

# Hormigón El Concreto en la Práctica

## ¿Qué, Por qué y cómo?



## CIP 30 - Adiciones al cemento

### ¿QUÉ son las adiciones al cemento?

En su forma básica, el concreto (*hormigón*) es una mezcla de cemento portland, arena, agregado grueso y agua. El principal material cementante en el concreto es el cemento portland. Hoy en día la mayoría de las mezclas de concreto contienen adiciones al cemento que constituyen una porción del material cementante en el concreto. Estos materiales son generalmente subproductos de otros procesos o materiales de origen natural. Ellos pueden o no ser procesados antes de ser utilizados en los concretos. Algunos de estos materiales son denominados puzolanas, que por sí mismos no tienen propiedades cementantes, pero cuando se utilizan con el cemento portland, reaccionan para formar componentes cementantes. Otros materiales, como las escorias sí exhiben propiedades cementantes.

Para su uso en el concreto, las adiciones al cemento, algunas veces son referidos como adiciones minerales, necesitan cumplir los requerimientos de las normas establecidas. Ellos pueden ser utilizados individualmente o en combinación en el concreto. Pueden ser añadidos a la mezcla de concreto como un cemento que contenga la adición (*blended*) o como un ingrediente dosificado separadamente en la planta de concreto premezclado.

A continuación se observan algunos ejemplos de estos materiales.

Las **Cenizas volantes** son un subproducto de los hornos que emplean carbón mineral como combustible para la generación de energía y constituyen en sí las partículas no combustibles removidas de las chimeneas de gases. Las cenizas volantes utilizadas en el concreto deben tener conformidad con la norma ASTM C618. La cantidad de ceniza volante en el concreto puede variar entre el 5 y el 65% en peso de los materiales cementantes, según la fuente y la composición de la ceniza volante y del desempeño requerido al concreto. Las características de la ceniza volante pueden variar significativamente según la fuente del carbón mineral que se quema. Las cenizas de Clase F son normalmente producidas de la quema de la antracita o de carbones bituminosos y generalmente poseen un contenido bajo de calcio. Las cenizas de Clase C son producidas cuando se queman carbones sub-bituminosos y poseen típicamente propiedades puzolánicas.

Las **Escorias molidas de alto horno** (GGBFS) son sub-productos no metálicos producidos en un alto horno cuando el mineral de hierro es reducido a hierro dulce. La escoria líquida es enfriada rápidamente para formar gránulos, que son molidos hasta una finura similar a la del cemento portland. Las escorias



molidas de alto horno utilizadas como un material cementante deben tener conformidad con la norma ASTM C989. En esta especificación se definen tres grados de escorias: 80, 100 y 120, donde el grado más alto contribuye más a la resistencia potencial. Las escorias molidas de alto horno tienen por sí mismas propiedades cementantes pero éstas son mejoradas cuando se utilizan con cemento portland. Las escorias se utilizan entre el 20 y el 70% en peso de los materiales cementantes.

El **Humo de sílice** es un material puzolánico de alta reactividad y es un subproducto de la producción de metal silíceo o ferrosilíceo. Se recolecta de la chimenea de gases de los hornos de arco eléctrico. El humo de sílice es un polvo extremadamente fino, con partículas alrededor de 100 veces más pequeñas que un grano promedio de cemento. El humo de sílice está disponible como un polvo densificado o en forma de material acuoso. La norma para el humo de sílice es la ASTM C1240. Generalmente se utiliza entre el 5 y el 12% en peso de los materiales cementantes para las estructuras de concreto que necesitan alta resistencia o una permeabilidad significativamente reducida al agua. Debido a su extrema finura, deberán garantizarse procedimientos especiales para la manipulación, el vaciado y el curado del concreto con este material.

**Puzolanas naturales.** Varios materiales naturales poseen, o pueden ser procesados para poseer propiedades puzolánicas. Estos materiales están también cubiertos por la especificación normativa ASTM C618. Las puzolanas naturales tienen generalmente un origen volcánico y estos materiales silíceos tienden a ser reactivos si son enfriados rápidamente. En los Estados Unidos las puzolanas naturales comercialmente disponibles incluyen el **Metacaolín** y las **Arcillas o esquistos calcinados**. Estos materiales son producidos mediante la calcinación

controlada de minerales de origen natural. El Metacaolín es producido a partir de arcillas caoliniticas relativamente puras y se emplean entre el 5 y el 15% en peso de los materiales cementantes. Las arcillas o esquistos calcinados son utilizados a mayores porcentajes en peso. Otras puzolanas naturales son los **crisales volcánicos, s zeolíticos, ceniza de cáscara de arroz y tierra de diatomeas.**

## ¿POR QUÉ son utilizadas las adiciones al cemento?

Pueden ser utilizados para el mejoramiento del desempeño del concreto en su estado fresco y endurecido. Son principalmente utilizados para mejorar la trabajabilidad, la durabilidad y la resistencia. Estos materiales le permiten al productor de concreto diseñar y modificar la mezcla de concreto para satisfacer la aplicación deseada. Las mezclas de concreto con elevados contenidos de cemento portland son susceptibles a la fisuración y a una mayor generación de calor. Estos efectos pueden ser controlados en un alguna medida mediante la utilización de adiciones al cemento.

Los materiales cementantes suplementarios tales como las cenizas volantes, las escorias y el humo de sílice le permiten a la industria del concreto utilizar centenares de millones de toneladas de subproductos que de otra forma serían vertidos en el terreno como desechos. Por otro lado su utilización reduce el consumo de cemento portland por unidad de volumen de concreto. El cemento portland tiene un elevado consumo de energía y de emisiones asociadas con su producción, Este consumo energético se disminuye cuando se reduce la cantidad de cemento portland utilizada en el concreto.

## ¿CÓMO afectan las propiedades del concreto la utilización de adiciones?

**Concreto fresco:** En general, las adiciones al cemento mejoran la **consistencia** y la **trabajabilidad** del concreto fresco, porque se le añade un volumen adicional de finos a la mezcla. El concreto con humo de sílice es utilizado típicamente con bajos contenidos de agua con aditivos reductores de agua de alto rango y estas mezclas tienden a ser cohesivas y más viscosas que el concreto corriente. Las cenizas volantes y las escorias generalmente reducen la demanda de agua para el asentamiento (*reventamiento*) requerido del concreto. El **tiempo de fraguado** del concreto puede ser retardado con algunas adiciones utilizadas en porcentajes elevados. Esto puede ser beneficioso en clima caliente. El retardo es eliminado en invierno reduciendo el porcentaje de las adiciones al cemento en el concreto. Debido a los finos adicionales, la cantidad y la tasa de la **exudación (sangrado)** en estos concretos es frecuentemente baja. Esto es especialmente significativo cuando se utiliza humo de sílice. Una exudación baja, conjuntamente con el retardo del fraguado pueden causar fisuración por retracción plástica y por esto se pueden hacer necesarias algunas precauciones especiales durante el vaciado y el acabado (*Vea el CIP 5*).

**Resistencia** – Las mezclas de concreto pueden ser dosificadas para producir la resistencia requerida y la velocidad de ganancia de resistencia que sea requerida para la aplicación. Con las

adiciones que no sean humo de sílice, la velocidad de ganancia de resistencia puede ser más baja inicialmente, pero la ganancia de resistencia es continuada por un periodo de tiempo más largo comparado con las mezclas que sólo poseen cemento portland, lo que frecuentemente da como resultado resistencias últimas más elevadas.

El humo de sílice es comúnmente utilizado para producir resistencias por encima de las 10 000 libras por pulgada cuadrada (70 MPa). El concreto que contiene adiciones generalmente necesita consideraciones adicionales para el curado tanto para el ensayo de los cilindros de ensayo como de la estructura para asegurar que sean alcanzadas las propiedades esperadas.

**Durabilidad** – Las adiciones al cemento pueden ser utilizadas para reducir el calor asociado con la hidratación del cemento y reducir el potencial de fisuración térmica en elementos estructurales masivos. Estos materiales modifican la microestructura del concreto y reducen su permeabilidad por lo que consecuentemente reducen la penetración de agua y sales disueltas en el concreto. La impermeabilidad del concreto reducirá varias formas de deterioro del mismo, tales como la corrosión del acero de refuerzo y el ataque químico. La mayoría de las adiciones al cemento reducen la expansión interna del concreto debido a reacciones químicas tales como la reacción árido álcali y el ataque de sulfatos.

La resistencia a los ciclos de congelación y deshielo requiere el empleo de un concreto con aire incorporado. El concreto con un apropiado sistema de vacíos de aire y resistencia tendrá un óptimo desempeño en estas condiciones.

La combinación óptima de materiales variará para diferentes requisitos de desempeño y para el tipo de adición. El productor de concreto premezclado, con conocimiento de los materiales disponibles localmente, puede establecer las proporciones de la mezcla para el desempeño requerido. Las restricciones prescriptivas sobre las proporciones de la mezcla pueden inhibir la optimización y la economía. Si bien se discutieron anteriormente varias posibles mejoras de las propiedades del concreto, estas no son mutuamente excluyentes y la mezcla debe ser dosificada para los requerimientos de desempeño más críticos de trabajo con los materiales disponibles.

## Referencias

1. ASTM Standards C 618, C 989, C 1240, Volume 04.02, American Society of Testing and Materials, West Conshohocken, PA.
2. *Use of Natural Pozzolans in Concrete*, ACI 232.1R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
3. *Use of Fly Ash in Concrete*, ACI 232.2R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
4. *Ground Granulated Blast Furnace Slag as a Cementitious Constituent in Concrete*, ACI 233R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
5. *Guide for the Use of Silica Fume in Concrete*, ACI 234R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
6. *Pozzolanic and Cementitious Materials*, V.M. Malhotra and P. Kumar Mehta, Gordon and Breach Publishers



Información Técnica preparada por la National Ready Mixed Concrete Association, 900 Spring St., Silver Spring, MD 20910. [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org). Si existen dudas sobre la terminología utilizada en el presente documento, está disponible un glosario de términos en nuestra página web [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org) para su consulta. © National Ready Mixed Concrete Association. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida de cualquier forma, incluyendo el fotocopiado u otro medio electrónico, sin el permiso por escrito de la National Ready Mixed Concrete Association.

Traducción en convenio con la



Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado