



**Eduardo de J. Vidaud Quintana**

Ingeniero Civil/Maestría en Ingeniería.

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



## CALIDAD DEL CONCRETO

# Durabilidad y especificaciones de desempeño (Parte I).

**U**NA VEZ QUE el concreto ha sido mezclado y colocado, la resistencia a la compresión se determina en muestras preparadas especialmente para garantizar el cumplimiento de requisitos de diseño y especificaciones. Esto significa un inconveniente, ya que aquí no se tiene en cuenta la variabilidad resultante de prácticas reales como son: la colocación, compactación, acabado y curado. El concreto de los especímenes para el ensayo de resistencia a la compresión, tiene poca semejanza con el concreto de la estructura real.

La calidad del concreto en el recubrimiento, además de la dosificación de la mezcla, depende con frecuencia de otros factores, que son el resultado a su vez de la calidad de los materiales y, en particular, de las prácticas de construcción. Esta es la razón que sugiere que una medida fiable de la calidad del concreto del recubrimiento sólo puede conseguirse mediante la evaluación del concreto en la estructura después del endurecimiento; en lugar de solo hacerlo en los especímenes ensayados a compresión.

Es esta idea la que soporta el desarrollo de estrategias que ponen en práctica lo que comúnmente se conoce como "especificaciones basadas en desempeño". En particular, estas especificaciones son diseñadas para evaluar y garantizar el nivel requerido de calidad del concreto en relación con la durabilidad a largo plazo, en un determinado entorno de servicio de la estructura. Lobo *et al.* conceptualizaron estas en el 2005, como "*un conjunto de instrucciones claras, medibles y exigibles que describen los requerimientos funcionales para aplicaciones específicas en el concreto endurecido*".

Taylor indicó en 2004 que mientras que en una especificación prescriptiva el riesgo se disgrega entre el propietario y el diseñador, en las de desempeño estas se separan; estableciéndose la responsabilidad con mayor claridad. Considerar por separado las especificaciones del concreto que se suministra y las del colocado en la estructura, posibilita entonces distinguir la responsabilidad entre el proveedor del concreto y el constructor.

Además, las especificaciones prescriptivas se refieren principalmente a los detalles de los materiales componentes y procesos para asegurar una calidad adecuada; proporcionándose el necesario grado de supervisión e inspección. Sin embargo, en una especificación de desempeño, sería necesario esperar a que se cumpla el tiempo asignado para verificar los parámetros de durabilidad (u otro desempeño) y así proceder al pago de la construcción.

Taylor argumentó que estas metodologías, en su sustento teórico, son poco prácticas, y que debería utilizarse un enfoque intermedio o "especificaciones híbridas" (con mayor énfasis en los criterios de desempeño). En este caso, el propietario y el diseñador deciden sobre el nivel de desempeño deseado para un servicio específico, proponiendo un "índice" o indicadores de ensayo adecuados.

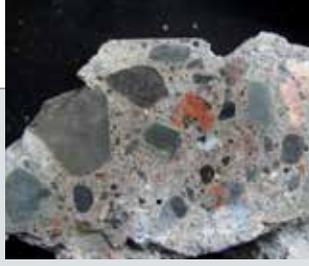
El proveedor y el contratista proporcionan entonces un sistema concreto, precalificado a través de ensayos a realizarse antes de la construcción real, en donde se deberán cumplir con los índices (o límites) establecidos por el propietario/diseñador. Este sistema de referencia, no sólo describe las proporciones de la mezcla, sino que también abarca los procedimientos a adoptar durante el colado.

La práctica actual en la India revela que la IS 456 del 2000 (Norma India para el Concreto Armado y Simple - Código de buenas prácticas), fue revisada por cuarta vez en el año 2000. Aunque todavía falta trabajar en muchos aspectos respecto al concreto, en cierta medida esta revisión no reflejó los avances en la tecnología del concreto desde la revisión de 1978. En particular, se presentó la cláusula relativa a la durabilidad con algunas limitaciones, y fueron revisados los criterios de muestreo y aceptación para el concreto.

Actualizar este código con el proceder internacional, significaría tomar en cuenta algunas reflexiones medioambientales presentadas por ejemplo por Kulkarni en 2009; quien comparó la evolución del EN206-1 (2000), AS3600 (1994), y ACI 318 (2008) en relación con el ataque al concreto en condiciones expuestas. **C**

### REFERENCIAS:

Santhanam M., "Durabilidad y especificaciones de desempeño". Publicado en: "The Masterbuilder", Marzo del 2013. <http://www.masterbuilder.co.in/durability-and-performance-specifications/>.



## CONCRETO AUTOCONSOLIDABLE

# Vigas de concreto para puentes de grandes claros.

**L**A INDUSTRIA DE los elementos estructurales prefabricados ha avanzado últimamente con buen ritmo; lo que tiene desde hace varios años un rol absolutamente protagónico dentro de la actividad de la construcción; mediante el aporte de vigas de gran peralte, placas para cerramientos, losas, bases, columnas, entre otros.

En este ámbito caracterizado por el desarrollo, la incorporación de nuevas tecnologías, y el crecimiento y la demanda sostenida, dos elementos estructurales premoldeados parecieran tener mayor significación: las vigas de gran altura para salvar importantes claros y los cerramientos verticales ultra delgados de concreto.

En ambos casos, la utilización de concreto autoconsolidable (CA) con la tecnología aportada por los aditivos hiperfluidificantes en base a policarboxilatos posibilitó, como veremos más adelante, una atinada solución para obtener, entre otros beneficios, una sencilla elaboración de complejas piezas estructurales, elevada resistencia inicial y final, excelente terminación superficial y alta productividad.

La alternativa de salvar importantes claros mediante vigas premoldeadas y postesadas constituye una inteligente solución dentro del campo de la ingeniería, que aporta mayor seguridad estructural y rapidez de construcción "in situ". Estas vigas de gran peralte son destinadas a varios tipos de obra, destacándose particularmente su utilización en puentes.

Las vigas de referencia pueden tener variadas secciones transversales; pero suelen tener almas muy esbeltas. Son dimensionadas considerando generalmente concretos de resistencias especificadas superiores a 35 MPa, tienen elevada cuantía de armadura pasiva; vainas para postesado y zonas de doblez de armaduras para constituir las longitudes de anclaje. Por lo tanto la forma de la viga y la cantidad y distribución de armaduras configuran una pieza de difícil colado y compactación del concreto, lo que derivó en la preocupación de muchos premezcladores en Argentina.

En este sentido, la empresa Tensolite S.A. de Tucumán, Argentina posibilitó el desarrollo

conjunto de estudios sobre dosificación, ensayos de laboratorio, pruebas a escala industrial y la materialización de algunas vigas de 32 m de longitud, 1.50 m de altura y 20 cm de alma; densamente armadas. Sobresalen dos condiciones importantes para este CA: importante contenido de material más fino que el tamiz 0.150 mm y uso de un potente aditivo que modificara las propiedades reológicas del concreto.

El concreto se elaboró en planta con mezcladora de eje vertical con capacidad para 0.5 m<sup>3</sup>, cargando primero los agregados corregidos por humedad, luego el cemento y por último el resto del agua con el aditivo. El transporte desde la planta a la zona de moldeo fue por balde, y el colado se efectuó desde la parte superior de la viga. La autocompactación fue excelente logrando rápidamente la densificación del material; sólo se dieron algunos golpes laterales al molde para lograr una mejor terminación.

Mediante la aplicación de la tecnología del CA se logró en las vigas elevada compacidad, alta productividad y excelente terminación superficial. El cambio en el comportamiento reológico del concreto facilitó notablemente el llenado de los moldes y la densificación del material, sin aplicación de vibrado externo. El notable aumento de la productividad pudo manifestarse en la elaboración de las vigas sumamente armadas; pasándose de una demanda aproximada de cuatro horas con un plantel de 5 personas en concreto convencional a dos horas con 2 personas en CA.

A pesar del elevado contenido de material muy fino, se obtuvo mediante la utilización del aditivo un concreto de relativamente baja demanda de agua (relación agua-cemento de 0.34), alta fluidez, excelente trabajabilidad, con extensibilidad de entre 67 cm y 70 cm, y ninguna evidencia de segregación de sus componentes. Se cumplió satisfactoriamente la necesidad de contar con elevada resistencia a un día para desmoldar y trasladar la pieza estructural al obtener valores de resistencia a compresión superiores a 20 MPa a un día sin vapor, y mayores a 32 MPa con vapor para la misma edad. **C**

### REFERENCIAS:

Gebert F., Checmarew L., "Vigas de hormigón autocompactante para puentes de grandes luces", publicado en Revista Hormigonar N. 10, Año 4, diciembre 2006.



## INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA

# Trenes de alta velocidad de España ruedan sobre concreto.

**E**N ALGUNOS países se han desarrollado los Trenes de Alta Velocidad (TAV), con velocidades de entre 300 a 350 Km/h y compitiendo para distancias cortas con otros sistemas como el vehículo o el avión. La necesidad de desarrollar sistemas de transporte masivos se cataliza por el constante aumento de la población, el caos circulatorio y la contaminación por emanaciones de motores de combustión interna; además de ser prioridad la comodidad, eficiencia y eficacia.

En este ámbito, el tren resulta una adecuada alternativa. España, es uno de los países que ha creído en los TAV, permitiendo de manera paralela el desarrollo de la ingeniería en la construcción de obras que den paso a este sistema; llevando al ingeniero a desarrollar diferentes tipos de estructuras a lo largo del trazado. Este es el caso de los viaductos al encontrarse con accidentes geográficos que ponen a prueba su ingenio.

Un viaducto es una estructura construida sobre una depresión, que permite el paso de carreteras o líneas férreas. Está conformado por la superestructura que son las vigas y el tablero, y la infraestructura conformada por las pilas, los estribos y los cimientos. Al diseñar un viaducto se debe considerar el método constructivo a implementar, pues de él depende el tiempo de construcción y la mano de obra necesaria; varía de acuerdo con factores específicos de cada obra como los costos o espacio disponible alrededor.

En este escrito se presentan algunos de los métodos más utilizados para la construcción de la superestructura (vigas y tableros); así como ejemplos de estas vías en España.

- El "Método de cimbra convencional" se caracteriza por la rapidez en la ejecución. En este se debe tener acceso al área inferior del viaducto la cual debe estar despejada. Desde el terreno se levanta una armazón hasta la altura de las pilas, la cual soportará la cimbra mientras se cuelan y fraguan las vigas y el tablero.
- El "Método de cimbra autoportante" se trata de una cimbra deslizable que se apoya en las pilas; cuando ésta llega a la posición requerida

se arma debajo de ella para colar las vigas. Al fraguarse, se retira y se desliza hasta la siguiente pila en donde se realiza de nuevo el proceso. Este método no ocupa el espacio inferior del viaducto.

- El "Método de tableros empujados" se construyen las vigas o secciones previamente o 'in situ'; se ubican en el borde del estribo y desde allí se empujan hasta la posición deseada; mediante gatos hidráulicos ubicados sobre las pilas.
- El "Método de voladizos sucesivos" se construyen las vigas por segmentos como voladizos. Sobre la pila, se realiza el montaje de la cimbra, luego se cuele y al fraguarse se retira. Seguido se instalan otras dos cimbras del otro lado y se cuele. Es así como se avanza en voladizo lado a lado de la pila para contrarrestar las cargas.
- El "Método de piezas prefabricadas" se utiliza una cimbra que sirve para el transporte de estas piezas. La cimbra se apoya sobre las pilas y va llevando, una a una, todas las piezas requeridas entre pila y pila; colocándolas en su posición. Otra forma es con grúas que levantan las vigas y las ubican sobre las pilas. Luego, si el tablero también es prefabricado se coloca, de no serlo se tiende la cimbra entre las vigas y se cuele. Se necesita que el espacio inferior al viaducto este libre y sea de fácil acceso a la grúa.

Desatacan en España varias Líneas de Alta Velocidad (LAV) como el caso de la Línea Madrid – Segovia – Valladolid, que utiliza traviesas de concreto mono-bloque en vía sobre balasto y Sistema Rheda 2000 en vía sobre placa. La LAV Madrid – Zaragoza – Barcelona con traviesas de concreto; así como la Madrid – Córdoba – Málaga y la Madrid – Sevilla. Este es el modo en que España se alista para tener hacia el 2020 una consolidada estructura de transporte, y para ello destina un gran porcentaje de su presupuesto a la construcción y adecuación de vías férreas; por considerar éste medio de transporte como seguro y eficiente, no solo para transporte de pasajeros, sino también para ciertos tipos de carga. **C**

### REFERENCIAS:

"Trenes de alta velocidad en España ruedan sobre concreto", publicado en Revista Noticreto # 94, Junio 2009.



## PAVIMENTOS DE CONCRETO

# Recomendaciones prácticas para la construcción de pavimentos de concreto (Parte II).

**E**N LA PRIMERA parte de este escrito se refirieron algunas recomendaciones prácticas para la construcción de estos pavimentos en torno a la preparación de la base, el manejo y colocación del concreto, y la compactación; trabajos a los que les sigue el acabado de la superficie expuesta; operación que consiste en enrasar o nivelar la superficie, aplanarla, emparejarla, en algunos casos alisarla o en otros texturizarla.

Después que el concreto ha sido tendido y vibrado se inicia el proceso de nivelación o enrasado, que consiste en retirar el exceso de concreto de la superficie superior para dejarla al nivel apropiado. La herramienta manual para este fin es una regla que puede tener el borde inferior recto o ligeramente curvo. Esta regla puede ser de madera, y para enrasar el concreto se mueve sobre este con un movimiento de "vaivén" o aserrado; avanzando una pequeña distancia en cada desplazamiento. Es conveniente que haya un exceso o sobrecarga de mezcla contra la cara frontal de la regla, para rellenar las cavidades o partes bajas, a medida que se da el movimiento. También se utiliza para este fin la regla vibratoria.

Inmediatamente después del enrasado, se emplea una aplanadora manual (llana) para eliminar los puntos altos o bajos de la superficie, e incrustar los agregados gruesos dentro de la masa. La llana debe mantenerse plana sobre la superficie y debe desplazarse con un ligero movimiento de "vaivén en arco" para rellenar vacíos, abatir protuberancias y alisar abultamientos.

El aplanado debe ser completado antes de que el agua de exudación se acumule sobre la superficie; pero también debe tenerse especial cuidado de no trabajar en demasía esta, ya que un aplanado excesivo puede provocar el avance de pasta de cemento y la fracción más fina del agregado hacia la superficie. Este material húmedo y cohesivo, tiene una contracción por secado muy alta y una resistencia más baja que el mortero y el concreto subyacentes, lo que puede conducir a cuarteaduras y grietas que luego descascaran esta pasta superficial.

Aunque las labores de aplanado normalmente son suficientes para un acabado adecuado, a

veces debe complementarse con el emparejado; para el que se emplean de preferencia las llanas manuales metálicas. Al igual que en el aplanado, la llana debe mantenerse plana sobre la superficie y debe desplazarse con un ligero movimiento de "vaivén en arco". Cuando la mayor parte del brillo de la superficie del concreto haya desaparecido y antes de que se vuelva no plástico, deberá procederse el arrastre longitudinal de tela de yute.

Posteriormente, con un equipo de texturizado se procederá a realizar el texturizado transversal mediante rastrillo de alambre en forma de peine, con una separación entre dientes de 20 mm, ancho de dientes de 3 mm, y con una profundidad de penetración máxima y mínima de 6 y 3 mm respectivamente; a todo lo ancho de la superficie.

Esta operación se realizará cuando el concreto esté lo suficientemente plástico para permitir el texturizado; pero lo suficientemente seco para evitar que fluya formando surcos. Para obtener un concreto de buena calidad también las labores de acabado deben ser seguidas de unas prácticas convenientes de protección, en un medio ambiente propicio (natural o artificial), durante la etapa de fraguado (cambio del estado plástico a endurecido). Igualmente deben darse las condiciones para mantener el concreto a una temperatura y contenido de humedad satisfactorios, a partir del fraguado final (inicio del endurecimiento), y durante un tiempo definido, para promover la hidratación del cemento.

Este procedimiento de controlar la temperatura y humedad hacia adentro y hacia afuera del concreto, es el curado; y entre los métodos y materiales utilizados se encuentran: las cubiertas húmedas, las láminas de plástico, el papel impermeable, y las membranas de curado. El periodo durante el cual el concreto debe ser protegido y curado depende de factores como: el tipo de cemento, el uso de aditivos, las proporciones y el revenimiento de la mezcla, la resistencia requerida, así como el tipo, tamaño y geometría del elemento, las condiciones ambientales y el grado de exposición durante su vida útil. **C**

### REFERENCIAS:

Sánchez de Guzmán D., "Recomendaciones prácticas para la Construcción de Pavimentos de Concreto", publicado en Revista ISCYC, No. 47, Año 12, 2007.