

## ASOCRETO

# Superconcretos para puentes de 100 años

**Ing. Juan Carlos Araiza, CTLGroup, USA.**

Reproducción autorizada por la revista Noticreto # 120, de Septiembre - Octubre 2013. Editada por la Asociación Colombiana de Productores de Concreto - ASOCRETO.

La definición de concreto de alto desempeño (HPC) ha evolucionado a través de los años. En la década de 1950, cualquier concreto con una resistencia a la compresión mayor a 35 MPa era considerado un concreto de alto desempeño. Hoy en día, el Comité 363 del American Concrete Institute (ACI) define 41 MPa como la base para que el concreto pueda ser considerado HPC. Sin embargo, los límites de resistencia dependen principalmente de la ubicación geográfica donde se produce dicho concreto. En general, la resistencia a la compresión de los HPC se establece entre 62 y 103 MPa.

No obstante, la resistencia a la compresión es sólo uno de los factores que determinan si un concreto se puede considerar como de alto desempeño. El Comité 363 del ACI especifica que un concreto puede definirse como HPC de acuerdo con la facilidad de colocación, las propiedades a largo plazo, la resistencia a edad temprana y la durabilidad en ambientes severos, entre otros factores.

## SELECCIÓN DE MATERIALES

La selección de materiales para HPC's tiene que ser estrictamente controlada para asegurar la calidad y la resistencia del concreto. La elección del tipo de cemento es uno de los factores primordiales para producir concretos de alto desempeño. Por ejemplo, si es necesaria la resistencia a edad temprana, debe considerarse cemento tipo III, y si el calor de hidratación es un tema relevante, se debe considerar cemento tipo II.



Puente PascoKennewick en Estados Unidos.

CORTESIA CTL GROUP

Los HPC tienen típicamente una baja relación agua/material cementante. Esto genera una necesidad de añadir aditivos químicos al concreto. Para mejorar las propiedades de congelamiento y descongelamiento en HPC se utilizan aditivos inclusores de aire. La hidratación temprana puede controlarse utilizando retardantes en la mezcla, lo que permite mayor flexibilidad en el horario de colocación. También es común utilizar reductores de agua para aumentar la trabajabilidad del concreto, dependiendo de las necesidades específicas del proyecto.

Por otra parte, las adiciones minerales son comunes para complementar el cemento Portland utilizado en HPC. Como adiciones pueden utilizarse cenizas volantes, humo de sílice y escoria. Cada uno tiene ventajas y desventajas que deben ser consideradas al diseñar una mezcla HPC. La granulometría del agregado también juega un papel importante en las propiedades del HPC. Para los agregados finos son preferibles partículas redondas y lisas. Estas arenas requieren menos agua en la mezcla que las partículas más irregulares y ásperas, ayudando a reducir la proporción de agua y cemento de la mezcla. Se recomienda limitar el tamaño máximo del agregado grueso a 19 mm (3/4"). Los agregados gruesos más pequeños tienen menos superficie de contacto, lo cual incrementa los esfuerzos en la interface entre pasta y agregado.

## PROPORCIONES DE MEZCLA

La proporción de mezcla para HPC varía dependiendo de diversos factores. Las características deseadas en el concreto, como la resistencia, determinan las proporciones de las mezclas. Los costos y la facilidad de fabricación y colocación también juegan un papel significativo en el diseño de mezcla. El proceso de dosificación de la mezcla es mucho más crítico para los HPC que para concretos tradicionales y con frecuencia es necesario producir varios lotes de prueba antes de alcanzar las relaciones óptimas. Las pruebas de resistencia son una parte fundamental para determinar las proporciones de mezcla para HPC. Es más difícil realizar ensayos en HPC que en concretos tradicionales, pues sus resistencias promedio tienen mayor variabilidad en los resultados. Esto implica que para que una mezcla de HPC sea aceptada a través de ensayos, normalmente deberá tener una resistencia superior a la de diseño.

Como se mencionó anteriormente, las mezclas HPC tienden a requerir menor relación agua/material cementante comparadas con mezclas de concreto tradicional. Sin embargo, al aumentar la cantidad de cemento en una mezcla se incrementa el agua necesaria para lograr una hidratación completa. Para ayudar a la hidratación de la mezcla pueden utilizarse aditivos reductores de agua de alto rango. Comúnmente, la relación agua/material cementante para mezclas HPC se encuentra entre 0.27 y 0.50.



Puente sobre el Lago Roosevelt en Estados Unidos.

CORTESIA CTL GROUP

Proceso constructivo de puentes en concreto de alto desempeño.

ARCHIVO ASOCRETO



## Nuevas prensas automáticas **AUTOMAX y PILOT** El poder de la innovación



CUSTOMER'S VALUE  
DRIVES THE INNOVATION



Distribuidor exclusivo en México:  
**EQUIPOS DE ENSAYE CONTROLS, S.A DE C.V.**  
Av. Hacienda 42, Col. Club de Golf Hacienda,  
Atizapán de Zaragoza, C.P. 52959, Estado de México.  
Tels. (+52 55) 55 32 07 99, 55 32 07 22, 53 78 14 82

**CONTROLS** Your Partners  
Masters of Technology

[info@controls.com.mx](mailto:info@controls.com.mx)  
[www.controls.com.mx](http://www.controls.com.mx)

# ADVANTEST

**Un sistema  
servo-hidráulico  
multifunción para  
ensayos bajo**

**CONTROL  
DE CARGA**

**CONTROL DE  
DESPLAZAMIENTO Y  
DEFORMACIÓN**

Conforme con normas y métodos:  
ASTM, AASHTO, EN, EFNARC, NMX



- ▶ Control en lazo cerrado de alta sensibilidad
- ▶ Control automático de hasta 4 bastidores
- ▶ Control integral vía PC
- ▶ Rapido set up a través del módulo software de calibración

## VARIAS CONFIGURACIONES

### CONCRETOS, BLOQUES Y MORTEROS



### CONCRETO LANZADO Y REFORZADO CON FIBRAS



### ROCAS: PRUEBAS UNIAXIALES Y TRIAXIALES





Construcción de la cimentación del nuevo puente que une a San Francisco con la Bahía de Oakland, en Estados Unidos.

CORTESIA CTL GROUP

La dosificación del agregado también es muy importante en el diseño de mezclas HPC. Las pruebas han demostrado que los agregados finos tienen mayor impacto sobre la mezcla que los agregados gruesos. Los agregados finos tienen mucho más área de superficie por unidad de peso que los agregados gruesos. Esto implica que los agregados

finos requieren más pasta para crear una adhesión adecuada. Las mezclas con bajo contenido de agregado fino y mayor proporción de agregado grueso requieren menos pasta y son más económicas. No obstante, la trabajabilidad de la mezcla se reduce severamente conforme se reduce el contenido de agregado fino en ella.

Casi todas las mezclas de concreto de alto desempeño utilizan algún tipo de aditivo: minerales, químicos o ambos. Las adiciones minerales, por ejemplo la ceniza y el humo de sílice, se utilizan como sustitutos de cemento. Las mezclas HPC reemplazan comúnmente entre el 10% y el 40% del cemento (por peso) por una o varias adiciones minerales. Las cenizas volantes causan típicamente una reducción en la cantidad de agua requerida para la mezcla, mientras que el humo de sílice la aumenta. La dosificación de aditivos químicos varía dependiendo de la mezcla requerida.

En general, la dosificación de aditivo químico es más alta para los HPC que para los concretos tradicionales. Por lo general, el desarrollo de concreto de alto desempeño requiere lotes de prueba para lograr la proporción de mezcla deseada. Los lotes de prueba se pueden realizar en laboratorio o en campo. En laboratorio, los especialistas en dosificación tienen mayor control de los lotes de ensayo y más posibilidades de encontrar la mejor combinación de materiales. Cuando el diseño de mezcla se ha determinado en el laboratorio, se deberán realizar ensayos de campo de lotes comparables a la producción típica. Las condiciones de campo pueden producir para una mezcla resultados diferentes a los observados en laboratorio.

## PRODUCCIÓN Y COLOCACIÓN

La manipulación y colocación del concreto de alto desempeño son similares a las del concreto tradicional. En el manejo y almacenamiento de los materiales para HPC también pueden usarse los mismos procedimientos que para los concretos tradicionales. Tales materiales deben ser adecuadamente apilados, con humedad y temperatura monitoreadas y controladas. En lo posible, las plantas deben estar ubicadas cerca de los sitios de trabajo para reducir el tiempo de transporte.

En las mezclas HPC la medición y el control de peso de los materiales son mucho más importantes que en las mezclas de concreto tradicional. Por lo tanto, se recomienda utilizar dosificadores automáticos de peso. El contenido de humedad de los agregados finos debe monitorearse continuamente para asegurar la adecuada relación agua/material cementante en la mezcla.

El premezclado de los concretos de alto desempeño también es similar al del concreto tradicional. La mezcla puede hacerse en una planta de premezclado, en un camión transportador o mediante una combinación de los dos. Debido a la gran importancia de la relación agua/material cementante en la mezcla, la operación adecuada de la

mezcladora debe ser monitoreada cuidadosamente. Una baja relación agua/material cementante dificulta el proceso de mezclado de los HPC e impone una mayor demanda sobre la maquinaria utilizada.

Los HPC pueden ser transportados en camiones mezcladores tradicionales, volquetas, sistemas de bombeo o bandas transportadoras. En viajes cortos, los camiones mezcladores pueden transportar HPC ya mezclados, y en viajes más largos solamente los componentes, añadiendo el agua de manera controlada en el destino final. Las volquetas solo transportan mezclas secas y el agua se añade en sitio. El bombeo puede ser ideal para mezclas con alto asentamiento, pero requieren equipos de bombeo y de colocación. Las bandas transportadoras pueden ser eficientes para el transporte entre distancias cortas, aproximadamente de 50 m a 100 m. Debe prestarse atención especial a la vibración de la banda para evitar la segregación de la mezcla durante el transporte.



## USO EN PUENTES DE CARRETERA

El concreto de alto desempeño ha visto recientemente mayores aplicaciones en el diseño y construcción de puentes de carretera. Las vigas prefabricadas y pretensadas que utilizan HPC son capaces de alcanzar mayores luces, más espaciamento entre vigas y menor peralte comparadas con las vigas de concreto tradicionales. Las luces más largas pueden ayudar a reducir el número total de vanos, disminuyendo el número de apoyos necesarios y rebajando así el costo de la subestructura. El mayor espaciamento entre vigas puede reducir el número total de vigas necesarias. Esto puede conducir a una disminución del tiempo de fabricación y del costo total.

El uso de HPC en losas de puentes ayuda a prolongar la vida útil. Los HPC tienden a ser menos permeables que el concreto tradicional y brindan mejor protección al acero de refuerzo contra la penetración de cloruros y la corrosión. Del mismo modo, las losas construidas con HPC tienen mejor resistencia a ciclos de congelamiento y descongelamiento, a la erosión por el uso de descongelantes y a la abrasión por tráfico que aquellas fabricadas con concreto tradicional.

Debe prestarse especial cuidado a los efectos del alto contenido de cemento en las losas de puentes, con el fin de minimizar la aparición de grietas a edades tempranas. La rápida adquisición de resistencia de las mezclas HPC sumada al choque térmico causado por la hidratación del concreto, puede contribuir a incrementar la aparición de fisuras en los primeros días tras la colocación, y dichas fisuras pueden tener un impacto negativo en la durabilidad. A minimizar este problema pueden ayudar medidas especiales de curado y de control térmico, tales como la aplicación de mantas aislantes tras el pico térmico.

## CONCLUSIONES

Los HPC han demostrado ser una alternativa económica y viable al concreto tradicional, siempre que reciban un control adecuado. Las mezclas son más difíciles de fabricar debido a la baja relación agua/material cementante, a la estricta granulometría de los agregados y al alto contenido de aditivos químicos y adiciones minerales. El transporte y colocación son similares a los del concreto tradicional. En aplicaciones de puentes, los HPC pueden reducir el tiempo y el costo de construcción debido a la posibilidad de utilizar menos apoyos, menos vigas y elementos estructurales más compactos y ligeros. **C**

### REFERENCIAS:

- Informe sobre concreto de alta resistencia ACI 363R – 92, Instituto Americano de Concreto, ACI, 1992.
- Concreto de alto rendimiento en puentes espectaculares, Informe de la Comisión PCI, Instituto de Concreto Pretensado, 2001.
- Holanda, Terence C.; "Concreto de alto desempeño", Master Builders, Inc., Cleveland, 1993.