



**Ingeniero
Carlos Alberto
Méndez G.,**
Director de
Infraestructura,
Toxement S.A.
**Ingeniera Liliana
María Arias,**
Gerente Técnico,
Toxement S.A.



Reproducción autorizada
por la revista Noticreto # 116,
de Enero – Febrero 2013.
Editada por la Asociación
Colombiana de Productores
de Concreto – ASOCRETO.

Fotos:
Cortesía Toxement S.A.

ASOCRETO

TECNOLOGÍA DE ADITIVOS PARA EL CONCRETO EN OBRAS HIDRÁULICAS

Los aditivos químicos pueden mejorar las propiedades del concreto y, de acuerdo con su aplicación o con el sistema constructivo, proporcionar desempeños en estado fresco y endurecido, según las consideraciones establecidas para cada proyecto en particular. Este artículo describe aplicaciones específicas de los aditivos químicos en concretos elaborados para estructuras hidráulicas que, dentro de cada propósito constructivo, serán empleadas como estructuras de contención, conducción o desvío de aguas, y que a su vez podrán estar sumergidas total o parcialmente.



Proyecto Hidroeléctrico Porce III

Tabla 1: Tipos de aditivos químicos, efecto esperado y experiencias de aplicación.

TIPO DE ADITIVO	EFEECTO ESPERADO	ESTRUCTURA HIDRÁULICA
Incorporadores de aire (ASTM C 260).	Mejora durabilidad en ciclos hielo-deshielo, ambientes alcalinos y con presencia de sulfatos.	Tanques y concretos en que se utilizan arenas con deficiencias en finos.
Retardantes/reductores de agua (ASTM C 494, tipos B y D).	Reducción del contenido de agua mínimo en 5% y retardo de fraguado controlado (concretos masivos-concretos con transporte).	Recubrimiento de túneles, en general concretos con transporte y bombeos en distancias cortas.
Aditivos para el control de la hidratación (ASTM C 494, tipo D).	Suspenden o prolongan las reacciones de hidratación del cemento mediante el uso de un agente estabilizador.	Concretos lanzados, concretos con tiempos de transporte largos o demoras en colocación por métodos muy lentos.
Súper-plastificantes (reductores de agua de alto rango ASTM C 494, tipos F y G).	Incrementan la fluidez/asentamiento del concreto y reducen la relación a/mc mínimo en un 12%.	Concretos Tremie, sistemas tornillo continuo, en que debemos garantizar alta reología de las mezclas.
Súper-plastificantes / hiperfluidificantes (ASTM C 1017, tipo I y tipo II).	Incrementan la fluidez/asentamiento del concreto, reducen la relación a/mc.	Utilizados generalmente en concretos auto-consolidables, mezclas donde se requiere una acomodación del concreto sin necesidad de gran energía de vibrado.
Inhibidores de reacción álcali-sílice (ASTM C 494, tipo S).	Reducen la expansión debida a la reacción álcali-agregado reactivo.	Concretos en que se emplean agregados potencialmente reactivos o agregados reactivos y equivalente de álcali en el cemento alto.
Aditivos anti-lavado (ASTM C 494, tipo S).	Proporcionan cohesividad al concreto disminuyendo la pérdida por lavado en aplicaciones bajo agua.	Concretos con colocación bajo agua (reparaciones en tanques, diques, en general estructuras sumergidas). También para pilotajes pequeños debido al costo.
Aditivos inhibidores de corrosión base nitrato de calcio (ASTM C 1582).	Comprobada efectividad en la reducción de reacciones de corrosión debidas a ambientes con presencia de cloruros.	Estructuras marinas y costeras como muelles y puertos; pilas y pilotes; prefabricados utilizados en los muelles.
Aditivos impermeabilizantes (ASTM C 494, tipo S).	Retardan o interfieren en el ingreso de humedad en concretos que han finalizado su etapa de curado.	En general, se utilizan en tanques y en morteros de recubrimiento en estructuras en general.
Aditivos para Grout (ASTM C 494, tipo S).	Se adaptan a las propiedades específicas donde se requiere la aplicación de grouts.	Donde se necesiten mezclas sin retracción por fraguado para llenado de espacios.
Aditivos/adiciones reductores de permeabilidad (ASTM C 1240).	Permiten densificar y/o reducir la permeabilidad en el concreto.	Obras hidráulicas en general. Concretos de alta resistencia.
Aditivos mejoradores de bombeo (ASTM C 494, tipo S).	Proveen al concreto características especiales que permiten su adecuado bombeo.	Utilizadas en concretos bombeables y estructuras muy armadas.
Aditivos reductores o compensadores de contracción (ASTM C 494, tipo S – ACI 223R-10, Componente G).	Reducen o compensan la contracción por secado en el concreto, disminuyendo la fisuración.	Concretos para presas, tanques y concretos donde se requiera un estricto control de la contracción por secado.
Aditivos mejoradores de agregados (ASTM C 494, tipo S).	Aditivos que permiten mejorar las condiciones de desempeño en mezclas de concreto de agregados con mala gradación o alto contenido de finos.	Especialmente recomendados para permitir el uso de agregados deficientes en cuanto a su lavado y contenido de finos.
Microfibras y macrofibras sintéticas estructurales (ASTM C 1116, tipo III).	Diseñadas para aumentar la tenacidad y resistencia al impacto y reducir el fisuramiento por contracción plástica hasta en 88%.	Microfibras: control del sangrado y segregación en concretos autoconsolidables. Macrofibras estructurales: aplicaciones en concreto lanzado.
Aditivos para concreto lanzado por vía húmeda o vía seca.	Línea de aditivos que aportan al concreto lanzado características de tixotropía, fluidez, rápido fraguado, desarrollo de resistencias.	Concretos lanzados.

Los retos que establece la etapa de diseño y puesta en obra de concretos especificados para estructuras hidráulicas incluyen parámetros de adecuada reología, durabilidad, baja permeabilidad, baja fisuración y desarrollo de resistencias acordes con las pautas inicialmente establecidas. Cada uno de estos desafíos implica la consideración de un aditivo químico que permita verificar el cumplimiento de los objetivos fijados, en términos de desempeño de concretos en estado fresco y endurecido. Con el objeto de establecer una guía de selección de tecnología de aditivo químico, se sugieren en la tabla 1, de forma general, varios tipos de aditivos químicos y al mismo tiempo se relacionan el efecto esperado y el tipo de estructura hidráulica donde se tienen experiencias de aplicación.



Casa de máquinas del proyecto Porce III



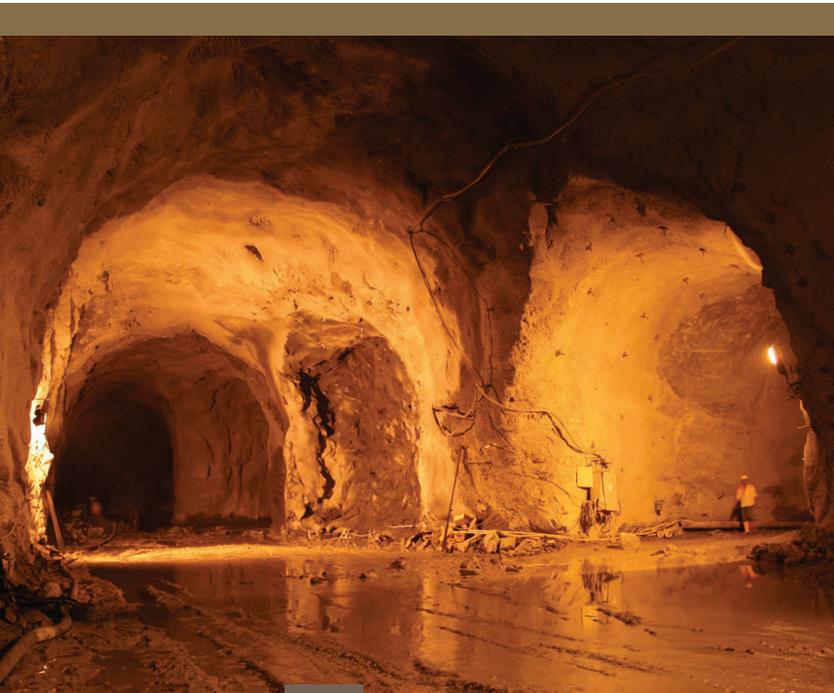
EXPERIENCIA

Con el objetivo de ilustrar adecuadamente la correcta selección de aditivos químicos, se presenta a continuación una aplicación basada en la experiencia en campo en proyectos de infraestructura hidráulica. El propósito es enfatizar la importancia de las buenas prácticas que deben aplicarse desde los cálculos estructurales hasta el diseño y colocación del concreto en campo.

Dentro del proyecto se ha establecido la colocación de concreto bajo agua, lo cual exige una cuidadosa atención en su planificación y ejecución; el concreto debe fluir con facilidad para llenar totalmente los espacios internos de la estructura y consolidarse por su propio peso sin permitir que a su masa se incorpore agua; también debe evitarse lavar el cemento o los finos, porque entonces hay formación de bolsas de arena y grava que debilitan puntos importantes de las estructuras.

La aplicación requiere la especificación de varios aditivos en una misma mezcla, dosificar un plastificante-retardante que garantice un buen comportamiento durante el transporte, un aditivo superplastificante para dar al concreto buenas características de manejabilidad que permitan su buena colocación y consolidación, y un aditivo antilavado (ASTM C 494 tipo S) con el cual se blinda el concreto contra la entrada de agua y la separación de sus componentes, todo lo cual asegura que la estructura hidráulica enterrada va a fundirse completamente con concreto de alta calidad y de características idénticas a las del concreto que constituye la parte de la estructura hidráulica que está en la superficie.

Desde el punto de vista constructivo, la mejor práctica para aplicar estos concretos, sobre todo si estamos hablando de cimentación, será el procedimiento Tremie: la mezcla se coloca con un tubo vertical de acero cuyo extremo superior tiene forma de embudo mientras el extremo inferior se mantiene sumergido en el concreto fresco, sin contacto con el agua.



Túnel de acceso a casade máquinas del proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.



Proyecto hidroeléctrico Porce III.

Durante la operación de vaciado es imposible la inspección directa visual del concreto depositado normalmente, de modo que el progreso de esta operación debe controlarse cuidadosamente observando el volumen de concreto colocado y la altura alcanzada en el tubo. Siempre deben tenerse en cuenta el flujo y/o el asentamiento exigido para esta aplicación. Los concretos con asentamientos superiores a 220 mm requieren parámetros diferenciados de diseño que les permitan autoconsolidarse en la cimentación y que establezcan los valores máximos esperados de pérdida por lavado, para evitar segregación de los componentes de la mezcla.

El concreto descrito puede tener especificaciones químicas adicionales que prevén desempeños especiales bajo ataque por cloruros, reacción álcali-sílice o baja permeabilidad. La mezcla de aditivos es factible siempre y cuando obedezca una planeación adecuada, la validación de desempeños y a una clara secuencia de adición, de tal manera que el contratista de obra o el productor del concreto premezclado no vean en el control de calidad del material un inconveniente sino un beneficio por uso de tecnología.

Los concretos y estructuras hidráulicas siempre deberán ser evaluados bajo parámetros de durabilidad. La NTC 5551 (ACI 201.2R-08) establece los lineamientos a tener en cuenta para el diseño de concretos por durabilidad cuando deban exponerse a ambientes agresivos: ataque por sulfatos, corrosión, ataque químico, abrasión y reacción álcali-sílice, entre otros. Los aditivos químicos hoy disponibles en el mercado y en continuo desarrollo tecnológico brindarán siempre opciones para elaborar concretos de alta calidad, concretos de resultados consistentes y alternativas constructivas adecuadas a las condiciones de obra y a la puesta en servicio de estructuras hidráulicas.

La selección de productos y dosis serán establecidas bajo la adecuada asistencia técnica que brindan las compañías que producen los aditivos químicos. A su vez, las soluciones acordadas deben ser validadas con los productores de concretos y con base en los materiales, diseños y ubicación de los proyectos, entre otras premisas. **C**

BIBLIOGRAFÍA

- ACI 212: Aditivos químicos para concreto.
- Euclid Chemical Company: High performance concrete admixtures.
- NTC 5551: Concretos. Durabilidad de estructuras de concreto.
- A.M. Neville: Properties of Concrete.
- ASTM C 494: Aditivos químicos para concreto.
- ASTM C 1017: Aditivos químicos usados para producir concreto fluido.