



Hormigonado de grandes volúmenes



The Chemical Company

**BASF Construction
Chemicals España, S.L.
Admixture Systems**

Basters, 15
08184 Palau-solità i Plegamans
(Barcelona)

Tel.: 93 862 00 00
Fax: 93 862 00 20
www.basf-cc.es
aditivos@basf.com

0.- DESCRIPCIÓN GENERAL.....	3
1.- CAMPO DE APLICACIÓN.....	3
2.- OBJETIVO.....	3
3.- CONSIDERACIONES TÉCNICAS.....	3
3.1.- Tipo de ambiente.....	3
3.2.- Resistencia característica del hormigón.....	3
3.3.- Consistencia según Abrams.....	4
4.- PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN.....	4
4.1.- Diseño de la mezcla.....	4
4.1.1.- Cemento de bajo calor de hidratación.....	5
4.1.2.- Relación agua/cemento.....	5
4.2.- Mezcla de los componentes	5
4.3.- Transporte.....	6
4.3.1.- Transporte intermitente.....	6
4.3.2.- Transporte continuo.....	6
4.4.- Puesta en obra.....	6
4.5.- Compactación.....	7
4.6.- Curado.....	7
4.7.- Desencofrado.....	8
5.- INFORMACIÓN DE LOS PRODUCTOS EMPLEADOS.....	9
5.1.-Criterios de selección de aditivos para hormigonado de grandes volúmenes.....	9
5.2.- Criterios para la elección de líquidos de curado.....	9
5.3.- Aditivo reductor de retracción.....	10
5.4.- Criterio de selección de los agentes desmoldeantes.....	10
6.- RECOMENDACIONES ESPECIALES.....	10
7.- ENSAYOS DE CONTROL DE EJECUCIÓN.....	11
7.1- Consistencia según UNE-EN 12350-2.....	11
7.2- Resistencia a compresión según UNE-EN 12390-3	11
7.3- Impermeabilidad según UNE-EN 12390- 8.....	11
7.4- Determinación del contenido de aire según UNE-EN 12350-7.....	11
7.5- Resistencia a flexotracción según UNE-EN 12390-5.....	11

0.- DESCRIPCIÓN GENERAL

En el presente Pliego de Condiciones se pretende dar una visión general sobre los pasos necesarios para la confección y puesta en obra del hormigón para grandes volúmenes.

1.- CAMPO DE APLICACIÓN

Este procedimiento es aplicable a la confección de hormigón para grandes volúmenes, en su aplicación para presas y para pavimentos.

Este tipo de hormigones (hormigones secos compactados) han encontrado en estos últimos tiempos un interés creciente en obras en las que la colocación se hace por tongadas en las que predomina la superficie sobre el espesor como es el caso de las presas y los pavimentos.

2.- OBJETIVO

Fabricación, puesta en obra y curado de hormigón para presas y pavimentos.

3.- CONSIDERACIONES TÉCNICAS

Para la fabricación de hormigón para grandes volúmenes es preciso disponer de los siguientes datos de partida que deberán ser suministrados por el usuario del mismo.

3.1.- Tipo de ambiente.

Deberá clasificarse el ambiente en que se encuentra la estructura afectada dentro de los grupos señalados en la **EHE-08**, en el **artículo 8.2.3**, "*Clases específicas de exposición ambiental en relación con otros procesos de degradación distintos de la corrosión*". En función de las características del ambiente se requiere un contenido mínimo de cemento y una relación agua/cemento máxima.

Comentarios:

Un elemento estructural estará sometido a un ambiente definido por la combinación de una serie de clases de exposición.

La determinación de los parámetros establecidos en EHE Tabla 8.2.3.b se llevará a cabo de acuerdo con los métodos definidos por las normas UNE 7234:71; 7131:58; 7130:58.

3.2.- Consistencia según Abrams.

Se tomará la consistencia medida según el ensayo **UNE-EN 12350-2**.

Comentarios:

En este tipo de construcciones se recomienda un hormigón seco o plástico ya que tiene que aguantar la presión de la compactadora.

3.3.- Tamaño máximo del árido.

Definido en el **Artículo 28.3** de la Instrucción **EHE-08**.

Comentarios:

Hay que tener en cuenta que el tamaño máximo del árido será 1/3 de la dimensión de la armadura. Siempre que sea posible, se empleará el máximo tamaño de árido disponible.

4.- PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

4.1.- Diseño de la mezcla

El hormigón se diseñará considerando la naturaleza del propio hormigón (masa, armado o pretensado), su resistencia de proyecto, la consistencia deseada y el tipo de ambiente de exposición, siguiendo el **Artículo 31** de la **EHE-08**. Se ajustará la curva granulométrica de los áridos según el método patrón deseado (Fuller, Bolomey,...) tomando para ello las curvas granulométricas de cada una de las fracciones individuales de que se disponga y siguiendo el **Artículo 28.4** de la **EHE-08**.

Se definirá la relación agua/cemento y la cantidad mínima de cemento a partir del tipo de cemento a emplear, de la resistencia necesaria y del tipo de ambiente y de ello se llegará a la dosificación de cemento, aplicando alguno de los métodos de diseño de dosificaciones.

Al depender la cantidad de agua del tamaño máximo de árido empleado, se procurará emplear el máximo tamaño disponible, con lo que se conseguirá, para una misma relación agua/cemento, un contenido de este último más reducido, con el consiguiente beneficio para no incrementar la temperatura de la masa de hormigón, principal causante de la fisuración del elemento hormigonado.

Comentarios:

Con la introducción de aditivos es posible bajar la relación agua/cemento con el consiguiente aumento de las resistencias.

En el hormigonado de grandes volúmenes se debe tener en cuenta el aumento de temperatura causada por el cemento.

La permeabilidad depende mucho del contenido de aire ocluido en la masa que, a su vez, es función del diseño de la mezcla y del grado de compactación. Cuando la mezcla está bien diseñada y la compactación es buena los hormigones obtenidos son bastante impermeables.

4.1.1.- *Cemento de bajo calor de hidratación.*

Es aquel cemento que tiene un calor de hidratación < 65 cal/g a la edad de 5 días, medido en el calorímetro de LANGAVANT. **Norma UNE-EN 196-9.**

Para la confección de un hormigón para grandes volúmenes se debe utilizar cemento tipo IV y determinar el tipo de ambiente teniendo en cuenta el **Artículo 8.2.1** de la **EHE-08**.

Este tipo de cemento es muy útil en la producción de altas cantidades concentradas de hormigón, ya que reduce el calor desprendido en la reacción de hidratación del cemento, evitando así la aparición de fisuras de origen térmico por el rápido secado que se pueda dar en el hormigón por su rápido desprendimiento de calor.

Por lo general la cantidad de cemento tiene que ser la mínima (**tabla 37.3.2.a.** de la **EHE-08**) debido a que una elevada dosificación da lugar a la necesidad de emplear más agua con lo cual aparecen problemas de fisuraciones y pérdida de resistencia. Es conveniente recordar que los mejores hormigones son aquellos que proporcionan las características de resistencia y durabilidad deseadas con el menor consumo posible de cemento.

Comentarios:

Un contenido excesivo de cemento, especialmente si éste es rico en silicato tricálcico, desprende una gran cantidad de calor que puede ocasionar tensiones térmicas diferenciales que sobrepasen la resistencia a tracción del hormigón especialmente a edades tempranas.

El calor de hidratación es necesario para el fraguado y endurecimiento del hormigón, pero debe ser controlado para que no exceda los límites utilizando el cemento adecuado en cada caso particular. Las cantidades de calor generado son mayores en el cemento tipo I y disminuyen progresivamente hasta llegar al cemento V que es el que menos calor genera.

4.1.2.- *Relación agua/cemento.*

Se definirá la relación agua/cemento y la cantidad mínima de cemento a partir del tipo de cemento a emplear, de la resistencia necesaria y del tipo de ambiente y de ello se llegará a la dosificación de cemento, aplicando alguno de los métodos de diseño de dosificaciones. Teniendo en cuenta que la cantidad de agua añadida a la mezcla es uno de los factores que determinan directamente la porosidad final del hormigón y por tanto su permeabilidad, la relación agua/cemento deberá mantenerse lo más baja posible.

Comentarios:

Dado el bajo contenido de agua de amasado de estos hormigones, la retracción hidráulica de los mismos es mucho más baja que la de los tradicionales.

4.2.- Mezcla de los componentes.

Las mezclas de estos hormigones deben estar perfectamente dosificadas en cuanto a cantidad de pasta debido a que, un exceso de ésta, origina un efecto “colchón”, es decir, se forman ondas en la capa a compactar delante del rodillo, especialmente, cuando debajo de ellas ya existen algunas compactadas. Por el contrario, un defecto de pasta, da lugar a que los áridos entren en contacto unos con otros y se trituren por la presión del rodillo.

Se seguirán las prescripciones del **Artículo 71** de la **EHE-08**.

4.3.- Transporte.

4.3.1.- Transporte intermitente.

El transporte intermitente se realiza por medio de carretillas, cubas, dúmpers, camiones, blondines, etc. Se escogerá el método adecuado en función de las necesidades concretas de la obra, protegiendo el hormigón de la lluvia, el calor, el viento y las vibraciones para evitar alteraciones en la homogeneidad.

Comentarios:

Es importante que en el transporte de camiones, éste no deje de amasar.

4.3.2.- Transporte continuo.

Si las plantas de amasado están próximas a los lugares de colocación pueden utilizarse cintas transportadoras, vagonetas, dumpers, cubas, etc. En cualquier caso el hormigón debe protegerse durante el transporte del viento y de la lluvia. También está especialmente indicado cuando los métodos de transporte tienen un difícil acceso hasta el lugar de colocación.

El transporte del hormigón se realizará siguiendo el **Artículo 71.4.1** de la **EHE-08**.

Comentarios:

Hay que tener una atención especial en tiempo caluroso y en tiempo frío.

4.4.- Puesta en obra.

En ningún caso se tolerará la colocación en obra de masas con indicios de fraguado.

Un buen proceso de colocación del hormigón debe evitar que se produzca una pérdida de homogeneidad y conseguir que la masa llene perfectamente todas las esquinas y rincones del encofrado y recubra bien las armaduras en toda su superficie.

Anteriormente al vertido se debe comprobar si las presiones que origina la velocidad de hormigonado son resistidas por el sistema de encofrados, así como prever las juntas de hormigonado dejando esperas embebidas si fuese necesario.

La puesta en obra de estos hormigones se realiza con los mismos equipos empleados en movimientos de tierras como bulldozers, traillas, motoniveladoras, etc.

El número de pasadas a dar, para un rodillo dado, a fin de lograr la total consolidación del hormigón depende de las características de las mezclas y del espesor de las capas a compactar. El espesor normal compactado suele ser de 20 a 30 cm (no superior a 25 cm para la compactación de pavimentos).

Se tendrá especial cuidado en evitar el desplazamiento de las armaduras durante la puesta en obra, manteniendo el recubrimiento mínimo establecido para cada caso particular.

La correcta puesta en obra seguirá las prescripciones del **Artículo 71.5** de la **EHE-08**.

Comentarios:

En el caso de los pavimentos hay que tener en cuenta que las resistencias mecánicas del hormigón van a depender de su densidad y ésta a su vez de la compactación. Un problema que se suele presentar es la falta de densidad y resistencia en los bordes del pavimento, especialmente si estos no están contenidos por un encofrado muy rígido, por los bordillos, o por los arceles previamente hormigonados.

4.5.- Compactación.

Se realizará la compactación del hormigón con objeto de conseguir la máxima homogeneidad en la distribución de los componentes del hormigón así como conseguir la máxima compacidad posible, ya que de ello depende la resistencia del hormigón y la permeabilidad, y con ello la durabilidad y la protección contra la corrosión de las armaduras.

La compactación se efectúa mediante rodillos autopropulsados generalmente vibrantes. Los rodillos muy pesados de 4 a 5 toneladas no pueden aproximarse a los encofrados ni obstáculos, por lo que los 25 cm próximos a éstos se compactan con rodillos ligeros.

El grado de compactación en obra se determina comparando la densidad del hormigón colocado en obra con la dada por la misma mezcla en el laboratorio.

La compactación se realizará siguiendo el **Artículo 71.5.2** de la **EHE-08**.

Comentarios:

La energía que suministran los rodillos es tan elevada que, incluso con mezclas secas muy bien dosificadas, aparece humedad en la superficie de las capas después del paso de éstos. Esta humedad tiende a evaporarse rápidamente antes de que el fraguado tenga lugar.

4.6.- Curado.

Es el conjunto de operaciones necesarias para evitar la evaporación o la pérdida de agua de amasado del hormigón. Deberá realizarse manteniendo húmedas las superficies de los elementos hormigonados desde el primer momento de su colocación y prolongado aproximadamente unos 7 días, dependiendo de las características del ambiente y del tipo, clase y cantidad de cemento.

El curado mediante agua debe seguir las exigencias del **Artículo 27** de la **EHE-08** referente a la calidad del agua empleada.

Los procedimientos de curado se describen en el **Artículo 71.6** de la **EHE-08**.

Los productos de curado no se emplean en presas debido a que dificultarían la unión de unas tongadas con otras.

Sin embargo, en el caso de pavimentos dada la poca cantidad de agua que lleva, el curado de los mismos tiene que ser muy eficaz y puede ejecutarse con agua, productos filmógenos, por ejemplo **MASTERKURE** (ver la tabla 5.2 para elegir entre los diversos tipos de curadores), o con una emulsión asfáltica si sobre él se va a extender una capa de aglomerado bituminoso. La extensión del líquido de curado se realizará mediante pulverizador, brocha, cepillo o rodillo procurando dejar una película fina y continua.

Comentarios:

El tiempo de curado de los hormigones depende del grado de humedad y temperaturas ambiente, presencia de viento, insolación y tipo de cemento utilizado. La Instrucción del Hormigón Estructural EHE en su Artículo 74º facilita una fórmula que permite determinar la duración mínima de curado en función de los parámetros citados. En cualquier caso, las condiciones más críticas de curado que precisan mayores períodos aparecen en ambientes calurosos o fríos con vientos fuertes y secos y cementos con adición de puzolanas.

4.7.- Desencofrado.

Los diferentes moldes o encofrados se retirarán sin producir sacudidas ni choques en la estructura y siempre que el hormigón haya alcanzado la resistencia necesaria para soportar con seguridad y sin deformaciones los esfuerzos a los que se verá sometido. Podrá realizarse ensayos de información para determinar la posibilidad o no de desmoldar.

El **Artículo 74** de la **EHE-08** describen las operaciones de desmoldeo.

Comentarios:

*Para facilitar la tarea de desencofrado se recomienda el uso de productos antiadherentes que serán aplicados al molde antes de verter el hormigón, por ejemplo, los desencofrantes **RHEOFINISH** (ver tabla 5.4).*

5.-INFORMACIÓN DE LOS PRODUCTOS EMPLEADOS

Para completar la información sobre los productos citados en el presente procedimiento será necesario consultar las Fichas Técnicas y las Hojas de Datos de Seguridad de los mismos.

5.1.- Criterios de selección de aditivos para el hormigonado de grandes volúmenes.

Aditivo	Tipo de hormigón	Propiedades
POZZOLITH	<ul style="list-style-type: none"> •Presas •Pistas de aeropuerto para hormigón plástico 	<ul style="list-style-type: none"> •Reductor de agua/plastificante. Según UNE-EN 934-2:2002(T2)
GLENIUM	<ul style="list-style-type: none"> •Solamente cuando sea necesario una elevada reducción de agua de amasado. 	<ul style="list-style-type: none"> •Reductor de agua de alta actividad/superplastificante. Según UNE-EN 934-2:2002(T2)
BETTORETARD	<ul style="list-style-type: none"> • Hormigonado de grandes volúmenes. 	<ul style="list-style-type: none"> •Retardador de fraguado. Según UNE-EN 934-2:2002(T8)

5.2.- Criterios para la elección de líquidos de curado.

Aditivo	Base del aditivo	Aplicación
MASTERKURE 114	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disolución de resinas sintéticas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hormigón blanco/visto.
MASTERKURE 220	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Emulsión de resinas en agua. ▪ Exento de disolventes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hormigón visto. • Acabado transparente. • Posibilidad tratamientos posteriores sin ser necesaria su eliminación.
MASTERKURE 230	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disolución de resinas sintéticas pigmentadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pistas aeropuertos, carreteras. <i>Cumple el ensayo de California (CALTRANS 90-7:01 B).</i>

5.3.- Aditivo reductor de retracción.

Aditivo	Función	Propiedades
RHEOCURE SFR-2	<ul style="list-style-type: none"> •Reducción de la tensión superficial del agua retenida en los microporos. 	<ul style="list-style-type: none"> •Reducción de la retracción en un 50-60%. •Reducción de la fisuración.

5.4.- Criterio de selección de los agentes desmoldeantes.

Aditivo	Tipo de encofrado	Base del producto.	Calidad del acabado
RHEOFINISH 294	Metálico, madera, fenólico.	Aceite mineral en base acuosa.	Media.

6.- RECOMENDACIONES ESPECIALES

- En ningún caso debe añadirse agua al hormigón a su llegada a obra o en caso de pérdida de consistencia.
- Controlar el rango de dosificación de los aditivos empleados, sin que excedan el máximo ni el mínimo recomendado en cada caso.
- En la colocación mediante vertido directo del hormigón evitar la caída directa desde alturas superiores a los dos metros.
- Al hormigonar sobre una junta fría se debe eliminar la lechada de cemento existente con chorreado de arena o agua a presión, y aplicar puente de unión, con el fin de asegurar una buena adherencia con el soporte reciente.
- Compactar con vibrado de abajo hasta arriba, hasta ver aparecer una humectación brillante en superficie.
- Respetar en cualquier caso los tiempos de curado recomendados.

7.- ENSAYOS DE CONTROL DE EJECUCIÓN

Para el control de la correcta ejecución de los trabajos podrán tomarse muestras del hormigón (según norma **UNE-EN 12350-1** "Ensayos de hormigón fresco-Toma de muestras") para la realización de los siguientes ensayos:

7.1.- Consistencia según UNE-EN 12350-2.

7.2.- Resistencia a compresión según UNE-EN 12390-3.

7.3.- Impermeabilidad según UNE-EN 12390-8.

7.4.- Determinación del contenido de aire según UNE-EN 12350-7.

7.5.- Resistencia a flexión según UNE-EN 12390-5.