas fuentes a menudo pueden ser difíciles y costosas de diagnosticar, especialmente en estructuras de piso de madera recubierta; donde el agua puede viajar grandes distancias sin ser detectada. Los cortes antiestéticos deben hacerse a través del piso para explorar las condiciones del subsuelo, lo que restringe aún más la investigación.

El proyecto de un piso de madera de un gimnasio de una escuela experimentó pandeo recurrente, deformación y ahuecamiento. El daño aparecía cada verano, en los períodos en que el edificio estaba sin control de humedad. La investigación reveló la existencia de una habitación inhabilitada con expansión de la madera en todo el perímetro del piso, sin ofrecer pistas sobre el origen de la humedad.

El subsuelo de arena tenía un contenido de humedad muy bajo; también se encontró una membrana de asfalto caliente en la superficie de la losa de concreto sobre la subrasante, sin señal de peligro.

El patrón general de pandeo sugirió una fuente de agua a lo largo de una pared interior. Nuevas observaciones revelaron posibles puntos de entrada de agua a nivel del techo, pero no hubo señales de fugas por la pared. Además, las fuentes de agua potable en la zona no mostraron fuga aparente. En lugar de gastar más tiempo y dinero investigando, el propietario eligió instalar una junta de expansión alrededor del piso, incrementar el mantenimiento, y tolerar el pandeo recurrente. Años más tarde, se determinó que la fuente de agua provenía de un tubo roto de agua potable.

En la segunda parte de este escrito se atenderán otras fuentes de humedad excesiva como son la presión de vapor de agua y las instalaciones exteriores. **C**

### REFERENCIA:

Amundson J. A., Pashina B. J., Swor T. E., "Analyzing Moisture Problems in Concrete Slabs", publicado en: *The Aberdeen Group, PUBLICATION #C970306, Copyright© 1997.*