

norma española

UNE-EN 206-1

Febrero 2008

TÍTULO

Hormigón

Parte 1: Especificaciones, prestaciones, producción y conformidad

Concrete. Part 1: Specification, performance, production and conformity.

Béton. Partie 1: Spécification, performances, production et conformité.

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 206-1:2000, EN 206-1:2000/A1:2004, EN 206-1:2000/A2:2005.

OBSERVACIONES

Esta norma anula y sustituye a las Normas UNE 83900:1996 IN, UNE 83001:2000 y UNE 83001/1M:2004.

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 83 *Hormigón* cuya Secretaría desempeña ANEFHOP.

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 9768:2008

© AENOR 2008
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR

C Génova, 6
28004 MADRID-España

**Asociación Española de
Normalización y Certificación**

Teléfono 91 432 60 00
Fax 91 310 40 32

90 Páginas

Grupo 50

OBSERVACIONES

Esta Norma UNE-EN 206-1:2008 "Hormigón. Parte 1: Especificaciones, prestaciones, producción y conformidad" anula y sustituye a la Norma Experimental ENV 206:1990 (UNE 83900:1996 IN).

Esta norma no responde a ningún mandato de la Comisión Europea al Comité Europeo de Normalización (CEN), en cumplimiento de la Directiva 89/106/CEE, por lo que no se trata de una norma armonizada y en ningún caso de una norma de obligado cumplimiento.

En todas las obras de hormigón realizadas en España, tanto de edificación como de obra civil, las únicas disposiciones que son obligatorias son las establecidas por la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE), aprobadas por el Real Decreto 2661/1998, de 11 de diciembre, según lo indicado en su artículo segundo.

Las especificaciones y procedimiento de esta norma no se corresponden con las disposiciones de la Instrucción de Hormigón Estructural.

La utilización de esta Norma UNE-EN 206-1:2008, se deberá realizar teniendo en cuenta el anexo nacional (texto en cursiva y recuadrado) que figura a lo largo de esta norma.

INTRODUCCIÓN DE ANEXO NACIONAL PARA LA APLICACIÓN DE LA NORMA UNE-EN 206-1:2008

El Comité Europeo de Normalización (CEN) aprobó en el año 2000 una versión de la Norma EN 206-1:2000 "Hormigón. Parte 1: Especificaciones, prestaciones, producción y conformidad", cuyo contenido no es conforme con las disposiciones reglamentarias de la Instrucción de Hormigón Estructural, aprobada por Real Decreto 2661/1988, de 11 de diciembre, de obligado cumplimiento en España para todas las obras de edificación y de obra civil.

AENOR ha redactado el anexo nacional de esta Norma UNE-EN 206-1:2008, al objeto de poder cumplir sus compromisos con CEN, en relación con la transposición de la misma, con un contenido que pretende destacar algunos de los aspectos de la Norma EN 206-1:2000 que pudieran contravenir el cumplimiento de la reglamentación vigente en España.

La aplicación de la Norma EN 206-1:2000, así como la de este anexo nacional es voluntaria. En ningún caso puede entenderse como suficiente para comprobar la conformidad del hormigón a su recepción en una obra, que deberá realizarse según lo establecido en la Instrucción de Hormigón Estructural.

El formato elegido para redactar este anexo nacional para la aplicación de la Norma UNE-EN 206-1:2008 es:

Introducir, con objeto de facilitar el conocimiento simultáneo de la Norma EN 206-1:2000 y del anexo nacional, el texto de éste en cada uno de los puntos de la Norma UNE-EN 206-1:2008 a los que haga referencia.

Con este formato el texto del anexo nacional para la aplicación de la Norma UNE-EN 206-1:2008, se destaca y se distingue claramente del texto original de la Norma EN 206-1:2000, tanto por su tipografía como por su formato editorial y así informará al lector de cómo debe aplicar la citada norma sin contravenir las disposiciones reglamentarias de la Instrucción de Hormigón Estructural de obligado cumplimiento en España para todas las obras de edificación y de obra civil.

AENOR

NORMA EUROPEA
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 206-1

Diciembre 2000

+ A1

Julio 2004

+ A2

Junio 2005

ICS 91.100.30

Sustituye a ENV 206:1990

Versión en español

Hormigón

Parte 1: Especificaciones, prestaciones, producción y conformidad

Concrete. Part 1: Specification,
performance, production and conformity.

Béton. Partie 1: Spécification,
performances, production et conformité.

Beton. Teil 1: Festlegung, Eigenschaften,
Herstellung und Konformität.

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 2000-05-12, su modificación A1 el 2003-10-22 y su modificación A2 el 2005-05-12.

Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional. Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales pueden obtenerse en el Centro de Gestión de CEN, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional, y notificada al Centro de Gestión, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

CEN
COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung
CENTRO DE GESTIÓN: Rue de Stassart, 36 B-1050 Bruxelles

© 2000 Derechos de reproducción reservados a los Miembros de CEN.

ÍNDICE

	Página
PRÓLOGO	7
0 INTRODUCCIÓN	10
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	11
2 NORMAS PARA CONSULTA.....	12
3 DEFINICIONES, SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS	14
3.1 Términos y definiciones.....	14
3.2 Símbolos y abreviaturas	17
4 CLASIFICACIÓN	19
4.1 Clases de exposición según las acciones ambientales.....	19
4.2 Hormigón fresco	25
4.3 Hormigón endurecido	27
5 REQUISITOS PARA EL HORMIGÓN Y MÉTODOS DE VERIFICACIÓN	29
5.1 Requisitos básicos para los materiales constituyentes	29
5.2 Requisitos básicos para la composición del hormigón.....	30
5.3 Requisitos relativos a las clases de exposición	37
5.4 Requisitos para el hormigón fresco.....	38
5.5 Requisitos para el hormigón endurecido	41
6 ESPECIFICACIÓN DEL HORMIGÓN	42
6.1 Generalidades	42
6.2 Especificación de hormigones designados por propiedades	43
6.3 Especificación de hormigones designados por dosificación	44
6.4 Especificación del hormigón designado por dosificación en una norma.....	45
7 ENTREGA DEL HORMIGÓN FRESCO.....	46
7.1 Información del usuario al fabricante del hormigón	46
7.2 Información del fabricante del hormigón al usuario	46
7.3 Hoja de suministro para el hormigón preparado	47
7.4 Información de suministro para el hormigón amasado en obra	49
7.5 Consistencia en la entrega	49
8 CONTROL DE CONFORMIDAD Y CRITERIOS DE CONFORMIDAD.....	49
8.1 Generalidades	49
8.2 Control de conformidad de los hormigones designados por propiedades	50
8.3 Control de conformidad de los hormigones designados por dosificación, incluidos los hormigones designados por dosificación en una norma	59
8.4 Acciones en caso de no conformidad del producto	60
9 CONTROL DE PRODUCCIÓN	61
9.1 Generalidades	61
9.2 Sistemas de control de producción	61
9.3 Registro de datos y otros documentos	62
9.4 Ensayos	63
9.5 Composición del hormigón y ensayos iniciales	63
9.6 Personal, equipamiento e instalación.....	63
9.7 Dosificación de materiales constituyentes	64

9.8	Amasado del hormigón.....	65
9.9	Procedimientos de control de producción	65
10	EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD.....	71
10.1	Generalidades	71
10.2	Evaluación, supervisión y certificación del control de producción	71
11	DESIGNACIÓN DEL HORMIGÓN POR PROPIEDADES.....	71
ANEXO A (Normativo)	ENSAYO INICIAL.....	73
ANEXO B (Normativo)	ENSAYOS DE IDENTIFICACIÓN PARA LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN	75
ANEXO C (Normativo)	DISPOSICIONES PARA LA EVALUACIÓN, VIGILANCIA Y CERTIFICACIÓN DEL CONTROL DE PRODUCCIÓN	77
ANEXO D (Informativo)	BIBLIOGRAFÍA.....	80
ANEXO E (Informativo)	DIRECTRICES PARA LA APLICACIÓN DEL CONCEPTO DE PRESTACIÓN EQUIVALENTE DE LAS PROPIEDADES DEL HORMIGÓN	81
ANEXO F (Informativo)	RECOMENDACIONES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LOS VALORES LÍMITE PARA LA COMPOSICIÓN DEL HORMIGÓN	82
ANEXO G	ELIMINADO SEGÚN LA NORMA EN 206-1:2000/A1:2004	84
ANEXO H (Informativo)	DISPOSICIONES ADICIONALES PARA HORMIGONES DE ALTA RESISTENCIA	85
ANEXO J (Informativo)	MÉTODOS DE PROYECTO BASADOS EN CRITERIOS DE COMPORTAMIENTO EN RELACIÓN A LA DURABILIDAD....	87
ANEXO K (Informativo)	FAMILIAS DE HORMIGONES.....	89

Figuras

Figura 1 Relación entre la Norma EN 206-1 y las normas de proyecto y ejecución, las normas de materiales constituyentes y los métodos de ensayo	9
--	----------

Tablas

Tabla 1 Clases de exposición	20
Tabla 2 Valores límite para clases de exposición por ataque químico de suelos naturales y aguas subterráneas.....	22
Tabla 3 Clases de consistencia según el ensayo de asiento.....	25
Tabla 4 Clases de consistencia según el ensayo Vebe.....	26
Tabla 5 Clases de consistencia según el grado de compactabilidad.....	26

Tabla 6	Clases de consistencia según el ensayo de escurrimiento en la mesa de sacudidas.....	26
Tabla 7	Clases de resistencia de hormigones de densidad normal y hormigones pesados.....	28
Tabla 8	Clases de resistencia para hormigones ligeros.....	28
Tabla 9	Clasificación del hormigón ligero por densidad	29
Tabla 10	Contenido máximo de iones cloruro en el hormigón	37
Tabla 11	Tolerancias para los valores nominales de la consistencia	39
Tabla 12	Desarrollo de la resistencia del hormigón a 20 °C	47
Tabla 13	Frecuencia mínima de muestreo para la evaluación de la conformidad.....	52
Tabla 14	Criterios de conformidad para la resistencia a compresión.....	54
Tabla 15	Criterio de confirmación de miembro de una familia de hormigones.....	54
Tabla 16	Criterios de conformidad para la resistencia a tracción indirecta	56
Tabla 17	Criterios de conformidad para propiedades distintas de la resistencia	58
Tabla 18	Criterios de conformidad para la consistencia.....	59
Tabla 19a y 19b – Números de aceptación para criterios de conformidad de propiedades distintas de la resistencia		60
Tabla 20	Registro de datos y de otros documentos, cuando corresponda.....	62
Tabla 21	Tolerancias de dosificación de materiales constituyentes.....	64
Tabla 22	Control de materiales constituyentes	66
Tabla 23	Control de los equipos	68
Tabla 24	Control de los procedimientos de fabricación y de las propiedades del hormigón....	69
Tabla B.1	Criterios de identidad para la resistencia a compresión	76
Tabla F.1	Valores límite recomendados para la composición y propiedades del hormigón	83
Tabla H.1	Control de materiales constituyentes.....	85
Tabla H.2	Control del equipo	86
Tabla H.3	Control de los procedimientos de fabricación y de las propiedades del hormigón..	86

PRÓLOGO DE LA NORMA

Esta norma europea ha sido elaborada por el Comité Técnico CEN/TC 104 *Hormigón y productos relacionados*, cuya Secretaría desempeña DIN.

Esta norma anula y sustituye a la Norma Europea Experimental ENV 206:1990.

Esta norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a ella o mediante ratificación antes de finales de junio de 2001, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de diciembre de 2003.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

Esta norma, junto con diferentes partes de la Norma Europea Experimental ENV 13670-1 (Ejecución de estructuras de hormigón) anula y sustituye a la Norma Europea Experimental ENV 206:1990 "Hormigón. Comportamiento, fabricación, puesta en obra y criterios de conformidad", que sirvió de base para la preparación de la misma.

En concreto, la preparación de esta norma ha dado lugar a la revisión de los siguientes aspectos:

- ampliación del sistema de clasificación del hormigón, especialmente en lo relativo a las condiciones ambientales;
- requisitos de durabilidad;
- ampliación de las clases de resistencia;
- clases de resistencia para el hormigón ligero;
- consideración de las adiciones en la determinación de la relación agua/cemento y en el contenido de cemento;
- identificación del reparto de las responsabilidades técnicas entre el peticionario, el fabricante y el usuario;
- reconsideración de la precisión de los equipos de pesada;
- reconsideración de los requisitos de curado;
- disposiciones relativas al control de la conformidad, a los criterios de conformidad y a los ensayos de identificación;
- disposiciones relativas a la evaluación de la conformidad;

Los aspectos relativos a la ejecución se han trasladado, en general, a la Norma Europea Experimental ENV 13670-1 así como a otras normas pertinentes.

El contexto en el que se desenvuelve esta norma se ilustra en la figura 1.

Esta norma sólo es aplicable conjuntamente con las normas de producto de los materiales constituyentes (cemento, áridos, adiciones, aditivos y agua de amasado), y los correspondientes métodos de ensayo para hormigones. Estas normas de producto y de ensayo están siendo preparadas por CEN, pero no todas ellas estarán disponibles como normas europeas en la fecha de publicación de esta norma. Por esta razón, la fecha límite para la retirada de las normas nacionales contradictorias (dow) coincidirá con aquella en la que todas las normas enumeradas a continuación, así como sus correspondientes métodos de ensayo, se encuentren disponibles e implementadas como normas europeas, o normas ISO, según proceda, o hayan alcanzado el *status* requerido por esta norma.

EN 197-1 *Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cements comunes.*

EN 450 *Cenizas volantes para hormigón.*

EN 934-2 *Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Parte 2: Aditivos para hormigones. Definiciones, requisitos, conformidad, marcado y etiquetado.*

EN 1008 *Agua de amasado para hormigón. Especificaciones para la toma de muestras, los ensayos de evaluación y aptitud al uso incluyendo las aguas de lavado de las instalaciones de reciclado de la industria del hormigón, así como el agua de amasado para hormigón.*

EN 12620 *Áridos para hormigón.*

EN 13055-1 *Áridos ligeros. Parte 1: Áridos ligeros para hormigón, mortero e inyectado.*

EN 13263 *Humo de silice para hormigón.*

Los anexos A, B y C son normativos. Los anexos D, E, F, G, H, J y K son informativos.

PRÓLOGO DE LA MODIFICACIÓN 1

Esta Norma Europea EN 206-1:2000/A1:2004 ha sido elaborada por el Comité Técnico CEN/TC 104 *Hormigón y productos relacionados*, cuya Secretaría desempeña DIN.

Esta modificación a la norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a ella o mediante ratificación antes de finales de enero de 2005, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de enero de 2005.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

PRÓLOGO DE LA MODIFICACIÓN 2

Esta Norma Europea EN 206-1:2000/A2:2005 ha sido elaborada por el Comité Técnico CEN/TC 104 *Hormigón y productos relacionados*, cuya Secretaría desempeña DIN.

Esta modificación a la norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a ella o mediante ratificación antes de finales de diciembre de 2005, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de diciembre de 2005.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

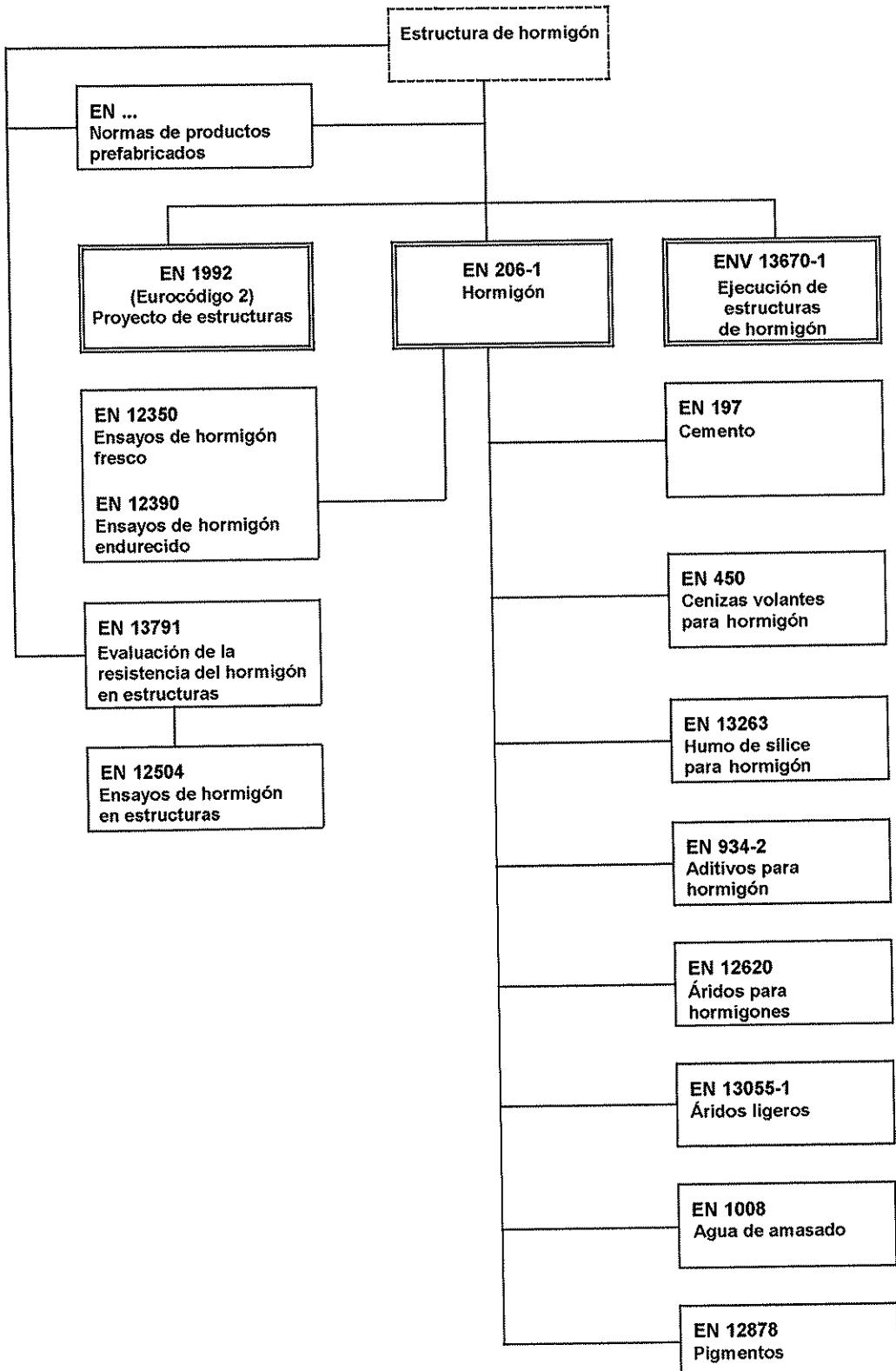


Figura 1 – Relación entre la Norma Europea EN 206-1 y las normas de proyecto y ejecución, las normas de materiales constituyentes y los métodos de ensayo

INTRODUCCIÓN

Esta norma europea está destinada a ser aplicada en Europa bajo diversas condiciones climáticas y geográficas, diferentes niveles de protección, y bajo diferentes tradiciones y experiencias regionales bien establecidas. Es por esto que en esta norma se han introducido diferentes clases de hormigones y de propiedades del hormigón. Cuando no se han encontrado soluciones de tipo general, se autoriza, en los apartados correspondientes de esta norma, la aplicación de normas nacionales o disposiciones en vigor en el lugar de utilización del hormigón.

Durante la elaboración de esta norma europea se ha prestado una especial atención a criterios de comportamiento para las especificaciones relativas a la durabilidad. Por ello, se ha realizado una revisión de los métodos de proyecto basados en el comportamiento así como de los métodos de ensayo. Sin embargo, el Comité Técnico CEN/TC 104 ha llegado a la conclusión de que estos métodos no están lo suficientemente desarrollados como para ser descritos con detalle en esta norma, si bien reconoce que algunos Estados Miembro han alcanzado un nivel de confianza suficiente en ensayos y criterios locales. Por esta razón, esta norma permite la continuación y el desarrollo de estas prácticas válidas en el lugar de utilización del hormigón como una alternativa al planteamiento prescriptivo. El Comité Técnico CEN/TC 104 proseguirá el desarrollo de los métodos basados en el comportamiento para la evaluación de la durabilidad a nivel europeo.

Esta norma europea contiene reglas para la utilización de materiales constituyentes objeto de normas europeas. Otros subproductos de procesos industriales, materiales reciclados, etc. se utilizan habitualmente en base a la experiencia local. Hasta que se disponga de especificaciones europeas para estos materiales, esta norma no dará reglas para su utilización, pero hará referencia a normas nacionales o disposiciones válidas en el lugar de utilización del hormigón.

Esta norma europea define las tareas del peticionario, el fabricante y el usuario. Por ejemplo, el peticionario es responsable de la especificación del hormigón, capítulo 6, y el fabricante es responsable de la conformidad y del control de producción, capítulos 8 y 9. El usuario es responsable de la colocación del hormigón en la estructura. En la práctica pueden ser varias las partes que especifiquen requisitos en las distintas fases del proyecto y de la construcción, por ejemplo, el cliente, el proyectista, el contratista o el subcontratista responsable del hormigonado. Cada uno es responsable de transmitir los requisitos especificados, junto con cualquier otro requisito adicional, a la siguiente parte dentro de la cadena hasta llegar al fabricante. Esta compilación final es lo que se conoce como "especificación" dentro de la terminología utilizada en esta norma europea. Por contra, el peticionario, el fabricante y el usuario pueden ser la misma persona (por ejemplo, un contratista que realice el proyecto y la construcción). En el caso del hormigón preparado, el comprador del hormigón fresco es el peticionario y ha de dar la especificación al fabricante. Esta norma trata también los intercambios necesarios de información entre las diferentes partes. No se abordan cuestiones contractuales. Cuando se atribuyen responsabilidades a las partes involucradas se trata de responsabilidades técnicas.

Las notas incluidas en tablas y en pies de tablas tienen carácter normativo a menos que se indique lo contrario; el resto de notas y notas a pie de página tienen carácter informativo.

Otras explicaciones y recomendaciones sobre la aplicación de esta norma se dan en otros documentos, como por ejemplo en informes CEN.

Esta traducción oficial de la Norma EN 206-1:2000 al español, Norma UNE-EN 206-1:2008, incluye, en cada uno de los puntos de la misma que lo precisan, el texto correspondiente a dicho punto del anexo nacional para la aplicación de la Norma UNE-EN 206-1:2008, que se destaca y se distingue claramente del texto original de dicha Norma EN 206-1:2000, tanto por su tipografía como por su formato editorial y que informa al lector de cómo debe aplicar la citada norma sin contravenir las disposiciones reglamentarias de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE, que, en virtud del Real Decreto 2661/1998 de 11 de diciembre, es un Reglamento de obligado cumplimiento en España.

La aplicación del texto destacado tipográficamente que informa al lector de cómo no contravenir las disposiciones reglamentarias de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE, asegura el cumplimiento simultáneo de las especificaciones incluidas en dicha Instrucción y en la Norma EN 206-1:2000 y es de gran utilidad para aquellos productos de hormigón estructural sometidos a normas europeas de producto, cuya parte armonizada es obligatoria en España, que tienen como norma de referencia la Norma EN 206-1:2000 y que, además, dentro de España también deben cumplir con las disposiciones reglamentarias de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma europea es de aplicación al hormigón para estructuras ejecutadas *in situ*, estructuras prefabricadas, y elementos estructurales prefabricados, tanto en edificación como en obra pública.

El hormigón puede ser amasado en obra, hormigón preparado, o producido en una instalación de prefabricación.

Esta norma especifica requisitos aplicables:

- a los materiales constituyentes del hormigón;
- a las propiedades del hormigón fresco y endurecido, y a su verificación;
- a las limitaciones impuestas a la composición del hormigón;
- a la especificación del hormigón;
- a la entrega del hormigón fresco;
- a los procedimientos de control de producción;
- a los criterios de conformidad y la evaluación de la conformidad.

Esta norma europea es únicamente aplicable a hormigones compactados de forma tal que la cantidad de aire atrapado diferente al ocluido sea despreciable. Esta norma es de aplicación al hormigón de densidad normal, al hormigón pesado y al hormigón ligero.

Otras normas europeas sobre productos específicos, por ejemplo elementos prefabricados, o sobre procedimientos que se encuentren dentro del campo de aplicación de esta norma pueden necesitar o permitir desviaciones con relación a la misma.

En otras partes de esta norma, o en otras normas europeas específicas, pueden darse requisitos adicionales o diferentes para, por ejemplo:

- hormigones para carreteras y otras áreas bajo tráfico;
- hormigones que utilicen otros materiales (por ejemplo, fibras) o constituyentes no contemplados en el apartado 5.1;
- hormigones con un tamaño máximo igual o inferior a 4 mm (morteros);
- técnicas especiales (por ejemplo, hormigón proyectado);
- hormigones para depósitos de residuos líquidos y gaseosos;
- hormigones para vasijas de almacenamiento de sustancias contaminantes;
- hormigones para grandes macizos (por ejemplo, presas);
- hormigones preparados en seco.

NOTA Mientras estas normas no estén disponibles, podrán aplicarse las disposiciones válidas en el lugar de uso del hormigón. Se están preparando normas europeas para:

- hormigones para carreteras y otras áreas bajo tráfico;
- hormigones proyectados.

Esta norma no es de aplicación a:

- hormigones aireados;
- hormigones celulares;
- hormigones de estructura abierta (hormigones sin finos);
- hormigones de densidad inferior a 800 kg/m^3 ;
- hormigones refractarios.

Esta norma no contiene requisitos de seguridad y salud para la protección de los trabajadores durante la fabricación y entrega del hormigón.

De acuerdo con la Instrucción de Hormigón Estructural EHE:

Expresamente se excluyen del campo de aplicación:

- los hormigones especiales, tales como los ligeros, los pesados y los compuestos con amiantos, serrines u otras sustancias análogas, así como los específicamente destinados a las presas.

2 NORMAS PARA CONSULTA

Esta norma europea incorpora disposiciones de otras publicaciones por su referencia, con o sin fecha. Estas referencias normativas se citan en los lugares apropiados del texto de la norma y se relacionan a continuación. Para las referencias con fecha, no son aplicables las revisiones o modificaciones posteriores de ninguna de las publicaciones. Para las referencias sin fecha, se aplica la edición en vigor del documento normativo al que se haga referencia (incluyendo sus modificaciones).

En el caso de referencias a proyectos de normas europeas, pueden aplicarse las disposiciones válidas en el lugar de uso del hormigón hasta que las mencionadas normas estén disponibles.

EN 196-2 *Métodos de ensayo de cementos. Parte 2: Análisis químico de cementos.*

EN 197-1 *Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes.*

EN 450 *Cenizas volantes para hormigón.*

EN 933-1 *Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Métodos del tamizado.*

EN 934-2 *Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Parte 2: Aditivos para hormigones. Definiciones, requisitos, conformidad, marcado y etiquetado.*

EN 1008 *Agua de amasado para hormigón. Especificaciones para la toma de muestras, los ensayos de evaluación y aptitud al uso incluyendo las aguas de lavado de las instalaciones de reciclado de la industria del hormigón, así como el agua de amasado para hormigón.*

EN 1097-3 *Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 3: Determinación de la densidad aparente y la porosidad.*

EN 1097-6 *Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6: Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua.*

EN 12350-1 *Ensayos de hormigón fresco. Parte 1: Toma de muestras.*

EN 12350-2 *Ensayos de hormigón fresco. Parte 2: Ensayo de asentamiento.*

EN 12350-3 *Ensayos de hormigón fresco. Parte 3: Ensayo Vebe.*

EN 12350-4 *Ensayos de hormigón fresco. Parte 4: Grado de compactibilidad.*

EN 12350-5 *Ensayos de hormigón fresco. Parte 5: Ensayo de la mesa de sacudidas.*

EN 12350-6 *Ensayos de hormigón fresco. Parte 6: Determinación de la densidad.*

EN 12350-7 *Ensayos de hormigón fresco. Parte 7: Determinación del contenido de aire. Métodos de presión.*

EN 12390-1 *Ensayos de hormigón endurecido. Parte 1: Forma, medidas y otras características de las probetas y moldes.*

EN 12390-2 *Ensayos de hormigón endurecido. Parte 2: Fabricación y curado de probetas para ensayos de resistencia.*

EN 12390-3 *Ensayos de hormigón endurecido. Parte 3: Determinación de la resistencia a compresión de probetas.*

EN 12390-6 *Ensayos de hormigón endurecido. Parte 6: Resistencia a tracción indirecta de probetas.*

EN 12390-7 *Ensayos de hormigón endurecido. Parte 7: Densidad del hormigón endurecido.*

EN 12620 *Áridos para hormigón.*

EN 12878 *Pigmentos para la coloración de materiales de construcción fabricados a partir de cemento y/o cal. Especificaciones y métodos de ensayo.*

EN 13055-1 *Áridos ligeros. Parte 1: Áridos ligeros para hormigón, mortero e inyectado.*

prEN 13263:1998 *Humo de sílice para hormigón.*

prEN 13577:1999 *Ataque químico al hormigón. Determinación del contenido de dióxido de carbono agresivo del agua.*

EN 45501:1992 *Aspectos metrológicos de los instrumentos de pesar de funcionamiento no automático.*

ISO 2859-1:1999 *Procedimientos de muestreo para la inspección por atributos. Parte 1: Planes de muestreo para las inspecciones lote por lote, tabulados según el nivel de calidad aceptable (NCA).*

ISO 3951:1994 *Reglas y tablas de muestreo para la inspección por variables de los porcentajes de unidades defectuosas.*

ISO 4316 *Agentes de superficie. Determinación del pH de disoluciones acuosas. Método potenciométrico*

ISO 7150-1 *Calidad del agua. Determinación del contenido de amonio. Parte 1: Método espectrométrico manual.*

ISO 7150-2 *Calidad del agua. Determinación del contenido de amonio. Parte 2: Método espectrométrico automatizado.*

ISO 7980 *Calidad del agua. Determinación del calcio y del magnesio. Método por espectrometría de absorción atómica.*

DIN 4030-2 *Evaluación de la agresividad de aguas, suelos y gases al hormigón. Parte 2: Toma y examen de muestras de agua y suelo.*

ASTM C 173 *Método de ensayo para la determinación del contenido de aire del hormigón fresco por el método volumétrico.*

OIML R 117 *Sistemas de medida de líquidos (Organización Internacional de Metrología Legal).*

Directiva 90/384/CEE *Directiva del Consejo de 20 de junio de 1990 por la que se armonizan las disposiciones de los Estados Miembros en materia de equipos de pesaje no automáticos.*

En este apartado se incluye la Instrucción de Hormigón Estructural EHE editada por el Ministerio de Fomento que, en virtud del Real Decreto 2661/1998 de 11 de diciembre, es un Reglamento de obligado cumplimiento en España y referencia imprescindible para la aplicación de la Norma UNE-EN 206-1:2008.

3 DEFINICIONES, SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

3.1 Términos y definiciones

Pare el objeto de esta norma se utilizarán los siguientes términos y definiciones:

3.1.1 **hormigón:**

Material constituido por la mezcla de cemento, árido grueso, árido fino y agua, con o sin la incorporación de aditivos y adiciones, que desarrolla sus propiedades por hidratación del cemento.

3.1.2 **hormigón fresco:**

Hormigón completamente amasado y todavía en condiciones que permiten su compactación por el procedimiento elegido.

3.1.3 **hormigón endurecido:**

Hormigón en estado sólido que ha desarrollado una resistencia apreciable.

3.1.4 **hormigón amasado en obra:**

Hormigón fabricado en obra por el usuario del hormigón para su propio uso.

3.1.5 **hormigón preparado:**

Hormigón suministrado en estado fresco por una persona u organismo distinto del usuario. En esta norma se entiende también por hormigón preparado:

- al hormigón fabricado fuera de la obra por el usuario;
- al hormigón fabricado en obra, pero no por el usuario.

3.1.6 **elemento prefabricado de hormigón**

Elemento hormigonado y curado en un lugar distinto al de su emplazamiento final de uso.

3.1.7 **hormigón de densidad normal**

Hormigón cuya densidad, después de secado en estufa, es superior a 2 000 kg/m³ pero igual o inferior a 2 600 kg/m³.

3.1.8 hormigón ligero:

Hormigón cuya densidad, después de secado en estufa, es igual o superior a 800 kg/m^3 pero inferior o igual a $2\,000 \text{ kg/m}^3$. Se fabrica total o parcialmente con árido ligero.

3.1.9 hormigón pesado:

Hormigón cuya densidad, después de secado en estufa, es superior a $2\,600 \text{ kg/m}^3$.

3.1.10 hormigón de alta resistencia:

Hormigón de clase de resistencia a compresión superior a la C50/60, en el caso de hormigones de densidad normal u hormigones pesados, y superior a la LC50/55 en el caso de hormigones ligeros.

3.1.11 hormigón designado por propiedades:

Hormigón cuyas propiedades y características adicionales son especificadas al fabricante, que es responsable de proporcionar un hormigón conforme con las mismas.

3.1.12 hormigón designado por dosificación:

Hormigón cuya dosificación y materiales constituyentes son especificados al fabricante, que es responsable de proporcionar un hormigón con la dosificación especificada.

3.1.13 hormigón designado por dosificación en una norma:

Hormigón designado por dosificación cuya composición se define en una norma aplicable en el lugar de uso del hormigón.

3.1.14 familia de hormigones:

Conjunto de dosificaciones de hormigón entre las que se demuestra la existencia de una relación fiable entre propiedades pertinentes; esta demostración estará consignada por escrito y conservada.

3.1.15 metro cúbico de hormigón:

Cantidad de hormigón fresco que una vez compactada, de acuerdo con el procedimiento descrito en la Norma EN 12350-6, ocupa un volumen de un metro cúbico.

3.1.16 camión hormigonera:

Dispositivo de amasado del hormigón, montado en un chasis autopropulsado, capaz de amasar y entregar un hormigón homogéneo.

3.1.17 equipo agitador:

Equipo, montado habitualmente en un chasis autopropulsado, capaz de mantener al hormigón fresco en un estado homogéneo durante el transporte.

3.1.18 equipo no agitador:

Equipo utilizado para el transporte del hormigón sin agitación en el sentido de la definición 3.1.17, por ejemplo un camión de caja basculante o una tolva de transporte.

3.1.19 amasada:

Cantidad de hormigón fresco producido en un sólo ciclo por una amasadora discontinua o la cantidad descargada por una amasadora continua durante 1 min.

3.1.20 carga:

Cantidad de hormigón transportado en un vehículo, compuesta por una o varias amasadas.

3.1.21 entrega:

Proceso de suministro del hormigón fresco por parte del fabricante.

3.1.22 aditivo:

Material añadido al hormigón durante el proceso de amasado en pequeñas cantidades en relación a la masa de cemento, para modificar las propiedades del hormigón fresco o endurecido.

3.1.23 adición:

Material mineral finamente dividido utilizado en el hormigón con el fin de mejorar ciertas propiedades o conferirle propiedades especiales. Esta norma considera dos tipos de adiciones inorgánicas:

- adiciones casi inertes (tipo I);
- adiciones con características puzolánicas o hidráulicas latentes (tipo II).

3.1.24 árido:

Material mineral granular adecuado para su uso en el hormigón. Los áridos pueden ser naturales, artificiales o reciclados a partir de materiales previamente utilizados en construcción.

3.1.25 árido normal:

Árido que después de secado en estufa tiene una densidad $> 2\,000 \text{ kg/m}^3$ y $< 3\,000 \text{ kg/m}^3$, determinada según la Norma EN 1097-6.

3.1.26 árido ligero:

Árido de origen mineral que después de secado en estufa tiene una densidad $\leq 2\,000 \text{ kg/m}^3$, determinada según la Norma EN 1097-6, o una densidad aparente $\leq 1\,200 \text{ kg/m}^3$, determinada según la Norma EN 1097-3.

3.1.27 árido pesado:

Árido que después de secado en estufa tiene una densidad $\geq 3\,000 \text{ kg/m}^3$, determinada según la Norma EN 1097-6.

3.1.28 cemento (conglomerante hidráulico):

Material mineral finamente molido que después de haber sido mezclado con agua forma una pasta que fragua y endurece por reacciones y procesos de hidratación, y que, después de endurecer, conserva su resistencia y estabilidad incluso bajo agua.

3.1.29 contenido total de agua:

Cantidad formada por el agua añadida, el agua contenida en los áridos y en la superficie de éstos, el agua aportada por los aditivos y adiciones utilizadas en forma de suspensión, y la cantidad aportada por la incorporación de hielo o calentamiento mediante vapor.

3.1.30 contenido efectivo de agua:

Diferencia entre el agua total presente en el hormigón fresco y el agua absorbida por los áridos.

3.1.31 relación agua/cemento:

Relación entre las masas del contenido efectivo de agua y el contenido de cemento en el hormigón fresco.

3.1.32 resistencia característica:

Valor de la resistencia por debajo del cual puede encontrarse el 5% de la población de todos los posibles resultados de medida de resistencia efectuados sobre el volumen de hormigón considerado.

3.1.33 aire ocluido:

Burbujas de aire microscópicas incorporadas intencionadamente al hormigón durante el amasado, normalmente mediante el uso de agentes tensoactivos; las burbujas son prácticamente esféricas y su diámetro está generalmente comprendido entre $10 \mu\text{m}$ y $300 \mu\text{m}$.

3.1.34 aire atrapado:

Huecos de aire en el hormigón que no se ocluyen intencionadamente.

3.1.35 obra:

Área donde se llevan a cabo los trabajos de construcción.

3.1.36 especificación:

Conjunto final de requisitos técnicos documentados dados al fabricante en términos de prestaciones o dosificación.

3.1.37 peticionario:

Persona física o entidad responsable de la especificación del hormigón fresco y endurecido.

3.1.38 fabricante:

Persona física o entidad que fabrica el hormigón fresco.

3.1.39 usuario:

Persona física o entidad que utiliza hormigón fresco para la ejecución de una construcción o elemento.

3.1.40 vida útil:

Período de tiempo durante el cuál el comportamiento del hormigón en la estructura se mantendrá a un nivel compatible con los requisitos de prestación de la estructura, siempre que ésta sea adecuadamente conservada.

3.1.41 ensayo inicial:

Ensayo o ensayos destinados a verificar, antes de comenzar la fabricación del hormigón, la forma en que deberá formularse un nuevo hormigón, o familia de hormigón, para alcanzar, tanto en estado fresco como endurecido, todos los requisitos especificados.

3.1.42 ensayo de identificación:

Ensayo para determinar si las amasadas o cargas elegidas proceden de una población conforme.

3.1.43 ensayo de conformidad:

Ensayo realizado por el fabricante para evaluar la conformidad del hormigón.

3.1.44 evaluación de la conformidad:

Examen sistemático del grado con que un producto cumple con los requisitos especificados.

3.1.45 acciones ambientales:

Acciones físicas y químicas a las que se encuentra expuesto el hormigón, y que producen efectos sobre el hormigón, las armaduras, o metales embebidos en él, y que no son consideradas como cargas en el proyecto de la estructura.

3.1.46 verificación:

Confirmación, mediante examen de pruebas objetivas, del cumplimiento de los requisitos especificados.

3.2 Símbolos y abreviaturas

X0	Clase de exposición para ausencia de riesgo de corrosión o ataque
XC	Clase de exposición para la corrosión inducida por carbonatación
XD	Clase de exposición para la corrosión inducida por cloruros distintos a los procedentes del agua de mar
XS	Clase de exposición para la corrosión inducida por cloruros procedentes del agua de mar
XF	Clase de exposición para el ataque por hielo-deshielo

XA	Clase de exposición para los ataques de origen químico
S1 a S5	Clases de consistencia según el ensayo de asentamiento
V0 a V4	Clases de consistencia según el ensayo Vebe
C0 a C3	Clases de consistencia según el grado de compactabilidad
F1 a F6	Clases de consistencia según el diámetro del ensayo de escurrimiento
C ...	Clases de resistencia a compresión de hormigones normales y pesados
LC ...	Clases de resistencia a compresión de hormigones ligeros
$f_{ck,cyl}$	Resistencia característica a compresión del hormigón, determinada sobre probetas cilíndricas
f_c, cyl	Resistencia a compresión del hormigón, determinada sobre probetas cilíndricas
$f_{ck,cube}$	Resistencia característica a compresión del hormigón, determinada sobre probetas cúbicas
$f_c, cube$	Resistencia a compresión del hormigón, determinada sobre probetas cúbicas
f_{cm}	Resistencia media a compresión del hormigón
$f_{cm,j}$	Resistencia media a compresión del hormigón a (j) días
f_{ci}	Resultado individual de ensayo de resistencia a compresión del hormigón
f_{ik}	Resistencia característica a tracción indirecta del hormigón
f_{im}	Resistencia media a tracción indirecta del hormigón
f_{ii}	Resultado individual de ensayo de resistencia a tracción indirecta del hormigón
D	Clase de densidad del hormigón ligero
$D_{máx}$	Tamaño nominal máximo del árido
CEM	Designación del tipo de cemento según la serie de Normas EN 197
σ	Desviación típica estimada de una población
s_n	Desviación típica de n resultados de ensayo consecutivos
AQL	Nivel de calidad aceptable (véase la Norma ISO 2859-1)
w/c	Relación agua/cemento
k	Factor para tener en cuenta la actividad de las adiciones del tipo II
e	Intervalo de la escala de verificación de la báscula
m	Carga ejercida sobre la báscula
n	Número

De acuerdo con la Instrucción de Hormigón Estructural EHE:

Las clases de exposición XO, XC, XD, XS, XF y XA se sustituyen por:

<i>Clase I</i>	<i>Clase de exposición no agresiva</i>
<i>Clase II a</i>	<i>Clase de exposición normal con humedad alta</i>
<i>Clase II b</i>	<i>Clase de exposición normal con humedad media</i>
<i>Clase III a</i>	<i>Clase de exposición marina aérea</i>
<i>Clase III b</i>	<i>Clase de exposición marina sumergida</i>
<i>Clase III c</i>	<i>Clase de exposición marina en zona de mareas</i>
<i>Clase IV</i>	<i>Clase de exposición con cloruros de origen diferente del medio marino</i>
<i>Clase Q a</i>	<i>Clase de exposición química agresiva débil</i>
<i>Clase Q b</i>	<i>Clase de exposición química agresiva media</i>
<i>Clase Q c</i>	<i>Clase de exposición química agresiva fuerte</i>
<i>Clase H</i>	<i>Clase de exposición con heladas y sin sales fundentes</i>
<i>Clase F</i>	<i>Clase de exposición con heladas y con sales fundentes</i>
<i>Clase E</i>	<i>Clase de exposición con erosión</i>

4 CLASIFICACIÓN

4.1 Clases de exposición según las acciones ambientales

Las acciones ambientales se clasifican como clases de exposición en la tabla 1. Los ejemplos que en ella se mencionan son informativos.

NOTA La elección de las clases de exposición depende de las disposiciones válidas en el lugar de utilización del hormigón. Esta clasificación de tipos de exposición no excluye la consideración de condiciones particulares existentes en el lugar de uso del hormigón, ni la aplicación de medidas de protección tales como la utilización de acero inoxidable, u otros metales resistentes a la corrosión, ni la utilización de revestimientos protectores del hormigón o de las armaduras.

El hormigón puede estar sometido a varias de las acciones descritas en la tabla 1, en ese caso, las condiciones ambientales a las cuales esté sometido pueden tener que expresarse como combinación de clases de exposición.

En un elemento estructural, las diferentes caras o superficies del hormigón pueden estar sujetas a diferentes acciones ambientales.

Tabla 1 – Clases de exposición

Designación de la clase	Descripción del ambiente	Ejemplos informativos para la elección de las clases de exposición
1 Sin riesgo de corrosión o ataque		
X0	Hormigones sin armaduras ni metales embebidos: cualquier tipo de ambiente excepto ciclos hielo-deshielo, abrasión o ataque químico.	
	Hormigones armados o con metales embebidos: muy seco	Hormigón en el interior de edificios con una humedad relativa del aire muy baja
2 Corrosión inducida por carbonatación		
Cuando el hormigón que contiene armaduras, u otras piezas metálicas embebidas, esté sometido al aire y a la humedad los diferentes tipos de exposición se deben clasificar como sigue:		
NOTA Por condiciones de humedad se entienden aquellas del hormigón que recubre a las armaduras u otros metales embebidos, puesto que, en muchos casos, pueden considerarse como reflejo de la humedad ambiente. En estos casos, puede ser adecuado realizar la clasificación en función de los distintos ambientes. Esta circunstancia no sería la misma en el caso de existir algún tipo de barrera entre el hormigón y su entorno.		
XC1	Seco o permanentemente húmedo	Hormigón en el interior de edificios con una humedad relativa del aire baja Hormigón permanentemente sumergido en agua
XC2	Húmedo, rara vez seco	Superficies de hormigón en contacto con agua durante mucho tiempo Muchas cimentaciones
XC3	Humedad moderada	Hormigón en el interior de edificios con una humedad relativa del aire media o alta Hormigón en el exterior protegido de la lluvia
XC4	Ciclos de humedad y sequedad	Superficies sometidas al contacto con el agua, sin que puedan considerarse dentro de la clase XC2
3 Corrosión inducida por cloruros de origen distinto al marino		
Cuando un hormigón que contenga armaduras u otras piezas metálicas embebidas esté sometido al contacto con agua que contenga cloruros, incluyendo sales de deshielo, distintos a los de origen marino, los tipos de exposición se deben clasificar como sigue:		
NOTA En relación a las condiciones de humedad véase también el apartado 2 de esta tabla.		
XD1	Moderadamente húmedo	Superficies de hormigón expuestas a cloruros transportados por vía aérea
XD2	Húmedo, rara vez seco	Piscinas Hormigones en contacto con aguas industriales que contengan cloruros
XD3	Ciclos de humedad y sequedad	Elementos de puentes expuestos a salpicaduras que contengan cloruros Pavimentos Losas de aparcamientos

4 Corrosión inducida por cloruros procedentes del agua de mar

Cuando un hormigón que contenga armaduras u otras piezas metálicas embebidas esté sometido al contacto con cloruros procedentes del agua de mar, o a la acción del aire que transporta sales marinas, los tipos exposición se deben clasificar como sigue:

XS1	Exposición al aire que transporta sales marinas, pero sin contacto directo con el agua de mar	Estructuras en la costa o en sus proximidades.
XS2	Sumergido permanentemente	Elementos de estructuras marinas
XS3	Zonas sometidas a la marea, a la salpicadura y a la espuma de mar	Elementos de estructuras marinas

5 Ataque hielo-deshielo con o sin agentes de deshielo

Cuando el hormigón, en estado húmedo, esté sometido a ataques significativos de ciclos hielo-deshielo, los tipos de exposición se deben clasificar como sigue:

XF1	Saturación de agua moderada, sin agentes de deshielo	Superficies verticales de hormigón expuestas a la lluvia y a la helada
XF2	Saturación de agua moderada, con agentes de deshielo	Superficies verticales de hormigón de estructuras de carreteras expuestas a la helada y al aire que transporte agentes de deshielo
XF3	Saturación de agua elevada, sin agentes de deshielo	Superficies horizontales de hormigón expuestas a la lluvia y a la helada
XF4	Saturación de agua elevada, con agentes de deshielo o agua de mar	Carreteras y tableros de puentes expuestos a agentes de deshielo. Superficies verticales de hormigón expuestas directamente a salpicaduras de agentes de deshielo y a la helada Zonas de estructuras marinas sometidas a salpicaduras y expuestas a la helada.

6 Ataque químico

Cuando el hormigón esté sometido al ataque químico procedente de los suelos naturales o de las aguas subterráneas, tal y como se indica en la tabla 2, los tipos de exposición se deben clasificar como se indica a continuación. La clasificación del agua de mar depende de la situación geográfica, por lo que se utilizará la clasificación válida en el lugar de uso del hormigón.

NOTA Puede ser necesaria la realización de un estudio específico para establecer la clase de exposición adecuada en las siguientes situaciones:

- cuando se esté fuera de los límites indicados en la tabla 2;
- en presencia de otros agentes químicos agresivos;
- terrenos o aguas químicamente contaminados;
- velocidad del agua elevada, en combinación con las sustancias químicas de la tabla 2.

XA1	Ambiente químico débilmente agresivo, de acuerdo con la tabla 2	
XA2	Ambiente químico moderadamente agresivo, de acuerdo con la tabla 2	
XA3	Ambiente químico altamente agresivo, de acuerdo con la tabla 2	

Tabla 2 – Valores límite para clases de exposición para ataque químico de suelos naturales y aguas subterráneas

Los ambientes químicamente agresivos indicados a continuación corresponden a suelos naturales y aguas subterráneas en los que la temperatura del agua/suelo está comprendida entre 5 °C y 25 °C, y la velocidad de circulación del agua es lo suficientemente baja como para poder considerarla en condiciones estáticas.

La clase queda determinada por la característica química que suponga una mayor agresividad.

Cuando dos o más sustancias agresivas conduzcan a la misma clase, el ambiente se debe clasificar en la clase inmediatamente superior, a menos que un estudio específico indique que esto no es necesario.

Característica química	Método de ensayo de referencia	XA1	XA2	XA3
Aguas subterráneas				
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	EN 196-2	≥ 200 y ≤ 600	> 600 y ≤ 3 000	> 3 000 y ≤ 6 000
pH	ISO 4316	≤ 6,5 y ≥ 5,5	< 5,5 y ≥ 4,5	< 4,5 y ≥ 4,0
CO ₂ agresivo (mg/l)	prEN 13577:1999	≥ 15 y ≤ 40	> 40 y ≤ 100	> 100 (hasta saturación)
NH ₄ ⁺ (mg/l)	ISO 7150-1 o ISO 7150-2	≥ 15 y ≤ 30	> 30 y ≤ 60	> 60 y ≤ 100
Mg ²⁺ (mg/l)	ISO 7980	≥ 300 y ≤ 1 000	> 1 000 y ≤ 3 000	> 3 000 (hasta saturación)
Suelo				
SO ₄ ²⁻ total (mg/kg) ^a	EN 196-2 ^b	≥ 2 000 y ≤ 3 000 ^c	> 3 000 ^c y ≤ 12 000	> 12 000 y ≤ 24 000
Acidez (ml/kg)	DIN 4030-2	> 200 Baumann Gully	No se da en la práctica	

^a Los suelos arcillosos con una permeabilidad inferior a 10⁻⁵ m/s pueden ser clasificados en una clase inferior.

^b El método de ensayo prescribe la extracción del SO₄²⁻ mediante ácido clorhídrico; alternativamente es posible proceder a esta extracción con agua, si es la práctica existente en el lugar de uso del hormigón.

^c Cuando exista riesgo de acumulación de iones sulfato en el hormigón debido a ciclos de secado y humedad o succión capilar, el límite de 3 000 mg/kg debe reducirse a 2 000 mg/kg.

De acuerdo con la Instrucción de Hormigón Estructural EHE:

Se sustituye la tabla 1 por la tabla 1A y 1B siguientes:

Tabla 1A - Clases generales de exposición relativas a la corrosión de las armaduras

CLASE GENERAL DE EXPOSICIÓN			DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso	
<i>no agresiva</i>	<i>humedad alta</i>	<i>I</i>	<i>ninguno</i>	- interiores de edificios, no sometidos a condensaciones
				- elementos de hormigón en masa
		<i>IIa</i>	<i>corrosión de origen diferente de los cloruros</i>	- interiores sometidos a humedades relativas medianas altas ($> 65\%$) o a condensaciones
				- exteriores en ausencia de cloruros, y expuestos a lluvia en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm
				- elementos enterrados o sumergidos
				- sótanos no ventilados
		<i>IIb</i>	<i>corrosión de origen diferente de los cloruros</i>	- cimentaciones
				- tableros y pilas de puentes en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm
		<i>IIIa</i>	<i>corrosión por cloruros</i>	- elementos de estructuras marinas, por encima del nivel de pleamar
				- elementos exteriores de estructuras situadas en las proximidades de la línea costera (a menos de 5 km)
<i>marina</i>	<i>aérea</i>	<i>IIIb</i>	<i>corrosión por cloruros</i>	- elementos de estructuras marinas sumergidas permanentemente, por debajo del nivel mínimo de bajamar
				- zonas sumergidas de diques, pantanales y otras obras de defensa litoral
		<i>IIIc</i>	<i>corrosión por cloruros</i>	- cimentaciones y zonas sumergidas de pilas de puente en el mar
				- zonas situadas en el recorrido de marea de diques pantanales y otras obras de defensa litoral
<i>en zona de mareas</i>	<i>con cloruros de origen diferente del medio marino</i>	<i>IV</i>	<i>corrosión por cloruros</i>	- zonas de carrera de mareas
				- instalaciones no impermeabilizadas en contacto con agua que presente un contenido elevado de cloruros, no relacionados con el ambiente marino
				- superficies expuestas a sales de deshielo no impermeabilizadas

Tabla IB – Clases específicas de exposición relativas a otros procesos de deterioro distintos de la corrosión

CLASE GENERAL DE EXPOSICIÓN				DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso		
química agresiva	débil	Qa	ataque químico	<ul style="list-style-type: none"> - elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad lenta (véase la tabla 2) - elementos en contacto con agua de mar - elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad media (véase la tabla 2) 	<ul style="list-style-type: none"> - instalaciones industriales, con sustancias débilmente agresivas según la tabla 2 - construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad débil según la tabla 2 - dolos, bloques y otros elementos para diques estructurales marinas, en general - instalaciones industriales con sustancias de agresividad media según la tabla 2 - construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad media según la tabla 2 - instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales con sustancias de agresividad media según la tabla 2
	media	Qb	ataque químico	<ul style="list-style-type: none"> - elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida (véase la tabla 2) 	<ul style="list-style-type: none"> - instalaciones industriales, con sustancias de agresividad alta de acuerdo con la tabla 2 - instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales, con sustancias de agresividad alta de acuerdo con la tabla 2
	fuerte	Qc	ataque químico	<ul style="list-style-type: none"> - elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida (véase la tabla 2) 	<ul style="list-style-type: none"> - instalaciones industriales, con sustancias de agresividad alta de acuerdo con la tabla 2 - instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales, con sustancias de agresividad alta de acuerdo con la tabla 2
	con heladas	H	ataque hielo-deshielo	<ul style="list-style-type: none"> - elementos situados en contacto frecuente con agua, o zonas con humedad relativa media ambiental en invierno superior al 75%, y que tengan una probabilidad anual superior al 50% de alcanzar al menos una vez temperaturas por debajo de -5 °C 	<ul style="list-style-type: none"> - construcciones en zonas de alta montaña - estaciones invernales
		F	ataque por sales fundentes	<ul style="list-style-type: none"> - elementos destinados al tráfico de vehículos o peatones en zonas con más de 5 nevadas anuales o con valor medio de la temperatura mínima en los meses de invierno inferior a 0 °C 	<ul style="list-style-type: none"> - tableros de puentes o pasarelas en zonas de alta montaña
erosión	E	abrasión cavitación		<ul style="list-style-type: none"> - elementos sometidos a desgaste superficial - elementos de estructuras hidráulicas en los que la cota piezométrica pueda descender por debajo de la presión de vapor de agua 	<ul style="list-style-type: none"> - pilas de puente en cauces muy torrenciales - elementos de diques, pantanos y otras obras de defensa fluvial que se encuentren sometidos a fuertes oleajes - pavimentos de hormigón - tuberías de alta presión

Se sustituye la tabla 2 por la tabla 2 siguiente

Tabla 2 – Clasificación de la agresividad química

TIPO DE MEDIO AGRESIVO	PARÁMETROS	TIPO DE EXPOSICIÓN		
		<i>Qa</i>	<i>Qb</i>	<i>Qc</i>
		ATAQUE DÉBIL	ATAQUE MEDIO	ATAQUE FUERTE
AGUA	VALOR DEL pH	6,5 – 5,5	5,5 – 4,5	< 4,5
	CO ₂ AGRESIVO (mg CO ₂ /l)	15 – 40	40 – 100	> 100
	IÓN AMONIO (mg NH ₄ ⁺ /l)	15 – 30	30 – 60	> 60
	IÓN MAGNESIO (mg Mg ²⁺ /l)	300 – 1 000	1 000 – 3 000	> 3 000
	IÓN SULFATO (mg SO ₄ ²⁻ /l)	200 – 600	600 – 3.000	> 3 000
	RESIDUO SECO** (mg/l)	75-150	50 – 75	< 50
SUELO	GRADO DE ACIDEZ BAUMANN-GULLY	> 20	*	*
	IÓN SULFATO (mg SO ₄ ²⁻ /kg de suelo seco)	2 000 – 3 000	3 000 – 12 000	> 12 000

* Estas condiciones no se dan en la práctica.
 ** Incorpora la modificación del Real Decreto 966/1999.

4.2 Hormigón fresco

4.2.1 Clases de consistencia

En el caso de que se clasifique la consistencia del hormigón, se utilizarán las tablas 3, 4, 5 ó 6.

NOTA No existe una relación directa entre las clases de consistencia indicadas en las tablas 3 a 6. En casos especiales la consistencia puede también especificarse por valores nominales. No se ha incluido la clase de consistencia correspondiente a hormigones con consistencia de tierra húmeda, es decir, con bajos contenidos de humedad diseñados para ser compactados mediante procedimientos especiales.

Tabla 3 – Clases de consistencia según el ensayo de asentamiento

Clase	Asiento en mm
S1	10 a 40
S2	50 a 90
S3	100 a 150
S4	160 a 210
S5 ¹⁾	≥ 220

1) Véase la nota del apartado 5.4.1.

Tabla 4 – Clases de consistencia según el ensayo Vebe

Clase	Tiempo Vebe en segundos
V0 ¹⁾	≥ 31
V1	30 a 21
V2	20 a 11
V3	10 a 6
V4 ¹⁾	5 a 3

Tabla 5 – Clases de consistencia según el grado de compactabilidad

Clase	Grado de compactabilidad
C0 ¹⁾	≥ 1,46
C1	1,45 a 1,26
C2	1,25 a 1,11
C3	1,10 a 1,04
C4 ^a	< 1,04

^a La clase C4 se aplica únicamente al hormigón ligero.

Tabla 6 – Clases de consistencia según el ensayo de escurrimiento en la mesa de sacudidas

Clase	Diámetro de escurrimiento en mm
F1 ¹⁾	≤ 340
F2	350 a 410
F3	420 a 480
F4	490 a 550
F5	560 a 620
F6 ¹⁾	≥ 630

1) Véase la nota del apartado 5.4.1.

De acuerdo con la Instrucción de Hormigón Estructural EHE:

Se sustituye la tabla 3 por la tabla 3 siguiente

Tabla 3 – Clases de consistencia según el método del cono de Abrams

<i>Clase</i>	<i>Asiento en mm</i>
<i>S 1</i>	<i>0 a 20</i>
<i>S 2</i>	<i>30 a 50</i>
<i>S 3</i>	<i>60 a 90</i>
<i>S 4</i>	<i>100 a 150</i>
<i>S 5</i>	<i>≥ 150 <i>Esta clase exige el empleo de aditivos superfluidificantes</i></i>

4.2.2 Clases en función del tamaño máximo del árido

Cuando el hormigón se clasifique de acuerdo con el tamaño máximo del árido, dicha clasificación se debe realizar a partir del tamaño nominal máximo ($D_{máx}$) de la fracción más gruesa del árido utilizado en el hormigón.

NOTA D es la dimensión máxima del tamiz por el que se determina el tamaño del árido según la Norma EN 12620.

En todo caso se deberán cumplir las especificaciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE al respecto.

4.3 Hormigón endurecido

En todo caso se deberán cumplir las especificaciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE al respecto.

4.3.1 Clases de resistencia a compresión

Cuando el hormigón se clasifique con relación a su resistencia a compresión se hará según se indica en la tabla 7, para hormigones de densidad normal y hormigones pesados, o según la tabla 8 para hormigones ligeros. Dicha clasificación podrá realizarse en base a la resistencia característica a 28 días determinada sobre probetas cilíndricas de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura ($f_{ck,cyl}$), o a la resistencia característica a 28 días determinada sobre probetas cúbicas de 150 mm de arista ($f_{ck,cube}$).

NOTA En casos especiales pueden utilizarse valores intermedios a los indicados en las tablas 7 y 8, si así lo permiten las normas de proyecto correspondientes.

Tabla 7 – Clases de resistencia a compresión de hormigones de densidad normal y hormigones pesados

Clase de resistencia a compresión	Resistencia característica mínima sobre cilindros	Resistencia característica mínima sobre cubos
	$f_{ck,cyl}$ N/mm ²	$f_{ck,cube}$ N/mm ²
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60
C55/67	55	67
C60/75	60	75
C70/85	70	85
C80/95	80	95
C90/105	90	105
C100/115	100	115

Tabla 8 – Clases de resistencia a compresión para hormigones ligeros

Clase de resistencia a compresión	Resistencia característica mínima sobre cilindros	Resistencia característica mínima sobre cubos ^a
	$f_{ck,cyl}$ N/mm ²	$f_{ck,cube}$ N/mm ²
LC8/9	8	9
LC12/13	12	13
LC16/18	16	18
LC20/22	20	22
LC25/28	25	28
LC30/33	30	33
LC35/38	35	38
LC40/44	40	44
LC45/50	45	50
LC50/55	50	55
LC55/60	55	60
LC60/66	60	66
LC70/77	70	77
LC80/88	80	88

^a Pueden utilizarse otros valores siempre que su relación con las resistencias de referencia sobre cilindros se haya determinado y documentado con suficiente precisión.

4.3.2 Clases de densidad para hormigones ligeros

Cuando el hormigón ligero se clasifique según su densidad, se hará de acuerdo a lo indicado en la tabla 9.

Tabla 9 – Clasificación del hormigón ligero por densidad

Clase de densidad	D 1,0	D 1,2	D 1,4	D 1,6	D 1,8	D 2,0
Intervalos de densidad kg/m ³	≥ 800 y ≤ 1 000	> 1 000 y ≤ 1 200	> 1 200 y ≤ 1 400	> 1 400 y ≤ 1 600	> 1 600 y ≤ 1 800	> 1 800 y ≤ 2 000

NOTA La densidad de los hormigones ligeros puede también especificarse como valor nominal.

5 REQUISITOS PARA EL HORMIGÓN Y MÉTODOS DE VERIFICACIÓN

5.1 Requisitos básicos para los materiales constituyentes

En todo caso se deberán cumplir las especificaciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE al respecto.

5.1.1 Generalidades

Los materiales constituyentes no deben contener sustancias perjudiciales en cantidades tales que puedan tener un efecto perjudicial sobre la durabilidad del hormigón o producir la corrosión de las armaduras, debiendo ser adecuados para el uso previsto del hormigón.

Aunque la aptitud general de uso de un constituyente esté establecida, ello no significa que pueda ser empleado en todos los casos y para todo tipo de hormigones.

En los hormigones conformes con la Norma EN 206-1, sólo deben utilizarse constituyentes cuya idoneidad esté establecida para la aplicación especificada.

NOTA En ausencia de norma europea para un determinado material constituyente que se refiera específicamente a su uso en un hormigón conforme con la Norma EN 206-1, o cuando existiendo norma europea no trate sobre un producto en particular, o cuando este constituyente difiera significativamente de la norma europea, la idoneidad podrá establecerse:

- por un Documento de Idoneidad Técnico Europeo que se refiera específicamente al uso de ese material constituyente en el hormigón conforme con la Norma EN 206-1;
- por las normas nacionales pertinentes o disposiciones válidas en el lugar de utilización del hormigón que se refieran específicamente al uso de ese material constituyente en el hormigón conforme con la Norma EN 206-1.

5.1.2 Cemento

Está establecida la idoneidad en general para los cementos que cumplen la Norma EN 197-1.

5.1.3 Áridos

Está establecida la idoneidad en general para:

- los áridos de densidad normal y los áridos pesados que cumplen la Norma EN 12620;
- los áridos ligeros que cumplen la Norma EN 13055-1.

NOTA En estas normas todavía no se incluyen disposiciones para áridos reciclados. Hasta que dichas disposiciones se recojan en especificaciones técnicas europeas, su aptitud de uso debería establecerse de acuerdo con lo indicado en la nota del apartado 5.1.1.

5.1.4 Agua de amasado

La idoneidad está establecida para el agua de amasado y para el agua reciclada de la fabricación del hormigón que cumplan la Norma EN 1008.

5.1.5 Aditivos

Está establecida la idoneidad en general para los aditivos que cumplen la Norma EN 934-2.

5.1.6 Adiciones (incluidos pigmentos y filleres minerales)

La idoneidad en general como adición tipo I (véase el apartado 3.1.23) está establecida para:

- filleres que cumplan con la Norma EN 12620;
- pigmentos que cumplan con la Norma EN 12878.

La aptitud en general como adición tipo II (véase el apartado 3.1.23) está establecida para:

- cenizas volantes que cumplan con la Norma EN 450;
- humo de sílice que cumpla con el proyecto de Norma prEN 13263:1998.

5.2 Requisitos básicos para la composición del hormigón

En todo caso se deberán cumplir las especificaciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE al respecto.

5.2.1 Generalidades

La composición del hormigón y los materiales constituyentes, tanto para hormigones designados por propiedades como por dosificación, debe elegirse (véase el apartado 6.1) de manera que se satisfagan los requisitos especificados para el hormigón fresco y endurecido incluyendo la consistencia, la densidad, la resistencia, la durabilidad y la protección contra la corrosión de piezas de acero embebidas, teniendo en cuenta el proceso de fabricación y el método elegido para la ejecución de obras de hormigón.

Cuando no se indique en la especificación, el fabricante debe elegir los tipos y las clases de los materiales constituyentes entre aquellos cuya idoneidad esté establecida para las clases de exposición especificadas.

NOTA 1 Conviene formular la dosificación del hormigón de forma que se minimice la segregación y la exudación en estado fresco, a menos que se especifique otra cosa.

NOTA 2 En general, las propiedades requeridas para el hormigón en una estructura únicamente se conseguirán si se respetan en obra determinados procedimientos de ejecución con el hormigón fresco. Por lo tanto, se deben tener en cuenta, además de los requisitos a que hace referencia esta norma, los relativos al transporte, colocación, compactación, curado y otros tratamientos posteriores, antes de especificar el hormigón (véase la Norma ENV 13670-1 u otras normas pertinentes). Muchos de estos requisitos son con frecuencia interdependientes. Si todos ellos se satisfacen, cualquier diferencia existente entre la calidad del hormigón en la estructura y el de las probetas de ensayo normalizadas, quedará adecuadamente cubierta por los coeficientes parciales de seguridad aplicados a los materiales (véase la Norma Experimental ENV 1992-1-1).

La composición de los hormigones designados por dosificación en una norma se limita a:

- áridos naturales de densidad normal;
- adiciones pulverulentas, a condición de que no se tengan en cuenta para calcular el contenido de cemento ni la relación agua/cemento;

- aditivos, con la excepción de inclusores de aire;
- composiciones que cumplan los criterios de ensayos iniciales descritos en el capítulo A.5.

NOTA 3 Las disposiciones validas en el lugar de utilización del hormigón pueden dar listados con los tipos y las clases de los materiales constituyentes cuya idoneidad esté establecida para los tipos de ambiente locales.

De acuerdo con la Instrucción de Hormigón Estructural EHE:

La tabla 5.2.1, especifica la máxima relación agua/cemento y el mínimo contenido de cemento necesarios según la clase de exposición indicada en las tablas 1A y 1B.

Tabla 5.2.1 – Máxima relación agua/cemento y mínimo contenido de cemento

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	CLASE DE EXPOSICIÓN											
		I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IIIc	IV	Qa	Qb	Qc	H	F
máxima relación a/c	masa	0,65	–	–	–	–	–	–	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50
	armado	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50
	pretensado	0,60	0,60	0,55	0,50	0,45	0,45	0,45	0,50	0,45	0,45	0,55	0,50
mínimo contenido de cemento (kg/m ³)	masa	200	–	–	–	–	–	–	275	300	325	275	300
	armado	250	275	300	300	325	350	325	325	350	350	300	325
	pretensado	275	300	300	300	325	350	325	325	350	350	300	325

Una constatación experimental, de carácter indirecto, del cumplimiento de los requisitos de contenido mínimo de cemento y de relación máxima agua/cemento, se lleva a cabo comprobando la impermeabilidad al agua del hormigón mediante el método de ensayo y las especificaciones que se indican en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

5.2.2 Elección del cemento

El cemento se debe elegir de entre aquellos cuya idoneidad esté establecida, teniendo en cuenta:

- la ejecución de la obra;
- el uso final del hormigón;
- las condiciones de curado (por ejemplo tratamiento térmico);
- las dimensiones de la estructura (desarrollo de calor de hidratación);
- las condiciones ambientales a las que la estructura vaya a estar sometida (véase el apartado 4.1);
- la reactividad potencial de los áridos con los álcalis procedentes de los constituyentes.

5.2.3 Uso de áridos

5.2.3.1 Generalidades

El tipo, granulometría y categoría del árido, por ejemplo, índice de forma, resistencia a ciclos hielo-deshielo, resistencia a la abrasión, contenido de finos, deben seleccionarse teniendo en cuenta:

- la ejecución de la obra;
- el uso final del hormigón;
- las condiciones ambientales a las que el hormigón va a estar expuesto;
- cualquier otro requisito para el caso de áridos expuestos o acabados fratasados del hormigón.

El tamaño nominal máximo del árido (D_{\max}) debe elegirse teniendo en cuenta el espesor de recubrimiento de las armaduras y la dimensión mínima de la sección.

5.2.3.2 Árido todo-uno

El árido todo-uno, conforme a la Norma EN 12620, se debe utilizar únicamente en hormigones de clase resistente inferior o igual a la C12/15.

5.2.3.3 Áridos recuperados

Los áridos recuperados de las aguas de lavado o del hormigón fresco, pueden utilizarse como árido para hormigón.

No se deben añadir áridos recuperados no clasificados en cantidades superiores al 5% del total de áridos. Cuando las cantidades añadidas sean superiores al 5%, el árido recuperado debe ser del mismo tipo que el árido primario, estar dividido en fracciones gruesa y fina, y cumplir con los requisitos de la Norma EN 12620.

5.2.3.4 Resistencia a la reacción árido-álcali

Cuando los áridos contengan variedades de sílice susceptibles de ser atacadas por los álcalis (Na_2O y K_2O procedentes del cemento u otras fuentes), y el hormigón se encuentre expuesto a condiciones de humedad, deben adoptarse medidas para prevenir reacciones árido-álcali nocivas, utilizando procedimientos contrastados.

NOTA En función del origen geológico de los áridos es conveniente la adopción de las precauciones adecuadas teniendo en cuenta las experiencias a largo plazo existentes de la utilización de cemento con esos áridos. El Informe Técnico CEN CR 1901 describe el conjunto de precauciones válidas en diferentes países europeos.

En todo caso se deberán cumplir las especificaciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE al respecto.

5.2.4 Uso de agua reciclada

El agua reciclada, procedente del proceso de fabricación del hormigón, debe utilizarse de acuerdo con las condiciones indicadas para su uso en la Norma EN 1008.

5.2.5 Uso de adiciones

5.2.5.1 Generalidades

Las cantidades de adición de los tipos I y II que pueden utilizarse en el hormigón deben ser objeto de ensayos iniciales (véase el anexo A).

NOTA 1 Es conveniente tener en cuenta la influencia de elevadas cantidades de adición sobre propiedades diferentes a la resistencia a compresión.

Las adiciones de tipo II pueden tenerse en cuenta en la composición del hormigón, en relación al contenido de cemento y a la relación agua/cemento, si su idoneidad está establecida.

La idoneidad del concepto del coeficiente k está establecida para las cenizas volantes y el humo de sílice (véase el apartado 5.2.5.2). Debe establecerse la idoneidad de otros conceptos que vayan a utilizarse, como por ejemplo el concepto de prestación equivalente (véase el apartado 5.2.5.3), modificaciones a las reglas del concepto del coeficiente k, valores de k superiores a los indicados en los apartados 5.2.5.2.2 y 5.2.5.2.3, la utilización de otras adiciones (incluyendo las del tipo I) o de mezclas de adiciones.

NOTA 2 El establecimiento de la idoneidad de uso puede resultar de:

- un Documento de Idoneidad Técnico Europeo que se refiera específicamente al uso de la adición en el hormigón conforme con la Norma EN 206-1;
- una norma nacional pertinente o disposiciones válidas en el lugar de utilización del hormigón que se refieran específicamente a la utilización de la adición en el hormigón conforme con la Norma EN 206-1.

De acuerdo con la Instrucción de Hormigón Estructural EHE:

Se sustituye el texto por el siguiente.

Se considerará únicamente la utilización de las cenizas volantes y el humo de sílice como adiciones al hormigón en el momento de su fabricación, de acuerdo con las especificaciones de la EHE.

Con la única excepción del humo de sílice, se prohíbe el uso de adiciones de cualquier tipo, y en particular, las cenizas volantes, como componentes del hormigón pretensado.

Las cenizas volantes son los residuos sólidos que se recogen por precipitación electrostática o por captación mecánica de los polvos que acompañan a los gases de combustión de los quemadores de centrales termoeléctricas alimentadas por carbones pulverizados.

El humo de sílice es un subproducto que se origina en la reducción de cuarzo de elevada pureza con carbón en hornos eléctricos de arco para la producción de silicio y ferrosilicio.

Se podrán utilizar cenizas volantes o humo de sílice como adición en el momento de la fabricación del hormigón, únicamente cuando se utilice cemento tipo CEM I.

En estructuras de edificación, la cantidad máxima de cenizas volantes adicionadas no excederá del 35% del peso de cemento, mientras que la cantidad máxima de humo de sílice de adicionado no excederá del 10% del peso de cemento. La cantidad mínima de cemento se especifica en la tabla 5.2.1.

5.2.5.2 Concepto de coeficiente k

5.2.5.2.1 Generalidades

El concepto del coeficiente k permite que las adiciones tipo II sean consideradas:

- reemplazando el término "relación agua/cemento" (definido en el apartado 3.1.31) por "relación agua/(cemento + k × adición)";
- en el requisito del contenido mínimo de cemento (véase el apartado 5.3.2).

El valor real de k depende de la propia adición.

En los siguientes apartados se indica la aplicación del concepto del coeficiente k para las cenizas volantes, conformes con la Norma EN 450, y el humo de sílice, conforme con el proyecto de Norma prEN 13263:1998, utilizadas con un cemento tipo CEM I, conforme con la Norma EN 197-1. El concepto del coeficiente k puede aplicarse a las cenizas volantes y humo de sílice que se utilicen con otros tipos de cemento, así como para otras adiciones, en la medida en que su idoneidad haya sido establecida.

De acuerdo con la Instrucción de Hormigón Estructural EHE:

Se sustituye el texto por el siguiente:

En el caso particular de que se utilicen adiciones en la fabricación de hormigón, se podrá tener en cuenta su empleo a los efectos del cálculo del contenido de cemento y de la relación agua/cemento. A tales efectos, se sustituirá para entrar en la tabla 5.2.1 el contenido de cemento C [kg/m³] por C + KF, así como la relación A/C por A/(C + KF) siendo F(kg/m³) el contenido de adición y K el coeficiente de eficacia de la misma.

En el caso de utilización de adiciones, los contenidos de cemento no podrán ser inferiores a 200, 250 ó 275 kg/m³ (kg/m³), según se trate de hormigón en masa, armado o pretensado.

5.2.5.2.2 Concepto de coeficiente k para cenizas volantes conformes con la Norma EN 450

La cantidad máxima de ceniza volante a tener en cuenta en la aplicación del concepto del coeficiente k debe cumplir el siguiente requisito:

$$\text{ceniza volante/cemento} \leq 0,33 \text{ en masa}$$

Si se utiliza una cantidad de ceniza volante superior, el exceso no debe tenerse en cuenta en el cálculo de la relación agua/(cemento + k × cenizas volantes) ni en la determinación del contenido mínimo de cemento.

Para hormigones en los que el cemento sea del tipo CEM I, conforme con la Norma EN 197-1, se admiten los siguientes valores de k:

$$\text{CEM I 32,5} \quad k = 0,2$$

$$\text{CEM I 42,5 y clases superiores} \quad k = 0,4$$

El contenido mínimo de cemento, especificado para las correspondientes clases de exposición (véase el apartado 5.3.2), pueden reducirse en una cantidad máxima de k × (contenido mínimo de cemento - 200) kg/m³. Además, la cantidad de (cemento + cenizas volantes) no debe ser inferior al contenido mínimo de cemento especificado en el apartado 5.3.2.

NOTA La aplicación del concepto de coeficiente k no es recomendable para hormigones que contengan una combinación de cenizas volantes y cemento CEM I resistente a los sulfatos, para las clases de exposición XA2 y XA3 cuando la sustancia agresiva sea sulfato.

De acuerdo con la Instrucción de Hormigón Estructural EHE:

Se sustituye el texto por el siguiente:

En el caso de las cenizas volantes, se tomará un valor de K no superior a 0,30. La Dirección de Obra, podrá admitir un valor de K superior al indicado, pero no mayor de 0,40 en el caso de edificación o de 0,50 en el caso de obras públicas, y siempre que ello se deduzca de la realización de un exhaustivo estudio experimental previo donde se consideren no sólo aspectos resistentes, sino también de durabilidad.

5.2.5.2.3 Concepto del coeficiente k para humo de sílice conforme al proyecto de Norma prEN 13263:1998

La cantidad máxima de humo de sílice a tener en cuenta en la relación agua/cemento y en el contenido de cemento debe cumplir el siguiente requisito:

$$\text{humo de sílice/cemento} \leq 0,11 \text{ en masa}$$

Si se utiliza una cantidad mayor de humo de sílice el exceso no debe tenerse en cuenta en la aplicación del concepto del coeficiente k.

Para hormigones en los que el cemento sea del tipo CEM I, conforme con la Norma EN 197-1, se admiten los siguientes valores de k:

para una relación agua/cemento especificada $\leq 0,45$ $k = 2,0$

para una relación agua/cemento especificada $> 0,45$ $k = 2,0$ excepto para clases de exposición XC y XF en las que $k = 1,0$.

La cantidad de (cemento + $k \times$ humo de sílice) no debe ser menor que el contenido mínimo de cemento especificado para la clase de exposición correspondiente (véase el apartado 5.3.2). El contenido mínimo de cemento no debe reducirse en una cantidad superior a 30 kg/m³ en hormigones que se utilicen en clases de exposición para las que el contenido mínimo de cemento sea menor o igual que 300 kg/m³.

De acuerdo con la Instrucción de Hormigón Estructural EHE:

Se sustituye el texto por el siguiente:

En el caso del humo de sílice, se tomará un valor de K no superior a 2, excepto en el caso de hormigones con relación agua/cemento mayor que 0,45 que vayan a estar sometidos a clases de exposición H o F en cuyo caso para K se tomará un valor igual a 1.

5.2.5.3 Concepto de prestación equivalente del hormigón

El concepto de prestación equivalente del hormigón permite modificar los requisitos establecidos en esta norma para el contenido mínimo de cemento y la máxima relación agua/cemento, en los casos en que se utilice una combinación de una adición específica con un cemento específico, cuya procedencia y características de cada uno de ellos estén claramente definidas y documentadas.

Atendiendo a los requisitos contenidos en el apartado 5.2.5.1, debe probarse que el hormigón tiene una prestación equivalente, especialmente en lo relativo a su comportamiento frente a las acciones ambientales y a su durabilidad, cuando se le compara con un hormigón de referencia que cumpla los requisitos establecidos para la clase de exposición correspondiente (véase el apartado 5.3.2).

En el anexo E se indican los principios para la evaluación del concepto de prestación equivalente del hormigón. Cuando el hormigón se fabrique según estos procedimientos, debe someterse a una evaluación continua que tenga en cuenta las variaciones en el cemento y en la adición.

La idoneidad del concepto de prestación equivalente del hormigón está establecida en la medida en que se respeten las disposiciones mencionadas anteriormente (véase la nota 2 en el apartado 5.2.5.1).

De acuerdo con la Instrucción de Hormigón Estructural EHE:

Se sustituye el texto por el siguiente:

No se contempla porque no cumple los criterios de la Instrucción EHE.

5.2.6 Uso de aditivos

La cantidad total de aditivos, en su caso, no debe rebasar la dosificación máxima recomendada por el fabricante del aditivo, ni tampoco la cantidad de 50 g de aditivo (tal y como se suministra) por kg de cemento, a menos que se haya establecido la influencia que una mayor dosificación pueda tener sobre la durabilidad y las prestaciones del hormigón.

El uso de aditivos en cantidades inferiores a 2 g/kg se permite únicamente si se dispersan en parte del agua de amasado.

Si la cantidad total de aditivos líquidos es superior a 3 l/m³ de hormigón, su contenido en agua debe tenerse en cuenta en el cálculo de la relación agua/cemento.

Cuando se utilicen varios aditivos, debe comprobarse su compatibilidad en los ensayos iniciales.

NOTA Es conveniente que los hormigones con consistencia ≥ S4, V4, C3 o ≥ F4 se fabriquen con aditivos reductores de agua de alta actividad o superplasticificantes.

5.2.7 Contenido de cloruros

El contenido de cloruros en el hormigón, expresados como porcentaje en masa de iones cloruros en relación a la masa de cemento, no debe superar los valores indicados en la tabla 10 en función de la clase elegida.

No se deben adicionar cloruro cálcico ni aditivos a base de cloruros a hormigones que contengan armaduras de acero, armaduras de acero para pretensado, o piezas metálicas embebidas.

Para la determinación del contenido en cloruros del hormigón, la suma de las contribuciones de los materiales constituyentes debe determinarse usando uno o la combinación de alguno de los siguientes métodos:

- cálculo basado en el contenido máximo de cloruros de los constituyentes permitido en las normas de producto correspondientes, o bien a través del valor declarado por el fabricante de cada uno de ellos;
- cálculo basado en el contenido de cloruros de los materiales constituyentes obtenido mensualmente como la suma de las medias de las últimas 25 determinaciones del contenido en cloruros más 1,64 veces la desviación típica calculada para cada material constituyente.

NOTA El último método se aplica particularmente a los áridos dragados del mar y para aquellos casos donde no haya un valor máximo declarado o normalizado.

Tabla 10 – Contenido máximo de cloruros en el hormigón

Uso del hormigón	Clase de contenido de cloruros^a	Contenido máximo de Cl⁻ en relación a la masa de cemento^b
Sin armaduras de acero ni piezas metálicas embebidas con la excepción de elementos de elevación resistentes a la corrosión	Cl 1,0	1,0%
Con armaduras de acero o piezas metálicas embebidas	Cl 0,20	0,20%
	Cl 0,40	0,40%
Con armaduras de acero de pretensado	Cl 0,10	0,10%
	Cl 0,20	0,20%

^a Para un determinado uso del hormigón la clase a aplicar depende de las disposiciones válidas en el lugar de uso del hormigón.

^b Cuando se hayan utilizado adiciones del tipo II y se hayan tenido en cuenta en el contenido de cemento, el contenido de cloruros se expresará como el porcentaje en masa de iones cloruro en relación a la masa de cemento más la masa total de adiciones que hayan sido tenidas en cuenta.

5.2.8 Temperatura del hormigón

La temperatura del hormigón fresco no debe ser inferior a 5 °C en el momento de la entrega. En los casos en que sea preciso un requisito diferente para la temperatura máxima o mínima del hormigón fresco, debe especificarse junto con sus tolerancias. Cualquier requisito sobre enfriamiento o calentamiento artificial del hormigón previo al suministro deberá acordarse entre el fabricante y el usuario.

5.3 Requisitos relativos a las clases de exposición

En todo caso se deberán cumplir las especificaciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE al respecto.

5.3.1 Generalidades

Los requisitos para que el hormigón resista las acciones ambientales se dan, bien en términos de limitaciones a la composición del hormigón y del establecimiento de determinadas propiedades (véase el apartado 5.3.2), o bien a través de una serie de requisitos derivados de la utilización de procedimientos de proyecto basados en prestaciones (véase el apartado 5.3.3). Los requisitos deben tener en cuenta la vida de servicio prevista para la estructura de hormigón.

5.3.2 Valores límite para la composición del hormigón

En ausencia de normas europeas sobre ensayos que den valores de comportamiento del hormigón, debido a las diferentes experiencias a largo plazo, el método adoptado en esta norma para establecer los requisitos que ha de cumplir el hormigón para resistir las acciones ambientales es el de establecer una serie de propiedades al hormigón y una serie de limitaciones a la composición del mismo.

NOTA 1 Debido a la falta de experiencia sobre la eficacia de la clasificación de las acciones ambientales sobre el hormigón para reflejar las diferencias locales dentro de una misma clase de exposición, los valores de los requisitos específicos para la clase de exposición aplicable se recogen en las disposiciones válidas en el lugar de utilización del hormigón.

Los requisitos para cada clase de exposición deben especificarse en términos de:

- tipos y clases de materiales constituyentes permitidos;
- máxima relación agua/cemento;

- mínimo contenido de cemento;
 - resistencia mínima a compresión del hormigón (opcional);
- y si fuera pertinente,
- contenido mínimo de aire ocluido en el hormigón.

NOTA 2 En las disposiciones válidas en el lugar de utilización del hormigón, conviene que la relación agua/cemento máxima se indique en incrementos de 0,05, el contenido mínimo de cemento en incrementos de 20 kg/m³ y la resistencia a compresión indicando su clase, de acuerdo con lo señalado en la tabla 7 para hormigones de densidad normal y pesados, y en la tabla 8 para hormigones ligeros. En el anexo F (informativo) se da una recomendación sobre cómo fijar estas limitaciones a la composición del hormigón y a sus propiedades, cuando se utiliza un cemento del tipo CEM I.

NOTA 3 Es conveniente que los requisitos establecidos por las disposiciones válidas en el lugar de utilización del hormigón consideren una vida de servicio de al menos 50 años, en condiciones de conservación preventiva. Para vidas de servicio más cortas o más largas, pueden ser necesarios valores límites menos restrictivos o más severos. En estos casos, o para composiciones específicas del hormigón o cuando haya requisitos específicos relativos a la protección frente a la corrosión de las armaduras que se refieran al espesor de recubrimiento (por ejemplo, en el caso de espesores de recubrimiento inferiores a los especificados en la Norma Experimental ENV 1992-1 como protección frente a la corrosión), es conveniente la realización de estudios particulares por parte del peticionario para una obra específica o, de forma más general, por las disposiciones nacionales.

Si el hormigón cumple los valores límites establecidos, puede asumirse que el hormigón en la estructura debe ser capaz de satisfacer los requisitos de durabilidad necesarios para el uso previsto dentro de las condiciones ambientales específicas, siempre que:

- el hormigón sea correctamente colocado, compactado y curado, por ejemplo, de acuerdo con la Norma Experimental ENV 13670-1, u otras normas pertinentes;
- el espesor del hormigón de recubrimiento de las armaduras sea el mínimo establecido por la norma de proyecto correspondiente, por ejemplo la Norma Experimental ENV 1992-1, para las condiciones específicas de exposición;
- se elija correctamente la clase de exposición;
- se lleve a cabo una conservación preventiva.

5.3.3 Métodos de proyecto basados en criterios de comportamiento

Los requisitos relativos a las clases de exposición pueden fijarse utilizando procedimientos de proyecto basados en criterios de comportamiento respecto a la durabilidad, y especificarse en términos de parámetros relativos al comportamiento, como por ejemplo la existencia de desprendimientos en un ensayo de hielo-deshielo. En el anexo J (informativo) se dan una serie de indicaciones para el uso de estos métodos de proyecto basados en criterios de comportamiento en relación con la durabilidad. La aplicación de un método alternativo depende de las disposiciones válidas en el lugar de uso del hormigón.

5.4 Requisitos para el hormigón fresco

En todo caso se deberán cumplir las especificaciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE al respecto.

5.4.1 Consistencia

Cuando se determine la consistencia del hormigón, ésta debe medirse por medio de alguno de los siguientes ensayos:

- ensayo de asentamiento, según la Norma EN 12350-2;
- ensayo Vebe, según la Norma EN 12350-3;

- ensayo de grado de compactabilidad, según la Norma EN 12350-4;
- ensayo de escurrimiento en la mesa de sacudidas, según la Norma EN 12350-5;
- métodos de ensayo específicos acordados previamente entre el peticionario y el fabricante del hormigón en el caso de aplicaciones especiales (por ejemplo, hormigón de consistencia de tierra húmeda).

NOTA Debido a la ausencia de sensibilidad de los métodos de ensayo, más allá de ciertos valores, se recomienda la utilización de estos métodos de ensayo dentro de los siguientes límites:

- | | |
|----------------------------|--|
| - asentamiento | $\geq 10 \text{ mm}$ y $\leq 210 \text{ mm}$; |
| - Vebe | $\leq 30 \text{ s}$ y $> 5 \text{ s}$; |
| - grado de compactabilidad | $\geq 1,04$ y $< 1,46$; |
| - escurrimiento | $> 340 \text{ mm}$ y $\leq 620 \text{ mm}$. |

Cuando se determine la consistencia del hormigón, se realiza en el momento de su utilización o en el de su entrega en el caso de hormigón preparado.

Si el hormigón se entrega en un camión hormigonera o en un equipo agitador, la consistencia puede medirse sobre una muestra puntual obtenida de la descarga inicial. La muestra puntual se debe tomar según la Norma EN 12350-1 una vez descargados, aproximadamente, $0,3 \text{ m}^3$.

La consistencia se puede especificar haciendo referencia a una clase de consistencia, de acuerdo con el apartado 4.2.1, o, en casos especiales, por un valor nominal. En este último caso las tolerancias serán las indicadas en la tabla 11.

Tabla 11 – Tolerancias para los valores nominales de la consistencia

Asentamiento			
Valores nominales en mm	≤ 40	50 a 90	≥ 100
Tolerancias en mm	± 10	± 20	± 30
Tiempo Vebe			
Valores nominales en segundos	≥ 11	10 a 6	≤ 5
Tolerancias en segundos	± 3	± 2	± 1
Grado de compactabilidad			
Valores nominales	$\geq 1,26$	1,25 a 1,11	$\leq 1,10$
Tolerancias	$\pm 0,10$	$\pm 0,08$	$\pm 0,05$
Escurrimiento			
Valores nominales en mm	todos los valores		
Tolerancias en mm	± 30		

De acuerdo con la Instrucción de Hormigón Estructural EHE:

El contenido de la Tabla 11 en el caso de asentamiento se modifica como sigue:

Asentamiento	≤ 20	De 30 a 90	≥ 100
Valor nominal en mm	≤ 20	De 30 a 90	≥ 100
Tolerancia en mm	0	± 10	± 20

5.4.2 Contenido de cemento y relación agua/cemento

Cuando se determine el contenido de cemento, agua o adición, éstos deben tomarse como el valor impreso por el registrador del dispositivo de dosificación o, en caso de no utilizarse estos dispositivos, de los registros de producción en relación con las instrucciones de la amasada.

Cuando se determine la relación agua/cemento del hormigón, debe calcularse a partir del contenido de cemento determinado y del contenido efectivo de agua (para aditivos líquidos véase el apartado 5.2.6). La absorción de agua de los áridos de densidad normal y de los áridos pesados se debe realizar según lo indicado en la Norma EN 1097-6. La absorción de agua del árido ligero, se debe tomar como el valor correspondiente a 1 h según el procedimiento indicado en el anexo C de la Norma EN 1097-6, partiendo de la humedad que presente el propio árido al ser utilizado, en lugar de secarlo en estufa.

NOTA 1 Para árido fino ligero, conviene que los métodos de ensayo y los criterios adoptados sigan las disposiciones válidas en el lugar de uso del hormigón.

Cuando el contenido mínimo de cemento se haya sustituido por el contenido mínimo (cemento + adición), o la relación agua/cemento se haya sustituido por la relación agua/(cemento + $k \times$ adición) o la relación agua/(cemento + adición) (véase el apartado 5.2.5), el método deberá adaptarse en consecuencia.

Ningún valor individual de las determinaciones de la relación agua/cemento debe exceder en más de 0,02 el valor límite especificado.

Cuando se exija la determinación mediante ensayos del contenido de cemento, del contenido de adición o de la relación agua/cemento del hormigón fresco, el método utilizado y las tolerancias deben acordarse entre el peticionario y el fabricante.

NOTA 2 Véase el Informe Técnico CEN CR 13902 "Determinación de la relación agua/cemento en el hormigón fresco".

5.4.3 Contenido de aire

Cuando se determine el contenido de aire del hormigón, éste se debe medir de acuerdo con la Norma EN 12350-7, para hormigones de densidad normal y hormigones pesados, y según la Norma ASTM C 173 para hormigones ligeros. El contenido de aire ocluido se especifica mediante un valor mínimo. El límite superior del contenido en aire es el valor mínimo especificado aumentado en un 4% en valor absoluto.

5.4.4 Tamaño máximo del árido

Cuando se determine el tamaño nominal máximo del árido en el hormigón fresco, se debe realizar de acuerdo con la Norma EN 933-1.

El tamaño nominal máximo del árido, tal y como se define en la Norma EN 12620, no debe ser mayor del especificado.

5.5 Requisitos para el hormigón endurecido

En todo caso se deberán cumplir las especificaciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE al respecto.

5.5.1 Resistencia

5.5.1.1 Generalidades

Cuando se determine la resistencia, ésta se debe llevar a cabo sobre probetas cúbicas de 150 mm de arista, o sobre probetas cilíndricas de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura, de acuerdo con la Norma EN 12390-1, que se fabricarán y conservarán como se indica en la Norma EN 12390-2 a partir de muestras tomadas de acuerdo con la Norma EN 12350-1.

Para evaluar la resistencia, se pueden utilizar otros tamaños de probeta y otros procedimientos de conservación, siempre que se haya establecido con la suficiente precisión, y documentado, la relación existente con los procedimientos de referencia.

5.5.1.2 Resistencia a compresión

Cuando se determine la resistencia a compresión, ésta se debe expresar como $f_{c,cube}$ cuando se determine utilizando probetas cúbicas, y como $f_{c,cyl}$ cuando se determine utilizando probetas cilíndricas, de acuerdo con la Norma EN 12390-3.

Antes de comenzar el suministro, el fabricante debe declarar si la resistencia a compresión va a ser evaluada a través de ensayos sobre probetas cúbicas o cilíndricas. Si se utilizase un procedimiento diferente, éste deberá acordarse entre el peticionario y el fabricante.

A menos que se indique otra cosa, la resistencia a compresión se determina sobre probetas ensayadas a 28 días de edad. Para usos particulares puede ser necesario especificar la resistencia a compresión a edades anteriores o posteriores a los 28 días (por ejemplo, para grandes macizos), o después de su conservación en condiciones especiales (por ejemplo, tratamiento térmico).

La resistencia característica del hormigón debe ser igual o superior a la resistencia característica mínima correspondiente a la clase de resistencia especificada, véanse las tablas 7 y 8.

Cuando sea probable que el ensayo de resistencia a compresión proporcione resultados no representativos, por ejemplo hormigones de clase de consistencia C0 o más secas que la S1, u hormigones al vacío, se debe modificar el método de ensayo o se podrá evaluar la resistencia a compresión directamente en la estructura existente o en el elemento estructural.

NOTA Es conveniente que la evaluación de la resistencia en estructuras o en elementos estructurales se base en el proyecto de Norma prEN 13791:1999.

5.5.1.3 Resistencia a tracción indirecta

Cuando se determine la resistencia a tracción indirecta del hormigón, ésta se medirá de acuerdo con la Norma EN 12390-6. A menos que se indique otra cosa, la resistencia a tracción indirecta se determinará sobre probetas a los 28 días de edad.

La resistencia característica a tracción indirecta del hormigón debe ser igual o superior a la especificada.

NOTA Para determinar la resistencia en flexión se puede utilizar el mismo procedimiento. En este caso, la norma de ensayo apropiada es la Norma EN 12390-5.

5.5.2 Densidad

De acuerdo con su densidad seca los hormigones se clasifican en normales, ligeros y pesados (véanse definiciones).

Cuando se determine la densidad del hormigón tras su secado en estufa, ésta se debe medir de acuerdo con la Norma EN 12390-7.

La densidad de los hormigones normales tras su secado en estufa debe ser superior a $2\ 000\ \text{kg/m}^3$ e inferior a $2\ 600\ \text{kg/m}^3$. La densidad de los hormigones ligeros tras su secado en estufa debe estar dentro de los límites establecidos en la tabla 9 para cada clase. Los hormigones pesados, tras su secado en estufa, deben tener una densidad superior a $2\ 600\ \text{kg/m}^3$. Cuando se especifique la densidad como un valor nominal la tolerancia será de $\pm 100\ \text{kg/m}^3$.

5.5.3 Resistencia a la penetración de agua

Cuando vaya a determinarse la resistencia a la penetración de agua, el método y los criterios de conformidad deben acordarse entre el peticionario y el fabricante.

En ausencia de un método de ensayo acordado, la resistencia a la penetración de agua puede especificarse de forma indirecta mediante límites a la composición del hormigón.

En todo caso se deberán cumplir las especificaciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE al respecto.

5.5.4 Comportamiento ante el fuego

Los hormigones fabricados con áridos naturales, conformes con el apartado 5.1.3, cemento, conforme con el apartado 5.1.2, aditivos, conformes con el apartado 5.1.5, adiciones, conformes con el apartado 5.1.6 u otros materiales inorgánicos, conformes con el apartado 5.1.1, se clasifican como euroclase A, no precisando la realización de ensayos¹⁾.

6 ESPECIFICACIÓN DEL HORMIGÓN

6.1 Generalidades

El peticionario del hormigón debe asegurarse de que todos los requisitos relevantes para la obtención de las propiedades del hormigón están incluidos en la especificación dada al fabricante. Debe especificar también cualquier otro requisito de las propiedades del hormigón necesario para el transporte posterior a la entrega, la compactación, el curado u otros tratamientos posteriores. La especificación debe incluir, en caso necesario, cualquier requisito especial (por ejemplo la obtención de una acabado arquitectónico).

El peticionario debe tener en cuenta:

- la utilización del hormigón fresco y endurecido;
- las condiciones de curado;
- las dimensiones de la estructura (desarrollo de calor de hidratación);
- las acciones ambientales a las que estará expuesta la estructura;
- cualquier requisito sobre áridos expuestos o acabados superficiales del hormigón;

1) Según la decisión de la Comisión, de 9 de septiembre de 1994 (94/611/CE), publicada en el Boletín Oficial de las Comunidades Europeas nº L 241/25, de 9 de septiembre de 1994.

- cualquier requisito relativo al espesor de recubrimiento de las armaduras o a la anchura mínima de la sección, por ejemplo el tamaño nominal máximo del árido;
- cualquier limitación al uso de materiales constituyentes de idoneidad establecida, por ejemplo en función de la clase de exposición.

NOTA 1 Las disposiciones válidas en el lugar de uso del hormigón pueden contener requisitos para algunas de estas consideraciones.

El hormigón debe especificarse, como un hormigón designado por propiedades (véase el apartado 6.2) referido, en general, a la clasificación dada en el capítulo 4 y a los requisitos que se indican en los apartados 5.3 y 5.5, o como un hormigón designado por dosificación (véase el apartado 6.3) especificando su composición. La especificación de las propiedades o de la composición de un hormigón debe hacerse en base a los resultados de ensayos iniciales (véase el anexo A) o de la información obtenida de experiencias a largo plazo con hormigones de características similares, teniendo en cuenta los requisitos básicos para los materiales constituyentes (véase el apartado 5.1) y la composición del hormigón (véanse los apartados 5.2 y 5.3.2).

En los hormigones designados por dosificación, el peticionario es responsable de asegurar que la especificación cumple con los requisitos generales establecidos por la Norma EN 206-1, y que la composición especificada es capaz de alcanzar las prestaciones previstas para el hormigón, tanto en estado fresco como en estado endurecido. El peticionario deberá mantener y actualizar la documentación que justifique la prescripción para obtener el comportamiento previsto, véase el apartado 9.5. En el caso de hormigones designados por dosificación en una norma, lo anteriormente indicado es responsabilidad del organismo nacional de normalización.

NOTA 2 La evaluación de la conformidad de los hormigones designados por dosificación se basa únicamente en el cumplimiento de la composición especificada, y no en las prestaciones previstas por el peticionario.

En todo caso se deberán cumplir las especificaciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE al respecto.

6.2 Especificación de hormigones designados por propiedades

En todo caso se deberán cumplir las especificaciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE al respecto.

6.2.1 Generalidades

Los hormigones designados por propiedades deberán especificarse por medio de los datos básicos contenidos en el apartado 6.2.2, que se deben indicar en todos los casos, y de los datos adicionales del apartado 6.2.3, que se indicarán cuando sea preciso.

Para las abreviaturas a utilizar en la especificación, véase el capítulo 11.

6.2.2 Requisitos básicos

La especificación debe contener:

- a) la indicación de que debe cumplirse la Norma EN 206-1;
- b) la clase de resistencia a compresión;
- c) las clases de exposición (véase el apartado 11 para el formato abreviado);
- d) tamaño nominal máximo del árido;

e) la clase de contenido en cloruros según la tabla 10.

Adicionalmente, para hormigones ligeros:

f) clase de densidad o valor nominal de la misma.

Adicionalmente, para hormigones pesados:

g) valor nominal de la densidad.

Adicionalmente, para hormigones preparados o fabricados en obra:

h) clase de consistencia o, en casos especiales, valor nominal de la consistencia.

6.2.3 Requisitos adicionales

Cuando sea necesario, se pueden especificar los siguientes aspectos utilizando requisitos de comportamiento y métodos de ensayo:

- tipos o clases especiales de cemento (por ejemplo, cemento con bajo calor de hidratación);
- tipos o clases especiales de árido;

NOTA 1 En estos casos, la composición para minimizar los efectos perjudiciales de una reacción árido-ácalis es responsabilidad del peticionario (véase el apartado 5.2.3.4).

- características exigidas para resistir los daños producidos por ciclos hielo-deshielo, por ejemplo contenido de aire ocluido (véase el apartado 5.4.3);

NOTA 2 Antes de especificar el contenido de aire a la entrega, el peticionario debe tener en cuenta las posibles pérdidas de aire que puede experimentar el hormigón en las operaciones posteriores de bombeo, colocación, compactación, etc.

- requisitos para la temperatura del hormigón fresco, cuando éstos sean diferentes de los indicados en el apartado 5.2.8;
- desarrollo de la resistencia (véase la tabla 12);
- desarrollo del calor durante la hidratación;
- retraso de fraguado;
- resistencia a la penetración del agua;
- resistencia a la abrasión;
- resistencia a tracción indirecta (véase el apartado 5.5.1.3);
- otros requisitos técnicos (por ejemplo requisitos relativos a la consecución de un determinado acabado o algún método de puesta en obra especial).

6.3 Especificación de hormigones designados por dosificación

En todo caso se deberán cumplir las especificaciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE al respecto.

6.3.1 Generalidades

Los hormigones prescritos deben especificarse por medio de los datos básicos contenidos en el apartado 6.3.2, que se tienen que indicar en todos los casos, y de los datos adicionales del apartado 6.3.3, que se indicarán cuando sea preciso.

6.3.2 Requisitos básicos

La especificación debe contener:

- a) la indicación de que debe cumplirse la Norma EN 206-1;
- b) el contenido de cemento;
- c) el tipo de cemento y clase de resistencia;
- d) la relación agua/cemento o la consistencia en términos de clase o, en casos especiales, de valor nominal;

NOTA El valor especificado para la relación agua/cemento (valor nominal) debería ser inferior en 0,02 al valor límite requerido.

- e) el tipo, categoría y contenido máximo de cloruros del árido; en el caso de hormigones ligeros o pesados la densidad, máxima o mínima, del árido según proceda;
- f) el tamaño nominal máximo del árido y cualquier limitación en la granulometría;
- g) tipo y cantidad de aditivo o adición, en su caso;
- h) si se utilizan aditivos o adiciones se indicará su procedencia y la del cemento como indicación de sus características, si es que éstas no pudieran definirse por otra vía.

6.3.3 Requisitos adicionales

La especificación puede contener:

- procedencias de todos o algunos de los constituyentes del hormigón, como indicación de sus características, si es que éstas no pudieran definirse por otra vía;
- requisitos adicionales para los áridos;
- requisitos relativos a la temperatura del hormigón fresco cuando éstos sean distintos de los indicados en el apartado 5.2.8;
- otros requisitos técnicos.

6.4 Especificación del hormigón designado por dosificación en una norma

Este tipo de hormigón se debe especificar indicando:

- la norma válida en el lugar de uso del hormigón, dando los requisitos pertinentes;
- la designación del hormigón de acuerdo con esa norma.

El hormigón designado por dosificación en una norma debe utilizarse únicamente para:

- hormigones de densidad normal en estructuras de hormigón en masa o armado;

- clases de resistencia a compresión para el cálculo $\leq C\ 16/20$ a menos que la clase C 20/25 se admita en las disposiciones válidas en el lugar de uso del hormigón;
- clases de exposición X0 y XC1 a menos que las disposiciones válidas en el lugar de uso del hormigón permitan otras clases de exposición.

En cuanto a las restricciones en la composición del hormigón designado por dosificación en una norma, véase el apartado 5.2.1.

En todo caso se deberán cumplir las especificaciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE al respecto.

7 ENTREGA DEL HORMIGÓN FRESCO

7.1 Información del usuario al fabricante del hormigón¹⁾

El usuario debe acordar con el fabricante:

- la fecha, hora y frecuencia del suministro;

y cuando sea necesario informar al fabricante sobre:

- transporte especial en obra;
- métodos especiales de puesta en obra;
- limitaciones del vehículo de suministro, por ejemplo, tipo (equipo agitador/no agitador), tamaño, altura o peso.

7.2 Información del fabricante del hormigón al usuario¹⁾

El usuario puede pedir información sobre la composición del hormigón que le permita la adecuada colocación y curado del hormigón fresco, así como la estimación del desarrollo de sus resistencias. Cuando se solicite, el fabricante debe proporcionar esta información antes de la entrega. En el caso del hormigón designado por propiedades se dará, cuando se pida, la siguiente información:

- a) tipo y clase de resistencia del cemento y tipo de árido;
- b) tipo de aditivos, tipo y contenido aproximado de adiciones, en su caso;
- c) valor nominal de la relación agua/cemento;
- d) resultados de ensayos previos del hormigón, por ejemplo, procedentes del control de producción o de ensayos iniciales;
- e) desarrollo de resistencias;
- f) procedencia de los materiales constituyentes.

1) Esta norma no exige que la información deba darse en un formato específico, ya que ello dependerá de las relaciones existentes entre el fabricante y el usuario, por ejemplo en el caso de hormigón fabricado en obra o elementos prefabricados de hormigón, el fabricante y el usuario del hormigón puede ser la misma persona.

En el caso de hormigón preparado este tipo de información puede darse, cuando se solicite, por referencia al catálogo de composiciones del hormigón del fabricante, en el que se recojan datos relativos a clases de resistencia, clases de consistencia, peso de las dosificaciones, así como otros datos de interés.

Para la determinación del tiempo de curado puede aportarse información del desarrollo de resistencia del hormigón tal y como se indica en la tabla 12, o bien por medio de curvas de evolución de la resistencia, a 20 °C, de 2 a 28 días de edad.

Tabla 12 – Desarrollo de la resistencia del hormigón a 20°C

Desarrollo de la resistencia	Relación $f_{cm,2}/f_{cm,28}$ estimada
Rápido	$\geq 0,5$
Medio	$\geq 0,3 \text{ y } < 0,5$
Lento	$\geq 0,15 \text{ y } < 0,3$
Muy lento	$< 0,15$

Para indicar el desarrollo de resistencias se utiliza la relación existente entre las resistencias medias a compresión a 2 días ($f_{cm,2}$) y a 28 días ($f_{cm,28}$) de edad, determinada a partir de ensayos iniciales, o basada en el comportamiento de hormigones de composición comparable. Para los ensayos iniciales, la toma de muestras, la fabricación, curado y ensayo de probetas para la determinación de la resistencia debe realizarse de acuerdo con las Normas EN 12350-1, EN 12390-1, EN 12390-2 y EN 12390-3.

El fabricante debe informar al usuario de los posibles riesgos para la salud que puedan ocurrir durante las operaciones de manipulación del hormigón fresco, en los términos que precisen las disposiciones válidas en el lugar de uso del hormigón fresco.

En todo caso se deberán cumplir las especificaciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE al respecto.

7.3 Hoja de suministro para hormigón preparado

En la entrega, el fabricante debe proporcionar al usuario una hoja de suministro por cada carga de hormigón en la que estará impresa, sellada o escrita, al menos, la siguiente información:

- nombre de la planta de hormigón preparado;
- número de serie de la hoja de suministro;
- fecha y hora de carga, es decir, hora de primer contacto entre cemento y agua;
- número de camión o identificación del vehículo;
- nombre del comprador;
- nombre y localización de la obra;
- detalles o referencias a especificaciones, por ejemplo, número de código, número de orden;
- cantidad de hormigón en metros cúbicos;

- declaración de conformidad con referencia a las especificaciones y a la Norma EN 206-1;
- nombre o marca del organismo de certificación, si lo hubiera;
- hora de llegada del hormigón a la obra;
- hora de comienzo de la descarga;
- hora de finalización de la descarga.

Además, la hoja de suministro debe aportar los siguientes detalles:

a) para un hormigón designado por propiedades:

- clase de resistencia;
- clase de exposición;
- clase de contenido en cloruros;
- clase, o valor nominal, de la consistencia;
- valores límite de la composición del hormigón, si se especifica;
- tipo y clase de resistencia del cemento, si se especifica;
- tipo de aditivo y adición, si se especifica;
- propiedades especiales, si se requieren;
- tamaño nominal máximo del árido;
- en el caso de hormigones ligeros o pesados, clase o valor nominal de la densidad.

b) para un hormigón designado por dosificación:

- detalles relativos a la composición, por ejemplo contenido de cemento, y si se prescribe, tipo de aditivo;
- en función de las especificaciones, la relación agua/cemento o la consistencia, indicada por su clase o su valor nominal;
- tamaño nominal máximo del árido

En el caso de hormigón designado por dosificación en una norma la información a suministrar debe ser la indicada en la norma correspondiente.

En todo caso se deberán cumplir las especificaciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE al respecto.

7.4 Información de suministro para hormigón amasado en obra

Es igualmente pertinente que el hormigón fabricado en obra cuente también con una información apropiada, como la exigida en el apartado 7.3 para la hoja de suministro, cuando la obra sea grande o se utilicen distintos tipos de hormigón, o cuando la parte que fabrica el hormigón sea distinta a la parte responsable de su puesta en obra.

En todo caso se deberán cumplir las especificaciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE al respecto.

7.5 Consistencia en la entrega

En general, está prohibido cualquier tipo de adición de agua o aditivo en la entrega. En casos especiales se puede añadir agua o aditivos cuando se realice bajo la responsabilidad del fabricante, con el fin de llevar la consistencia al valor especificado sin que se rebasen los valores límites permitidos por la especificación, y siempre que la incorporación del aditivo esté incluida en el diseño del hormigón. En todos los casos, debe anotarse en la hoja de suministro cualquier cantidad adicional de agua o aditivo incorporada al camión hormigonera. Para el amasado complementario véase el apartado 9.8.

NOTA Si en obra se añade al hormigón dentro del camión hormigonera más agua o aditivo que la permitida por la especificación, la amasada o carga de hormigón debería anotarse como "no conforme" en la hoja de suministro. La parte que haya autorizado tal adición será responsable de las consecuencias, y dicha parte debería quedar reflejada en la hoja de suministro.

8 CONTROL DE CONFORMIDAD Y CRITERIOS DE CONFORMIDAD

8.1 Generalidades

El control de conformidad comprende el conjunto de acciones y decisiones que se deben tomar de acuerdo con las reglas de conformidad adoptadas previamente para comprobar la conformidad del hormigón con la especificación. El control de conformidad es una parte integral del control de producción (véase el capítulo 9).

NOTA Las propiedades del hormigón utilizadas en el control de conformidad son aquellas medidas mediante los procedimientos de ensayo apropiados usando procedimientos normalizados. Los valores reales de las propiedades del hormigón en la estructura pueden diferir de los obtenidos mediante ensayos, dependiendo, por ejemplo, de las dimensiones de la estructura, de la puesta en obra, la compactación, el curado y las condiciones climáticas.

El plan de muestreo y ensayo y los criterios de conformidad deben ser conformes con los procedimientos que se indican en los apartados 8.2 u 8.3. Estas disposiciones son también de aplicación al hormigón para productos prefabricados, a menos que la norma específica de producto contenga un conjunto equivalente de disposiciones. Si el peticionario requiere frecuencias mayores de muestreo esto debe acordarse previamente. Para las propiedades no cubiertas por estos apartados, el plan de muestreo y ensayo, el método de ensayo y los criterios de conformidad deben ser previamente acordados entre el fabricante y el peticionario.

El lugar de muestreo para los ensayos de conformidad debe elegirse de manera que las propiedades pertinentes y la composición del hormigón no experimenten cambios significativos entre éste y el lugar de entrega. En el caso de hormigones ligeros fabricados con áridos no saturados, las muestras se deben tomar en el lugar de la entrega.

Cuando los ensayos para el control de producción sean los mismos que los requeridos para el control de conformidad, se permitirá que se tengan en cuenta para la evaluación de la conformidad. El fabricante puede utilizar también otros resultados del hormigón en el momento de la entrega para la evaluación de la conformidad.

La conformidad o no conformidad se juzga en base a los criterios de conformidad. La no conformidad puede conducir a acciones complementarias en el lugar de fabricación y en la obra (véase el apartado 8.4).

La reglamentación española solamente obliga al Control de Recepción según las especificaciones del capítulo XV de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

El control de conformidad y criterios de conformidad realmente son criterios de evaluación de la conformidad del hormigón fabricado y deben proporcionar el mismo nivel de seguridad que el Control de Recepción especificado en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE, que es superior al correspondiente al texto de la Norma EN 206-1:2000 para aplicar a la producción del hormigón.

8.2 Control de conformidad para hormigones designados por propiedades

8.2.1 Control de conformidad de la resistencia a compresión

8.2.1.1 Generalidades

Para hormigones de densidad normal y pesados, de clase resistente comprendida entre la C8/10 y la C55/67, u hormigones ligeros de clase LC8/9 a clase LC55/60, el muestreo y ensayo debe realizarse sobre cada composición de hormigón, o sobre familias de hormigón cuya aptitud esté establecida (véase el apartado 3.1.14) según decida el fabricante, a no ser que se acuerde de otra forma. El concepto de familias de hormigón no debe ser de aplicación a hormigones de clase resistente superior. Los hormigones ligeros no deben incluirse en familias de hormigones de densidad normal. Los hormigones ligeros con áridos similares pueden agruparse formando su propia familia.

NOTA Para guiarse en la elección de las familias de hormigón, véase el anexo K. En el Informe CEN (13901) se recoge información más detallada sobre la aplicación del concepto de familia de hormigón.

En el caso de familias de hormigón, el fabricante debe realizar el control sobre todos los miembros de la familia, debiéndose llevar a cabo el muestreo sobre todo el rango de composiciones de hormigón fabricadas dentro de la familia.

Cuando se realizan los ensayos de conformidad sobre una familia de hormigones, se selecciona un hormigón de referencia, que puede ser el más frecuentemente fabricado o bien uno que se encuentre en medio de la gama de hormigones que constituyen la familia. Entre cada composición de hormigón que forma parte de la familia y el hormigón de referencia se establecen relaciones, con el fin de poder llevar a cabo una transposición de los resultados de ensayos de resistencia a compresión de cada una de ellas al hormigón de referencia. Estas relaciones deben ser verificadas, sobre la base de los ensayos de resistencia a compresión obtenidos durante el periodo inicial, en cada periodo de evaluación y cuando se produzcan cambios apreciables en las condiciones de fabricación. Además, cuando se evalúe la conformidad de la familia, se debe comprobar que cada uno de sus miembros sigue perteneciendo a la misma (véase el apartado 8.2.1.3).

En el plan de muestreo y ensayo y en los criterios de conformidad, tanto de composiciones individuales de hormigón como de familias de hormigones, se distingue entre fabricación inicial y fabricación continua.

La fabricación inicial cubre el periodo de fabricación hasta que se disponga de, al menos, 35 resultados de ensayo.

La fabricación continua se alcanza cuando se obtienen al menos 35 resultados de ensayo en un periodo no superior a los 12 meses.

Si la fabricación de una composición individual de hormigón, o de una familia, se ha suspendido durante un periodo superior a 12 meses, el fabricante debe adoptar los criterios, planes de muestreo y ensayo correspondientes a la producción inicial.

Durante la fabricación continua el fabricante puede adoptar el plan de muestreo y ensayo y los criterios de conformidad utilizados para la producción inicial.

Si la resistencia se especifica a una edad diferente, la conformidad se evalúa sobre probetas ensayadas a dicha edad.

Cuando sea preciso evaluar que un volumen definido de hormigón pertenece a una población verificada como conforme con los requisitos de resistencia característica, por ejemplo si existen dudas sobre la calidad de la amasada o de la carga, o en casos especiales en que lo pidan las especificaciones del proyecto, se hará de acuerdo a lo indicado en el anexo B.

De acuerdo con la Instrucción de Hormigón Estructural EHE:

Se sustituye el texto por el siguiente:

Para todos los hormigones incluidos en esta norma el muestreo y ensayo deberá realizarse sobre cada tipo de hormigón.

En el caso de especificación de hormigones designados por propiedades, según el apartado 6.2. de esta norma, se consideran hormigones del mismo tipo aquellos que corresponden a la misma especificación (por ejemplo: todos los hormigones que se fabrican bajo la misma especificación, con la misma resistencia a compresión, son del mismo tipo).

En el caso de especificación de hormigones designados por dosificación, según los apartados 6.3 y 6.4 de esta norma, se consideran hormigones del mismo tipo aquellos que corresponden a la misma composición.

En el plan de muestreo y ensayo y en los criterios de conformidad, se distingue entre fabricación inicial y fabricación continua.

La fabricación inicial cubre el periodo de fabricación hasta que se disponga de, al menos, 35 resultados de ensayos y el ritmo de fabricación sea el correspondiente a la fabricación continua. Si este ritmo no se alcanza la fabricación se seguirá considerando como inicial.

La fabricación continua se alcanza cuando se obtienen al menos 35 resultados de ensayo en un periodo no superior a los 12 meses.

Si la fabricación de un tipo de hormigón se ha suspendido durante un periodo superior a 12 meses, el fabricante deberá adoptar los criterios, planes de muestreo y ensayos correspondientes a la fabricación inicial.

Durante la fabricación continua el fabricante puede adoptar el plan de muestreo y ensayo y los criterios de conformidad utilizados para la producción inicial, pero no puede mezclar ambos. Se deberá indicar con claridad la producción controlada y el criterio utilizado.

Si la resistencia se especifica a una edad diferente de los 28 días, la conformidad se evaluará sobre probetas ensayadas a la edad especificada.

8.2.1.2 Plan de muestreo y ensayo

Las muestras de hormigón deben seleccionarse al azar y tomarse de acuerdo con la Norma EN 12350-1. El muestreo debe llevarse a cabo sobre cada familia de hormigón (véase el apartado 3.1.14) fabricada en condiciones consideradas uniformes. La frecuencia mínima de muestreo y ensayo del hormigón debe cumplir con lo indicado en la tabla 13, adoptándose la frecuencia que proporcione el mayor número de muestras para la producción inicial o continua, según corresponda.

Con independencia de lo indicado en el apartado 8.1, las muestras se deben tomar después de la adición de cualquier cantidad de agua o aditivos al hormigón, siempre que ésta se realice bajo la responsabilidad del fabricante, pero se permitirá la toma de muestras previa a la incorporación del aditivo plastificante o superplastificante, con el fin de ajustar la consistencia (véase el apartado 7.5), cuando se demuestre, mediante ensayos iniciales, que la incorporación de éste, en las cantidades previstas, no produce efectos negativos sobre la resistencia del hormigón.

El resultado de ensayo debe ser el obtenido a partir de una probeta individual o de la media de los resultados de dos o más probetas fabricadas a partir de una misma muestra y ensayadas a la misma edad.

Cuando se fabriquen dos o más probetas procedentes de una muestra y el intervalo de los valores de ensayo sea superior al 15% en relación a la media, los resultados de ensayo deben ser eliminados a no ser que una investigación ponga de manifiesto la existencia de una razón aceptable que justifique la eliminación de un valor individual del ensayo.

Tabla 13 – Frecuencia mínima de muestreo para la evaluación de la conformidad

Fabricación	Frecuencia mínima de muestreo		
	Primeros 50 m ³ de fabricación	Posteriores a los primeros 50 m ³ de fabricación ^a	
		hormigón con certificación de control de producción	hormigón sin certificación de control de producción
Inicial (hasta que se obtengan al menos 35 resultados de ensayo)	3 muestras	1/200 m ³ ó 2/semana de producción	1/150 m ³ o 1/día de producción
Continua ^b (cuando se dispone de, al menos, 35 resultados de ensayo)		1/400 m ³ ó 1/semana de producción	

^a El muestreo debe distribuirse a lo largo de la fabricación y no debe ser mayor de 1 muestra cada 25 m³.

^b Cuando la desviación típica de los últimos 15 resultados de ensayo supera 1,37 σ, la frecuencia de muestreo se debe incrementar a la exigida para la producción inicial para los 35 resultados de ensayo siguientes.

De acuerdo con la Instrucción de Hormigón Estructural EHE:

Se sustituye el texto por el siguiente:

Las muestras de hormigón deberán seleccionarse al azar y tomarse de acuerdo con la Norma EN 12350-1. El muestreo deberá llevarse a cabo sobre cada tipo de hormigón (véase el apartado 8.2.1.1) fabricada en condiciones consideradas uniformes. La frecuencia mínima de muestreo y ensayo del hormigón deberá cumplir con lo indicado en la tabla 13, adoptándose la frecuencia que proporcione el mayor número de muestras para la producción inicial o continua, según corresponda.

Con independencia de lo indicado en el apartado 8.1, las muestras se tomarán después de la adición de cualquier cantidad de agua o aditivos al hormigón, siempre que ésta se realice bajo la responsabilidad del fabricante, pero se permitirá la toma de muestras previa a la incorporación del aditivo plastificante o superplastificante, con el fin de ajustar la consistencia (véase el apartado 7.5), cuando se demuestre, mediante ensayos iniciales, que la incorporación de éste, en las cantidades previstas, no produce efectos negativos sobre la resistencia del hormigón.

El resultado de ensayo deberá ser el obtenido a partir de la media de dos o más probetas fabricadas a partir de una misma muestra y ensayadas a la misma edad.

Cuando se fabriquen dos o más probetas procedentes de una muestra y el recorrido relativo de los valores de ensayo sea superior al 15% ó el 20%, respectivamente, los resultados de ensayo deberán ser eliminados.

Tabla 13 – Frecuencia mínima de muestreo para la evaluación de la conformidad

Fabricación	Frecuencia mínima de muestreo		
	Primero 50 m ³ de fabricación ^{a)}	Posteriores a los primeros 50 m ³ de fabricación ^{a)}	
Inicial (hasta que se obtengan al menos 35 resultados de ensayo)	3 muestras	1 muestra cada 200 m ³ ó 2 muestras cada semana de producción	1 muestra cada 150 m ³ ó 1 muestra cada día de producción
Continua (cuando se dispone de, al menos, 35 resultados de ensayo) ^{b)}		1 muestra cada 300 m ³ ó 1 muestra cada semana de producción	

^a El muestreo debe distribuirse a lo largo de la fabricación y no debe ser mayor de 1 muestra cada 25 m³

^{a)} En este caso de muestreo no debe ser mayor de 1 muestra cada 17 m³

^b Cuando la desviación típica de los últimos 15 resultados de ensayo supera 1.37 σ, la frecuencia de muestreo se debe incrementar a la exigida para la producción inicial durante los 35 resultados de ensayo siguientes.

σ es la desviación típica, obtenida de resultados de 35 ensayos consecutivos, que se utiliza en la tabla 14 del apartado 8.2.13

8.2.1.3 Criterios de conformidad para la resistencia a compresión

La evaluación de la conformidad se debe realizar sobre los resultados de los ensayos tomados durante un período de evaluación que no debe exceder de los últimos 12 meses.

La conformidad de la resistencia a compresión del hormigón se evalúa sobre probetas ensayadas a 28 días¹⁾ de edad de acuerdo con el apartado 5.5.1.2 para:

- grupos de "n" resultados de ensayos consecutivos no solapados o solapados f_{cm} (criterio 1).
- cada resultado de ensayo individual f_{ci} (criterio 2).

NOTA Los criterios de conformidad se han establecido sobre la base de resultados de ensayo no solapados. La aplicación de dichos criterios a resultados solapados incrementa el riesgo de rechazo.

La conformidad queda confirmada si se satisfacen los dos criterios dados en la tabla 14 para producción inicial o continua.

Cuando se evalúa la conformidad de una familia de hormigones, se aplicará el criterio 1 al hormigón de referencia teniendo en cuenta todos los resultados de ensayo de la familia traspuestos; el criterio 2 se aplicará sobre los resultados de ensayo originales.

Para confirmar que cada miembro que compone la familia pertenece a la misma, la media de todos los resultados de ensayo no traspuestos (f_{cm}) de un miembro individual debe evaluarse según el criterio 3 dado en la tabla 15. Cualquier hormigón que no satisfaga este criterio debe eliminarse de la familia y evaluarse de forma individual para su conformidad.

1) Si la resistencia se especifica a otra edad, la conformidad se evaluará sobre probetas ensayadas a la edad especificada.

Tabla 14 – Criterios de conformidad para la resistencia a compresión

Fabricación	Número "n" de resultados de ensayo de resistencia a compresión en el grupo	Criterio 1	Criterio 2
		Media de "n" resultados (f_{cm}) en N/mm ²	Cualquier resultado individual de ensayo (f_{ci}) en N/mm ²
Inicial	3	$\geq f_{ck} + 4$	$\geq f_{ck} - 4$
Continua	≥ 15	$\geq f_{ck} + 1,48 \sigma$	$\geq f_{ck} - 4$

Tabla 15 – Criterio de confirmación de miembros de una familia de hormigones

Número "n" de resultados de ensayo de resistencia a compresión de un hormigón individual	Criterio 3
	Media de "n" resultados (f_{cm}) para un miembro individual de la familia, en N/mm ²
2	$\geq f_{ck} - 1,0$
3	$\geq f_{ck} + 1,0$
4	$\geq f_{ck} + 2,0$
5	$\geq f_{ck} + 2,5$
6	$\geq f_{ck} + 3,0$

Inicialmente, la desviación típica debe calcularse a partir de al menos 35 resultados de ensayos consecutivos obtenidos en un período superior a 3 meses, inmediatamente anterior al período de producción durante el cual ha de comprobarse la conformidad. Este valor se tomará como una estimación de la desviación típica de la población (σ). La validez del valor adoptado tendrá que verificarse para los siguientes períodos de producción. Se admite la utilización de dos procedimientos de estimación del valor σ , cuya elección debe hacerse previamente:

– Método 1

El valor inicial de la desviación típica puede aplicarse al siguiente período de verificación de la conformidad, siempre que la desviación típica de los últimos 15 resultados (s_{15}) no se haya desviado significativamente de la desviación típica adoptada. Esto se considera válido si:

$$0,63 \sigma \leq s_{15} \leq 1,37 \sigma$$

Cuando el valor de s_{15} quede fuera de estos límites, se debe realizar una nueva estimación del valor de σ a partir de los últimos 35 resultados de ensayo.

– Método 2

El nuevo valor de σ puede estimarse a través de un sistema continuo, adoptando el valor resultante. La sensibilidad del sistema debe ser al menos igual a la del método 1.

La nueva estimación de σ se debe aplicar en el siguiente período de evaluación.

De acuerdo con la Instrucción de Hormigón Estructural EHE:

Se sustituye el texto por el siguiente:

La evaluación de conformidad se realizará sobre los resultados de los ensayos tomados durante un periodo de evaluación que no excederá de los últimos 12 meses.

El fabricante podrá aumentar la frecuencia a que se refiere el párrafo anterior y reducir el periodo de evaluación.

La conformidad de la resistencia a compresión del hormigón se evalúa sobre probetas ensayadas a 28 días (1) de edad de acuerdo con el apartado 5.5.1.2 para:

- grupo de "n" resultados de ensayos consecutivos no solapados o solapados f_{cm} (criterio 1)

La conformidad queda confirmada si se satisfacen el criterio dado en la tabla 14 para producción inicial o continua.

El criterio de conformidad se ha establecido sobre la base de resultados de ensayo no solapados. La aplicación de dichos criterios a resultados solapados incrementa el riesgo de rechazo.

NOTA 1 Si la resistencia se especifica a otra edad, la conformidad se evaluará sobre probetas ensayadas a la edad especificada.

Tabla 14 – Criterio de conformidad para la resistencia a compresión

Fabricación	Número "n" de resultados de ensayo de resistencia a compresión en el grupo	Criterio 1
		Media de "n" resultados (f_{cm}) en N/mm^2
Inicial	3	$\geq f_{ck} + r_m$
Continua	≥ 15	$\geq f_{ck} + 1,645 \sigma$

r_m = recorrido muestral igual a la diferencia entre el valor mayor y el menor valor de los 3 ensayos realizados

$$r_m = x'_3 - x'_1 \\ x'_1 \leq x'_2 \leq x'_3$$

Inicialmente, la desviación típica deberá calcularse a partir de al menos 35 resultados de ensayos consecutivos obtenidos en un periodo superior a 3 meses, inmediatamente anterior al periodo de producción durante el cual ha de comprobarse la conformidad. Este valor se tomará como una estimación de la desviación típica de la población (σ). La validez del valor adoptado tendrá que verificarse para los siguientes periodos de producción. Se admite la utilización de dos procedimientos de estimación del valor σ , cuya elección deberá hacerse previamente:

- Método 1

El valor inicial de la desviación típica puede aplicarse al siguiente periodo de verificación de la conformidad, siempre que la desviación típica de los últimos 15 resultados (s_{15}) no se haya desviado significativamente de la desviación típica adoptada. Esto se considera válido si:

$$0,63 \sigma \leq s_{15} \leq 1,37 \sigma$$

Cuando el valor de s_{15} quede fuera de estos límites, se deberá realizar una nueva estimación del valor de σ a partir de los últimos 35 resultados de ensayo.

- *Método 2*

El nuevo valor de σ puede estimarse a través de un sistema continuo, adoptando el valor resultado. La sensibilidad del sistema debe ser al menos igual a la del método 1.

La nueva estimación de σ se aplicará en el siguiente periodo de evaluación.

8.2.2 Control de conformidad para la resistencia a tracción indirecta

NOTA Cuando se especifica la resistencia a flexión, se puede utilizar el mismo procedimiento.

8.2.2.1 Generalidades

Se aplicará el apartado 8.2.1.1, pero no así lo relativo al concepto de familia de hormigones. Cada composición de hormigón debe evaluarse por separado.

8.2.2.2 Plan de muestreo y ensayo

Se aplica el apartado 8.2.1.2.

8.2.2.3 Criterios de conformidad para la resistencia a tracción indirecta

Cuando se especifique la resistencia a tracción indirecta del hormigón, la evaluación de la conformidad se debe realizar sobre los resultados de ensayo tomados durante un período de evaluación que no debe exceder de los últimos 12 meses.

La conformidad de la resistencia a tracción indirecta del hormigón se evalúa sobre probetas ensayadas a los 28 días de edad, a menos que se haya especificado a otra edad, de acuerdo con el apartado 5.5.1.3 para:

- grupos de "n" resultados de ensayo consecutivos f_{tm} , no solapados o solapados (criterio 1);
- cada resultado de ensayo individual f_{ti} (criterio 2).

La conformidad con la resistencia característica a tracción indirecta (f_{tk}) se confirma si los resultados de ensayo satisfacen los dos criterios de la tabla 16 para producción inicial o continua, según corresponda.

Tabla 16 – Criterios de conformidad para la resistencia a tracción indirecta

Fabricación	Número "n" de resultados en el grupo	Criterio 1	Criterio 2
		Media de "n" resultados (f_{tm}) en N/mm ²	Cualquier resultado individual de ensayo (f_{ti}) en N/mm ²
Inicial	3	$\geq f_{tk} + 0,5$	$\geq f_{tk} - 0,5$
Continua	≥ 15	$\geq f_{tk} + 1,48 \sigma$	$\geq f_{tk} - 0,5$

Se deben aplicar, de forma similar, los criterios indicados en el apartado 8.2.1.3. para la desviación típica.

De acuerdo con la Instrucción de Hormigón Estructural EHE:

Se sustituye la tabla 16 por la tabla 16 siguiente.

Tabla 16 – Criterio de conformidad para la resistencia a tracción indirecta

<i>Fabricación</i>	<i>Número “n” de resultados en el grupo</i>	<i>Criterio 1</i>
		<i>Media de “n” resultados (f_m) en N/mm²</i>
<i>Inicial</i>	<i>3</i>	$\geq f_{ik} + r_m$
<i>Continua</i>	≥ 15	$\geq f_{ik} + 1,645 \sigma$

Se aplicarán, de forma similar, los criterios indicados en el apartado 8.2.1.3 para la desviación típica.

El valor r_m tiene el mismo significado que en el apartado 8.2.1.3.

8.2.3 Control de conformidad para propiedades distintas a la resistencia

En todo caso se deberán cumplir las especificaciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE:

8.2.3.1 Plan de muestreo y ensayo

Las muestras de hormigón, deben seleccionarse al azar y tomarse de acuerdo con la Norma EN 12350-1. El muestreo debe llevarse a cabo sobre cada familia de hormigones fabricada en condiciones consideradas uniformes. El número mínimo de muestras, y los métodos de ensayo deben ser los indicados en las tablas 17 y 18.

8.2.3.2 Criterios de conformidad para propiedades distintas a la resistencia

Cuando se especifiquen otras propiedades del hormigón distintas a la resistencia, las evaluaciones de la conformidad deben hacerse durante la fabricación en un período de evaluación que no debe exceder de los últimos 12 meses.

La conformidad del hormigón se basa en contar el número de resultados obtenidos en el período de evaluación que quedan fuera de los valores límite especificados, clases límites o tolerancias de un valor nominal, y en su comparación con el número máximo permitido (método de control por atributos).

La conformidad con la propiedad requerida se confirma si:

- el número de resultados de ensayo que se encuentran fuera del valor límite especificado, clases límites, tolerancia de un valor nominal, según corresponda, no superan al número de aceptación de las tablas 19a o 19b, según se indica en las tablas 17 y 18. Alternativamente este requisito puede basarse en un control por variables según la Norma ISO 3951:1989 tabla II-A (AQL = 4%), donde el número de aceptación se refiere a la tabla 19 a;
- todos los resultados de ensayo individuales se encuentran dentro de las desviación máxima admisible indicada en las tablas 17 ó 18.

Tabla 17 – Criterios de conformidad para propiedades distintas de la resistencia

Propiedad	Método de ensayo o método de determinación	Número mínimo de muestras o determinaciones	Criterio de aceptación	Desviación máxima admisible de los resultados de ensayo individuales con relación a los límites de la clase especificada, o de las tolerancias de los valores nominales especificados	
				valor inferior	valor superior
Densidad del hormigón pesado	EN 12390-7	Como en la tabla 13 para la resistencia a compresión	Véase la tabla 19a	-30 kg/m ³	Sin límite ^{a)}
Densidad del hormigón ligero	EN 12390-7	Como en la tabla 13 para la resistencia a compresión	Véase la tabla 19a	- 30 kg/m ³	+30 kg/m ³
Relación agua/cemento	Véase el apartado 5.4.2	1 determinación diaria	Véase la tabla 19a	Sin límite ^a	+ 0,02
Contenido de cemento	Véase el apartado 5.4.2	1 determinación diaria	Véase la tabla 19a	-10 kg/m ³	Sin límite ^a
Contenido de aire en un hormigón fresco con aire ocluido	EN 12350-7 para hormigones de densidad normal y pesados; ASTM C 173 para hormigones ligeros	1 muestra por día de fabricación, cuando se estabilice	Véase la tabla 19a	- 0,5% en valor absoluto	+ 1,0% en valor absoluto
Contenido en cloruros del hormigón	Véase el apartado 5.2.7	La determinación debe realizarse para cada composición de hormigón y debe repetirse en el caso de que se produzca un incremento en el contenido en cloruros de cualquiera de sus componentes	0	Sin límite ^a	No se permiten valores superiores

^{a)} A menos que los límites estén especificados.

Tabla 18 – Criterios de conformidad para la consistencia

Método de ensayo		Número mínimo de muestras o determinaciones	Criterio de aceptación	Desviación máxima admisible ^a de los resultados de ensayo individuales con relación a los límites de las clases especificadas, o a las tolerancias de los valores nominales especificados	
				valor inferior	valor superior
Inspección visual	Comparación de su aspecto con el de un hormigón con la consistencia especificada	Cada amasada; cada carga en el caso de suministro mediante vehículo	-	-	-
Asentamiento	EN 12350-2	i) Frecuencia dada en la tabla 13 para la resistencia a compresión ii) Cuando se controle el contenido de aire iii) En caso de duda a partir de inspecciones visuales	Véase la tabla 19b	- 10 mm - 20 mm ^b	+ 20 mm + 30 mm ^b
Tiempo Vebe	EN 12350-3		Véase la tabla 19b	- 2 s - 4 s ^b	+ 4 s + 6 s ^b
Grado de compactabilidad	EN 12350-4		Véase la tabla 19b	- 0,03 - 0,05 ^b	+ 0,05 + 0,07 ^b
Escurrimiento	EN 12350-5		Véase la tabla 19b	- 20 mm - 30 mm ^b	+ 30 mm + 40 mm

^a Estas desviaciones no se aplican cuando no exista límite superior o inferior en la clase de consistencia pertinente.

^b Aplicable únicamente para ensayo de consistencia en el momento de la descarga inicial del camión hormigonera (véase el apartado 5.4.1).

8.3 Control de conformidad para hormigones designados por dosificación, incluidos los hormigones designados por dosificación en una norma

Cada amasada de un hormigón designado por dosificación debe ser objeto de una evaluación de la conformidad con relación al contenido de cemento, al tamaño máximo nominal y proporciones del árido si se especifica y, cuando sea pertinente, a la relación agua/cemento, a la cantidad de aditivo o de adición. La cantidad de cemento, árido (cada tamaño especificado), aditivo y adición registrada en el registro de fabricación, o en la impresión del registrador de la amasada, debe encontrarse dentro de las tolerancias indicadas en la tabla 21, y la relación agua/cemento debe estar dentro del $\pm 0,04$ del valor especificado. En el caso de hormigón designado por dosificación en una norma las tolerancias equivalentes pueden darse en la norma correspondiente.

Cuando la conformidad de la composición del hormigón vaya a ser evaluada a través del análisis del hormigón fresco, los métodos de ensayo y los límites de conformidad deben acordarse previamente entre el usuario y el fabricante, teniendo en cuenta los límites anteriores y la precisión de los métodos de ensayo.

Cuando vaya a evaluarse la conformidad de la consistencia se aplicará lo indicado en los correspondientes párrafos del apartado 8.2.3 y en la tabla 18.

La conformidad para:

- el tipo y clase resistente del cemento;
- los tipos de árido;
- el tipo de aditivo o adición, en su caso;
- las procedencias de los constituyentes del hormigón, cuando se especifique,

debe evaluarse comparando el registro de fabricación y los documentos que se acompañan en la entrega de los constituyentes con los requisitos especificados.

Tablas 19a y 19b – Números de aceptación para criterios de conformidad de propiedades distintas de la resistencia

Tabla 19a AQL = 4%	
Número de resultados de ensayo	Número de aceptación
1 - 12	0
13 - 19	1
20 - 31	2
32 - 39	3
40 - 49	4
50 - 64	5
65 - 79	6
80 - 94	7
95 - 100	8

Cuando el número de resultados de ensayo sea superior a 100, los números de aceptación podrán tomarse de la tabla 2-A de la Norma ISO 2859-1:1999.

Tabla 19b AQL = 15%	
Número de resultados de ensayo	Número de aceptación
1 - 2	0
3 - 4	1
5 - 7	2
8 - 12	3
13 - 19	5
20 - 31	7
32 - 49	10
50 - 79	14
80 - 100	21

8.4 Acciones en caso de no conformidad del producto

En el caso de no conformidad, el fabricante debe tomar las siguientes medidas:

- comprobar los resultados de ensayo, y si no son válidos adoptar las medidas necesarias para eliminar los errores;
- si la no-conformidad se confirma, por ejemplo mediante contraensayos, adoptar acciones correctoras incluyendo la revisión por parte de la dirección de los procedimientos de control de producción pertinentes;
- cuando una no-conformidad con la especificación, que no sea evidente en el momento de la entrega, se ha confirmado, informar al peticionario y al usuario para evitar cualquier daño;
- registrar las acciones realizadas correspondientes a los apartados anteriores.

Si la no-conformidad del hormigón se produce por la incorporación de agua o aditivos en obra (véase el apartado 7.5) el fabricante sólo debe adoptar medidas en el caso de que fuese él el que autorizase tal adición.

NOTA Si el fabricante ha informado sobre la no-conformidad del hormigón, o si los resultados de los ensayos de conformidad no cumplen los requisitos establecidos, pueden pedirse ensayos complementarios, según la Norma EN 12504-1, sobre testigos tomados de la estructura o elemento, o bien una combinación de ensayos sobre testigos y ensayos no destructivos sobre la estructura o elemento, por ejemplo según la Norma EN 12504-2 o el proyecto de Norma prEN 12504-4:1999. En el proyecto de Norma prEN 13791:1999 se dan unas recomendaciones para la evaluación de la resistencia en estructuras o en elementos estructurales.

9 CONTROL DE PRODUCCIÓN

9.1 Generalidades

Todo hormigón debe estar sometido a un control de producción bajo la responsabilidad del fabricante.

El control de producción comprende todas las medidas necesarias para mantener las propiedades del hormigón, en conformidad con los requisitos especificados. Incluye:

- la selección de materiales;
- el diseño del hormigón;
- la fabricación del hormigón;
- las inspecciones y ensayos;
- el uso de los resultados de ensayo sobre los materiales constituyentes, sobre el hormigón en estado fresco y endurecido y sobre los equipos;
- cuando sea pertinente, las inspecciones de los equipos utilizados en el transporte del hormigón fresco;
- el control de la conformidad para lo cual se dan las disposiciones del capítulo 8.

En los apartados siguientes se incluyen los requisitos para otros aspectos del control de producción. Estos requisitos deben considerarse teniendo en cuenta el tipo y tamaño de la producción, el de la obra, los equipos particulares, los procedimientos y reglas en vigor en el lugar de fabricación y utilización del hormigón. Pueden ser necesarios requisitos adicionales debido a circunstancias especiales en el lugar de fabricación, o por requisitos específicos para ciertas estructuras o elementos estructurales.

NOTA El capítulo 9 tiene en cuenta los principios de la Norma EN ISO 9001.

En todo caso se deberán cumplir las especificaciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

9.2 Sistemas de control de producción

La responsabilidad, autoridad y la interrelación de todo el personal a cargo de la gestión, la ejecución y la verificación de los trabajos que afectan a la calidad del hormigón deben definirse en un sistema de control de producción documentado (manual de control de producción). Esto afecta particularmente al personal que precisa de una cierta libertad de organización y de un cierto poder de decisión para minimizar el riesgo de hormigones no conformes, y para identificar y registrar cualquier problema de calidad.

El sistema de control de producción debe revisarse al menos cada 2 años por la dirección del fabricante para asegurar la idoneidad y efectividad del sistema. Deben mantenerse registros de tales revisiones al menos durante 3 años, a menos que las disposiciones legales exijan un periodo mayor.

El sistema de control de producción debe contener instrucciones y procedimientos adecuadamente documentados. Estos procedimientos e instrucciones deben, cuando sea pertinente, establecerse en relación a los requisitos de control que se indica en las tablas 22, 23 y 24. Las frecuencias de ensayos e inspecciones previstas por el fabricante deben consignarse. Los resultados de inspecciones y ensayos deben quedar registrados.

9.3 Registro de datos y de otros documentos

Todos los datos pertinentes del control de producción deben registrarse, véase tabla 20. Los registros del control de producción deben guardarse, al menos, durante 3 años a no ser que disposiciones legales exijan un período mayor.

Tabla 20 – Registro de datos y de otros documentos, cuando corresponda

Tema	Registro de datos o de otros documentos
Requisitos especificados	Especificaciones contractuales o relación de requisitos
Cementos, áridos, aditivos, adiciones	Nombre de los suministradores y procedencias
Ensayos sobre agua de amasado (no necesarios para agua potable)	Fecha y lugar de muestreo Resultados de ensayos
Ensayos sobre materiales constituyentes	Fecha y resultados de ensayos
Composición de hormigón	Descripción del hormigón Registros de la masa de los materiales constituyentes en la amasada o carga (por ejemplo, contenido de cemento) Relación agua/cemento Contenido en cloruros Código del miembro de la familia
Ensayos sobre hormigón fresco	Fecha y lugar del muestreo Localización en la estructura, si se conoce Consistencia (método usado y resultados) Densidad, cuando se pida Temperatura del hormigón, cuando se pida Contenido de aire, cuando se pida Volumen de hormigón en la amasada o carga ensayada Número y códigos de las probetas para ensayo Relación agua/cemento, cuando se pida
Ensayos sobre hormigón endurecido	Fecha de ensayo Código y edad de las probetas Resultados de ensayo de la densidad y la resistencia Observaciones particulares (por ejemplo forma de rotura inusual)
Evaluación de la conformidad	Conformidad/no conformidad con las especificaciones
Adicionalmente, en el caso de hormigón preparado	Nombre del comprador Identificación de la obra, por ejemplo lugar de construcción Número y fecha de las hojas de suministro correspondientes a los ensayos Hojas de suministro
Adicionalmente, en el caso de elementos prefabricados	La norma del producto pertinente, puede exigir datos adicionales o diferentes

9.4 Ensayos

Los ensayos se deben realizar de acuerdo con los métodos indicados en esta norma (métodos de ensayo de referencia), pudiéndose utilizar otros métodos de ensayo cuando se haya podido establecer una correlación o relación fiable entre los resultados de estos métodos de ensayo y los resultados de los métodos de referencia. La validez de esta relación fiable o de esta correlación debe verificarse en intervalos adecuados.

Esta verificación debe realizarse por separado en cada centro de producción a menos que dicha correlación venga dada en normas nacionales o disposiciones válidas en el lugar de uso del hormigón.

9.5 Composición del hormigón y ensayos iniciales

En el caso de utilizar una nueva composición del hormigón, deben realizarse ensayos iniciales para obtener un hormigón que alcance las propiedades específicas o el comportamiento previsto con un margen de seguridad adecuado (véase el anexo A). Cuando se disponga de experiencia a largo plazo con un hormigón o familia similar, no serán necesarios los ensayos iniciales. Cuando se produzca un cambio significativo en los materiales constituyentes debe volver a estudiarse la dosificación del hormigón y las correlaciones para el diseño de la mezcla. En el caso de un hormigón designado por dosificación o de un hormigón designado por dosificación en una norma, no será necesario que el fabricante realice ensayos iniciales.

Se considera que las nuevas composiciones de hormigón obtenidas por interpolación entre composiciones conocidas, o por extrapolaciones de la resistencia a compresión que no rebasen los 5 N/mm^2 , satisfacen los requisitos de ensayos iniciales.

Las composiciones de hormigón deben revisarse periódicamente para tener la garantía de que todas las dosificaciones de hormigón siguen siendo conformes con los requisitos en vigor, teniendo en cuenta los cambios en las propiedades de los materiales constituyentes y los resultados de los ensayos de conformidad realizados sobre las mencionadas composiciones.

9.6 Personal, equipo e instalación

9.6.1 Personal

El conocimiento, la formación y la experiencia del personal involucrado en la fabricación y en el control de producción deben ser adecuados al tipo de hormigón, por ejemplo hormigón de alta resistencia, hormigón ligero.

Deben conservarse los documentos adecuados relativos a la formación y a la experiencia del personal involucrado en la fabricación y el control de producción.

NOTA En algunos países, existen requisitos especiales relativos a los niveles de conocimiento, formación y experiencia para el desempeño de las diferentes tareas.

9.6.2 Equipamiento e instalaciones

9.6.2.1 Almacenamiento de materiales

Los materiales constituyentes deben almacenarse y manipularse de manera que sus propiedades no cambien significativamente, por ejemplo por acciones climáticas, intermezclado o contaminación, y se mantenga su conformidad con las normas correspondientes.

Los compartimentos de almacenamiento deben estar claramente identificados con el fin de evitar errores en el uso de los materiales constituyentes.

Deben tenerse en cuenta las instrucciones particulares dadas por el suministrador de los materiales constituyentes.

Deben preverse dispositivos que permitan la toma de muestras representativas de, por ejemplo, acopios, silos y tolvas.

9.6.2.2 Equipo de dosificación

Las características del equipo de dosificación deben ser tales que, bajo las condiciones habituales de funcionamiento, se puedan alcanzar y mantener las tolerancias que se indican en el apartado 9.7.

La precisión del equipo de dosificación debe cumplir con los requisitos vigentes en el lugar de producción del hormigón.

9.6.2.3 Amasadoras

Las amasadoras deben ser capaces de conseguir una mezcla uniforme de los materiales constituyentes y una consistencia homogénea del hormigón para un tiempo y una capacidad de amasado dadas.

Los camiones hormigonera y los equipos agitadores deben estar preparados de manera que sean capaces de suministrar el hormigón en un estado de mezcla homogéneo. Además, si bajo la responsabilidad del fabricante se tuvieran que añadir agua o aditivos en obra, los camiones hormigonera deben disponer de un equipo de medida y vaciado adecuado.

9.6.2.4 Equipo de ensayo

Cuando se requieran para inspecciones y ensayos de equipos, materiales constituyentes y hormigón, deben estar disponibles todos los medios, equipos e instrucciones de manejo necesarias.

El equipo de ensayo debe estar calibrado en el momento del ensayo y el fabricante debe realizar un programa de calibración.

9.7 Dosificación de materiales constituyentes

En el lugar en el que se dosifique el hormigón debe disponerse de instrucciones de dosificación documentadas que den detalles del tipo y cantidad de los materiales constituyentes.

Para cualquier cantidad de hormigón de 1 m³ o superior, la tolerancia de la dosificación de los materiales constituyentes no debe rebasar los límites dados en la tabla 21. Cuando se amasen o reamasen en camión hormigonera una serie de amasadas, las tolerancias de la tabla 21 deben aplicarse a la carga.

Tabla 21 – Tolerancias de dosificación de los materiales constituyentes

Materiales constituyentes	Tolerancia
Cemento	
Agua	
Total de áridos	± 3% de la cantidad requerida
Adiciones utilizadas en una proporción superior al 5% sobre la masa del cemento	
Aditivos y adiciones utilizadas en una proporción no superior al 5% sobre la masa del cemento	± 5% de la cantidad requerida
NOTA La tolerancia es la diferencia entre el valor nominal y el valor medido.	

Los cements, áridos y adiciones en forma pulverulenta deben dosificarse en masa; se admitirán otros procedimientos, siempre que se alcance la tolerancia requerida para la dosificación, y esto sea documentado.

El agua de amasado, los áridos ligeros, los aditivos y las adiciones líquidas podrán dosificarse en masa o en volumen.

9.8 Amasado del hormigón

La mezcla de los materiales constituyentes debe realizarse en una amasadora conforme con el apartado 9.6.2.3 y continuarse hasta que el hormigón tenga una apariencia uniforme.

Las amasadoras no deben cargarse por encima de su capacidad nominal de amasado.

Cuando se utilicen aditivos, éstos deben añadirse durante el amasado principal, excepto en el caso de plastificantes o superplastificantes que podrán añadirse después del amasado principal. En este último caso, el hormigón debe reamasarse hasta que el aditivo se haya dispersado completamente en la amasada o en la carga y haya alcanzado su plena efectividad.

NOTA En un camión hormigonera, la duración del reamasado, tras el amasado principal, no debe ser inferior a 1 min/m³ ni a 5 min después de haber añadido un aditivo.

En el caso de hormigones ligeros fabricados con áridos no saturados, el periodo desde el amasado inicial y la finalización del amasado final (por ejemplo, reamasado en camión hormigonera) debe prolongarse hasta que el agua absorbida por el árido ligero, y el aire liberado como consecuencia de ello, no tengan una significativa influencia negativa sobre las propiedades del hormigón endurecido.

La composición del hormigón fresco no debe alterarse una vez haya salido de la amasadora.

9.9 Procedimientos de control de producción

La conformidad de los materiales constituyentes, los equipos, los procedimientos de fabricación y el hormigón deben controlarse de acuerdo con las especificaciones y requisitos de esta norma. El control debe permitir la detección de cambios significativos capaces de influir sobre sus características, de manera que puedan adoptarse las medidas correctoras apropiadas.

Los tipos y las frecuencias de las inspecciones/ensayos de los materiales constituyentes deben ser las indicadas en la tabla 22.

NOTA Esta tabla se basa en el supuesto que existe un adecuado control de producción por parte del fabricante de los materiales constituyentes en el lugar donde éstos se producen, y que se suministran con una declaración o certificado de conformidad con las especificaciones pertinentes. En caso contrario, el fabricante del hormigón debería comprobar la conformidad de estos materiales con las normas correspondientes.

El control de los equipos debe asegurar que las instalaciones de almacenamiento, el equipo de pesado y medida, la amasadora y los dispositivos de control (por ejemplo el medidor del contenido de agua de los áridos) se encuentran en buenas condiciones de trabajo y que son conformes con los requisitos de esta norma. La frecuencia de inspecciones y ensayos del equipo (durante los períodos de utilización) se indican en la tabla 23.

La planta, el equipo y los medios de transporte deben someterse a un sistema planificado de mantenimiento y deben conservarse en condiciones eficientes de funcionamiento, de forma que las características y la cantidad de hormigón no sean afectadas negativamente.

Las características del hormigón designado por propiedades deben controlarse con relación a los requisitos especificados en la tabla 24.

La composición del hormigón designado por dosificación, su consistencia y temperatura, cuando se especifiquen, deben controlarse con relación a los requisitos especificados en la tabla 24 (líneas 2 a 4, 6, 7 y 9 a 14).

El control debe incluir la fabricación, el transporte hasta el lugar de suministro y la entrega.

Para algunos hormigones pueden ser necesarios requisitos adicionales para el control de producción. Para la fabricación de hormigones de alta resistencia son precisos experiencia y conocimientos especiales. Éstos no se encuentran definidos en esta norma. En el anexo H se dan algunas recomendaciones al respecto. Si en el contrato se hubiesen definido requisitos especiales para el hormigón, el control de producción debe incluir las acciones apropiadas además de las contenidas en las tablas 22 a 24.

En casos especiales, las medidas previstas en las tablas 22 a 24 pueden adaptarse a las condiciones del lugar específico de fabricación y ser sustituidas por medidas que proporcionen un nivel de control equivalente.

Tabla 22 – Control de los materiales constituyentes

	Materiales	Inspección/ensayo	Objeto	Frecuencia mínima
1	Cementos ^a	Inspección de la hoja de suministro ^d antes de la descarga	Determinar si el envío se ajusta a lo solicitado y la procedencia es la adecuada	Cada entrega
2	Áridos	Inspección de la hoja de suministro ^{b, d} antes de la descarga	Determinar si el envío se ajusta a lo solicitado y la procedencia es la adecuada	Cada entrega
3		Inspección del árido antes de la descarga	Comparar la granulometría, forma e impurezas con su aspecto habitual	Cada entrega En caso de entrega por cinta transportadora, periódicamente en función de las condiciones locales o de entrega
4		Ensayo por tamizado, de acuerdo con la Norma EN 933-1	Evaluar el cumplimiento con una granulometría normalizada o con otras acordadas	Primera entrega procedente de un nuevo punto de suministro, cuando no se disponga de información del suministrador del árido En caso de duda después de una inspección visual Periódicamente en función de las condiciones locales o de entrega ^e
5		Ensayo de impurezas	Evaluar la presencia y cantidad de impurezas	Primera entrega procedente de un nuevo punto de suministro, cuando no se disponga de información del suministrador del árido En caso de duda después de una inspección visual Periódicamente en función de las condiciones locales o de entrega ^e
6		Ensayo de absorción de agua, según la Norma EN 1097-6	Evaluar el contenido de agua efectiva en el hormigón, véase el apartado 5.4.2	Primera entrega procedente de un nuevo punto de suministro, cuando no se disponga de información del suministrador del árido En caso de duda
7	Control adicional para áridos ligeros o pesados	Ensayo de acuerdo con la Norma EN 1097-3	Medir la densidad aparente	Primera entrega procedente de un nuevo punto de suministro, cuando no se disponga de información del suministrador del árido En caso de duda por inspección visual Periódicamente en función de las condiciones locales o de entrega ^e

	Materiales	Inspección/ensayo	Objeto	Frecuencia mínima
8	Aditivos ^c	Inspección de la hoja de suministro y de la etiqueta del envase ^d antes de la descarga	Determinar si el envío se ajusta a lo solicitado y está debidamente etiquetado	Cada entrega
9		Ensayos de identificación de acuerdo con la Norma EN 934-2, por ejemplo densidad, infrarrojos, etc.	Para comparar con los datos dados por el fabricante	En caso de duda
10	Adiciones pulverulentas ^c	Inspección de la hoja de suministro ^d antes de la descarga	Determinar si el envío se ajusta a lo solicitado y su procedencia es la adecuada	Cada entrega
11		Ensayo de pérdida de calcinación de cenizas volantes	Identificar cambios en el contenido de carbono que afecten al contenido de aire ocluido en el hormigón.	Cada entrega que vaya a utilizarse en hormigón con aire ocluido, cuando no se disponga de información del suministrador
12	Adiciones en suspensión ^c	Inspección de la hoja de suministro ^d antes de la descarga	Determinar si el envío se ajusta a lo solicitado y su procedencia es la adecuada	Cada entrega
13		Ensayo de densidad	Determinar la uniformidad	Cada entrega y periódicamente durante la fabricación del hormigón
14	Agua	Ensayo de acuerdo con la Norma EN 1008	Determinar que el agua no contiene sustancias perjudiciales, si el agua no es potable	Cuando se utilice por primera vez un nuevo punto de suministro de agua no potable. En caso de duda.

^a Con el fin de poder realizar ensayos en caso de duda, se recomienda tomar y conservar una muestra por semana por cada tipo de cemento.
^b La hoja de suministro, o la ficha técnica del producto, debe contener también información sobre el contenido máximo en cloruros, y debería indicar la clasificación en relación a la reacción árido/álcali de acuerdo con las disposiciones válidas en el lugar de uso del hormigón.
^c Se recomienda tomar y conservar muestras de cada suministro.
^d La hoja de suministro debe contener o ir acompañada de una declaración o certificación de conformidad, según lo indique la norma o especificación correspondiente.
^e No es necesario en el caso de que el control de producción del árido esté certificado.

Tabla 23 – Control de los equipos

	Equipo	Inspección/ensayo	Objeto	Frecuencias mínimas
1	Acopio de áridos, tolvas, etc.	Inspección visual	Comprobar su conformidad con los requisitos	Una vez por semana
2	Equipo de pesado	Inspección visual de funcionamiento	Comprobar la limpieza y el buen funcionamiento del equipo de pesado	Diariamente
3		Ensayo de la precisión del equipo de pesada	Comprobar la precisión de acuerdo con el apartado 9.6.2.2	Durante la instalación Periódicamente ^a , de acuerdo con las disposiciones nacionales En caso de duda
4	Dosificadores de aditivos (incluyendo los montados en camiones hormigonera)	Inspección visual de funcionamiento	Comprobar las condiciones y el buen funcionamiento del equipo de medida	Para cada aditivo, la primera dosificación diaria
5		Ensayo de la precisión	Evitar dosificaciones imprecisas	Durante la instalación Periódicamente ^a después de la instalación. En caso de duda
6	Medidor de agua	Verificar la precisión del equipo de medida	Comprobar la precisión de acuerdo con el apartado 9.6.2.2	Durante la instalación Periódicamente ^a después de la instalación En caso de duda
7	Equipo para la medición continua del contenido de agua del árido fino	Comparación de la cantidad real con la lectura del medidor	Comprobar la precisión	Durante la instalación Periódicamente ^a después de la instalación. En caso de duda.
8	Sistema de dosificación	Inspección visual	Comprobar que el equipo de dosificación funciona correctamente	Diariamente
9		Comparación (por un método adecuado en función del sistema de dosificación utilizado) de la masa real de los constituyentes de la amasada con la masa prevista y, en el caso de registradores automáticos comparando los valores impresos con los programados	Comprobar las tolerancias de dosificación de acuerdo con la tabla 21	Durante la instalación Periódicamente ^a después de la instalación En caso de duda

	Equipo	Inspección/ensayo	Objeto	Frecuencias mínimas
10	Aparatos de ensayo	Calibración de acuerdo con las normas nacionales o normas europeas pertinentes	Controlar la conformidad	Periódicamente ^a Para los aparatos de ensayo de resistencia al menos una vez al año
11	Amasadoras (incluyendo camiones hormigonera)	Inspección visual	Controlar el desgaste del equipo de amasado	Periódicamente ^a

^a La frecuencia depende del tipo de equipo, su sensibilidad de uso y de las condiciones de fabricación de la planta.

Tabla 24 – Control de los procedimientos de fabricación y de las propiedades del hormigón

	Tipo de ensayo	Inspección/ensayo	Objeto	Frecuencia mínima
1	Propiedades del hormigón designado por propiedades	Ensayo inicial (véase el anexo A)	Comprobar que la dosificación propuesta cumple las propiedades especificadas con un margen adecuado	Antes de utilizar una nueva composición de hormigón
2	Contenido de agua en el árido fino	Sistema de medición continua, ensayo de secado o equivalente	Determinar la masa seca de árido y la cantidad de agua que hay que añadir	Diariamente para una verificación discontinua. La frecuencia de ensayo requerida puede depender de las condiciones atmosféricas y locales
3	Contenido de agua en el árido grueso	Ensayo de secado o equivalente	Determinar la masa seca de árido y la cantidad de agua que hay que añadir	Dependiendo de las condiciones atmosféricas y locales
4	Contenido de agua del hormigón fresco	Controlar la cantidad de agua añadida ^{a)}	Disponer de datos sobre la relación agua/cemento	Cada amasada
5	Contenido en cloruros del hormigón	Determinación inicial por cálculo	Asegurarse que el contenido máximo en cloruros no se supera	Al realizar el ensayo inicial En el caso de un incremento en el contenido de cloruros de los constituyentes
6	Consistencia	Inspección visual	Comparación con un hormigón de aspecto normal	Cada amasada
7		Ensayos de consistencia según EN 12350-2, EN 12350-3, EN 12350-4 o EN 12350-5	Evaluar la consecución de los valores especificados de la consistencia y controlar posibles alteraciones en el contenido de agua	Cuando se especifique la consistencia, como en la tabla 13 para la resistencia a compresión Cuando se ensaye el contenido de aire En caso de duda tras inspección visual
8	Densidad del hormigón fresco	Determinación de la densidad según la Norma EN 12350-6	Para supervisar la dosificación y el control de la densidad del hormigones ligeros o pesados	Diariamente

	Tipo de ensayo	Inspección/ensayo	Objeto	Frecuencia mínima
9	Contenido de cemento del hormigón fresco	Controlar la cantidad de cemento utilizada ^a	Controlar el contenido de cemento y disponer de datos sobre la relación agua/cemento	Cada amasada
10	Contenido de adiciones del hormigón fresco	Controlar la cantidad de adiciones añadidas ^a	Controlar el contenido de adiciones y disponer de información sobre la relación agua/cemento (véase el apartado 5.4.2)	Cada amasada
11	Contenido de aditivos en el hormigón fresco	Controlar el peso o el volumen de aditivo añadido ^a	Controlar el contenido de aditivo	Cada amasada
12	Relación agua/cemento del hormigón fresco	Por cálculo o por método de ensayo, véase el apartado 5.4.2	Evaluar la obtención de la relación agua/cemento especificada	Diariamente, cuando se especifique
13	Contenido de aire del hormigón fresco, cuando se especifique	Ensayo según la Norma EN 12350-7 para hormigón normal y pesado, y según ASTM C 173 para hormigón ligero	Evaluar la obtención del contenido de aire ocluido especificado	Para hormigones que contengan aire ocluido: las primeras amasadas o cargas de la producción diaria hasta que se estabilicen los valores
14	Temperatura del hormigón fresco	Medición de la temperatura	Evaluar la obtención de la temperatura mínima de 5 °C o del valor especificado	En caso de duda Cuando se especifique la temperatura: – periódicamente, dependiendo de la situación; – cada amasada o carga cuando la temperatura del hormigón esté próxima al límite
15	Densidad del hormigón endurecido ligero o pesado	Ensayo según la Norma EN 12390-7 ^b	Evaluar la obtención de la densidad especificada	Cuando se especifique la densidad, con la frecuencia de los ensayos de resistencia a compresión
16	Ensayos de resistencia a compresión sobre probetas	Ensayo según la Norma EN 12390-3	Evaluar la obtención de la resistencia especificada	Cuando se especifique la resistencia a compresión, con la frecuencia correspondiente al control de conformidad, véanse los apartados 8.1 y 8.2.1

^a Cuando no se utilicen equipos de registro y se hayan excedido las tolerancia de dosificación de la amasada o la carga, se debe anotar la cantidad pesada en el registro de fabricación.

^b Puede ensayarse también en condiciones saturadas, cuando está establecida la correlación con la densidad seca en estufa.

10 EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD

10.1 Generalidades

El fabricante es responsable de la evaluación de la conformidad de los requisitos especificados del hormigón. Para ello, el fabricante debe llevar a cabo las operaciones siguientes:

- a) ensayos iniciales, cuando se pidan (véanse el apartado 9.5 y el anexo A);
- b) control de producción (véase el capítulo 9), incluido el control de la conformidad (véase el capítulo 8).

La recomendación de que organismos de inspección y certificación autorizados inspeccionen el control de producción y certifiquen su conformidad depende del nivel de los requisitos de prestaciones para el hormigón, de su uso previsto, del tipo de fabricación y del margen de seguridad en su composición.

En general, se recomienda la inspección y la certificación del control de producción por organismos de inspección y certificación autorizados. Esto no se considera necesario para el caso de hormigones designados por dosificación en una norma, con un alto margen de seguridad en su composición (véase el anexo A, capítulo 5), para un campo de aplicación restringido y una clase resistente baja (véase el apartado 6.4).

Para productos prefabricados, los requisitos y disposiciones relativos a la evaluación de la conformidad se recogen en las correspondientes especificaciones técnicas (normas de producto y aprobaciones técnicas).

En todo caso se deberán cumplir las especificaciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

La recomendación que, con carácter general, incluye este apartado, referente a la inspección y a la certificación del control de producción por organismos de inspección y certificación autorizados, no es de carácter obligatorio, quedando su cumplimiento supeditado a la legislación y reglamentación vigente o a la libre voluntad del fabricante. El carácter no obligatorio se extiende tanto al hormigón preparado como al producido en instalaciones (plantas) no permanentes y para uso de una obra específica, pertenecientes a empresas con un sistema de calidad.

10.2 Evaluación, supervisión y certificación del control de producción

Cuando se especifique, bien en un contrato o bien en las disposiciones válidas en el lugar de uso del hormigón, que el control de producción del fabricante ha de ser evaluado y supervisado por un organismo de inspección autorizado y posteriormente certificado por un organismo de certificación autorizado, se aplican las disposiciones que para la evaluación, supervisión y certificación se recogen en el anexo C (normativo).

11 DESIGNACIÓN DEL HORMIGÓN POR PROPIEDADES

Cuando deban darse de forma abreviada las características esenciales del hormigón designado por propiedades, se debe utilizar el siguiente formato:

- referencia a esta Norma Europea EN 206-1;
- clase de resistencia a compresión: tal y como se define en las tablas 7 y 8, por ejemplo C25/30;

- para los valores límites en función de la clase de exposición: designación de la clase, según la tabla 1, seguida por una abreviatura del nombre del país¹⁾ que haya fijado las disposiciones aplicables a los valores límites, la composición del hormigón y sus propiedades u otro conjunto de requisitos, por ejemplo XD2(F) cuando sean de aplicación las disposiciones francesas;
- contenido máximo de cloruros: clase definida en la tabla 10, por ejemplo Cl 0,20;
- tamaño nominal máximo del árido: el valor D_{\max} tal y como se define en el apartado 4.2.2, por ejemplo $D_{\max}22$;
- densidad: designación de la clase, según la tabla 9, o bien su valor nominal, por ejemplo D 1,8;
- consistencia: por clase, según se define en el apartado 4.2.1, o por su valor nominal.

En todo caso se deberán cumplir las especificaciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

1) De acuerdo con el código internacionalmente reconocido para las matrículas de los vehículos. A la abreviatura del país puede añadirse información relativa a disposiciones.

ANEXO A (Normativo)**ENSAYO INICIAL****A.1 Generalidades**

Este anexo contiene los detalles sobre los ensayos iniciales, tal y como se indica en los apartados 5.2.1, 5.2.5.1, 6.1 y 9.5.

El ensayo inicial debe demostrar que un hormigón satisface todos los requisitos especificados para él tanto en estado fresco como endurecido. Cuando el fabricante o el peticionario puedan demostrar que una determinada composición es adecuada, en base a datos de ensayos previos o a experiencias a largo plazo, éstos podrán considerarse como una alternativa a los ensayos iniciales.

En todo caso se deberán cumplir las especificaciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

A.2 Parte responsable de los ensayos iniciales

Los ensayos iniciales son responsabilidad del fabricante en el caso de hormigones designados por propiedades, del peticionario en el caso de hormigones designados por dosificación, y del organismo de normalización en el caso de los hormigones designados por dosificación en una norma.

A.3 Frecuencia de los ensayos iniciales

Los ensayos iniciales deben realizarse antes de utilizar un nuevo hormigón o familia de hormigón.

Los ensayos iniciales deben repetirse, si se produce un cambio significativo en los materiales constituyentes del hormigón o en los requisitos especificados en los que se basaron los ensayos previos.

A.4 Condiciones de ensayo

En general, los ensayos iniciales se deben realizar sobre hormigón en estado fresco con una temperatura comprendida entre 15 °C y 22 °C.

NOTA Si el hormigonado en obra se realiza bajo unas condiciones de temperatura muy distintas, o si se van a utilizar tratamientos térmicos, es conveniente informar de ello al fabricante a fin de que pueda tener en cuenta los posibles efectos sobre las propiedades del hormigón y la necesidad de realizar ensayos adicionales.

Para cada ensayo inicial de una dosificación de hormigón deben confeccionarse, al menos, tres amasadas y ensayarse tres probetas de cada una de ellas. Cuando el ensayo inicial sea para una familia de hormigón, el número de hormigones a muestrear debe abarcar la gama de composiciones de la familia. En este caso, el número de amasada por hormigón podrá reducirse a una.

La resistencia de una amasada, o carga, debe ser la media de los resultados de ensayo. El resultado del ensayo inicial del hormigón es la resistencia media de las amasadas o cargas.

El tiempo transcurrido entre el amasado y el ensayo de consistencia debe registrarse junto con el resultado del mismo.

Para prescribir la composición de un hormigón designado por dosificación en una norma es necesario un número de ensayos significativamente mayor, con el fin de abarcar todos los materiales constituyentes permitidos y que esté previsto que puedan utilizarse a nivel nacional. Los resultados de los ensayos iniciales deben estar documentados en el organismo de normalización responsable.

A.5 Criterios para la adopción de ensayos iniciales

Para la evaluación de las propiedades del hormigón, en particular las del hormigón fresco, deben tenerse en cuenta las diferencias existentes entre el tipo de amasadora y el procedimiento de amasado utilizado en los ensayos iniciales y los que realmente se utilicen durante la fabricación.

La resistencia a compresión de un hormigón que tenga ya la composición adoptada para el caso real debe superar, con un margen adecuado, los valores de f_{ck} de las tablas 7 u 8 de esta norma. Este margen debe ser, al menos, el necesario para satisfacer los criterios de conformidad indicados en el apartado 8.2.1. Sería conveniente que el mencionado margen fuese aproximadamente el doble de la desviación típica esperada; es decir, un valor comprendido entre 6 N/mm² y 12 N/mm², dependiendo de las instalaciones de fabricación, de los materiales constituyentes y de la información disponible acerca de la variabilidad.

El criterio para la adopción de ensayos iniciales para hormigones designados por dosificación en una norma es el siguiente:

$$f_{cm} \geq f_{ck} + 12$$

La consistencia del hormigón debe estar dentro de los límites de la clase de consistencia en el momento en que el hormigón está listo para ser colocado o, en el caso del hormigón preparado, en el momento de la entrega.

Para otras propiedades especificadas, el hormigón debe alcanzar los valores especificados con un margen apropiado.

ANEXO B (Normativo)**ENSAYO DE IDENTIFICACIÓN PARA LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN**

De acuerdo con la Instrucción de Hormigón Estructural EHE:

Se sustituye el texto por el siguiente.

Este anexo no es aplicable.

No se contempla este tipo de ensayo porque no está incluido en la Instrucción EHE.

En España es obligatorio el control de aceptación que se establece en la Instrucción EHE.

B.1 Generalidades

Este anexo contiene los detalles para la realización de ensayos de identificación, tal y como se indica en el apartado 8.2.1.1.

Un ensayo de identificación indica si un determinado volumen de hormigón pertenece a la misma población verificada como conforme con la resistencia característica a través de la evaluación de la conformidad realizada por el fabricante.

B.2 Plan de muestreo y ensayo

Cuando se vayan a llevar a cabo ensayos de identificación debe definirse el volumen de hormigón, por ejemplo:

- una amasada o una carga, cuando exista duda sobre su calidad;
- el hormigón suministrado para cada planta de un edificio, o un grupo de vigas/losas o de pilares/muros de una planta de un edificio, o partes comparables de otras estructuras;
- el hormigón suministrado a obra durante una semana , sin que exceda de 400 m³.

También debe indicarse el número de muestras a tomar del volumen de hormigón definido.

Las muestras deben ser tomadas de amasadas o cargas diferentes, de acuerdo con la Norma EN 12350-1.

Las probetas de ensayo deben prepararse y conservarse de acuerdo con la Norma EN 12390-2. La resistencia a compresión de las probetas se debe determinar de acuerdo con la Norma EN 12390-3. El resultado del ensayo se debe obtener a partir de la media de los resultados de dos o más probetas fabricadas a partir de una misma muestra para ser ensayada a la misma edad. Cuando el intervalo de los valores de los ensayos esté por encima del 15% de la media, los resultados deben ser rechazados a menos que una investigación proporcione una razón aceptable para rechazar alguno de los valores individuales.

B.3 Criterios de identificación para la resistencia a compresión

B.3.1 Hormigón con certificación de control de producción

La identificación del hormigón se evalúa para cada resultado individual de ensayo de resistencia y la media de "n" resultados discretos no solapados como se indica en la tabla B.1.

Se considera que el hormigón procede de una población conforme si se satisfacen los dos criterios de la tabla B.1 para "n" resultados de ensayos de resistencia sobre muestras tomadas del volumen de hormigón definido.

Tabla B.1 – Criterios de identificación para la resistencia a compresión

Número "n" de resultados de resistencia a compresión del volumen definido de hormigón	Criterio 1	Criterio 2
	Media de "n" resultados (f_{cm}) en N/mm ²	Cualquier resultado individual (f_{ci}) en N/mm ²
1	no es de aplicación	$\geq f_{ck} - 4$
2 – 4	$\geq f_{ck} + 1$	$\geq f_{ck} - 4$
5 – 6	$\geq f_{ck} + 2$	$\geq f_{ck} - 4$

NOTA Los criterios de identificación de la tabla B.1 proporcionan una probabilidad del 1% de que se rechace un volumen de hormigón conforme.

B.3.2 Hormigón sin certificación de control de producción

Deben tomarse, para ser ensayadas, al menos tres muestras del volumen de hormigón definido.

Se considera que el hormigón procede de una población conforme si se cumplen los criterios de conformidad del apartado 8.2.1.3 y la tabla 14 para fabricación inicial.

ANEXO C (Normativo)**DISPOSICIONES PARA LA EVALUACIÓN, VIGILANCIA Y CERTIFICACIÓN DEL CONTROL DE PRODUCCIÓN****C.1 Generalidades**

Cuando se requieran para el control de producción (véase el capítulo 9), en este anexo se recogen las disposiciones para la evaluación, vigilancia y certificación del control de producción por parte de un organismo autorizado.

En todo caso se deberán cumplir las especificaciones de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

C.2 Cometidos del organismo de inspección**C.2.1 Evaluación inicial del control de producción**

El organismo de inspección autorizado debe realizar una inspección inicial de la planta de hormigón y de su control de producción. La inspección inicial tiene como objeto determinar si las condiciones iniciales relativas al personal y al equipo para una fabricación adecuada y para el correspondiente control de producción, parecen ser las adecuadas.

El organismo de inspección debe examinar, al menos:

- el manual de control de producción del fabricante y evaluar las disposiciones en él contenidas, y en particular si son conformes con los requisitos de control de producción indicados en el capítulo 9, y se tienen en cuenta los requisitos establecidos por esta norma;
- la disponibilidad, en los lugares pertinentes, de los documentos habituales esenciales para las inspecciones de las instalaciones, y si éstos están a disposición del personal previsto;
- si se dispone de todos los medios y equipos necesarios para llevar a cabo las inspecciones y los ensayos sobre equipos, materiales constituyentes y hormigón;
- los conocimientos, la formación y la experiencia del personal de fabricación y del control de producción;
- si el ensayo inicial se ha realizado de acuerdo con el anexo A de esta norma, y si está documentado de manera adecuada.

Si se realizan ensayos indirectos, o si la conformidad para la resistencia se basa en la transposición de resultados del concepto de familia, el fabricante debe demostrar al organismo de inspección de forma satisfactoria la correlación, o la fiabilidad de la relación, entre ensayos directos e indirectos.

Para aportar confianza en los resultados del control de producción el organismo de inspección debe realizar ensayos puntuales paralelos a los del fabricante. Estos ensayos pueden sustituirse por una detallada vigilancia de los datos del fabricante y del sistema de control, cuando el laboratorio del fabricante esté acreditado y bajo la vigilancia de un organismo de acreditación.

Todos los hechos significativos de la inspección inicial, especialmente los relativos al equipo en el lugar de fabricación, al sistema de control de producción y la evaluación del mismo, deben documentarse en un informe de evaluación.

Cuando una unidad de fabricación haya superado la inspección inicial a satisfacción del organismo de inspección, éste debe realizar un informe de evaluación confirmando que el control de producción cumple con el capítulo 9 de esta norma. Dicho informe debe entregarse al fabricante y al organismo de certificación autorizado.

NOTA Sobre la base de este informe, el organismo de certificación autorizado decidirá sobre la certificación del control de producción (véase el apartado C.3.1).

C.2.2 Vigilancia continua del control de producción

C.2.2.1 Inspección rutinaria

El principal objetivo de las inspecciones rutinarias realizadas por el organismo de inspección es comprobar si las condiciones iniciales para la fabricación y el control de producción acordado se mantienen. Con este fin, el informe de evaluación de la inspección inicial se utiliza como una declaración del control de producción acordado.

El fabricante es responsable del mantenimiento del sistema de control de producción. En el caso de realizar cambios significativos en las instalaciones del lugar de fabricación, en el sistema de control de producción o en el manual de control de producción, el fabricante debe notificar los cambios al organismo de inspección el cual podrá solicitar una nueva inspección.

Durante las inspecciones rutinarias el organismo de inspección debe evaluar, al menos:

- los procedimientos de fabricación, muestreo y ensayo;
- el registro de datos;
- los resultados de ensayos del control de producción durante al periodo de inspección;
- que los ensayos o los procedimientos requeridos se han llevado a cabo con la frecuencia adecuada;
- que los equipos de fabricación se han revisado como estaba previsto;
- que el equipo de ensayo ha sido revisado y calibrado como estaba previsto;
- las medidas adoptadas en los casos de no-conformidad;
- las hojas de suministro y las declaraciones de conformidad, cuando proceda.

Para aportar confianza en la toma de muestras y en los ensayos del control de producción del fabricante, el organismo de inspección debe tomar, para su ensayo, muestras puntuales del proceso de fabricación durante las inspecciones rutinarias. La toma de muestras en estos casos no debe ser comunicada con antelación. El organismo de inspección debe determinar, para cada unidad de producción, la frecuencia apropiada para la realización de ensayos sobre el hormigón, teniendo en cuenta las circunstancias de cada caso. Estos ensayos pueden sustituirse, en circunstancias especiales, por una vigilancia detallada de los datos del fabricante y del sistema de control, cuando el laboratorio de ensayo del fabricante esté acreditado y bajo la supervisión de un organismo de acreditación.

Los hormigones designados por propiedades se deben ensayar según las propiedades específicas, por ejemplo resistencia, consistencia. Para los hormigones designados por dosificación, los ensayos deben cubrir únicamente la consistencia y la composición.

Los resultados de ensayo rutinarios del fabricante deben compararse con los del organismo de inspección.

El organismo de inspección debe examinar periódicamente que se está del lado de la seguridad en la relación entre ensayos directos e indirectos, así como la relación entre miembros de una misma familia de hormigón.

Los resultados de las inspecciones rutinarias deben quedar recogidos en un informe, que debe entregarse al fabricante y al organismo de certificación.

Las inspecciones rutinarias deben realizarse, al menos, dos veces al año, excepto si los procedimientos de verificación o las reglas de certificación prevén condiciones que permitan el incremento o la reducción de esta frecuencia.

C.2.2.2 Inspecciones extraordinarias

Es necesaria una inspección extraordinaria:

- si se detectan discrepancias importantes durante una inspección rutinaria (nueva inspección);
- si la fabricación ha estado interrumpida durante un período superior a 6 meses;
- cuando lo solicite el fabricante, por ejemplo por producirse cambios en las condiciones de fabricación;
- si lo solicita el organismo de certificación, con la debida justificación.

El alcance, tipo y duración de la inspección extraordinaria, depende de cada situación particular.

C.3 Tareas del organismo de certificación

C.3.1 Certificación del control de producción

El organismo de certificación debe certificar el control de producción en base al informe del organismo de inspección, que indique que la unidad de producción ha pasado la evaluación inicial del control de producción a satisfacción del mencionado organismo de inspección.

El organismo de certificación debe decidir sobre la validación del certificado en base a los informes de la vigilancia continua del control de producción.

C.3.2 Medidas en el caso de no conformidad

Cuando el organismo de inspección identifique la no conformidad con la especificación, o cuando se hayan detectado defectos en el proceso de fabricación o en el control de producción sin que el fabricante haya actuado adecuadamente y a tiempo (véase el apartado 8.4), el organismo de certificación debe solicitar al fabricante la rectificación del defecto en un período adecuadamente corto. Las actuaciones que lleva a cabo el fabricante deben ser verificadas por el organismo de inspección.

Si fuese necesario, debe llevarse a cabo una inspección extraordinaria así como ensayos adicionales en el caso de una no conformidad con:

- la resistencia;
- la relación agua/cemento;
- los límites básicos de la composición;
- la densidad, cuando se haya especificado en hormigones ligeros o pesados designados por propiedades;
- la composición especificada, en el caso de hormigones designados por dosificación.

Si el resultado de la inspección extraordinaria no es satisfactorio o los ensayos adicionales no cumplen con los criterios establecidos, el organismo de certificación debe suspender o retirar inmediatamente el certificado de conformidad del control de producción.

NOTA Despues de la suspensión o de la retirada del certificado de control de producción, el fabricante no podrá hacer referencia al mencionado certificado.

En caso de otras faltas, el organismo de certificación puede no considerar necesaria una inspección extraordinaria pudiendo aceptar una evidencia documental de que la falta ha sido rectificada. Tal evidencia debe confirmarse durante la siguiente inspección rutinaria.

ANEXO D (Informativo)**BIBLIOGRAFÍA**

ENV 1992-1-1 *Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.*

EN 12390-4 *Ensayos de hormigón endurecido. Parte 4: Resistencia a compresión. Características de las máquinas de ensayo.*

EN 12390-5 *Ensayos de hormigón endurecido. Parte 5: Resistencia a flexión de probetas.*

EN 12390-8 *Ensayos de hormigón endurecido. Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión.*

EN 12504-1 *Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 1: Testigos. Extracción, examen y ensayo a compresión.*

EN 12504-2 *Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 2: Ensayos no destructivos. Determinación del índice de rebote.*

prEN 12504-3:1999 *Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 3: Determinación de la fuerza de arrancamiento.*

prEN 12504-4:1998 *Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 4: Determinación de la velocidad de los impulsos ultrasónicos.*

ENV 13670-1 *Ejecución de estructuras de hormigón. Parte 1: Reglas generales.*

prEN 13791:1999 *Evaluación de la resistencia a compresión in-situ en estructuras y elementos prefabricados de hormigón.*

EN ISO 9001 *Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos. (ISO 9001:2000).*

CR 1901 *Especificaciones regionales para evitar el daño de las reacciones árido-álcali en el hormigón.*

CR 13901 *Utilización del concepto de familias de hormigón para el control de producción y el control de conformidad del hormigón.*

CR 13902 *Métodos de ensayo para la determinación de la relación agua/cemento en el hormigón fresco.*

Boletín de información CEB 197 – FIP, Hormigón de alta resistencia. Informe sobre el estado del arte; SR 9011-1990.

ANEXO E (Informativo)**DIRECTRICES PARA LA APLICACIÓN DEL CONCEPTO DE PRESTACIÓN EQUIVALENTE DE LAS PROPIEDADES DEL HORMIGÓN**

Este anexo contiene detalles sobre el concepto de hormigón de prestaciones equivalentes indicado en los apartados 5.2.5.1 y 5.2.5.3.

Los ensayos deberían mostrar que las prestaciones del hormigón que contiene la adición son, por lo menos, equivalentes a las del hormigón de referencia.

Conviene que el hormigón de referencia:

- contenga un cemento conforme con la Norma EN 197-1, del tipo y con los constituyentes correspondientes a la combinación de cemento y adición;
- sea conforme a los requisitos del apartado 5.3.2 para la clase de exposición pertinente.

Cuando no exista un cemento de estas características, debería utilizarse cemento tipo CEM I.

El programa de ensayos debería cubrir todos los ensayos exigidos para demostrar que el hormigón que contiene la adición se comporta de manera equivalente al hormigón de referencia, en lo que respecta a la acción ambiental específica que resulte de la clase de exposición.

Los ensayos deberían llevarse a cabo al mismo tiempo y en el mismo laboratorio, que debería tener experiencia y estar acreditado para los ensayos pertinentes. El resultado de ensayo debería dar un grado similar de fiabilidad en la prestación del hormigón como si éste contuviese un cemento conforme con la Norma EN 197-1, y con los requisitos del apartado 5.3.2 para la clase de exposición pertinente.

La gama de composiciones para las que se aplica este método debería limitarse a:

- la cantidad total de adición, incluyendo la ya contenida como constituyente del cemento, debería estar dentro de los límites dados en la Norma EN 197-1 para el correspondiente tipo de cemento permitido;
- la suma de cemento y adición debería ser al menos igual al contenido de cemento requerido en el apartado 5.3.2 para la clase de exposición correspondiente;
- la relación agua/(cemento + adición) no debería ser mayor que la relación agua/cemento máxima requerida en el apartado 5.3.2 para la clase de exposición correspondiente.

ANEXO F (Informativo)**RECOMENDACIONES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LOS VALORES LÍMITE PARA LA COMPOSICIÓN DEL HORMIGÓN**

Este anexo contiene recomendaciones para la elección de los valores límite de la composición y de las propiedades del hormigón en función de las clases de exposición, de acuerdo con el apartado 5.3.2.

Los valores de la tabla F.1 se basan en la hipótesis de una vida de servicio prevista de la estructura de 50 años.

Los valores de la tabla F.1 se refieren al caso en que se utilice cemento tipo CEM I, conforme con la Norma EN 197-1, y áridos con un tamaño nominal máximo comprendido entre 20 mm y 32 mm.

La clase de resistencia mínima se ha deducido a partir de la relación existente entre la relación agua/cemento y la clase de resistencia de un hormigón fabricado con cemento de clase de resistencia 32,5.

Los valores límites correspondientes a la relación agua/cemento máxima y al contenido de cemento mínimo, son aplicables en todos los casos, mientras que los requisitos sobre la clase de resistencia del hormigón pueden ser especificados adicionalmente.

Tabla F.1 – Valores límite recomendados para la composición y las propiedades del hormigón

Sin riesgo de corrosión o ataque	Corrosión inducida por carbonatación	Clases de exposición										Ambientes químicos agresivos					
		Corrosión inducida por cloruros			Ataque hielo/deshielo												
		Agua de mar		Otros cloruros distintos del agua de mar	XD 1	XD 2	XD 3	XF 1	XF 2	XF 3	XF 4	XA 1	XA 2	XA 3			
X0	XC 1	XC 2	XC 3	XC 4	XS 1	XS 2	XS 3	XD 1	XD 2	XD 3	XF 1	XF 2	XF 3	XF 4	XA 1	XA 2	XA 3
Máxima relación agua/cemento	-	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,50	0,45	0,45	0,45	0,50	0,50	0,45
Clase de resistencia mínima	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45
Contenido mínimo de cemento (kg/m ³)	—	260	280	300	300	320	340	300	300	320	300	320	340	300	320	360	
Contenido mínimo de aire (%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,0 ^a	4,0 ^a	4,0 ^a	—	—	—	
Otros requisitos											Áridos conformes con la Norma EN 12620 suficientemente resistentes al hielo/deshielo	Cemento resistente a los sulfatos ^b					

^a Si el hormigón no contiene aire oido, su prestación debería medirse de acuerdo con un método de ensayo apropiado, en comparación con un hormigón de resistencia probada al hielo/deshielo en la clase de exposición correspondiente.

^b Es esencial la utilización de cemento resistente a los sulfatos cuando el contenido en SO₄²⁻ condueza a clases de exposición XA2 y XA3. En clase de exposición XA2 (y en clase XA1 cuando proceda) deberían utilizarse cementos clasificados como moderada o altamente resistentes a los sulfatos, mientras que para clase de exposición XA3 éstos deberían estar clasificados como altamente resistentes a los sulfatos.

ANEXO G

ELIMINADO SEGÚN LA NORMA EN 206-1:2000/A1:2004

ANEXO H (Informativo)**DISPOSICIONES ADICIONALES PARA HORMIGONES DE ALTA RESISTENCIA**

Este anexo contiene algunas recomendaciones aplicables a las disposiciones relativas al control de producción adicionales a las indicadas en las tablas 22, 23 y 24 para la fabricación de hormigón de alta resistencia.

Los números de las líneas de las tablas H.1, H.2 y H.3 hacen referencia a los de las tablas 22, 23 y 24 respectivamente, reemplazando o corrigiendo los requisitos equivalentes.

Tabla H.1 – Control de los materiales constituyentes

	Material constituyente	Inspección/ensayo	Objeto	Frecuencia mínima
4	Áridos	Ensayo por tamizado de acuerdo con la Norma EN 933-1, o información facilitada por el suministrador del árido	Verificar la conformidad con la granulometría acordada	Cada entrega, a menos que el árido se suministre con unas tolerancias restringidas y con un certificado de control de producción
9a	Aditivos ^a	Determinación del extracto seco	Comparación con los valores declarados en la ficha técnica	Cada entrega a menos que los resultados de ensayo, correspondientes al suministro, sean facilitados por el suministrador En caso de duda
9b		Ensayo de densidad	Comparación con la densidad nominal	Cada entrega
11	Adiciones en polvo	Ensayo de pérdida al fuego	Identificar cambios en el contenido de carbono que puedan afectar a las propiedades del hormigón fresco	Cada entrega a menos que los resultados de ensayo, correspondientes al suministro, sean facilitados por el suministrador

^a Se recomienda que las muestras se tomen de cada entrega y que se almacenen.

NOTA Puede encontrarse información adicional sobre el control de producción de los hormigones de alta resistencia en la bibliografía especializada, por ejemplo en el Boletín de Información CEB 197 - FIP "Hormigón de alta resistencia – Informe sobre el estado del arte; SR 90/1-1990".

Tabla H.2 – Control de los equipos

	Equipo	Inspección/ensayo	Objeto	Frecuencia mínima
1	Acopio de áridos, tolvas, etc.	Inspección visual	Comprobar la conformidad con las especificaciones	Diariamente
3a	Equipo de pesada	Ensayo de la precisión de la pesada	Confirmación de la precisión en un punto individual	Semanalmente
5	Dosificadores de aditivos (incluyendo los montados en camiones hormigonera)	Ensayo de la precisión	Alcanzar la precisión en la dosificación	Durante la instalación Semanalmente, después de la instalación En caso de duda
6a	Medidor de agua	Comparación de la cantidad real con el previsto	Comprobar la precisión de acuerdo con el apartado 9.7	Durante la instalación Semanalmente, después de la instalación En caso de duda
7	Equipo para la medición continua del contenido de agua en el árido fino	Comparación del contenido real con la lectura del medidor	Comprobar la precisión	Durante la instalación Semanalmente, después de la instalación En caso de duda
9	Sistema de dosificación	Comparación (según un método adecuado en función del sistema de dosificación) del valor medido de los constituyentes de la amasada con los valores previstos y, en el caso de registradores de dosificación automáticos, también con los valores registrados	Comprobar las tolerancias de la dosificación de acuerdo con la tabla 21	Durante la primera instalación En caso de duda en las siguientes instalaciones Mensualmente, después de la instalación

Tabla H.3 – Control de los procedimientos de fabricación y de las propiedades del hormigón

	Tipo de ensayo	Inspección/Ensayo	Objeto	Frecuencia mínima
3	Contenido de agua del árido grueso	Ensayo de secado o equivalente	Determinar la masa de áridos y la cantidad de agua a añadir	Diariamente Pueden ser necesarios ensayos con mayor o menor frecuencia dependiendo de las condiciones locales y atmosféricas
4	Contenido de agua añadida al hormigón fresco	Registro ^a de la cantidad de agua añadida	Disponer de datos para la relación agua/cemento	Cada amasada
9	Contenido de cemento en el hormigón fresco	Registro ^a de la cantidad de cemento añadida	Controlar el contenido de cemento y disponer de datos para la relación agua/cemento	Cada amasada
10	Contenido de adiciones en el hormigón fresco	Registro ^a de la cantidad de adiciones añadida	Controlar el contenido de adiciones	Cada amasada

^a Se recomienda la utilización de registradores automáticos de peso para la fabricación de hormigones de alta resistencia.

ANEXO J (Informativo)**MÉTODOS DE PROYECTO BASADOS EN CRITERIOS DE COMPORTAMIENTO RESPECTO A LA DURABILIDAD****J.1 Introducción**

Este anexo presenta brevemente el enfoque y los principios del método de proyecto basado en criterios de comportamiento con respecto a la durabilidad, tal y como se indica en el apartado 5.3.3.

J.2 Definición

El método considera de una forma cuantitativa cada uno de los mecanismos de deterioro, la vida de servicio del elemento o la estructura, y los criterios que definen el final de su vida de servicio.

Este procedimiento puede basarse en experiencias satisfactorias con prácticas locales y con ambientes locales, en datos obtenidos de ensayos de comportamiento para los mecanismos de deterioro correspondientes, o en el uso de modelos de predicción probados.

J.3 Aplicaciones y recomendaciones de carácter general

- a) Algunas acciones agresivas reciben su mejor tratamiento a través de un enfoque prescriptivo, por ejemplo la reacción árido-álcali, el ataque por sulfatos o la resistencia a la abrasión.
- b) Los métodos de proyecto mediante criterios de comportamiento son más adecuados en el caso de la resistencia a la corrosión y, en ciertos casos, para la resistencia del hormigón a los ciclos hielo-deshielo. Este enfoque puede ser apropiado cuando:
 - se precisa una vida de servicio distinta a 50 años;
 - la estructura tiene una carácter "especial" y necesita una menor probabilidad de fallo;
 - las acciones ambientales son especialmente agresivas o están bien definidas;
 - se espera que la calidad de ejecución sea alta;
 - se va a aplicar una estrategia de explotación y mantenimiento, quizás con un calendario previsto de mejoras;
 - se va a construir un número significativo de elementos o estructuras similares;
 - se van a utilizar materiales constituyentes nuevos o diferentes;
 - se han utilizado en el proyecto un método conforme con el apartado 5.3.2, pero se ha producido un fallo de conformidad.
- c) En la práctica, el grado de durabilidad alcanzado depende de la combinación del proyecto, de los materiales y de la ejecución.
- d) La sensibilidad de la concepción del proyecto, el sistema estructural, la forma de los elementos y los detalles estructurales/arquitectónicos, son todos ellos parámetros significativos de proyecto para todos los métodos basados en criterios de durabilidad.

- e) La compatibilidad entre los materiales y los métodos de construcción, la calidad de la ejecución, y los niveles de control y aseguramiento de la calidad, son parámetros significativos para todos los métodos de proyecto basados en criterios de durabilidad.
- f) El comportamiento requerido frente a la durabilidad dependerá de la vida exigida, del posible uso futuro de la estructura, de las medidas particulares de protección, de la conservación prevista en servicio, y de las consecuencias de fallo en el ambiente local.
- g) Para cualquier nivel de prestación exigido es posible obtener soluciones alternativas equivalentes, con distintas combinaciones de los factores de proyecto, de los materiales y de la ejecución.
- h) A la hora de establecer la fiabilidad de los métodos de proyecto basados en criterios de comportamiento es importante el grado de conocimiento que se tenga sobre el entorno y el micro-clima local.

J.4 Métodos basados en criterios de comportamiento con respecto a la durabilidad

Para la aplicación de los métodos indicados en este apartado es importante definir con anterioridad, al menos, los siguientes aspectos:

- el tipo y forma de la estructura;
- las condiciones medioambientales locales;
- el nivel de ejecución;
- la vida de servicio requerida.

Generalmente, serán necesarias algunas hipótesis y apreciaciones de estos aspectos con el fin de que el método elegido alcance un nivel práctico y pragmático.

Los métodos que pueden utilizarse son los siguientes:

- a) Un refinamiento del método según el apartado 5.3.2, basado en experiencias a largo plazo con materiales y prácticas locales, y con un detallado conocimiento de las condiciones medioambientales locales.
- b) Métodos basados en ensayos aprobados y experimentados representativos de las condiciones reales y que contengan los criterios de comportamiento aprobados.
- c) Métodos basados en modelos analíticos que hayan sido calibrados con datos de ensayos representativos de condiciones reales encontradas en la práctica.

La composición del hormigón y los materiales constituyentes deberían estar claramente definidos para permitir que se mantenga el nivel de prestación.

ANEXO K (Informativo)
FAMILIAS DE HORMIGÓN

K.1 General

Este anexo contiene detalles sobre el uso de las familias de hormigón, tal y como se indica en el apartado 8.2.1.1.

K.2 Selección de la familia de hormigón

Cuando se seleccione la familia para el control de producción y de conformidad, el fabricante debe tener bajo control a todos los miembros de la familia. Cuando exista una escasa experiencia sobre la utilización del concepto de familia de hormigón, se recomienda lo siguiente:

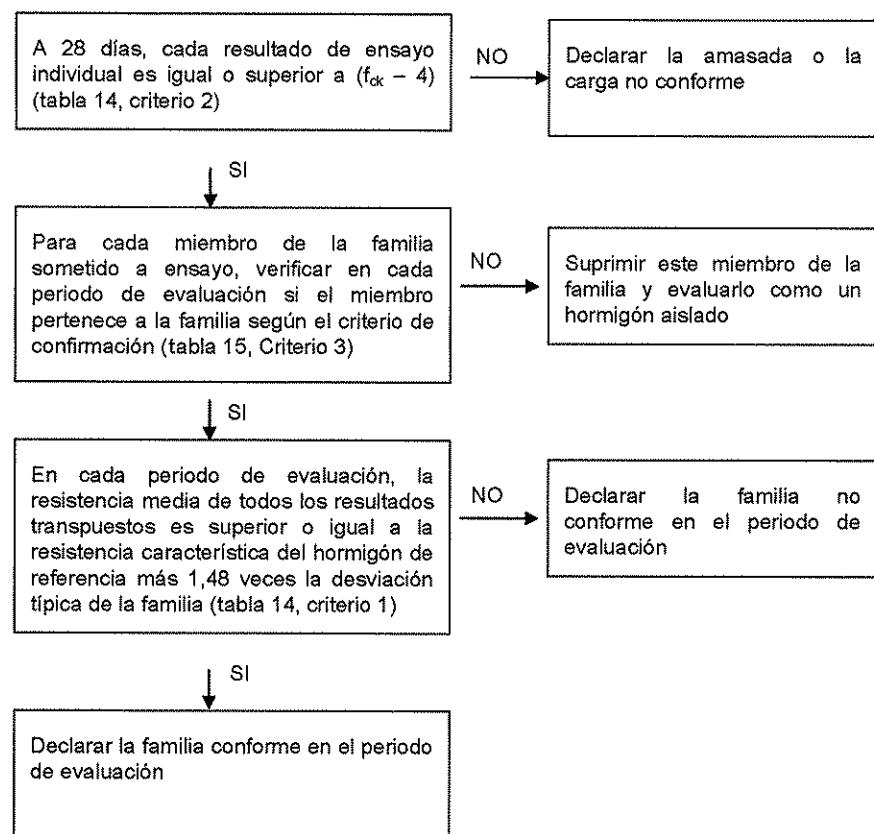
- cemento de un solo tipo, clase resistente y procedencia;
- áridos que pueda demostrarse que son similares, y adiciones del tipo I;
- hormigones con o sin aditivos plastificantes;
- todo el rango de clases de consistencia;
- hormigones con un rango limitado de clases de resistencia.

Los hormigones que contengan adiciones del tipo II, por ejemplo adiciones puzolánicas o con hidraulicidad latente, deberían incluirse en familias diferentes.

Los hormigones que contengan aditivos que puedan influir sobre la resistencia a compresión, por ejemplo superplastificantes, acelerantes, retardadores del fraguado, o aireantes, deberían tratarse aisladamente o como familias separadas.

Para demostrar que los áridos son similares, éstos deberían tener el mismo origen geológico, ser del mismo tipo —por ejemplo de machaqueo—, y tener un comportamiento similar en el hormigón.

Antes de utilizar el concepto de familia de hormigón, o ampliar las familias antes indicadas, es conveniente ensayar las relaciones existentes sobre los datos previos de fabricación para comprobar que proporcionan un adecuado y efectivo control de producción y de conformidad.

K.3 Diagrama de flujo para la evaluación de los miembros y la conformidad de la familia de hormigón

AENOR AENOR

AENOR

Asociación Española de
Normalización y Certificación

Dirección C Génova, 6
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00

Fax 91 310 40 32